

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БОЯТА ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.362.3

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ
ПАРАМЕТРІВ КОМПАКТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ
СОРТУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ**

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
_____ Боята В.О.

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Боята Владислав Олександрович. Обґрунтування конструктивних і режимних параметрів компактного пристосування для сортування бульб картоплі. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі в результаті аналізу наукових праць і конструкцій картоплесортувальних пристроїв було виявлено, що найпростішими для сортування картоплі є калібрувальні пристрої транспортерного типу з нескінченною стрічкою та щілинними отворами. Щілинна форма отворів найповніше відповідає умовам поділу вороху картоплі на фракції за найменшим поперечним діаметром бульби. На підставі висновків, отриманих у результаті аналізу конструкцій, розроблено конструктивно-технологічну схему калібрувального пристрою картоплі транспортерного типу з нескінченною стрічкою та щілинними отворами.

На підставі аналізу виведеного рівняння регресійного аналізу (математична модель) було визначено значення варійованих чинників, які забезпечують найбільшу ефективність калібрування бульб картоплі на фракції: швидкість транспортерного робочого органа $v_{p.o} = 0,43$ м/с; подача матеріалу $q = 23,12$ т/год; кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р} = 4$ шт за точності калібрування 94,6%.

Виробничі випробування експериментального сортування транспортерного типу засвідчили надійність роботи пристрою, високу точність сортування – 90,6...96,2% за продуктивності 20...24 т/год, завдаючи несуттєвих ушкоджень бульбам – не більше 3,86%

Ключові слова: калібрування, картопля, сортування, пристрій, транспортер, швидкість, точність.

ANNOTATION

Boyata Vladyslav Oleksandrovyh. Substantiation of design and operating parameters of a compact device for sorting potato tubers. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

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

In his master's thesis, he analysed scientific papers and designs of potato sorting devices and found that the simplest potato sorting devices are conveyor-type calibration devices with an endless belt and slotted holes. The slotted shape of the holes most fully meets the conditions for dividing a heap of potatoes into fractions according to the smallest transverse diameter of the tuber. Based on the conclusions obtained from the analysis of structures, a constructive and technological scheme of a conveyor-type potato calibration device with an endless belt and slotted holes was developed.

Based on the analysis of the derived regression analysis equation (mathematical model), the values of the variable factors that ensure the highest efficiency of calibration of potato tubers into fractions were determined: speed of the conveyor working body $v_{p.o} = 0.43$ m/s; material supply $q = 23.12$ t/h; number of plough scatterers $N_{III,p} = 4$ pcs with a calibration accuracy of 94.6%.

Production tests of the experimental transporter-type sorting system showed the reliability of the device, high sorting accuracy - 90.6...96.2% at a capacity of 20...24 t/h, causing insignificant damage to tubers - no more than 3.86%.

Keywords: calibration, potatoes, sorting, device, conveyor, speed, accuracy.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ СОРТУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ. КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СОРТУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ.....	25
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТА ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАНСПОРТЕРНОГО КАЛІБРУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ БУЛЬБ КАРТОПЛІ.....	34
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Картопля в нашій країні поширена майже повсюдно. За своєю народногосподарською значимістю вона посідає друге місце після зерна. З давніх-давен картопля відома як найцінніший продукт харчування людини. Крім того, це одна з польових культур, що йде на технічні та кормові цілі.

У зв'язку зі сформованою ситуацією на зовнішньому продовольчому ринку та війною в країні перед сільськогосподарськими виробниками постало завдання підвищення ефективності вирощування картоплі, забезпечення країни продовольством і сировиною власного високоякісного виробництва. Для виконання цих завдань необхідне створення та впровадження сучасних машин, що можуть забезпечити високу якість виробленої продукції за одночасного зниження витрат.

Забезпечення комплексної механізації у виробництві картоплі істотно знижує витрати праці. За механізованого збирання в купі є домішки, які ускладнюють реалізацію та зберігання картоплі. З метою виключення негативних чинників, спричинених наявністю в купі домішок, необхідно провести післязбиральну доробку картоплі. Однією з важливих операцій при цьому є сортування бульб за фракціями.

Сортування бульб на фракції дає змогу отримувати не тільки високі врожаї за менших витрат насінневого матеріалу, а й якісну продовольчу картоплю з хорошими перспективами для ефективної її реалізації. У зв'язку з цим потрібно забезпечити сортування фракцій на високому технологічному рівні.

Об'єкт наукового дослідження. Сортувальний пристрій бульб картоплі транспортерного типу та технологічний процес його роботи.

Предмет наукового дослідження. Параметри та режими роботи компактного сортувального пристрою бульб картоплі з робочим органом транспортерного типу, що впливають на якість робочого процесу.

Мета наукового дослідження. Метою дослідження є розробка компактного сортувального пристрою бульб картоплі з робочим органом транспортерного типу, з подальшим обґрунтуванням конструктивних і режимних параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити та виготовити дослідний зразок картоплесортувального пристрою;
- вивчити параметри та режими роботи, що впливають на точність калібрування;
- на основі виробничих випробувань оцінити ефективність розробки.

Методи наукового дослідження. У дослідженні використано методи математичної статистики, теорії експерименту. Використання даних методів ґрунтувалося на застосуванні сучасних технічних засобів та вимірювальних приладів. Експериментальні дослідження виконано методом планування багатofакторних експериментів.

Достовірність та обґрунтованість отриманих у роботі результатів підтверджуються коректним використанням математичних методів, перевіркою теоретичних висновків математичного моделювання експериментами, оцінкою похибок досліджень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., **Боята В.О.** Аналіз способів і пристроїв сортування бульб 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. 180-286.

2. Куликівський В.Л., **Боята В.О.** Конструктивно-технологічна схема конструкції пристосування для сортування бульб картоплі. *Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (17–19 жовтня 2023 року). МОН України,

Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ.. 2023.С. 82-84.

3. Куликівський В.Л., **Боята В.О.** Результати виробничих випробувань транспортерного калібрувального пристрою бульб картоплі. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для виробництва представляє розроблений сортувальний пристрій бульб картоплі транспортерного типу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 50 сторінок комп'ютерного тексту, містить 28 рисунків та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ СОРТУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

Ворох картоплі, який надходить на сортувальні пристрої, являє собою суміш бульб різних фракцій. Завдання сортування полягає в поділі бульб за розмірно-масовими характеристиками на фракції згідно з вимогами, що пред'являються до оброблюваної продукції. При завантаженні на зберігання в осінній період повне розділення на фракції зазвичай не передбачають, знижуючи тим самим пошкодження свіжозібраних бульб. Наприклад, під час закладання продовольчої картоплі на зберігання восени з усієї маси картоплі виділяють домішки і дрібні нетоварні бульби масою до 25г. Таке доопрацювання купи забезпечує скважність насипу і хорошу вентиляцію в процесі зберігання. У період зберігання або після проводять сортування бульб на фракції [1].

Для якісної підготовки посадкового матеріалу необхідно забезпечити максимально точне виділення насінневої фракції. Це дає змогу підвищити якість роботи садивних машин, забезпечити рівномірність сходів і дозрівання бульб, а також забезпечити кращі умови для подальших технологічних процесів [1].

Процес сортування картоплі різними механічними пристроями, можливо, охарактеризувати такими основними показниками як, точність поділу бульб на фракції, питома продуктивність і ступінь пошкодження оброблюваного матеріалу [1].

На ефективність процесу сортування картоплі значною мірою впливають розмірно-масові характеристики бульб, умови роботи та особливості конструкції робочих органів і сортувальних пристроїв загалом [1].

Було встановлено, що для процесу сортування на механічних пристроях, бульбу картоплі необхідно характеризувати кількома лінійними розмірами: довжиною – a , шириною – b , товщиною – c і S – розміром, який визначається за залежністю:

$$S = 0,708\sqrt{b^2 + c^2} \quad (1.1)$$

З урахуванням цих параметрів наближено бульбу можна уявити як еліпсоїд (рис. 1.1), де a , b , c – напівосі еліпсоїда.

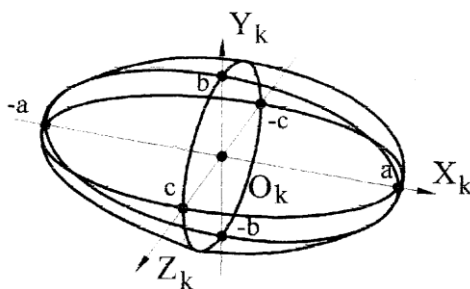


Рис. 1.1 Наближена форма бульби

Оскільки сортування бульб у механічних пристроях відбувається за розмірною ознакою, то під час розроблення робочих органів і конструкцій сортувань необхідно враховувати залежність маси бульби від довжини, ширини та товщини. Ці статистичні величини перебувають у тісній кореляційній залежності між собою. За даними, маса бульби і кожен з її розмірів варіюються близько певного середнього значення. Це дає змогу визначити масові межі кожної фракції та сортувати картоплю за розмірною ознакою [1].

Під час розгляду процесу сортування та визначення пріоритетного розміру для поділу бульб, деякі автори стверджують, що довжина та ширина бульби більш достовірно відображають її масові значення порівняно з товщиною. М.М. Колчин стверджує, що як ознака для сортування бульб картоплі жоден із її розмірів не має суттєвих переваг перед іншими [1].

Розглядаючи залежність середньої маси бульби m_k від значень її товщини, ширини та довжини (рис. 1.2), наведені в, видно, що криві залежностей мають різну крутизну сходження [1].

Різними дослідженнями встановлено, що щільність розподілу лінійних розмірів картоплі залежно від маси достатньою мірою підпорядковується нормальному закону розподілу. На рис. 1.3 зображено варіаційні характеристики товщини бульб за масою, що характеризуються густиною нормального розподілу [1].

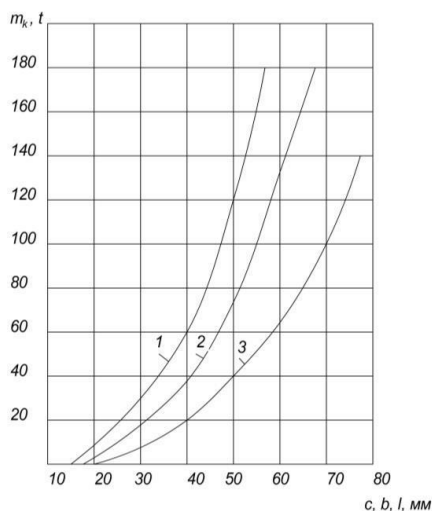


Рис. 1.2. Залежність середнього значення маси m_k бульби картоплі від її розмірів: 1 – товщини c ; 2 – ширини b ; 3 – довжини l [1].

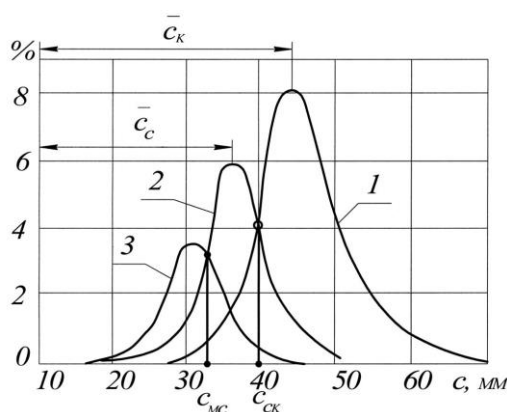


Рис. 1.3. Варіаційна характеристика товщини бульби залежно від її маси: 1 – велика фракція; 2 – середня фракція; 3 – дрібна фракція [1].

На рис. 3 видно, що розмірні характеристики бульб сусідніх фракцій перекривають одна одну, тобто під час сортування бульб за масою шляхом їх калібрування за розміром домішки бульб однієї фракції в іншій неминучі. Встановлено що, перекриття виходять як наслідок варіювання маси та розміру окремих бульб у широких межах. Це і є основним чинником, що зумовлює точність сортування. Для визначення оптимальних розмірів калібрувальних отворів, з точок перетину кривих розподілу опускають нормаль на вісь абсцис. Точки перетину цих нормалей з віссю вказують розміри отворів [1].

Відомо, що на процес калібрування має значний вплив форма бульби. Одній і тій самій масі відповідають бульби з різними лінійними розмірами та

різної форми, яка характеризується співвідношенням трьох лінійних розмірів і залежить від сорту картоплі та умов вирощування.

За прийнятою класифікацією, машини для сортування бульб картоплі за типом робочих органів поділяють на машину з класифікатором транспортерного типу, з роликками, що обертаються, з плоскими решетами, з барабанними решетами, з різною комбінацією робочих органів [1].

Залежно від послідовності виділення фракцій існують три технологічні варіанти калібрування.

Перший – калібрування від дрібного до крупного (послідовне сортування) (рис. 1.4).

Другий – паралельне сортування (рис. 1.5) [1].



Рис. 1.4. Калібрування від дрібної до великої [1].



Рис. 1.5. Паралельне сортування [1].

Багато відомих нині картоплесортувальних машин працюють за першим технологічним принципом, тобто поділ бульб відбувається від дрібної до великої. Виробництво машин, що працюють за цим принципом, є найбільш економічно ефективним.

Крім того, продовольча картопля проходить усі етапи сортування, тим самим максимально очищаючись від усіх можливих домішок. Залежно від прийнятого лінійного розміру бульби картоплі, за яким відбуватиметься поділ на розмірні фракції, використовують різноманітні типи робочих органів.

Найширшого застосування в Україні набули машини з роликівими робочими органами (рис. 1.6) як українського виробництва (РКС-10, КСП-15В), так і фірм закордонного виробництва (Miedema BV, Grimme) [1].

У даному обладнанні робочі органи забезпечують інтенсивне розосередження оберемка, виділення домішок і рівномірну подачу бульб на робочу поверхню [1].

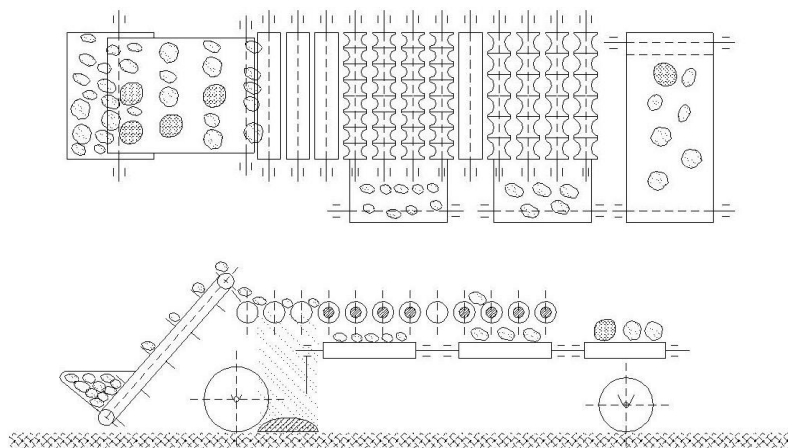


Рис. 1.6. Сортувальний пристрій із роликівими робочими органами.

Роликіві робочі органи можуть бути як поперечно розташованими роликівими так і поздовжньо розташованими роликівими. Крім того, незалежно від розташування роликів, вони можуть мати гладку форму (циліндричні та конічні) і фасонні (фігурні).

Гладкі ролики призначаються для попереднього виділення ґрунтових домішок. Фігурні ролики використовуються під час калібрування бульб. Під час обертання роликів в один бік з однаковими кутовими швидкостями забезпечується переміщення оберемка картоплі по роликівих (рис. 1.7).

Регулювання калібрувальних отворів роликівих сортувальних здійснюється шляхом збільшення відстані між роликівими, водночас змінюватиметься форма калібрувального отвору від округлої до овальної, що знижує точність сортування і призводить до пошкоджень бульб (до 15 %) [1].

До недоліків роликівих сортувальних поверхні також можна зарахувати значні пошкодження бульб, унаслідок їх защемлення через обертання роликів. Під час обробки картопляної купи підвищеної вологості, відбувається залипання

грунтом поверхні роликів і зміна розмірів калібрувальних отворів, що знижує точність сортування [1].



Рис. 1.7. Калібрування картоплі фасонними роликами

Аналіз дослідження показав, що пошкоджуваність бульб на роликах сягає 42%. Зазвичай картопля надходить на калібрування разом із домішками ґрунту, величина яких інколи сягає до 40...50% від загальної маси оберемка. Крім того, земля, що налипла на ролики, працює як абразив, збільшуючи обдирання шкірки та пошкодження бульб. Під час калібрування оберемка, що має у своєму складі бульби, уражені хворобами, заражені частинки бульб залишаються на роликах і потім передаються здоровим бульбам, підвищуючи загальну зараженість та інфекційний фон, збільшуючи втрати врожаю під час зберігання [1].

Робочі органи барабанного типу, за способом пересування сортованої картоплі по робочій поверхні, поділяються на дві групи. Це барабани з нахилом геометричної осі та барабани зі шнековими напрямними лотками, розташованими всередині них [1].

У барабанах із нахилом геометричної осі (рис. 8), калібрована маса пересувається вздовж осі за рахунок сили тяжіння, а в другому ж випадку оброблюваний матеріал пересувається примусово за рахунок взаємодії з напрямними лотками.

У барабанах із нахилом геометричної осі калібрована маса пересувається уздовж осі за рахунок сили тяжіння, за горизонтального розташування геометричної осі картопля пересувається примусово за рахунок взаємодії з напрямними лотками. У першому випадку бульби менше пошкоджуються через

меншу кількість ударів об робочу поверхню. У другому ж випадку лотки завдають великої кількості ударних ушкоджень, унаслідок чого цей спосіб сортування практично не застосовується [1].

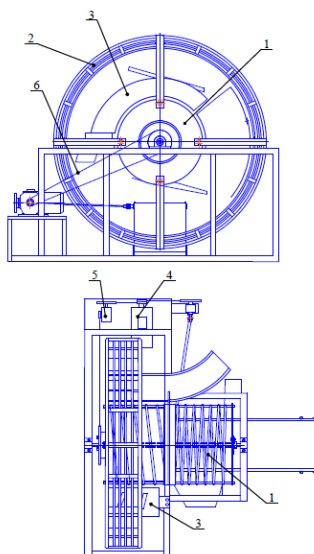


Рис. 1.8. Схема конструкції барабанної сортувальної машини: 1 – сортувальний барабан; 2 – ротор-живильник; 3 – приймальний лоток; 4 – електродвигун; 5 – редуктор; 6 – ланцюгова передача [1].

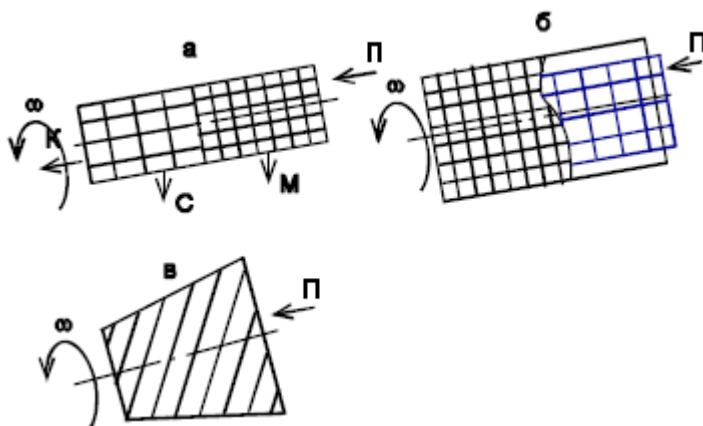


Рис. 1.9. Барабанні калібрувальні органи:

- а) циліндричний барабан із послідовним виділенням фракцій;
- б) циліндричний барабан із паралельним виділенням фракцій;
- в) конічний барабан зі щілинними отворами [1].

Робочий орган барабанних сортувальних машин може мати різне компонування. Решета в барабанах можуть розташовуватися послідовно (рис. 9а) і паралельно (рис. 1.9б) [1].



Рис. 1.10. Барабанна сортувальна машина з послідовним розташуванням решета [1].

За послідовному встановлені решіт (рис. 10), процес сортування починається з відділення дрібної фракції картоплі, унаслідок чого велика картопля, проходячи всю робочу поверхню, отримує найбільшу кількість ушкоджень. Але водночас максимально очищається від домішок [1].

За паралельного відокремлення фракцій (рис. 1.11), великі бульби менше пошкоджуються, але точність сортування знижується. Конічні барабани враховують зменшення подачі продукту і питомого навантаження по довжині, оскільки частина матеріалу провалюється крізь калібрувальні отвори в прохід. Робочим органом барабанних сортувальних машин є прогумований обертовий барабан-решето, що обертається, з діаметром 500...1000 мм. Отвори решета, що утворює поверхню барабана, можуть бути різними. Залежно від матеріалу, що сортується, форма отворів буває прямокутної, ромбічної, квадратної або щілинної форми [1].

Робочі органи барабанного типу мають серйозні недоліки. Через те що в кожен момент часу в роботі використовується тільки 10...12% від поверхні барабана, ці машини громіздкі, мають велику вагу і порівняно низьку продуктивність.

Поділ бульб за S-розміром реалізовано також у сортуваннях грохотного типу. Робоча поверхня утворена металевими решетами з квадратними отворами.

Найбільшого поширення набули сортування з паралельним (ярусним) розташуванням решіт (рис. 1.12), на яких здійснюється паралельне виділення фракцій. Машина з робочим органом грохотного типу поділяються на дві великі групи: з нерухомими та рухомими решетами [1].



Рис. 1.11. Барабанна сортувальна машина з паралельним виділенням фракції [1].

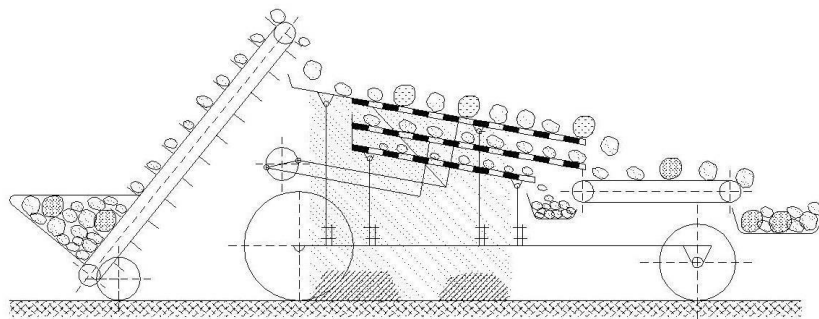


Рис. 1.12. Машина з робочим органом грохотного типу [1].

На нерухомих решетах відносний рух маси, що сортується, можливий лише за рахунок дії складової сили тяжіння за кута нахилу поверхні, більшого, ніж кут тертя.

На машинах із рухомим решетом (рис. 13) робочий орган (решето) встановлений під кутом або горизонтально, приводиться в рух за допомогою кулачкового струшувача, що забезпечує такий режим роботи, за якого картопля переміщується по решетах без відриву від поверхні із чергуванням зупинок і ковзання.

Це дає змогу підвищити якість отриманих фракцій і прискорити процес сортування. Сортувальні машини працюють на режимах, за яких матеріал, що сортується, переміщається по решетах без відриву від поверхні з чергуванням ковзання і зупинок. Під час сортування картоплі ці параметри приймають у таких межах: кут нахилу решета $\alpha=\beta=6\dots10$; амплітуда струшування $A=25\dots30\text{мм}$; частота обертання ексцентрикового валу $23\dots26\text{ с}^{-1}$. Грохотні сортувальні машини забезпечують точність сортування в межах $70\dots95\%$ [1].



Рис. 1.13. Машина для сортування картоплі з рухомим решетом [1].

Напрямок зворотно-поступальних рухів машин, як робочий орган зазвичай використовують плоскі решета, що хитаються, може бути перпендикулярним до напрямку сходження бульб і поздовжнім. Найчастіше це сортування з поздовжнім поступальним рухом сортувального полотна [1].

Основною перевагою грохотних сортувальних машин є їхня підвищена продуктивність і ефективність калібрування. Це досягається завдяки рівномірному розподілу та інтенсивному руху матеріалу, що сортується, по поверхні робочого органу. Крім цього завдяки поступальному руху решіт збільшується ймовірність проходження бульби через калібрувальні отвори.

У конструкції грохотної сортувальної машини зі встановленими під кутом сортувальними решетами робоча поверхня одночасно виконує калібрування і транспортування сортованої картоплі. Існують конструкції з горизонтальним

розташуванням решіт, але в цьому разі потрібно забезпечувати несиметричність прискорень і швидкостей решіт у бік сходу і в зворотному напрямку. Для цього встановлюють повідці під кутом β із застосуванням звичайного кривошипного приводу, інакше грохоти постачають спеціальними диференційованими рушійними механізмами (двокривошипним, кулісним) [1].

За характером хитань виділяють грохоти з прямолінійними хитаннями (рис. 1.14 а, б) і гіраційні (кругові) грохоти, які здійснюють хитання по колу у вертикальній площині (рис. 1.14 в).

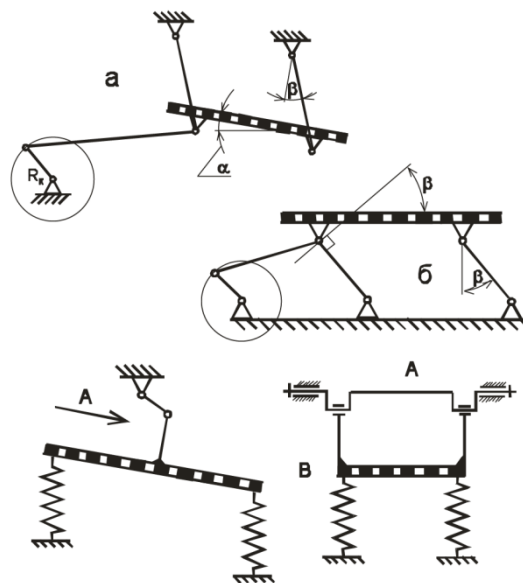


Рис. 1.14. Види рухомих грохотів: а) похилий грохот, що хитається; б) горизонтальний грохот, що хитається; в) гіраційний одновальний грохот.

Плоскі хитні грохоти також розрізняють за конструкцією. Існують хитні грохоти, що хитаються, які мають жорсткий кінематичний зв'язок із механізмом передавання коливань, і вібраційні грохоти, в яких жорсткий зв'язок відсутній (рис. 1.14в).

Недоліками їх є можливість нанесення ушкоджень бульбам на решетах, а також забивання решіт рослинними рештками. Ушкодження бульб на грохотних сортуваннях залежать від рівня силового впливу, який визначається режимом руху решіт з одного боку та продуктивністю з іншого.

Одним із варіантів машин для сортування картоплі є машини з комбінованим робочим органом.

Такими є транспортерно-роликові, дисково-стрічкові та інші робочі органи. На рис. 1.15 представлено схему комбінованого дисково-стрічкового робочого органу [1].

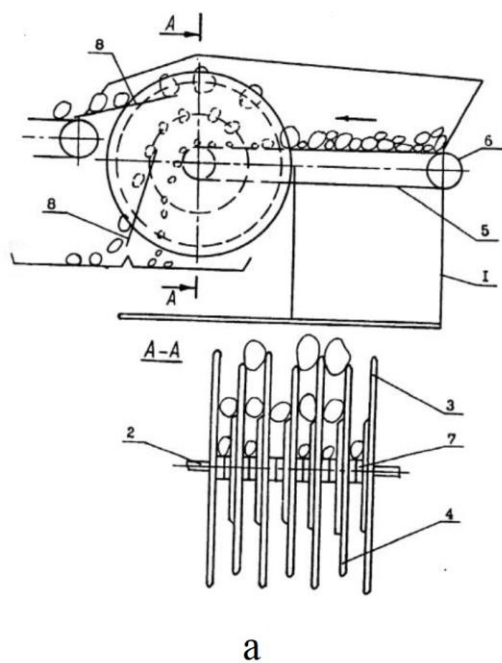


Рис. 1.15. Схема (а) і зовнішній вигляд (б) комбінованого дисково-стрічкового робочого органу.

Стрічки 5, встановлені в щілині між дисками, відіграють роль транспортера і забезпечують подачу картоплі в зону поділу. Використання односторонньо ступінчастих дисків 3 і 4 дає змогу здійснювати калібрування на три фракції.

Вищезазначена конструкція має високу продуктивність і точність, але має один недолік, внаслідок скупчення картоплі перед дисками пошкоджується шкірка картоплі, що надалі несприятливо позначається на збереженні бульби при її подальшому зберіганні.

Найбільш сильні пошкодження отримують бульби великої фракції, через конструктивну особливість картопля повинна за рахунок сили тертя підніматися на диск робочого органу, але через велику масу бульби, відбувається прослизання і пошкодження бульби.

Транспортерно-роликовий робочий орган складається з пасової поверхні та блоку фігурних роликів, що знаходяться під пасовою поверхнею.

Велика фракція відокремлюється ремінною поверхнею, подальше відокремлення відбувається на фігурних роликах. Порівняно з роликовими машинами в даному випадку значно знижено пошкодження продовольчих бульб, істотно знижено кількість дрібних бульб у насіннєвій фракції картоплі.

Залежно від вимог до сортувальної машини, комбінації робочих калібрувальних органів може бути різною, але під час вибору робочого органа слід враховувати вплив одного робочого органа на інші.

Сортування бульб за товщиною реалізовано в конструкції сортувального пристрою з пасовою робочою поверхнею з калібрувальними отворами щілинної довгастої форми (рис. 1.16) [5].

Нескінченні круглі ремені сортувального пристрою утворюють віялоподібну поверхню з наростаючим розміром щілинного зазору. З метою зміни меж поділу картоплі та інших коренеплодів одночасно на кілька фракцій передбачено безступеневу зміну калібрувального зазору в широких межах між ременями круглого перерізу, що розходяться.

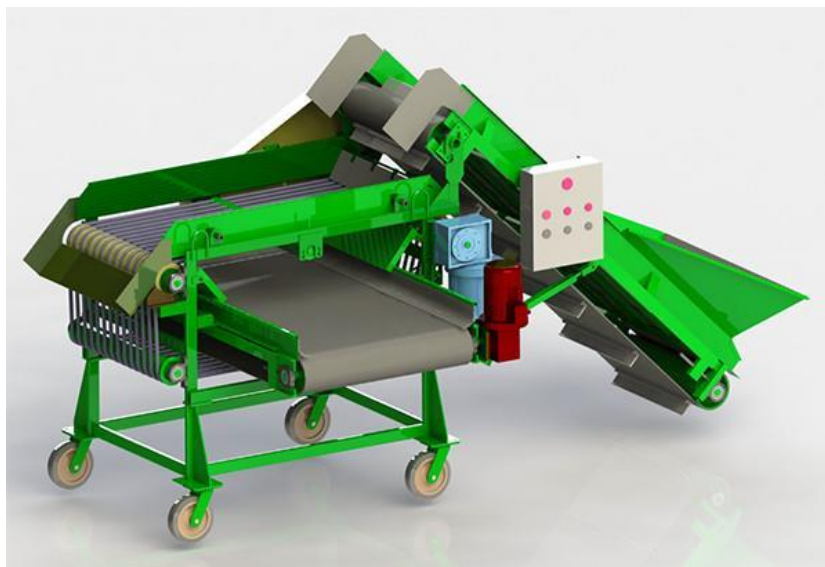


Рис. 1.16. Транспортерне сортування з ремінним робочим органом

Сортування транспортерного типу серії WSU (мал. 1.17) [11] забезпечує сортування картоплі на 2 фракції під час завантаження або вивантаження зі

сховища, може бути укомплектоване додатковими роликками, пристроями регулювання швидкості та очищення роликків. Вона складається з основної рами, сортувального полотна з ведучим, веденим і натяжним валами, струшувального механізму та їхніх приводів.

Струшувальний механізм має варіатор для зміни інтенсивності впливу відповідно до умов роботи. Для виведення фракції, що виділяється в "прохід", встановлюється вивантажувальний конвеєр. Розмір фракцій регулюється в межах: 35...55 мм, 40...60 мм і 50..70 мм. Межа поділу фракцій визначається величиною осередків змінних полотен. Є модифікація сортування, що складається з двох модулів, які з'єднуються паралельно в єдиний агрегат з метою підвищення продуктивності



Рис. 1.17. Сортування транспорного типу серії WSU

Спостереження засвідчили, що транспортерні калібрувальні пристрої менше пошкоджують бульби картоплі за умови покриття робочих органів полімером, використання гумованих робочих органів або виготовлення з пружних транспортерних полотен.

Для підтримання високої продуктивності та точності сортування транспортерних робочих органів, необхідно постійно підтримувати оптимальний натяг транспортера. Крім того транспортерні сортувальні поверхні мають

схильність до бічної деформації, що призводить до зміни калібрувального просвіту та зменшення точності сортування.

Для виключення цього недоліку необхідно або ускладнювати конструкцію, або використовувати матеріали, що виключають бічну деформацію і забезпечують максимальну площу живого перерізу [6].



Рис. 1.18. Робочий орган транспортерного типу зі щілинним калібрувальним отвором

Застосування поперечних елементів у робочих органах з щілинними калібрувальними отворами (рис. 1.18), тобто застосування сітчастих транспортерних полотен із щілиновидною формою вічок полотна, дає змогу збільшити жорсткість і точність роботи полотна.

Форми отворів сортувальних полотен (рис. 1.19) можуть бути різними, прямокутною, квадратною, шестикутною, витягнутою шестикутною. Для досягнення повного поділу та правильного орієнтування бульб у калібрувальні отвори, встановлюють додаткові пристрої. Цими пристроями є струшувачі, орієнтувальні ролики або плужкові розсіювачі, які більшою мірою забезпечують інтенсифікацію процесу орієнтування. Крім того, послідовне виділення декількох фракцій одним модулем, за рахунок змінної величини зазору між стрічками, що розходяться, знижуються витрати на виробництво та експлуатацію установки.

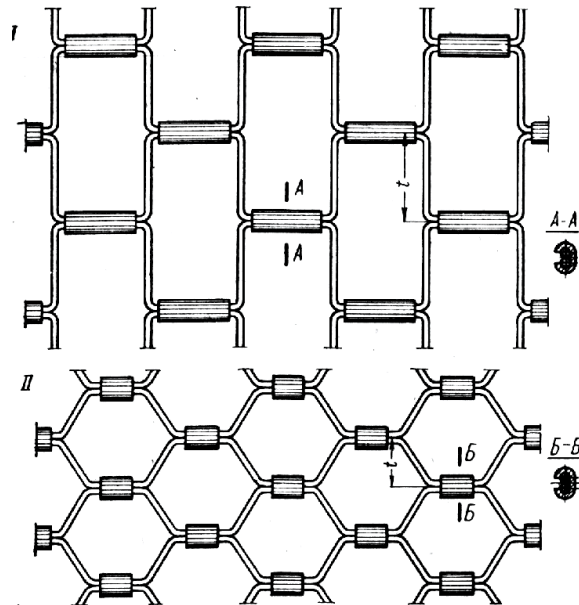


Рис. 1.19. Види отворів сітчастих поверхонь

Великий інтерес становлять результати досліджень пошкоджуваності бульб під час падіння їх на різні поверхні. Верещагін М. І. стверджує [3], що покриття сталевих прутків сепараторів шаром гуми не дає значного зменшення механічних ушкоджень, якщо не передбачено мінімально допустимих швидкостей співудару бульб із робочими органами [2]. Каспарова С. А. та ін. встановили, що заміна металевих голих та прогумованих прутків порожнистими гумовими та еластичними прутками різних діаметрів значно зменшує кількість сильних пошкоджень [4]. Таким чином, можна зробити висновок, що використання результатів цих досліджень під час розробки робочих органів сортувальних машин допоможе зменшити пошкодження бульб.

З урахуванням усього вище викладеного, було сконструйовано та реалізовано дослідну конструкцію з транспортерним робочим органом щілинними отворами. Для зменшення пошкоджень робочий орган машини виготовлено з гумоармованого полотна.

Висновки по розділу

За результатами аналізу способів і пристроїв сортування картоплі, слід сказати, що нині недостатньо приділяється уваги створенню машин із робочим органом транспортерного типу, хоча такі машини є доволі простими, енергоефективними, високопродуктивними, високопродуктивними, такими, що демонструють більшу точність сортування та найменш ушкоджують бульби.

У зв'язку з цим метою дослідження є розробка компактного сортувального пристрою бульб картоплі з робочим органом транспортерного типу, з подальшим обґрунтуванням конструктивних і режимних параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити та виготовити дослідний зразок картоплесортувального пристрою;
- вивчити параметри та режими роботи, що впливають на точність калібрування;
- вивчити ударну взаємодію моделі бульби з робочими органами сортувального пристрою для оцінювання ушкоджуваності картоплі;
- на основі виробничих випробувань оцінити ефективність роботи.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СОРТУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

Розроблення простого за конструкцією, недорогого, малогабаритного робочого органу для розділення бульб картоплі на фракції за розмірами є важливим завданням. Однак впровадження його у виробництво, розробка всього комплексу конструкторської документації, відпрацювання технологічного циклу виробництва, звісно підвищить ціну готового продукту [2].

Невеликі фермерські господарства, а також сільськогосподарські підприємства широкого профілю, що мають незначні оброблювані площі під картоплю (менше 20...50 га), не можуть собі дозволити купувати нову техніку. За таких малих обсягів виробництва термін її окупності може перевищити термін експлуатації. Але в господарствах є старі комплекси КСП-15Б, що мають у своєму складі роликові картоплесортувальники РКС-10. Пропонується як основу взяти раму наявного комплексу КСП-15Б і на неї встановити новий робочий орган транспортерного типу. Як калібрувальну поверхню робочого органу пропонується використовувати транспортер із нескінченною стрічкою, що має щілинні отвори, рис. 2.1. [2].

Розміри отворів і крок їхнього розташування визначалися вимогами стандартів і розмірно-масовими характеристиками типових сортів картоплі, що вирощуються в господарствах Житомирської області. Для виділення середньої фракції картоплі були прийняті розміри калібрувальної щілини, що дорівнюють $KП1 = 40$ мм, рис. 2.2.

Довжина отворів була обрана такою, що дорівнює $l = 180$ мм, щоб забезпечити безперешкодний прохід крізь нього бульб подовжено-овальної форми.

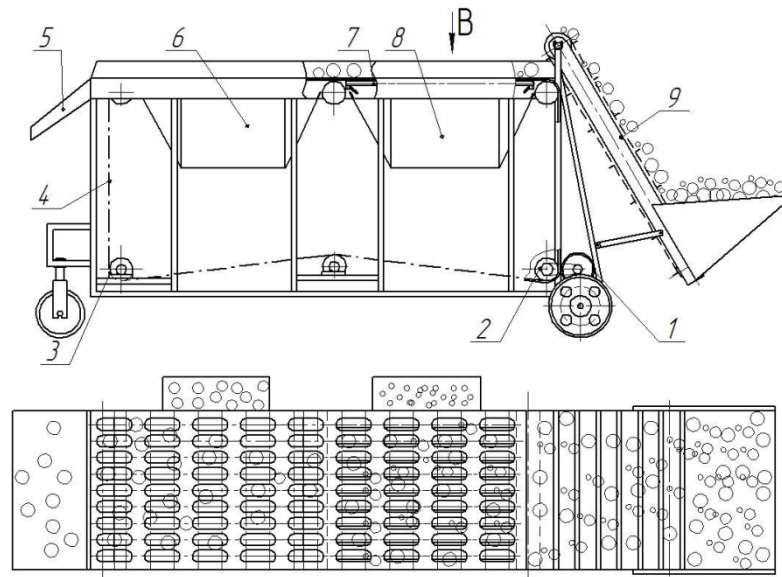


Рис. 2.1. Схема запропонованої конструкції, з новим робочим органом транспортерного типу: 1 – приводний мотор-редуктор; 2 – ведучий барабан; 3 – підтримувальний барабан; 4 – транспортерна стрічка; 5 – лоток приймання великої фракції; 6 – лоток приймання середньої фракції; 7 – калібрувальне решето; 8 – лоток приймання дрібної фракції; 9 – транспортер для подачі з приймальним лотком [2].

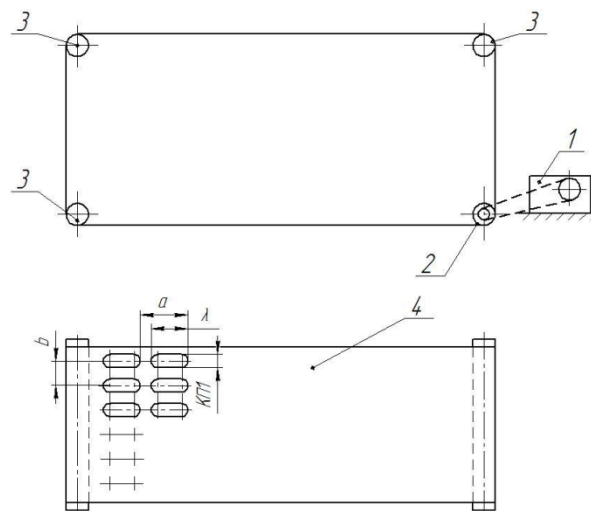


Рис. 2.2. Схема встановлення калібрувального полотна з розмірами комірок: 1 – привід; 2 – ведучий барабан; 3 – підтримувальний барабан; 4 – транспортерна стрічка [2].

Кроки розташування отворів a і b , були прийняті рівними $a = 240$ мм і $b = 82,5$ мм, щоб забезпечити достатню жорсткість системи (рис. 2). Це забезпечує стабільність розмірів калібрувальних отворів.

Транспортерні робочі органи мають дуже просту конструкцію, потребують низьких витрат енергії на здійснення технологічного процесу, не схильні до динамічних впливів, мають низьку матеріалоемність, порівняно з барабанними, роликowymi робочими органами [2].

Щілинна форма отворів найповніше відповідає умовам поділу купи картоплі на фракції за найменшим поперечним діаметром бульби. При цьому щілинні отвори мають найвищу ймовірність для проходження бульб картоплі через них. [2].

Однак поряд із зазначеними можна відзначити й притаманні транспортерним робочим органам недоліки [2]:

- відсутність динамічного впливу на купу перешкоджає відносному руху бульб поверхнею стрічки, основній умові надійного орієнтування бульб у калібрувальних отворах;

- розміри щілинних отворів не регулюються, тобто один робочий орган дає змогу поділити купу лише на 2 фракції.

Пропонована конструкція виконана з урахуванням виключення вищезазначених недоліків, а саме для відділення картопляної купи на три фракції на одній ділянці встановлено решето для зменшення калібрувального просвіту сортувального полотна. Плужкові розсіювачі, встановлені на робочій поверхні, забезпечують рівномірний розподіл вороху та невелике гальмування картоплі для якіснішого відділення всіх фракцій. Крім цього, для унеможливлення западання картоплі в отворах транспортерного полотна встановлено виштовхувальну пластину. Усі ці пристрої забезпечують умови, необхідні для усунення недоліків транспортерних сортувальних робочих органів.

Об'єктом дослідження є компактний сортувальний пристрій бульб картоплі транспортерного типу та технологічний процес його роботи.

Схема установки представлена на рис. 2.3.

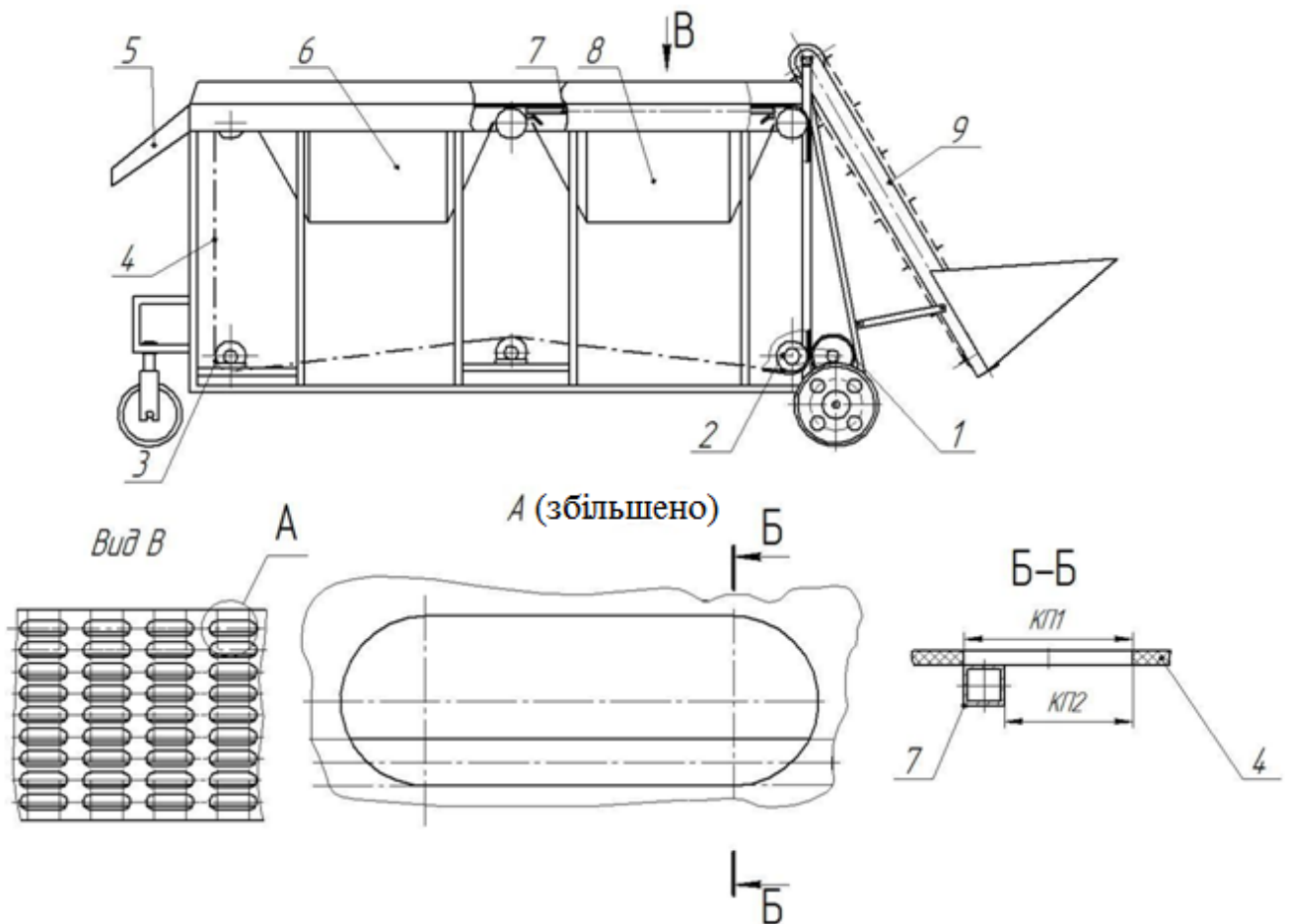


Рис. 2.3. Принципова схема сортувального пристрою: 1 – приводний мотор-редуктор; 2 – ведучий барабан; 3 – підтримувальний барабан; 4 – транспортерна стрічка; 5 – лоток приймання великої фракції; 6 – лоток приймання середньої фракції; 7 – калібрувальне решето; 8 – лоток приймання дрібної фракції; 9 – транспортер для подачі з приймальним лотком.

Пропонований сортувальний пристрій містить просіювальну поверхню у вигляді нескінченного полотна 4 і металеве решето 7, встановлене на полозах під полотном. У контурі полотна розташовані підтримувальні 3 і ведучий 2 барабани. Привід транспортера здійснюється мотор-редуктором 1 через ланцюгову передачу.

Просіювальна поверхня для відокремлення дрібної фракції утворена нескінченим гумовотканинним полотном із калібрувальними отворами, що мають розмір КП1, що дорівнює 40 мм (для відокремлення середньої фракції), та металевим решетом, встановленим на полозах під полотном, із можливістю

переміщення для зміни калібрувального просвіту КП2, що дорівнює 25...40 мм (для відокремлення дрібної фракції).



Рис. 2.4. Загальний вигляд лабораторної установки

Зовнішнє полотно на ділянці без решета утворює сортувальну поверхню для відділення середньої фракції. Процес сортування на пропонуваній конструкції проходить таким чином. Картопля завантажується в завантажувальний лоток, звідси транспортером картопля подається на робочий орган сортування. Полотно, рухаючись із постійною швидкістю, сортує масу, що подається, на три фракції - дрібну, середню і велику. Зміну калібрувального просвіту КП2 можна забезпечити переміщенням решета щодо транспортера. Цією операцією регулюється величина дрібної фракції картоплі, але зміна дрібної фракції впливає на середній розмір картоплі середньої фракції. Для зменшення ушкоджень бульб елементи, що безпосередньо стикаються з картоплею, мають бути обгумовані або покриті полімерним матеріалом. Відсортована картопля потрапляє в приймальні контейнери для великої та дрібної фракцій.

У процесі проведення досліджень використовували такі прилади та обладнання:

- штангенциркуль ШЦ-1-300-0,1;
- смартфон Apple iPhone 15 Pro;
- персональний комп'ютер;

- ваги електронні RCS-7040;
- рулетка вимірювальна;
- комплект змінних зірочок для ланцюгової передачі;
- ваги платформні РП-159 РЗ;
- набір інструменту Force 41421R;
- лабораторний стенд для визначення сили удару картоплі.

Важливим критерієм, що характеризує процес поділу картопляного вороху на фракції, є точність сортування. Відомо, що точність сортування залежить від подачі матеріалу, що сортується, на робочий орган сортувальної машини і, зважаючи на це, продуктивність використовуватимемо як керований фактор, встановлюючи різні її чисельні значення. Важливе значення під час сортування бульб картоплі має ступінь їхнього пошкодження, тому під час створення картоплесортувань необхідно враховувати цей критерій.

Оскільки оптимізувати експериментально за кількома критеріями неможливо [2], то за основний оціночний критерій, що характеризує процес поділу бульб картоплі на фракції, прийнято точність калібрування.

Пошкодження бульб картоплі під час роботи пропонованого сортувального пристрою, як показали попередні дослідження [5], істотно нижчі, ніж пошкодження від роликів сортувань. Тому цей критерій було введено як перевірочний.

Від кількості фракцій картоплі, що розділяються робочим органом сортувальної машини, залежить точність калібрування машини. Зі збільшенням кількості фракцій знижується загальний коефіцієнт точності. Під час поділу бульб картоплі на дві фракції, частина бульб середньої фракції опиниться в дрібній фракції, а частина – у великій фракції. Теоретичний коефіцієнт точності сортування знаходиться за формулою:

$$T_{\text{тл}} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

де Q_0 – загальна кількість бульб у масі; Q_1 – кількість бульб домішок за масою в суміжних фракціях.

Теоретичний коефіцієнт точності калібрування під час сортування на три фракції зменшиться, оскільки кількість домішок у трьох фракціях збільшиться, за того самого загального складу бульб. Оскільки біля першої межі поділу в домішки до дрібної фракції відійдуть бульби більшої фракції, а в більшу потраплять бульби дрібної фракції, тоді:

$$T_m = \frac{Q_0 - Q_1 - Q_2}{Q_0} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де Q_0 – загальна кількість бульб у масі; Q_1 – кількість бульб домішок за масою біля першої межі поділу на фракції; Q_2 – кількість бульб домішок за масою біля другої межі поділу на фракції.

У разі зміни розмірів отворів для калібрування (меж поділу фракцій) коефіцієнт точності як за кожною фракцією, так і загалом по машині змінюється. Точність калібрування бульб за розмірами машиною оцінюють дійсним коефіцієнтом точності

$$T_d = \frac{m}{m_0} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де m - маса бульб, що відповідає вимогам фракцій; m_0 - маса бульб, що виділилися у фракцію. Дійсний коефіцієнт точності калібрування бульб менший за теоретичний. Це відбувається здебільшого через бульби, які не зорієнтувалися в отвори, і відхилення розмірів отворів від номінальних (визначених за варіаційними характеристиками). Чим менше відрізняється чисельне значення дійсного коефіцієнта точності калібрування від теоретичного, тим досконалішим є робочий орган.

Деякі відмінності за фракційним складом кожної партії відсортованої картоплі в процесі визначення точності калібрування призводять до незрівнянних результатів. Оцінка результатів калібрування за показником k має перевагу. Воно дає змогу оптимізувати процес калібрування, незалежно від

мінливого фракційного складу картоплі, що змінюється, і порівнювати робочі органи в умовах, максимально наближених до дійсних. Через різні використовувані сорти картоплі, співвідношення розмірів бульб яких може відрізнятись значно, рівень точності буде дещо коливатися.

Використовуючи апріорну інформацію з різних джерел, провівши аналіз принципу роботи пропонованого сортувального пристрою, можна виокремити такі фактори, що впливають на процес калібрування:

1 – швидкість транспортерного робочого органу $v_{p.o}$ (м/с);

2 – подача матеріалу q (т/год), що визначається продуктивністю живильного транспортера або способом його завантаження (ручний або машинний);

3 - кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р}$;

4 – кут установки плужкових розсіювачів γ , градус.

Одразу можна зазначити, що перші два фактори мають велике значення на точність калібрування, на чому наголошується в роботах численних авторів. Кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р}$ більшою мірою впливає на точність калібрування, ніж кут їхнього встановлення γ , тому що саме ці пристрої дають змогу бульбам пере-міщатися відносно стрічки, забезпечуючи їхню правильну орієнтацію в отворах, що калібрують. Тому кут установки плужкових розсіювачів було прийнято з конструктивних міркувань постійним і рівним $\gamma = 30^\circ$. Як керовані фактори під час 3-х факторного експерименту залишено швидкість транспортерного робочого органу $v_{p.o}$ (м/с), подачу матеріалу q (т/год), кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р}$.

Для уточнення основних параметрів транспортерного сортувального пристрою картоплі досліди проводилися в лабораторних умовах.

Для проведення дослідів у вибраній партії картоплі було визначено розмірно-масову характеристику та складено кореляційну таблицю.

За даними кореляційної таблиці визначили теоретичний коефіцієнт точності калібрування та розміри отворів калібрувальної поверхні на ділянці відділення дрібної фракції

Під час встановлення граничних меж та інтервалів варіювання швидкості транспортерного робочого органа $v_{p.o}$, подачі матеріалу q , кількості плужкових розсіювачів $N_{пл.р}$ спиралися на конструктивні особливості машини (можливість розміщення плужкових розсіювачів), а також керувалися думкою науковців факультету.

Експеримент із картоплею було вирішено провести за трирівневим планом Бокса-Бенкіна [4]. Плани Бокса-Бенкіна порівняно з ортогональними економічніші за кількістю дослідів і мають їхні властивості [4]. Інтервали та рівні варіювання факторів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Інтервали та рівні варіювання.

Фактори	Рівні			Інтервали варіювання
	нижній (-1)	нульовий (0)	верхній (+1)	
$X_1 = v_{p.o}$ – швидкість транспортерного робочого органа, м/с	0,40	0,45	0,50	0,05
$X_2 = q$ подача матеріалу, т/год	23	26	29	3
$X_3 = N_{пл.р}$ кількість плужкових розсіювачів	0	2	4	2

Експеримент проведено за планом другого порядку (тобто на трьох рівнях), щоб отримати апроксимований вираз, який з достатньою точністю описує поведінку функції в області зміни чинників, що нас цікавить.

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи розроблена конструктивно-технологічна схема конструкції пристосування для сортування бульб картоплі. Відповідно до поставлених завдань у роботі розроблена програма і методика дослідження.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТА ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАНСПОРТЕРНОГО КАЛІБРУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

Результати дослідів на моделях бульб дали змогу встановити закономірність зміни чинників, що впливають на процес калібрування, і граничні межі для проведення експериментів на картоплі. Досліди проведено на лабораторній установці (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Лабораторна установка.

Експеримент складено за трьома факторами, трьома рівнями зміни цих факторів. Для обробки експериментів у програмі "STATGRAPHIC Plus" було зроблено вибірку з повнофакторного експерименту згідно з планом Бокса-Бенкіна

Після проведення експерименту проведено його обробку, що містить:

- перевірку відтворюваності дослідів;
- розрахунок коефіцієнтів регресії;
- перевірку значущості коефіцієнтів регресії;
- побудову математичної моделі;
- перевірку адекватності моделі результатам експерименту.

Розрахунок коефіцієнтів регресії здійснюється за допомогою програми "STATGRAPHIC Plus". У результаті розрахунку коефіцієнтів отримано математичну модель у закодованому вигляді, що пов'язує вплив трьох чинників на точність калібрування транспортерного сортувального пристрою. Рівняння математичної моделі має такий вигляд:

$$Y = 92,6933 - 0,27X_1 - 4,115X_2 + 1,635X_3 - 0,5442X_1^2 - 1,375X_1X_2 - 0,75X_1X_3 - 4,1892X_2^2 - 1,02X_2X_3 - 1,2742X_3^2; \quad (3.1)$$

Значимість коефіцієнтів регресії перевіряли за критерієм Стьюдента. Коефіцієнти регресії вважаються значущими, якщо розрахункове значення t_p більше $t_{табл}$. Табличне значення критерію Стьюдента дорівнює $t_{табл} = 2,13$ за рівня значущості $\alpha = 0,05$. Графічне відображення значущості коефіцієнтів математичної моделі процесу калібрування представлено на рис. 3.2.

Як видно з рисунка, значущими факторами є фактори X_2 і X_3 . Після відсіву незначущих коефіцієнтів, визначених за критерієм Стьюдента, рівняння набуде вигляду:

$$Y = 92,6933 - 4,115 X_2 + 1,635 X_3; \quad (3.2)$$

Рівняння моделі (3.2) показує, що найбільший вплив у заданих інтервалах варіювання чинників на параметр оптимізації чинить подавання матеріалу і кількість плужкових розсіювачів (рис. 3.3).

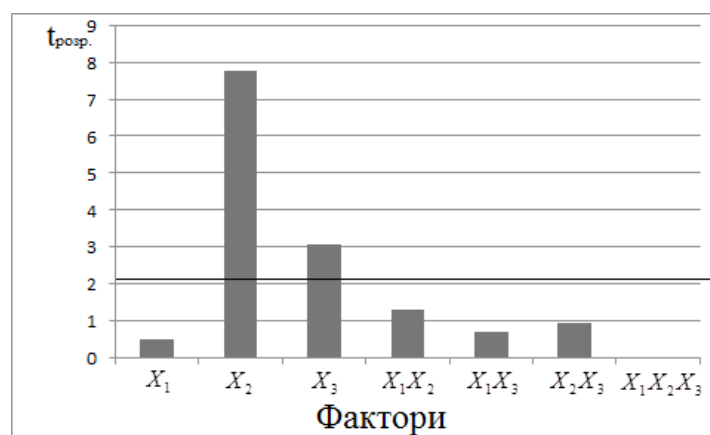


Рис. 3.2. Значимість коефіцієнтів математичної моделі процесу калібрування бульб картоплі.



Рис. 3.3. Практична взаємодія плужкового розсіювача з бульбою.

Менший вплив має швидкість робочого органу. Негативний знак перед коефіцієнтом вказує на зменшення параметра оптимізації при зростанні досліджуваного фактора, а позитивний – на зростання. Адекватність результатів експериментів отриманої математичної моделі другого порядку перевіряли за допомогою критерію Фішера.

Його розрахункове значення, знайдене $F_{\text{розр}} = 4,58$, виявилось більшим за табличне значення $F_{\text{табл}} = 2,475$, відповідного до 5%-го рівня значущості та ступенів свободи $f_1 = 12$ і $f_2 = 15$. Отже, гіпотеза про адекватність рівняння регресії (4.2) експериментальним даним відкидається. У цьому разі слід узяти за основу математичної моделі рівняння регресії (3.1).

Графічні зображення поверхні відгуків, переставлених на рис. 3.4, зображують залежність між критерієм оптимізації та двома незалежними змінними.

Справжні (натуральні) значення чинників, що забезпечують найбільшу ефективність калібрування бульб картоплі на фракції: $v_{p.o} = 0,43$ м/с; $q = 23,12$ т/год; $N = 4$ шт. Таким чином, отримано рівняння математичної моделі (4.1), що описує залежність точності сортування картоплі від трьох чинників: швидкості робочого органу, подачі матеріалу і кількості плужкових розсіювачів. Для цієї залежності проведено дослідження на екстремум і знайдено оптимальні значення

факторів, за яких досягається максимальна ефективність калібрування бульб картоплі на фракції.

