

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ВЕЛІГУРСЬКИЙ ОЛЕКСІЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 631.356.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПОПЕРЕЧНОГО
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

_____ О.В. Велігурський

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

к.т.н., ст. викладач

Житомир – 2022

АНОТАЦІЯ

Велігурський Олексій Вячеславович. Обґрунтування поперечного 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, 2022.

В магістерській роботі на підставі двох етапів експериментів уточнено раціональні параметри поперечного зворушувача діаметром 0,2 м, спіралі якого мають покриття у вигляді силіконової трубки: частота обертання поперечного зворушувача повинна становити 136 об/хв, подача картопляного вороха – 53 кг/с. Дослідження сепарації ґрунтових домішок від частоти обертання поперечного зворушувача та подачі картопляного вороха дозволило встановити, що раціональним значенням є частота обертання поперечного зворушувача – 160 об/хв, і подача ґрунту – 60 кг/с, отримані значення відповідають повноті 6,0.

Результати лабораторних досліджень дозволили підтвердити ефективність застосування поперечного зворушувача встановленого над прутковим елеватором картоплекопача, що дозволяє підвищити повноту просіювання ґрунту на прутковому елеваторі та забезпечити зміщення бульб картоплі до середини елеватора. Під час досліджень експериментально встановлена частота обертання поперечного зворушувача, що відповідає теоретично встановленому діапазону частот – 130 – 160 об/хв. Похибка розбіжності результатів із теоретичними дослідженнями знаходиться в межах 5%.

Проведені польові дослідження картоплекопача КСТ-1,4 обладнаного поперечним зворушувачем показали, що застосування поперечного зворушувача дозволяє знизити втрати бульб на 61,8%, збільшити його продуктивність на 8,3%.

Ключові слова: зворушувач, картоплекопач, ворох, прутковий елеватор.

ANNOTATION

Oleksiy Vyacheslavovych Veligursky. Substantiation of the transverse moving 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. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's thesis on the basis of two stages of experiments the rational parameters of the transverse toucher with a diameter of 0.2 m, the spirals of which are coated in the form of a silicone tube: the frequency of rotation of the transverse toucher should be 136 rpm, The study of separation of soil impurities from the frequency of rotation of the transverse mover and the supply of potato heap revealed that the rational value is the frequency of rotation of the transverse mover - 160 rpm and soil supply - 60 kg / s, the values correspond to 6.0.

The results of laboratory studies confirmed the effectiveness of the transverse mower mounted above the bar elevator of the potato harvester, which increases the completeness of sifting the soil on the bar elevator and ensure the displacement of potato tubers to the middle of the elevator. During the research, the speed of rotation of the transverse toucher was experimentally established, which corresponds to the theoretically established frequency range - 130 - 160 rpm. The error of discrepancy of results with theoretical researches is within 5%.

Field studies of potato harvester KST-1.4 equipped with a transverse shaker showed that the use of a transverse shaker can reduce tuber losses by 61.8%, increase its productivity by 8.3%.

Key words: toucher, potato harvester, heap, bar elevator.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПОТОЧНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У нашій країні один із пріоритетних напрямків розвитку аграрного комплексу є покращення виробництва картоплі, зокрема, збільшення його виробництва. Якщо порівнювати світові обсяги виробництва цієї культури, то з точки зору обсягів Україна входить до п'яти найбільших виробників. Очищення картоплі є найбільш ресурсним технологічним процесом (близько 75% витрат на оплату праці та 60% витрат на енергію). Для зменшення вартості ресурсів застосовуються найновіші технології машини та сучасні методи, що відповідають вимогам очисних машин. Відокремлені елеватори є найбільш ефективними спільними робочими органами машин для догляду картоплі. Вони забезпечують достатнє відділення пляжу картоплі та високу продуктивність. Однак, щоб розширити умови роботи розділювальних ліфтів, вони оснащені різними клемами. Таким чином, розробка та обґрунтування параметрів агітатора є актуальною науково-технічною проблемою [3, 5].

Метою дослідження є обґрунтування параметрів поперечного зворушувача відокремленого елеватора картопляних машин.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні **завдання**: - аналіз літератури та проведених досліджень, що відображають різні варіанти конструктивних та технологічних рішень у картоплекомбайнах в цілому, а також розділяючи пристрої та розробляють конструктивну технологічну схему а поперечний датчик відокремленого елеватора; - розробляти теоретичні залежності для опису процесів взаємодії картоплі дуже компонентів з елементами елеватора; - визначити параметри розвиненого поперечного агітатора картоплі; - визначити технічний та економічний ефект застосування поліпшеного відокремлювального пристрою картоплі.

Об'єктом дослідження є поперечний зворушувач сепаруючого елеватора.

Предмет дослідження – вплив параметрів функціонування зворушувач сепаруючого елеватора на якість очистки картопляного вороху.

Методологія та методи дослідження. Проведення теоретичних досліджень здійснювалося на основі теоретичної механіки, опору матеріалів, математичної статистики та теорії ймовірностей. Практична частина цього дослідження була проведена відповідно до багатофакторного плану експерименту. У процесі обробки сукупність експериментально отриманих інформації, кореляційний регресійний аналіз використовувався в середовищі Mathcad 15, MicrosoftExcel 2013, MATLAB 2014, Statistica 8.0.

Впровадження результатів досліджень. Експериментальний картоплекопач КСТ-1,4 був виробничим тестом на основі агротехнологій, загальною площею 1 гектара, протягом якого отримані позитивні результати.

Ступінь надійності. Надійність наукових положень підтверджується конвергенцією результатів теоретичних та експериментальних (лабораторних) досліджень (невідповідність становило менше 5%), а також забезпечується використанням сучасних методів, приладів та засобів обробки результатів експериментів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С., **Велігурський О.В.** Аналіз конструкції картоплезбиральних машин. Збірник тез IX Міжнародної науково-технічної он-лайн конференції з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) та 90-річчя кафедри надійності техніки НУБіП України «Крамаровські читання». Київ : НУБіП. С.

2. **Велігурський О.В.** Вибір та аналіз перспективних конструктивних технологічних схем для очищення картопляного вороху. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 30-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 273-277.

3. Велігурський О.В. Опис і проектування експериментальної установки обладнання для дослідження зворушувача елеватора картоплезбиральних машин. Збірник тез *VII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 225.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє розроблена конструкція зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральних машин.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 25 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ПОТОЧНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1. Аналіз будови картоплекопачів

Дослідження в галузі механізації процесів збирання картоплі присвячені праці Боричова С.Н., Бишова Н.В., Верещагіна Н. І., Голікова А.А., Колчина НН, Камалетдінова Р.Р., Ізмайлова А.Ю., Петрова Г. Д., Сорокіна АА, Угланова М.Б., Glaser M. та інших вітчизняних та зарубіжних вчених. Проте проблема більш ефективного та якісного збирання картопляного врожаю все ще залишається актуальною.

На сьогоднішній день, враховуючи засоби вітчизняного виробництва, лідируючі позиції займають картоплекопачі, що мають ряд переваг по відношенню до копателів-навантажувачів, зокрема:

- їх застосовують на оброблюваних територіях довжиною гону, що не перевищує 200 м;
- для їх використання якість та стан ґрунту не відіграє важливої ролі;
- відносно невисока вартість.

Для вибору об'єкта дослідження та модернізації серед копачів необхідно орієнтуватися на конструктивно-технологічну схему, що широко застосовується на території України.

Однорядні картоплекопачі швиряльного типу знайшли широке поширення у дрібних чи приватних сільськогосподарських виробників, так як вони прості та недорогі.

