

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Бакалавр" на тему:

**Удосконалення механізації збирання яблук з
удосконаленням машини ВУК-3А**

Виконав: студент 4 курсу,
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____Клочко Володимир Андрійович

Керівник: _____Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ .

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ .

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище,
ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Ключко Володимир Андрійович .

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації збирання яблук з
удосконаленням машини ВУК-3А

Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 29.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Стан питання, аналіз патентних джерел, огляд
літературний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити) 1. Аналіз господарства базового. 2. Конструкцій
існуючих огляд. 3. