УДК 631.362.3

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ПЛОДІВ ЗА РОЗМІРНИМИ ТА МАСОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Володимир МЕЛЬНИК, Ілля ЗАХОЖИЙ, Олександр ЛИСЮК

Здобувачі вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У роботі обґрунтовано конструкцію машини для автоматизованого сортування плодів за розмірними та масовими характеристиками. Запропонована конструкція передбачає послідовне виконання операцій подавання, вирівнювання потоку продукції, розділення плодів за геометричними розмірами, визначення їх маси та розподілення за відповідними фракціями. Основними конструктивними елементами машини є завантажувальний бункер, живильний і сортувальний транспортери, вібраційний пристрій, змінні сортувальні поверхні, ваговий транспортер із тензометричним датчиком, відвідний транспортер, приймальні ємності та система автоматичного керування. Поєднання розмірного і масового сортування дає змогу підвищити точність формування однорідних товарних партій плодів, зменшити частку ручної праці та забезпечити гнучкість технологічного процесу залежно від виду і характеристик продукції. Передбачено можливість регулювання режимів роботи транспортуючих та сортувальних елементів, а також заміни сортувальних поверхонь відповідно до заданих розмірних фракцій. Запропоноване технічне рішення може бути використане на підприємствах із післязбиральної доробки, сортування та пакування плодоовочевої продукції.*

Ключові слова: *сортування плодів, сортувальна машина, розмірні характеристики, масові характеристики, калібрування, транспортер, вібраційний пристрій, тензометричний датчик, автоматизація, плодоовочева продукція.*

Плодово-овочева продукція є важливою складовою агропромислового виробництва, а її якість значною мірою визначається ефективністю післязбиральної обробки. Однією з основних операцій післязбирального процесу є сортування плодів, яке забезпечує розподіл продукції на однорідні товарні фракції за розмірами, масою, формою та іншими якісними характеристиками. Якісне сортування сприяє підвищенню товарної цінності продукції, покращенню умов її зберігання, транспортування та подальшої переробки [1].

Традиційне сортування плодів значною мірою базується на ручній праці або використанні машин, які здійснюють розділення продукції лише за одним показником, найчастіше за розміром. Такий підхід не завжди забезпечує достатню точність формування однорідних партій, оскільки плоди однакового розміру можуть істотно відрізнятися за масою. Крім того, ручне сортування характеризується високою трудомісткістю, залежністю результатів від кваліфікації персоналу та обмеженою продуктивністю [2, 3].

Актуальним напрямом удосконалення технологічного обладнання є створення автоматизованих машин, здатних одночасно враховувати декілька характеристик плодів. Поєднання розмірного та масового сортування дає можливість підвищити точність класифікації продукції та забезпечити формування більш однорідних товарних партій. Використання транспортерів, калібрувальних поверхонь, тензометричних систем та засобів автоматичного керування створює передумови для підвищення продуктивності та зменшення частки ручної праці [4]. Особливого значення під час розроблення такої машини набуває обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів робочих органів. До них належать швидкість руху транспортуючих елементів, геометричні характеристики сортувальних поверхонь, діапазон розмірів калібрувальних отворів, параметри системи зважування, продуктивність подачі та режими роботи привода. Раціональне співвідношення цих параметрів повинно забезпечувати необхідну точність сортування при мінімальному пошкодженні плодів та оптимальних енергетичних витратах [5].

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати існуючі конструкції машин для сортування плодів; визначити основні технологічні та конструктивні параметри процесу; розробити конструктивно-технологічну схему машини; обґрунтувати принцип роботи калібрувальних і вагових пристроїв; передбачити можливість регулювання основних робочих параметрів та автоматизації процесу сортування; оцінити перспективну ефективність запропонованої конструкції [6].

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої конструкції в технологічних лініях післязбиральної обробки плодово-овочевої продукції для підвищення продуктивності сортування, зменшення трудових витрат та забезпечення стабільної якості формування товарних фракцій.

Запропонована конструкція машини призначена для механізованого сортування плодів за розмірними та масовими характеристиками з формуванням однорідних товарних фракцій. Машина являє собою комплекс взаємопов'язаних функціональних вузлів, змонтованих на металевій рамі, і забезпечує послідовне виконання операцій завантаження, рівномірної подачі, калібрування за розміром, визначення маси та розподілу плодів за відповідними фракціями.

Основними конструктивними елементами машини є завантажувальний бункер, подаючий стрічковий транспортер, рама, вібраційний пристрій, сортувальні решета, секції сортування, ваговий транспортер, тензометричний датчик, вивідний транспортер, приймальні бункери та система автоматичного керування. Завантажувальний бункер забезпечує приймання та тимчасове накопичення плодів перед сортуванням. Його конструкція забезпечує поступове надходження продукції на подаючий транспортер і зменшує ймовірність ударів та механічного пошкодження плодів. Інтенсивність подачі може регулюватися залежно від продуктивності сортувальної машини.

Подаючий стрічковий транспортер забезпечує переміщення плодів від завантажувального бункера до сортувальної частини. Регулювання швидкості

його руху дає можливість підтримувати необхідну продуктивність і рівномірність потоку продукції. Для запобігання накопиченню плодів та їх перекриттю перед сортувальною зоною передбачено вібраційний пристрій, який забезпечує розосередження продукції та її рівномірний розподіл по ширині робочої поверхні.

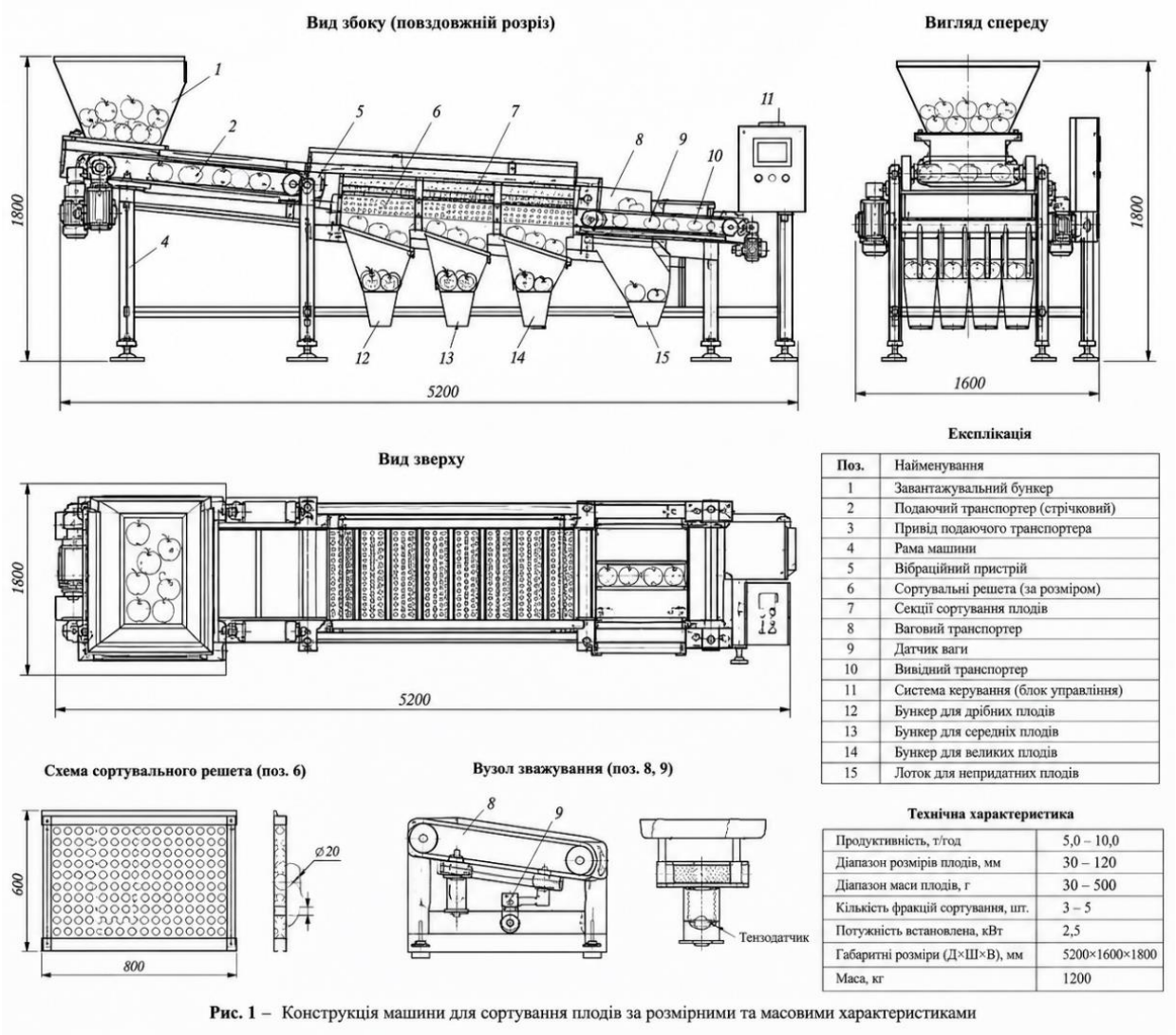
Сортувальна частина машини складається із системи перфорованих решіт або калібрувальних поверхонь із отворами різного діаметра. Під час переміщення плодів уздовж сортувальної поверхні продукція розділяється за геометричними розмірами. Плоди найменшого розміру проходять через отвори першої секції, тоді як більші плоди переміщуються далі до наступних секцій. Така конструкція дає змогу формувати декілька розмірних фракцій без необхідності ручного сортування. Залежно від виду продукції та встановлених вимог до калібрування сортувальні решета можуть замінюватися, що забезпечує універсальність машини.

Після попереднього сортування за розміром плоди надходять на ваговий транспортер, конструкція якого встановлена на спеціальному вузлі зважування. Для визначення маси використовується тензометричний датчик, який перетворює навантаження від плода на електричний сигнал. Отримана інформація надходить до системи автоматичного керування, де визначається масова категорія продукції. Використання тензометричного зважування дозволяє здійснювати контроль маси плодів без зупинки технологічного процесу.

Поєднання розмірного та масового сортування є однією з основних особливостей запропонованої конструкції. Воно дозволяє точніше формувати товарні партії, оскільки плоди з однаковими геометричними параметрами можуть мати різну масу внаслідок відмінностей у щільності, вологості та внутрішній структурі. Після визначення розмірної та масової категорії система керування спрямовує продукцію до відповідного приймального бункера.

Для накопичення відсортованої продукції передбачено окремі приймальні бункери для дрібних, середніх та великих плодів. Для плодів, які не

відповідають заданим параметрам або мають нестандартні характеристики, передбачено окремий вихідний лоток. Це забезпечує чітке розділення продукції та спрощує її подальше пакування, транспортування або реалізацію.



Експлікація

Поз.	Найменування
1	Завантажувальний бункер
2	Подаючий транспортер (стрічковий)
3	Привід подаючого транспортера
4	Рама машини
5	Вібраційний пристрій
6	Сортувальні решета (за розміром)
7	Секції сортування плодів
8	Ваговий транспортер
9	Датчик ваги
10	Вивідний транспортер
11	Система керування (блок управління)
12	Бункер для дрібних плодів
13	Бункер для середніх плодів
14	Бункер для великих плодів
15	Лоток для непридатних плодів

Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	5,0 – 10,0
Діапазон розмірів плодів, мм	30 – 120
Діапазон маси плодів, г	30 – 500
Кількість фракцій сортування, шт.	3 – 5
Потужність встановлена, кВт	2,5
Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	5200×1600×1800
Маса, кг	1200

Рис. 1 – Конструкція машини для сортування плодів за розмірними та масовими характеристиками

Усі основні вузли машини встановлені на металевій рамі, яка забезпечує необхідну жорсткість конструкції та стабільність роботи обладнання. Рама обладнана опорними елементами для встановлення машини на виробничій площадці. Конструктивне виконання передбачає можливість доступу до робочих органів для очищення, технічного обслуговування та заміни сортувальних елементів.

Система автоматичного керування забезпечує контроль швидкості транспортерів, режиму роботи вібраційного пристрою та параметрів зважування. Удосконаленням конструкції може бути застосування програмованого контролера, який на основі інформації від тензометричного

датчика автоматично визначає категорію плода та керує механізмом його спрямування до відповідного бункера.

Таким чином, запропонована машина поєднує операції механічного калібрування та масового сортування в одному технологічному комплексі. Використання змінних сортувальних решіт, регульованої швидкості транспортерів, вібраційного пристрою та автоматизованої системи зважування забезпечує можливість адаптації машини до різних видів плодів і заданих параметрів сортування. Реалізація запропонованої конструкції дозволяє підвищити продуктивність процесу, зменшити частку ручної праці, забезпечити стабільність формування товарних фракцій та підвищити якість підготовки плодів до подальшого зберігання, пакування і реалізації.