Проте картоплекопачі швиряльного типу мають ряд недоліків:

- високі трудовитрати (на 20...30% вище, ніж у картоплекопачів просівального типу);
- значні пошкодження бульб (особливо на вологих ґрунтах);
- великі втрати бульб (40...50%).

Тому об'єктом дослідження та модернізації прийнято картоплекопачі просівачою чого типу. Вони досить поширені у сільському господарстві.

Для картоплекопачів типу ККЕ-2 і ККЕ-2М (рис. 1.1, а, б), КСТ-1,4 (рис. 1.2) характерні такі технологічні процеси:

- підкоп пласта;
- сепарація;
- розвантаження картоплі на полі.

Під час руху копача по полю леміш підкопує ґрунтовий пласт. Вертикальні бічні диски (для моделі ККЕ-2М) (рис. 1.1), а на КСТ-1,4 бічні вертикальні ножі (рис. 1.2) відрізають ґрунтовий пласт із боків.

Швидкість копача приблизно в 1,2 рази менша за швидкість сепаруючого елеватора, на який подається пласт з бульбами. Після цього ворох, що надходить частково розділяється і надалі подрібнюється. Щоб інтенсифікувати процес видалення домішок з поверхні цільового продукту, було запропоновано розмістити під робочою гілкою сепаруючого елеватора струшувачі. На основному та додатковому сепаруючих елеваторах, а також на каскадному сепаруючому елеваторі (рис. 1.2) продовжується процес сепарації ґрунтових грудок після відділення основної маси ґрунтових домішок (рис. 1.1, 1.2). Далі бульби скидаються на полі та збираються вручну за допомогою допоміжних робітників.

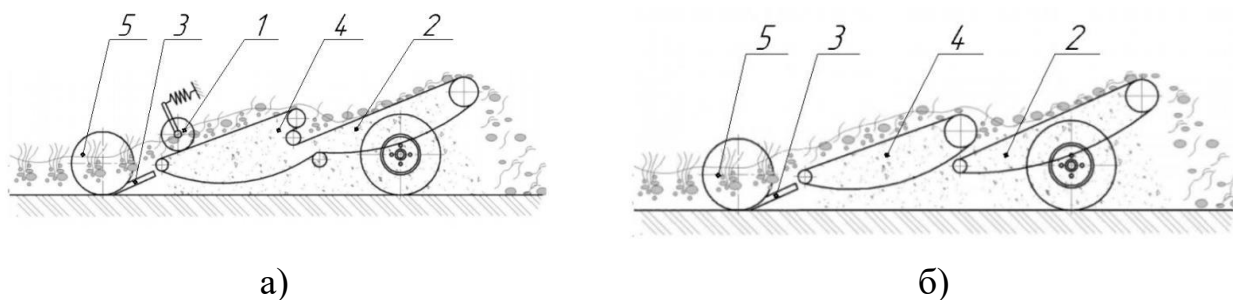


Рис. 1.1. Технологічні схеми картоплекопачів: 1 – гичкопритисний валик; 2 – додатковий сепаруючий елеватор; 3 – леміш; 4 – основний сепаруючий елеватор; 5 – пасивні вертикальні диски; а) картоплекопач ККЕ-2; б) картоплекопач ККЕ-2М

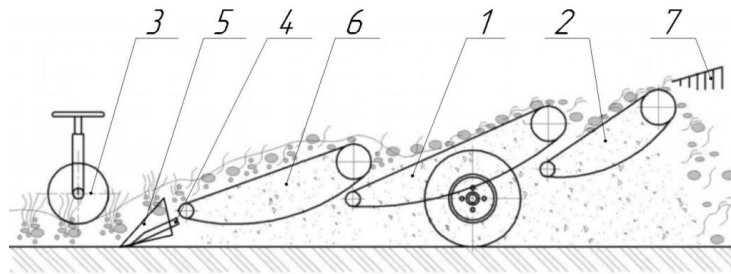


Рис. 1.2. Технологічна схема картоплекопача КСТ-1,4. 1 – додатковий сепаруючий елеватор; 2 – каскадний сепаруючий елеватор; 3 – копіювальний каток; 4 – леміш; 5 – ніж; 6 – основний сепаруючий елеватор; 7 – звужувальна гребінка.

Нами був розглянутий напівнавісний, дворядний картоплекопач КСТ-1,4. Він призначений для викопування картоплі, часткового відділення бульб від ґрунту та укладання їх на поверхні поля для подальшого підбирання.

Використання даного типу картоплекопача не обмежується властивостями та будовою ґрунту. Так, їх застосовують як на суглинкових ґрунтах, так і на торфовищах.

Картоплекопач КСТ-1,4 містить звужувальну гребінку для зменшення сходу потоку картопляних бульб на полі.

До складу елеваторного полотна входять прутки, закріплені в ланцюгові ланки. Для швидкісного елеватора характерні 3 ланцюги, у той час як для каскадного або основного – 2. Щоб запобігти скочування картоплі, відбувається з'єднання та згинання суміжних прутків та планок у різні боки. Для збереження плодів цілісності у каскадних елеваторах передбачаються спеціальні гумові покриття прутків.

При зміні елеватора шаром відбувається його падіння і додаткове подрібнення, внаслідок чого дрібні частинки розсіюються, а інші частини (клубні, громіздкі коми ґрунту, бадилля) прямують у валок – наступну операцію після каскадного елеватора. Щоб відрегулювати ширину валка, необхідно повернути щиток.

Недоліками картоплекопачів КСТ-1,4, ККЕ-2, ККЕ-2М є те, що при збиранні бульби розкочуються по підкопаних рядках, що ускладнює їх підбір.

Для виключення роздавлювання картоплі колесами трактора, картопля збирають через два рядки.

У період збирання врожаю, ґрунтова кірка на бульбонесучому гребені, потрапляє разом із бульбоносним пластом на елеватор. Як правило, тут аграрії стикаються із проблемою видалення гребінної кірки, оскільки не всім пристроям це доступно. У зв'язку з цим на полях часто можна спостерігати утворення завантажування грудок ґрунту та картоплі, що надходять із каскадного елеватора.

1.2. Вибір та аналіз перспективних конструктивних технологічних схем для очищення картопляного вороху

Бульби картоплі піддаються статичним та динамічним навантаженням, починаючи з моменту механізованого очищення врожаю картоплі, обробки після врожаю бульб і до тих пір, поки вони не зберігаються. Все вищесказане є причиною механічного пошкодження картопляних бульб, і в результаті впливає на їхню якість та безпеку.

Аналіз літературних джерел були виявлені для втрати урожаю картоплі при зберіганні бульб з різними типами механічного пошкодження (рис. 1.3).

Витягнутий вручну
Пройшов через весь комплекс без шкоди
З сприятливим шкіркою до 1/4 поверхні
бульб
З сприятливим шкіркою до 1/2 поверхні
бульби
Пошкодження
М'якоть до 5 мм
Різані бульби
Легка пульпа більше 5 мм
Тріщини
Подрібнений

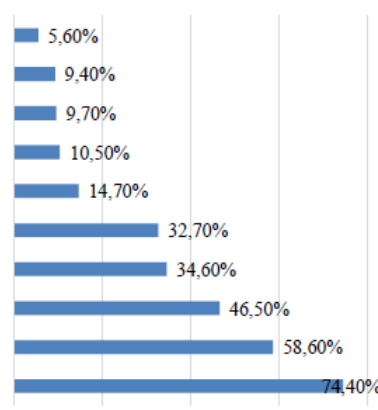


Рис. 1.3. втрата збирання картоплі при зберіганні бульб з різними типами механічного пошкодження

Картопляні бульби з тріщинами та подрібненими бульбами спостерігаються найбільшою втратою врожаю. Тому необхідно зменшити

механічну пошкодження картопляних бульб, зменшуючи вплив потужності на них [6], у тому числі під час відділення в картопляних комбайнах. У зв'язку з цим необхідно виявити такі фактори, що впливають на технологічність процесу вирощування та очищення картоплі: швидкість зіткнення, кут поверхні включення зіткнення, фрикційні властивості поверхні зіткнення, поверхня матеріал зіткнення тощо, тобто Ці фактори, які можуть регулюватися, щоб досягти необхідних результатів.