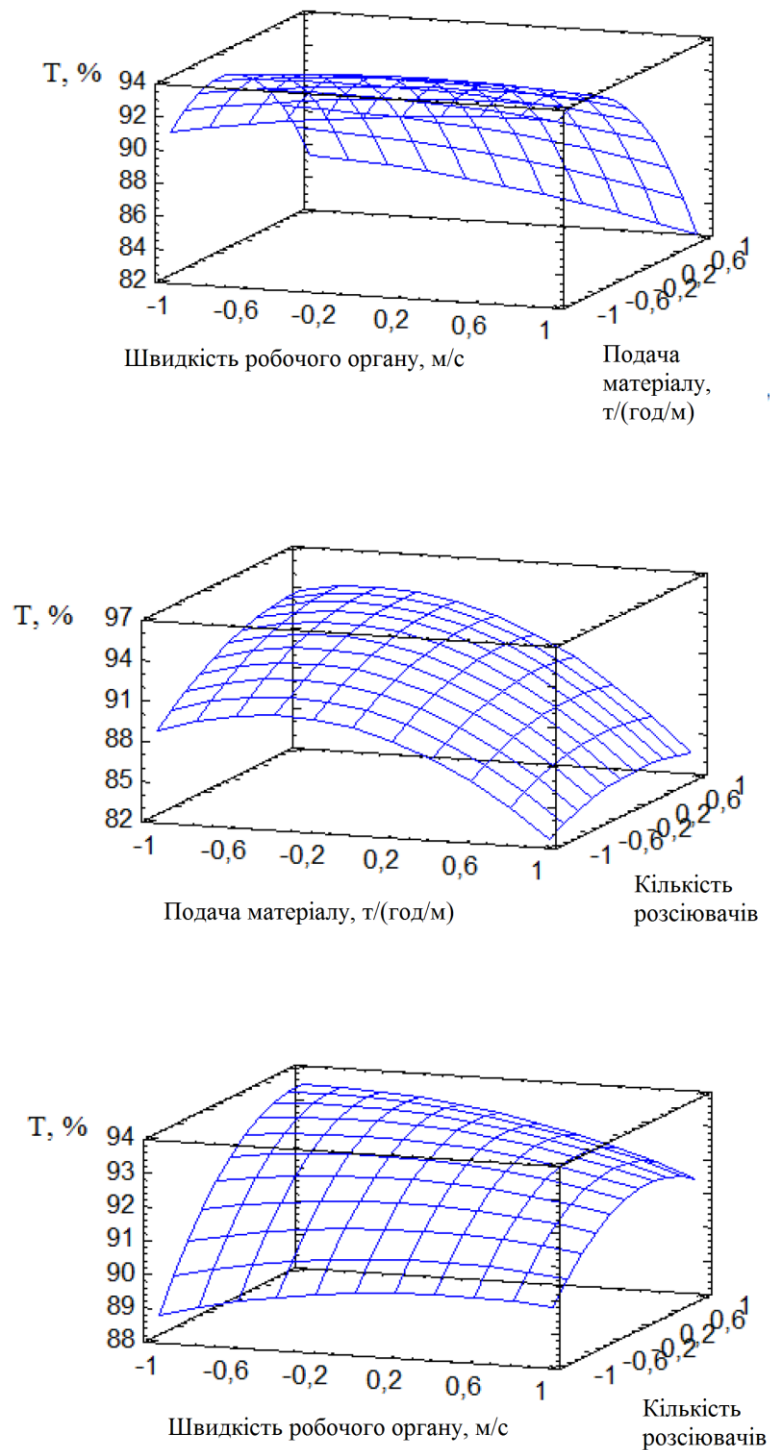


Рис. 3.4. Графічне відображення поверхонь відгуку.

Крім цього, математична модель дає змогу розрахувати точність калібрування за умови зміни одного або кількох чинників, що дає змогу надалі скоротити кількість експериментальних досліджень під час проектування

комерційного зразка. Так, наприклад, якщо за тих самих значень перших двох чинників $v_{p.o}=0.43$ м/с; $q=23,12$ т/год значення третього чинника N зменшити з 4 до 2, то ефективність калібрування становитиме 93,5%. Як видно, за двох плужкових розсіювачів точність змінюється незначно.

Виробничі випробування експериментальної стрічкової калібрувальної установки проводилися в ТОВ "Агрофірма Брусилів" Житомирського району Житомирської області в осінній період 2023 року [3].

Картоплю вручну подавали на подавальний транспортер шириною 0,8 м. Подача матеріалу на робочий орган у середньому становила 22,8 т/год. Дослідження на пошкоджуваність бульб транспортерним сортувальним пристроєм проводилися на території картоплесховища ТОВ "Агрофірма Брусилів" на картоплі сорту "Джеллі"[3].

Картопля була доставлена до місця проведення дослідів у картонних ящиках. Температура навколишнього середовища цього дня становила 16-20 °С. Шкірка бульб була не достатньо зміцнілою. Рівномірне завантаження картоплі на живильний транспортер у процесі експерименту і вивантаження відсортованих фракцій у картонні коробки, для зменшення пошкоджень під час вивантаження, забезпечило отримання найбільш точних результатів експериментальних даних. Як показали результати експерименту, ушкодження не перевищують 3,86 %, спостерігається тільки обдирання шкірки (бульби з обдиранням шкірки до $\frac{1}{4}$ поверхні до ушкоджених не відносяться), а тріщини, розриви м'якоті та внутрішні ушкодження відсутні. Детальнішу інформацію наведено в таблиці 3.1 [3].

Під час порівняння пошкоджуваності бульб пропонованої машини з транспортерним сортувальним пристроєм із серійно випускаємим роликівим сортуванням РКС – 10 у складі картоплесортувального пункту КСП, використовувалися середні дані пошкоджень бульб картоплі сортувальним пристроєм за роботами Р.І. Останіна, М.Ю. Васильченка та С.П. Ігнат'єва, ушкоджень менше в 4,42 рази [3].

Таблиця 3.1 – Кількість пошкоджень бульб робочими органами, % [3].

Обдирання шкірки з поверхні, %					
до	1/4	от 1/4 до 1/2		більше 1/2	
кількість	маса	кількість	маса	кількість	маса
18	15,87	0,82	0,72	0	0

Таблиця 3.2 – Кількість пошкоджених бульб роликівим сортуванням [3].

Обдирання шкірки з поверхні, %			С тріщинами довжиною більше 20 мм, %
до 1/4	від 1/4 до 1/2	більше 1/2	
76,81	8,87	3,35	1,84

Сортування в осінній період проведено у сховищі ТОВ "Агрофірма Брусилів" Житомирського району Житомирської області (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Загальний вигляд лабораторної установки у виробничих умовах.

Завантаження бульб на подавальний транспортер сортування здійснювали дві людини. Після чого бульби картоплі подаються на робочу поверхню сортування. Відкалібровані бульби з приймального лотка сортування подаються в контейнери, які надалі розвантажували виловним навантажувачем. Продуктивність дослідного зразка сортування становила 20...24 т/год. За час проведення випробувань було перероблено близько 87 тонн картоплі без заміни

вузлів і деталей, схильних до зносу. Неодноразове зняття проб під час перевірки стрічкового сортування показало точність сортування 90,6...96,2 % [3].

Висновки по розділу

На підставі аналізу виведеного рівняння регресійного аналізу (математична модель) було визначено значення варійованих чинників, які забезпечують найбільшу ефективність калібрування бульб картоплі на фракції: швидкість транспортерного робочого органа $v_{p.o} = 0,43$ м/с; подача матеріалу $q = 23,12$ т/год; кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р} = 4$ шт за точності калібрування 94,6%. Якщо за тих самих значень перших двох чинників $v_{p.o} = 0,43$ м/с; $q = 23,12$ т/год значення третього чинника N зменшити з 4 до 2, то ефективність калібрування становитиме 93,5%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті аналізу наукових праць і конструкцій картоплесортувальних пристроїв було виявлено, що найпростішими для сортування картоплі є калібрувальні пристрої транспортерного типу з нескінченною стрічкою та щілинними отворами. Щілинна форма отворів найповніше відповідає умовам поділу вороху картоплі на фракції за найменшим поперечним діаметром бульби. На підставі висновків, отриманих у результаті аналізу конструкцій, розроблено конструктивно-технологічну схему калібрувального пристрою картоплі транспортерного типу з нескінченною стрічкою та щілинними отворами.

На підставі аналізу виведеного рівняння регресійного аналізу (математична модель) було визначено значення варійованих чинників, які забезпечують найбільшу ефективність калібрування бульб картоплі на фракції: швидкість транспортерного робочого органа $v_{p.o} = 0,43$ м/с; подача матеріалу $q = 23,12$ т/год; кількість плужкових розсіювачів $N_{пл.р} = 4$ шт за точності калібрування 94,6%.

Виробничі випробування експериментального сортування транспортерного типу засвідчили надійність роботи пристрою, високу точність сортування – 90,6...96,2% за продуктивності 20...24 т/год, завдаючи несуттєвих ушкоджень бульбам – не більше 3,86%

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Куликівський В.Л., Боята В.О. Аналіз способів і пристроїв сортування бульб 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. 180-286.
2. Куликівський В.Л., Боята В.О. Конструктивно-технологічна схема конструкції пристосування для сортування бульб картоплі. *Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023.С. 82-84.
3. Куликівський В.Л., Боята В.О. Результати виробничих випробувань транспортерного калібрувального пристрою бульб картоплі. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).
4. Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists. 3rd Edition. Elsevier, 2023. 296 p.
5. Berger P.D., Maurer R.E., Celli G.B. Experimental Design with Applications in Management, Engineering and the Sciences. New York: Springer, 2018. 640 p.
6. Davim J.P. Design of Experiments in Production Engineering. Cham; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2016. IX, 196 p.
7. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. Сільськогосподарські машини. Підручник. Київ: Видавничий центр Національного університета біоресурсів і природокористування України (НУБіП України); Агроосвіта, 2015. 678 с.

8. Karwowski T. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T.3. Warszawa: PWRiL, 1982. 429 p.
9. Козаченко О.В. Обґрунтування кінематичних параметрів пристрою для сортування картоплі. Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва: Вісник ХНТУСГ. Харків, ХНТУСГ, 2005. Вип. 42. С.147 – 153.
10. Перегуда В.Л. Картопля Особисті підсобні господарства України – аналіз витрат та ефективності виробництва видів сільськогосподарської продукції. Київ: ІАЕ, 2001. С. 149 – 159.
11. Дзюба О.А. Аналіз пристроїв для післязбирального сортування картоплі. Вісник ХДПУ. Харків. ХДПУ. 2000. Вип. 123. С.99 – 106.
12. Грушецький С.М. Інноваційна картопляна техніка – комплексне рішення задач., виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. Кіровоград : КНТУ, 2009. Вип. 39. С. 68 – 81.
13. Herold, B., Geyer, M., & Studman, C. J., (2001). Fruit contact pressure distributions – equipment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 32, P. 167 – 179.
14. Rady, A. M., & Soliman, N. (2015). Evaluation of mechanical damage of Lady Rosetta potato tubers using different methods. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 5(2), P. 125 – 148. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2015.074322>