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність удосконалення технологічного обладнання для сортування плодів шляхом поєднання розмірних та масових характеристик продукції. Такий підхід дозволяє підвищити точність формування однорідних товарних фракцій, оскільки враховує не лише геометричні параметри плодів, а й їх масу, яка може відрізнятися навіть у продукції з близькими розмірами. Розроблено конструктивно-технологічну схему машини, яка включає завантажувальний бункер, подаючий транспортер, вібраційний пристрій, систему змінних сортувальних решіт, ваговий транспортер, тензометричну систему зважування, вивідний транспортер, приймальні бункери та систему автоматичного керування. Запропонована послідовність роботи забезпечує рівномірну подачу плодів, їх розділення за розміром, визначення маси та подальший розподіл за відповідними товарними фракціями. Використання змінних сортувальних решіт забезпечує можливість адаптації машини до різних видів і сортів плодів та встановлених вимог до їх калібрування. Вібраційний пристрій сприяє рівномірному розподілу продукції на робочій поверхні та зменшенню перекриття плодів, що створює передумови для підвищення точності сортування. Застосування тензометричного датчика дозволяє здійснювати оперативне визначення маси плодів у процесі їх переміщення, а автоматизована

система керування забезпечує можливість контролю та регулювання основних параметрів технологічного процесу.

Запропонована конструкція спрямована на підвищення продуктивності сортування, зменшення трудомісткості операції та забезпечення стабільної якості формування товарних партій. Поєднання механічного калібрування з автоматизованим визначенням маси створює можливість більш точного розподілу плодів за заданими критеріями та підвищує ефективність післязбиральної обробки продукції.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальне визначення оптимальних конструктивних і режимних параметрів машини, зокрема швидкості руху транспортерів, параметрів вібраційного пристрою, геометричних характеристик сортувальних поверхонь та точності системи зважування. Важливим напрямом подальшої роботи є також оцінювання енергоефективності, продуктивності, точності сортування та економічної доцільності впровадження запропонованої конструкції у виробничих умовах.

Список використаних джерел

1. Chakraborty S. K., Subeesh A., Potdar R., Chandel N. S., Jat D., Dubey K. et al. AI-enabled farm-friendly automatic machine for washing, image-based sorting, and weight grading of citrus fruits: design optimization, performance evaluation, and ergonomic assessment. Journal of Field Robotics. 2023. Vol. 40, No. 6. P. 1581–1602. DOI: 10.1002/rob.22193.

2. Bortolotti G., Piani M., Gullino M., Mengoli D., Franceschini C., Corelli Grappadelli L., Manfrini L. A computer vision system for apple fruit sizing by means of low-cost depth camera and neural network application. Precision Agriculture. 2024. Vol. 25. P. 2740–2757. DOI: 10.1007/s11119-024-10139-8.

3. Chen D., Li J. et al. An Intelligent Guava Grading System Based on Machine Vision. Journal of Food Process Engineering. 2024. DOI: 10.1111/jfpe.14753.

4. Qu Q., Zhang J., Yu H. et al. A grader for fresh jujube with electromagnetic synchronous actuator assembly. Journal of Food Process Engineering. 2024. DOI: 10.1111/jfpe.14675.

5. Babenko, D., Dotsenko, N., & Gorbenko, O. (2025). Justification of the design parameters of improved equipment for tomato processing. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science, 29(3), 9-22. https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2025.09

6. Design and implementation of sequential fruit size sorting machine. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2022. Vol. 26, No. 10. P. 722–728. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v26n10p722-728.

Abstract. *The paper substantiates the design of a machine for automated sorting of fruits according to dimensional and mass characteristics. The proposed design provides a sequential implementation of feeding, product flow leveling, separation of fruits by geometric dimensions, determination of their mass, and distribution into appropriate fractions. The main structural elements of the machine include a loading hopper, feeding and sorting conveyors, a vibration device, replaceable sorting surfaces, a weighing conveyor equipped with a load cell, an output conveyor, receiving containers, and an automatic control system. Combining dimensional and mass sorting makes it possible to improve the accuracy of forming homogeneous commercial batches of fruits, reduce manual labor, and ensure flexibility of the technological process depending on the type and characteristics of the processed products. The design provides adjustment of the operating modes of conveying and sorting elements, as well as replacement of sorting surfaces according to the required size fractions. The proposed technical solution can be used at enterprises involved in post-harvest handling, sorting, and packaging of fruit and vegetable products.*

Keywords: *fruit sorting, sorting machine, dimensional characteristics, mass characteristics, grading, conveyor, vibration device, load cell, automation, fruit and vegetable products.*

Науковий керівник:
Горбенко О.А.
Канд. техн. наук, доцент
Миколаївський національний аграрний університет