Про якість зберігання з технологією прямого потоку очищення та окремо ефективність розділення має значний ефект, який заповнюється під час процесу очищення. У той же час це впливає на процеси, що протікають після збирання картоплі. Показники якості розділення, а отже, ефективна робота відокремлюючих елементів та пристроїв, є повною відсутністю домішок рослин у ударі, видалення каміння та грудки, сукупні бульби, зміст домішок у незначних кількостях. Трав'яні залишки та верхівки забиті окремими вузлами механізмів сортування, засмічення, що розділяють робочі органи, і тим самим збільшують витрати на робочу силу під час обробки після врожаю. Домішки ґрунту інтенсивно виливають на поверхню відокремлюючих органів та елементів у умовах підвищеної вологості, що зменшує прогалини, тим самим знижує ефективність та точність поділу на фракцію. Щоб відрегулювати процес розділення порому, необхідно знати і застосувати найважливіші фізико-механічні властивості картопляних бульб [1-7].

У численній внутрішній та зарубіжній літературі представлені принципи процесу розділення та характеристики відокремлюючих робочих органів. У цих роботах представлені різні конструктивні та технологічні схеми робочих органів сепараторів механічного, гідравлічного та пневматичного принципу роботи. Через незадовільну надійність, великі витрати на енергію, високі шумові показники при обробці вуса, деякі дані технічних засобів не знайшли широкого попиту [7, 8]. У умовах підвищеної вологості гідравлічні та гідромеханічні сепаратори є достатньо якісно очищеними купою та домішками ґрунту, які є

купою до коронелубнеплодів [2, 3]. З точки зору масового виробництва в процесі очищення та очищення водою, досвід роботи таких пристроїв є економічно не вигідним.

Тому ми розглядаємо сепаратори з механічним принципом дії. Існуючі сепаратори є звичайними класифікувати на 2 групи залежно від їх положення в процесі ланцюга та на основі значення допустимого навантаження [8]:

- для первинного розділення ґрунту;
- Для вторинного відділення ґрунту.

Про іншу класифікацію, запропонований Сорокін А.А., відділення відокремлюючих пристроїв проводилася на 3 типах:

- для віддаленого відділення;
- для внеску;
- для віддаленого та розподілу гілки

В результаті первинного розділення це відбувається (у випадку підвищеної вологості понад 27%) або занурення (у випадку нормальної вологості 18% ... 23%) механічних частинок через пори (слоти) . Призначення може виникнути при високих швидкостях (відцентрова сепарація) і при низьких швидкостях руху ґрунту та робочих органів. Відповідно до [4, 8], сепаратори механічного принципу роботи можуть бути класифіковані наступним чином (рис. 1.2). Слід зазначити, що динамічний ефект на грантових грудках від робочих органів машин картоплі є оптимальним способом їх руйнування [4].

Професор Петров Г.Д. Після аналізу механічних сепараторів, що використовуються в сільському господарстві, запропоновано розробляти сепаратори для кожного виду ґрунту та класифікувати їх у кілька видів [6]:

- технічні засоби для пластмасового середовища;
- технічні засоби для прекрасного середовища;
- технічні засоби для великих частинок.

Варто відзначити, що не всі засоби можуть забезпечити ефективне відокремлення вологого ґрунту та бульб. Отже, у цих цілях наступний список

коштів є марними: пруткові елеватори, ременні поверхні, рулети (САМ) та барабанні екрани, полоскання з коливальними рухами. Одним з напрямків модернізації відокремлюючих пристроїв для сільського господарства в умовах роботи з вологими ґрунтами було вивчення ефективності відцентрових сепараторів, принцип дії яких на ефекти відцентрових сил на частинках, збагачених водою. Робота та принцип роботи сепаратора барабанного гвинтового типу були досліджені Сорокіном А.А. Виявлено наступні недоліки: при підйому бульб є значний пошкодження високої енергоємності. Це було пояснено тим, що пристрій було надано всі викидувальний пласт [83]. Результати проведених досліджень показали, що сепаратор типу барабанного гвинту не забезпечує підйому бульб у верхній частині барабана та взагалі працює незадовільним.

В даний час, як сепаратор занурного типу у багатьох зразках вітчизняної картоплі (QC-2, CCC-2A, PDA-2, PDA-3) та картопляних комбайнів провідних іноземних фірм (AVR SPIRIT 8200, GRIMME DR-1500, GRIMME SE 150 -60), використовуйте стрижні ліфти на гумові ремені [5, 8, 10]. Для підвищення ефективності механічного відділення були розроблені наступні види діяльності: встановіть розрив між стрижнями на відстані 28 мм; дотримуйтесь критичного кута елеватора 20° до горизонту; підлягає великому зарахуванню, щоб використовувати щіток сепараторів [8]; Використовуйте гумові покриття, щоб мінімізувати пошкодження цільових продуктів [9].

Через нездатність стрижнів ліфтів ефективно працювати в умовах підвищеної вологості ґрунту часто є посилення пристроїв з різними приводами. Отже, механічний, пневматичний гідравлічний пристрій виділяється.

Розглянемо більш інтенсифікатори механічного принципу роботи. При розташуванні механічних інтенсифікаторів розділення елеватора стрижня ділиться на 3 типи:

- встановити між лемішем та елеватором;
- встановлена над поверхнею елеватора;

- пальчаті;
- барабанні (у вигляді стрижнів та шпильки бітерів);
- гвинтові шнек

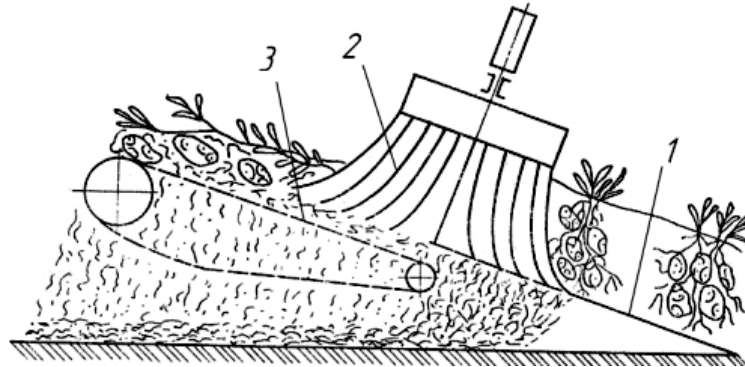


Рис.1.4. Інтенсифікатор пальчастий: 1 – леміш; 2 – палець; 3 – елеватор

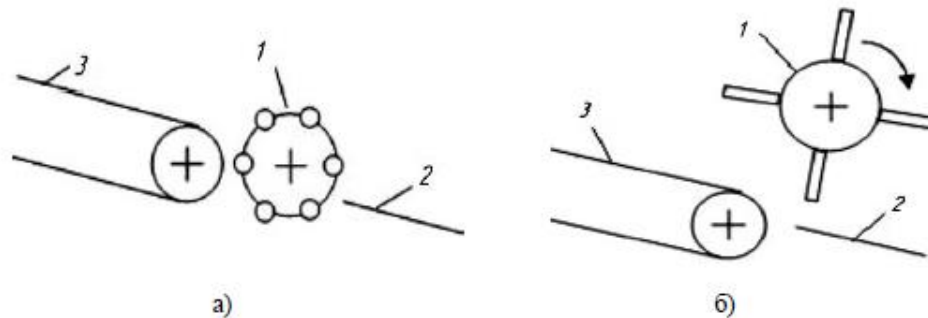


Рис. 1.5. Інтенсифікатори барабана: 1 – бітер; 2 – леміш; 3 – елеватор а) у вигляді пруткових бітерів; б) у вигляді штифтових бітерів.

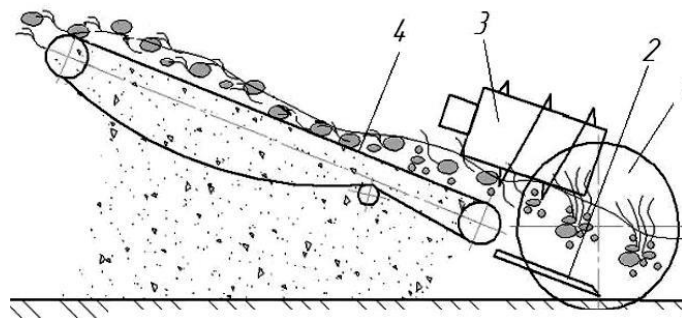


Рис. 1.6. Інтенсифікатор шнека: 1 – диск викопувач; 2 – леміш; 3 – гвинтовий шнек; 4 – елеватор.

У свою чергу, інтенсифікатори відокремлення, які монтуються над поверхнею елеватора, можуть бути зроблені у формі: барабани; диски; підвісні екрани; пальці; гвинтові витки; ексцентричний; гвинтовий шнек; кулачкові; грохот.

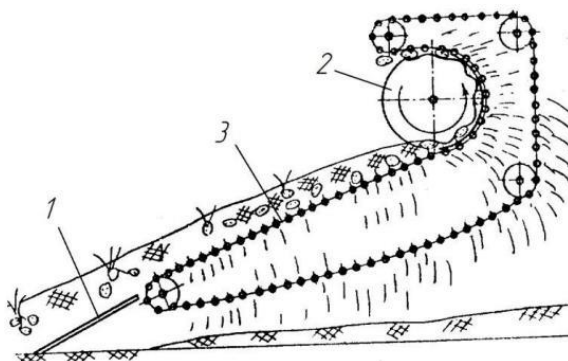


Рис. 1.7. Інтенсифікатор барабана: 1 – леміш; 2 – еластичний барабан (балон); 3 – елеватор

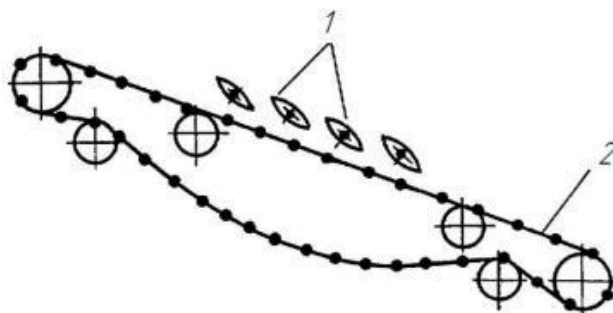


Рис. 1.8. Інтенсифікатор диска: 1 – диски; 2 – елеватор.

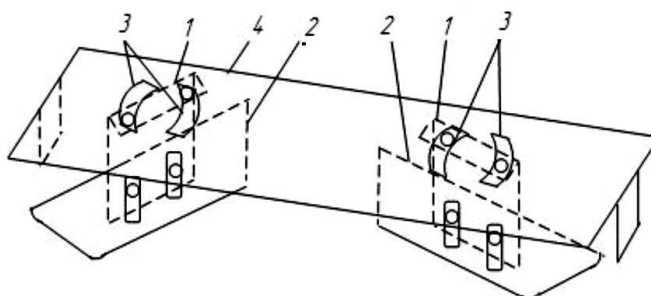


Рис. 1.9. Підвісний екран: 1 – кронштейн; 2 – пластина; 3 – довгасті отвори; 4 – рама.

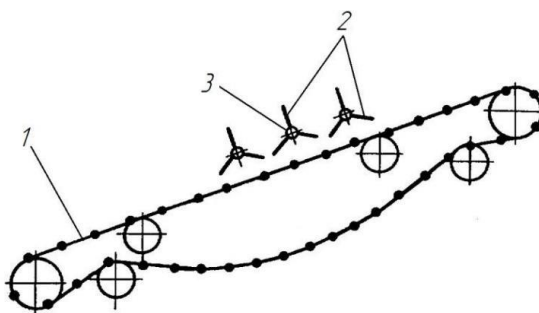


Рис. 1.10. Інтенсифікатор пальчастий: 1 – елеватор; 2 – палець; 3 – привідний вал

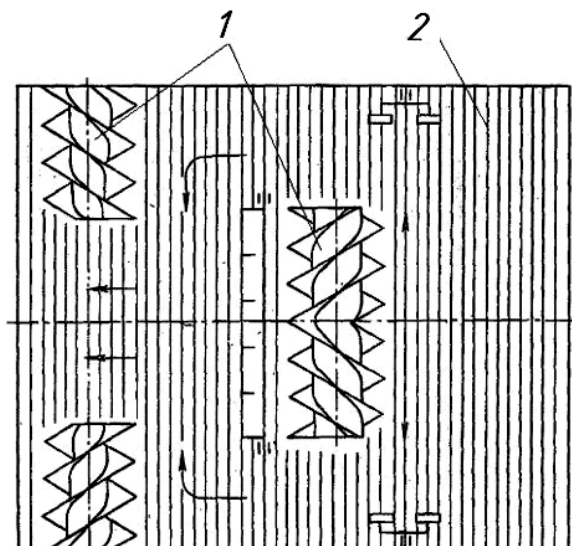


Рис. 1.11. Інтенсифікатори розділення гвинтів, які розміщуються під поверхню елеватора, можуть мати такі версії: 1 – гвинтовий шнек; 2 – елеватор

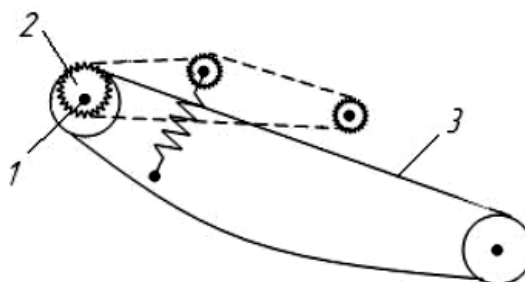


Рис. 1.12. Ексцентричний інтенсифікатор: 1 – привідний вал елеватора; 2 – ексцентрична зірочка; 3 – елеватор.

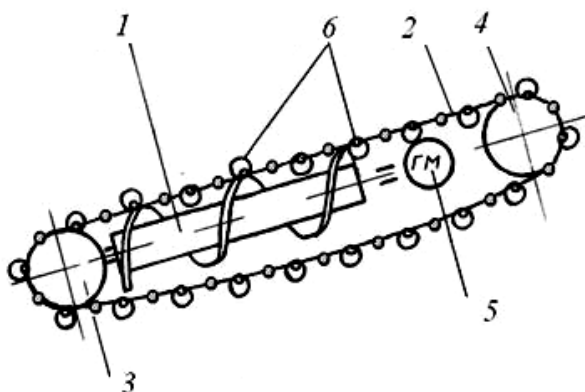


Рис. 1.13. Гвинтовий шнековий інтенсифікатор: 1 – активатор з гвинтовою навивкою; 2 – нескінченне полотно; 3 – ведена зірочка; 4 – ведуча зірочка; 5 – гідромотор; 6 – трубка комбінованого стрижня

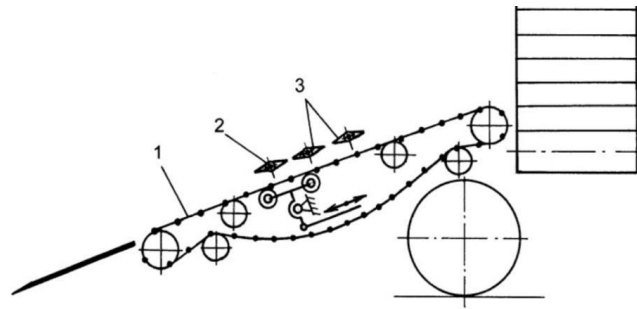


Рис. 1.14. Кулачковий інтенсифікатор: 1 – просіваючий елеватор; 2 – інтенсифікатор розділення у вигляді набору приводних валів (роликів); 3 – робочий елемент

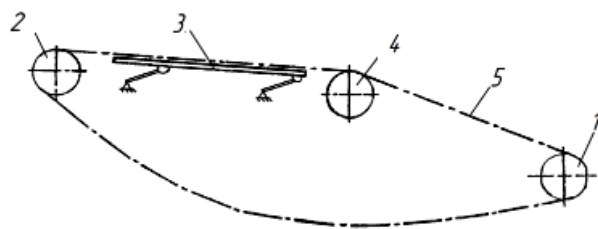


Рис. 1.15. Грохотний інтенсифікатор: 1 – ведена ланка; 2 – ведуча ланка; 3 – грохот; 4 – проміжна ланка; 5 – елеватор.

В даний час, посилюючи камеру, найвідоміші за відносно низькою вартістю та простотою їх дизайну. Однак вони можуть створювати лише низькочастотні коливання мережі головного елеватора, які не повністю знищують дрібні та найшвидші механічні домішки. Для подрібнення дрібних частинок, високочастотні коливання повинні передаватися з кам'яними трясками, що знаходиться в поточному часі дуже енергоємного [7]. Недоліком трясеться у вигляді ексцентричних зірок елеватора неможливо регулювати інтенсивність струшування. У цьому випадку принципово важливо встановити змінну інтенсивність струшування. Важливо відзначити, що перевага зірок, що посилюють пристрої, незважаючи на складність своєї структури, є гарними показниками виробництва, а також здатність змінювати режими різними інтервалами.

Однак, з огляду на те, що інтенсифікатор розділення розміщується на початку елеватора, де є високий рівень поділу, а низький рівень поділу зменшується в решті головного елеватора.

1.3. Постановка цілей та завдань

Аналіз показав, що на сучасному етапі розвитку картоплі існує численні варіанти виконання розділювальних пристроїв. Однак виділяйте певні технічні засоби для повноцінної ефективної колекції картоплі в різних умовах неможлива. Відповідно до літературних даних, що стосуються теми збору врожаю картоплі, найбільш використані компоненти більшості картопляних машин, що містять стержні ліфти з прогумованими ременями.

Незважаючи на широко поширену поширеність в умовах підвищеної вологості ґрунту, ефективність прогумованих конвеєрів значно падає. Для досягнення об'єктивних завдань: - для аналізу літератури та проведення досліджень, що відображають різні варіанти конструктивних та технологічних розчинів у картопляних машинах в цілому, а також розділяючи пристрої та розробляють конструктивну технологічну схему поперечної каналізації відокремлювального елеватора; - розробляти теоретичні залежності для опису процесів взаємодії картоплі дуже компонентів з елементами ліфта; - визначити параметри розвиненого поперечного агітатора картоплі; - визначити технічний та економічний ефект застосування поліпшеного відокремлювального пристрою картоплекопачів.

Висновки по розділу

Під час оцінки поточного стану питання було виявлено, що:

1. Необхідність досліджень щодо вдосконалення технологічного процесу;
2. З огляду на нездатність стрижневих елеваторів ефективно працювати в умовах підвищеної вологості ґрунту, вони часто облаштовуються інтенсифікаційними пристроями з різними приводами.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом лабораторного дослідження є відокремлене полотно елеватора з поперечним зворушувачем картоплекопача. Предметом лабораторних досліджень є залежність, отримана під час експериментів, повнота відокремлення домішок та зміщення бульб, шкідників обертання поперечного змішування, що живить бульбовим ворохом. Прийняті машини для польових досліджень: серійний та покращений картоплекопач КСТ-1,4. При проектуванні покращеного було застосовано запропонований поперечний активатор. Передбачається, що вивчені дослідження дозволять наступним результатом:

- визначити ступінь пошкодження картопляних бульб;
- визначити втрату урожаю.

Результатом цього дослідження передбачає реалізацію роз'яснення розміру, кількісних та масових параметрів картопляних кущів відповідно до сортів.

Картопля внаслідок того, що цей показник є одним із значних факторів, що впливають на роботу сепараційного працівника. Програма Laboratory Research передбачає наступне [7]: 1. Дослідження переміщення бульби з картоплі на ліфтовому полотні, використовуючи поперечну башту картоплі. 2. Вивчення розділення на ліфтовому полотні, використовуючи поперечну башту картоплею машини. 3. Експериментально прояснення параметрів поперечного вимірювання відокремлювального елеватора за критеріями для числа пошкоджених картопляних бульб, збитків та віддалених домішок ґрунту. 4. Провести польові дослідження картоплі з запропонованою поперечною каналізацією, що розділяє ліфт та проводять технічну та економічну оцінку своєї роботи. Необхідно враховувати коефіцієнти міцності та розмірів, а також інші характеристики

компонентів бульбового транспортного засобу для обґрунтування параметрів відокремлюючих робочих органів машин для догляду картоплі з поліпшеним технологічним процесом [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

2.2 Опис і проектування експериментальної установки

Експерименти проводилися на лабораторній установці. Базова установка - це рухома платформа (візок), яка встановлюється стрижнем елеватора. Над мобільною платформою встановлюється дуга, на якій встановлено поперечний зворушувач. Поперечний зворушувач виконаний у вигляді двох спіралей з правою та лівою відкруткою дроту (коло діаметром 15 мм). Спіралі мають покриття у вигляді силіконового трубчастого діаметра 0,025м. Привід поперечного зворушувача спрямований через змінні привідні шківи з асинхронної коробки передач потужністю 0,55 кВт. Колекція частинок просіяних ґрунтів здійснюється клітинними решітками, розташованими під стрижнем елеватора, у контейнері мішків. Це дозволяє відстежувати розділення не тільки вздовж елеватора, але і його шириною. Щоб загнати мобільну платформу (візок) є лебідка, на катушці якої була намотана з сталевим транспортним засобом з 3 мм (ДСТУ), з ланцюгом передач та 1000 Вт та частотою обертання 500 об / хв [6].



Рис. 2.1. Поперечний зворушувач з приводом: 1 – фланець; 2 – ворох; 3 – привідний вал; 4 – полотно елеватора; 5 – пакет для збору домішок; 6 – підшипник в корпусі; 7 – арка; 8 – провід живлення.

У лабораторному дослідженні вологість ґрунту визначалася за допомогою стандартної техніки за ДСТУ [18], використовуючи стаціонарну сушильну шафу, лабораторні ваги та набір алюмінієвих бюксів.

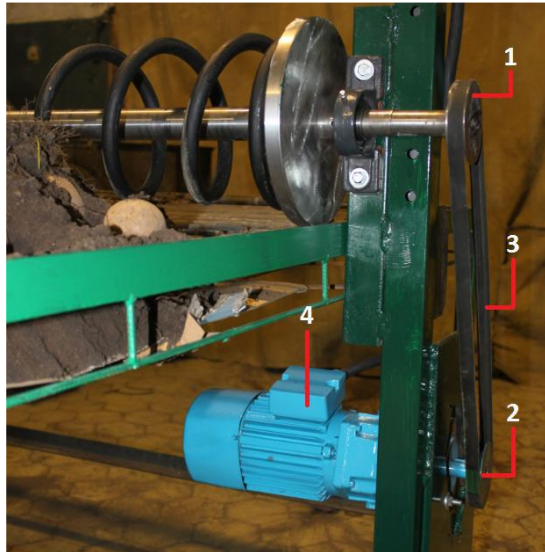


Рис. 2.2. Система приводу поперечного зворушувача: 1-2 – шків; 3 – ремінний привід; 4 – шестерня.

На рульовій платформі було встановлено полотно елеватора, що використовується при проектуванні картопляного копача КСТ-1,4. Роздільні компонентів нижнього рівня були зібрані в мішках, розташованих під полотном елеватора, а також залишки ґрунту, бульб та залишків рослин залишалися на полотні. Для дослідження застосовуються наступне вимірювальне обладнання та інструменти: лабораторні ваги Delta ТВН-35; металева лінійка 0 ... 1000 мм, ± 1 мм; рулетка R-10УЗК ± 1 мм; штангенциркуль 0...160 мм ШЦ-111, ± 1 мм.

Для оцінки результатів вимірювань використовується (ПК) Aspire TC-605.

2.3 Методика польових досліджень

Параметри картопляного вороху знаходяться в широких межах, виходячи з сорту, технології вирощування та ґрунтово-кліматичних умов [3, 6]. Виходячи з цього потрібне безперервне уточнення наукових знань в області, що розглядається. Випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КСТ-

1,4, оснащеного запропонованим поперечним зворушувачем сепарації бульбоносного пруткового елеватора картоплезбиральної машини проводили на базі ТОВ «Райз Полісся» Овруцької ОТГ Коростенського району, Житомирської області. З метою проведення стандартної агротехнічної оцінки картопляних бульб у польових умовах було визначено умови проведення випробувань та виділено облікові ділянки. Методика порівняльних польових випробувань серійного та вдосконаленого картоплекопувача КСТ-1,4 була наступна. Усі випробування були проведені згідно з ДСТУ АІСТ 8.5-2010 [8].

З метою визначення втрат картопляних бульб на серійному та вдосконаленому картоплекопачах було встановлено вісь з рулоном плівки, яка вільно оберталася. У ході збору картопляних бульб на плівці накопичувалася купа, яка сходила з елеватора досліджуваного картоплекопача. У процесі робіт на серійному та вдосконаленому картоплекопачах КСТ-1,4 втрати бульб визначалися наступним чином:

$$\Pi_k = \frac{m_k^1}{m_k^1 + m_k^2}, \quad (2.1)$$

де:

m_k^1 – маса засипаних ґрунтом картопляних бульб;

m_k^2 – маса зібраних картопляних бульб.

Величина втрат картопляних бульб встановлювалася за результатам розрахунків. Оцінка результатів польових досліджень проводилася із застосуванням ноутбука (HP 250 G6 Notebook PC) в лабораторних умовах. Проводились хронометричні спостереження з метою отримання експлуатаційних показників.

Методика дослідження функціонування картоплезбиральних машин, оснащених сепаруючим елеватором з поперечним зворушувачем. Дослідження функціонування картоплезбиральних машин, оснащених сепаруючим

елеватором з поперечним зворушувачем проводилися в період збирання картоплі.

Сепарація ґрунтових домішок та втрати бульб вивчалися на картоплекопачі КСТ-1,4, оснащеним сепаруючим елеватором з поперечним зворушувачем. На задній частині рами було змонтовано гачки для кріплення рулону плівки намотаної на трубу. При русі агрегату на робочій швидкості по обліковій ділянці плівку фіксували і в міру її розмотування на неї, що сходить з каскадного елеватора картопляний ворох. Картопляний ворох розбирали на ґрунт, грудки, каміння, рослинні залишки і бульби, а потім зважували з точністю до 5г.

Потім плівку прибирали та визначали непідкопані та присипані ґрунтом бульби за допомогою граблів та лопати. Втрати бульб визначали за допомогою формули:

$$П_{кл} = \frac{m_{кл}^1}{m_{кл}^1 + m_{кл}^2}, \quad (2.2)$$

де:

$m_{кл}^1$ – маса непідкопаних і присипаних ґрунтом бульб, кг

$m_{кл}^2$ – маса бульб виявлених на плівці, кг.

Ушкодження бульб визначали як співвідношення до маси пошкоджених бульб до загальної маси у відсотках і у розрахунку 100 бульб. Отримані дані порівнювали та аналізували.

Проведення порівняльних досліджень серійного та модернізованого картоплекопача здійснювали протягом збирального сезону 2020...2021 рр. Отримані дані заносили у спеціальні таблиці.

Висновки по розділу

1. Розроблено програму та методику лабораторних досліджень, що враховує агротехнічні характеристики рослин.

Запропоновано факторну методику досліджень якісних показників картоплекопачів.

2. Запропоновано математичний опис методики лабораторних досліджень. Для обробки результатів вибрано математичний апарат на основі теорії та методів математичних статистичних рішень.

3. Розроблено програму та методику польових досліджень, що враховує масогабаритні та міцнісні характеристики картопляних бульб. У польових умовах агротехнічна оцінка та встановлення умов для проведення випробувань здійснюється відповідно до стандартів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати дослідження сепарації ґрунту на елеваторі, обладнаному поперечним воружником

Експериментальні дослідження сепаруючого елеватора з поперечним зворушувачем проводилися на лабораторній установці, яка представлена на Рисунку 4.1. Прутковий елеватор лабораторної установки встановлений на візку, який складається з рами на колесах, пристрої для кріплення мішків під ґрунт.

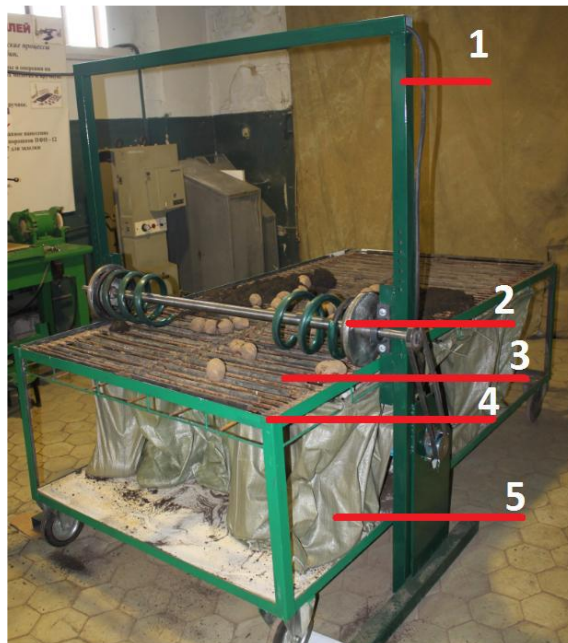


Рис. 3.1 – Загальний вид лабораторної установки для дослідження сепаруючої здатності пруткового елеватора з поперечним зворушувачем: 1 – арка; 2 – поперечний зворушувач; 3 – полотно елеватора; 4 – візок; 5 – тара для збирання домішок.

Ґрунт, що застосовується в експериментах, спеціально готували. Потрібну вологість досягали шляхом поливу ґрунту з витримкою протягом доби. Вологість ґрунту визначали за допомогою бюксів, в які поміщали зразки ґрунту, взятого в трьох різних місцях ґрунтового каналу на різній глибині з інтервалом 0,05 м. Потім бюкси з ґрунтом зшивались на вагах ВЛТК-500. в сушильній шафі

протягом 1 год. Після цього проби ґрунту зважували з похибкою не більше 0,1 г і розраховували отриману вологість. Потрібну твердість ґрунту отримували за допомогою ущільнення з вимірюванням твердості. Підготовлене ґрунт з бульбами картоплі укладали на поверхню елеватора, розкладеного на рухомому візку. Для надання форми ґрунтового вороху використовували шаблони, які також дозволяли регулювати подачу ґрунту. Додатково подачу змінювали швидкістю руху візка в діапазоні від 50 до 90 кг/с. Під прутковим елеватором закріплені мішки на спеціальному пристрої з осередками розміром 320 мм на 220 мм. Мішки застосовувалися для збирання просіяного ґрунту. Зважування подається і просіяного вороху проводили електронними вагами. Досліди виконували у триразовій повторності. При експериментальних дослідженнях поперечного зворушувача сепаруючого елеватора на зміщення бульб та повноту сепарації проводилися багатофакторні експерименти. Матриця планування та результати статистичної обробки реалізації багатофакторного експерименту 32, що враховують повноту сепарації домішок, представлені в додатку В. Лабораторні дослідження проведені на органі первинної сепарації із засобом інтенсифікації картопляної сепарації. Позитивною є відсутність забивання лабораторної установки ґрунтовими домішками.

При обробці дослідних даних нами отримано рівняння регресії, що показує залежність сепарації ґрунтових домішок від частоти обертання поперечного зворушувача та подачі картопляного вороху. Рівняння регресії наведено нижче:

$$Q = 0,93 - 0,04_{x_1} - 0,07_{x_2} - 0,04_{x_1}^2 - 0,01_{x_2}^2 \quad (3.1)$$

де x_1 – частота обертання приводного валу пристрою поперечного зворушувача;

x_2 – подача бульбоносного вороху.

На підставі рівняння регресії побудована поверхня відгуку. Залежність сепарації ґрунту від частоти обертання та подачі ґрунту. Найзначнішим чинником є частота обертання поперечного зворушувача. З Рисунку 3.2 видно,

що раціональними значеннями факторів кодованого виду є чистота обертання – 0,4, подача картопляного вороху – 0.5.

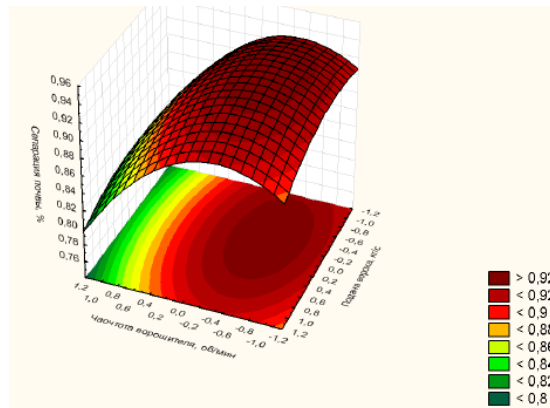


Рис. 3.2. Залежність сепарації ґрунтових домішок від частоти обертання поперечного зворушувача та подачі картопляного вороху.

Аналіз графіка показав, що раціональним значенням є частота обертання поперечного зворушувача на рівні -0,4 і подача ґрунту -0,5. Розкодування параметрів поперечного воружника дозволило встановити, що відповідає реальним значенням: частота обертання поперечного зворушувача на рівні – 160 об/хв, та подача ґрунту – 60 кг/с. Підставивши рівняння регресії (3.1) отримані значення відповідають повноті сепарації 0,96. Під час роботи поперечного зворушувача відбувається сепарація ґрунту – просіювання між прутками полотна елеватора. Тому в процесі досліджень поперечного зворушувача ми вивчили рівномірність просівання ґрунту по ширині пруткового елеватора.

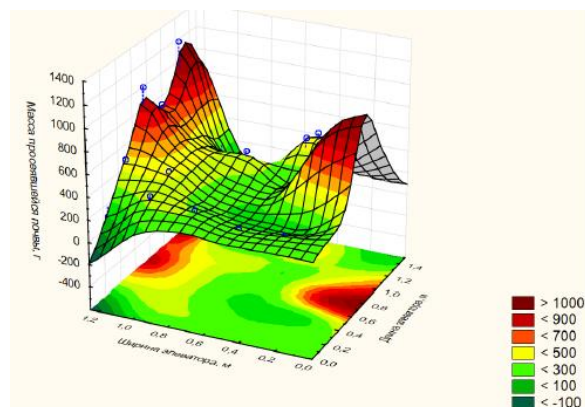


Рис. 3.3. Графік маси ґрунту, що просіюється, по ширині і довжині елеватора при впливі поперечного зворушувача.

Аналіз графіка показав, що основна сепарація відбувається з обох боків полотна елеватора – там, де встановлені спіралі поперечного зворушувача.



Рис. 3.4. Загальний вид лабораторної установки під час досліджень.

Обертання зворушувача сприяє не лише зосередженню бульб у середній частині елеватора для утворення валка бульб картоплі по середині елеватора збиральної машини. Також взаємодії поперечного зворушувача із ґрунтовими грудками сприяє їх руйнування. Аналіз ушкодження бульби картоплі показав незначний збільшення пошкодження в межах агротехнічних вимога.

3.2 Результати дослідження зміщення бульб на елеваторі, обладнаному поперечним зворушувачем

Ефективність роботи пруткового сепаратора з поперечним зворушувачем визначається характером процесу усунення компонентів картопляного вороху. Процес зміщення компонентів картопляного вороху характеризується кількістю зміщених бульб за один прохід полотна елеватора. При обробці досвідчених даних отримано рівняння регресії, що показує залежність зміщення компонентів картопляного вороха від частоти обертання поперечного зворушувача і подачі картопляного вороха. Рівняння регресії наведено нижче:

$$K_{cm} = 61,13 - 0,03x_1 - 0,20x_2 - 0,30x_1^2 + 0,50x_1x_2 - 0,40x_2^2 \quad (3.2)$$

де x_1 – частота обертання поперечного зворушувача;

x_2 – подача бульбоносного вороха.

На підставі рівняння регресії побудована поверхня відгуку. Залежність кількості зміщених компонентів від частоти обертання та подачі бульбоносного вороху. Найбільш значущим фактором є подача картопляного вороху.

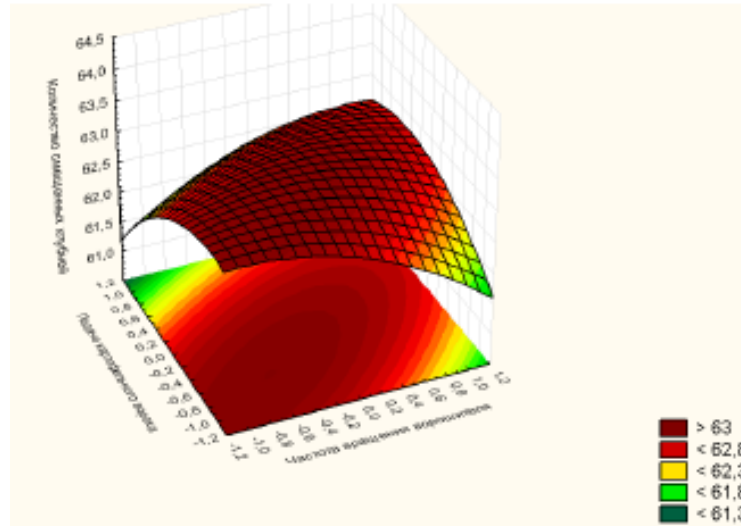


Рис. 3.5. Кількість зміщених бульб картоплі у середню частину елеватора

Аналіз графіка показав, що після розкодування раціональним значенням є частота обертання поперечного зворушувача – 136 об/хв та подача ґрунту – 53 кг/с. Підставивши в рівняння регресії (3.2) отримані значення відповідають кількості зміщених бульб картоплі в середню частину елеватора 63,2.

Проведена перевірка відтворюваності одержаних моделей при рівні значимості 0,05 за оцінкою критерія Кохрена підтверджує гіпотезу про адекватність представлених моделей. Таким чином, на підставі двох етапів експериментів уточнено раціональні параметри поперечного зворушувача діаметром 0,2 м, спіралі якого мають покриття у вигляді силіконової трубки: частота обертання поперечного зворушувача повинна становити 136 об/хв, подача картопляного вороха – 53 кг/с.

Результати лабораторних досліджень дозволили підтвердити ефективність застосування поперечного зворушувача встановленого над прутковим елеватором картоплекопача, що дозволяє підвищити повноту просіювання

грунту на прутковому елеваторі та забезпечити зміщення бульб картоплі до середини картоплі.



Рис. 3.6. Дослідження ефективності функціонування поперечного зворушувача.

3.3 Результати польових досліджень функціонування картоплезбиральних машин, оснащених сепаруючим елеватором з поперечним зворушувачем

Удосконалений картоплекопач, обладнаний поперечним зворушувачем, проходив експериментальні дослідження

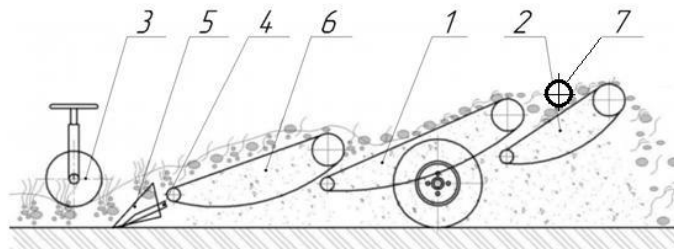


Рис. 3.7 Конструктивно-технологічна схема модернізованого картоплекопача КСТ-1,4: 1 – додатковий сепаруючий елеватор; 2 – каскадний сепаруючий елеватор; 3 – копіювальний каток; 4 – леміш; 5 – ніж; 6 – основний сепаруючий елеватор; 7 – поперечний зворушувач.

Порівняльні польові випробування серійного картоплекопача КСТ-1,4 та експериментального картоплекопача КСТ-1,4, оснащеного поперечним зворушувачем показали, що:

- чистота бульб експериментального картоплекопача КСТ-1,4, оснащеного поперечним зворушувачем підвищилися з 1,96% до 2,88%;

- втрати бульб експериментального картоплекопача КСТ-1,4, оснащеного поперечним зворушувачем знизилися з 5,5% до 2,1%

- у зв'язку із збільшенням інтенсивності процесу сепарації з'являється можливість підвищення робочої швидкості експериментального картоплекопача КСТ-1,4, оснащеного поперечним зворушувачем з 2,4 до 2,6 км/год, що дозволяє збільшити продуктивність. Відмінність удосконаленої машини від базової версії в тому, що використовується нами розроблена конструкція поперечного зворушувача (рис. 3.8), встановленого над поверхнею пруткового елеватора.

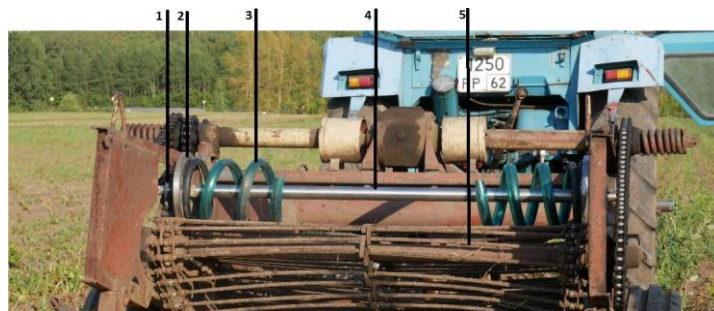


Рис. 3.8. Картоплекопач в роботі: 1 – підшипник у корпусі, 2 – фланець, 3 – пружина з покриттям із силікону, 4 – привідний вал, 5 – елеватор.

Висновки по розділу

Порівняльні випробування серійного та вдосконаленого копача показали поліпшення показників якості збирання картоплекопача, обладнаного поперечним зворушувачем. Використання поперечного зворушувача дозволило знизити втрати бульб на 61,8% (у відносному вираженні) та збільшити продуктивність модернізованого копача на 8,3% порівняно із серійним. При цьому пошкодження бульб збільшилися незначно, але вони відповідають агротехнічним вимогам. Загальна площа картоплі, зібрана експериментальною машиною за 2020 рік, склала 1 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дослідження сепарації ґрунтових домішок від частоти обертання поперечного зворушувача та подачі картопляного вороха дозволило встановити, що раціональним значенням є частота обертання поперечного зворушувача – 160 об/хв, і подача ґрунту – 60 кг/с, отримані значення відповідають повноті 6,0.

2. На підставі двох етапів експериментів уточнено раціональні параметри поперечного зворушувача діаметром 0,2 м, спіралі якого мають покриття у вигляді силіконової трубки: частота обертання поперечного зворушувача повинна становити 136 об/хв, подача картопляного вороха – 53 кг/с.

3. Результати лабораторних досліджень дозволили підтвердити ефективність застосування поперечного зворушувача встановленого над прутковим елеватором картоплекопача, що дозволяє підвищити повноту просіювання ґрунту на прутковому елеваторі та забезпечити зміщення бульб картоплі до середини елеватора.

4. Під час досліджень експериментально встановлена частота обертання поперечного зворушувача, що відповідає теоретично встановленому діапазону частот – 130 – 160 об/хв. Похибка розбіжності результатів із теоретичними дослідженнями знаходиться в межах 5%.

5. Польові дослідження картоплекопача КСТ-1,4 обладнаного поперечним зворушувачем показали, що застосування поперечного зворушувача дозволяє знизити втрати бульб на 61,8%, збільшити його продуктивність на 8,3%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Таттянко Н. В. Расчет рабочих органов для обрезки ботвы сахарной. Тракторы и сельхозмашины. 1982. №11. С. 18-21.
2. Хвостов В. А. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет). Москва : ВИСХОМ. 1995. 391 с.
3. Булгаков В. М. Разработка конструкции новой универсальной ботвоуборочной машины. *Механізація с.-г. виробництва: Зб. наук. пр. НАУ*. 1997. Т.ІІІ. С. 76-77.
4. Controlled Traffic Farming. 2016. Режим доступа до ресурсу: <http://www.controlledtrafficfarming.com>.
5. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства : Монографія Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. 270 с.
6. Ветохин В.И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы: Дис. ... д-ра техн. наук: НТУУ «Киевский политехнический институт», ОАО «ВИСХОМ». Москва : КПИ. ВИСХОМ, 2010. 284 с.
7. Лещенко С.М. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами. *Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка*. Харків, 2015. Вип. 156. С. 25–34.
8. Сало В.М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. 2015. Вип. 45, ч.1. С. 126-132.
9. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В.Ф. 2017. 278 с.

10. Войтов В.А. Про розташування матеріалів в парах тертя за твердістю та конструктивні способи підвищення зносостійкості. *Тертя та зношування*. 1994. Т.15. С. 452-460.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / ред. А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Касилов, Р.К. Мещеряков. Москва : Машиностроение-1, 2003. 944 с., ил.
12. Сірий І. О. Передумови основного обробітку ґрунту шляхом створення деформацій розтягування-вигину і зсуву. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2016. №. 4. С. 171-181.
13. Сало В. М. и др. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2015. №. 45 (1). С. 126-132
14. Пащенко В.Ф. Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий: монография. *Харьк. гос. аграр. ун-т им. В.В. Докучаева*. 1994. 134 с.
15. Безруков А. В. и др. Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы. *Труды ГОСНИТИ*. 2012. Т. 110. – С. 100.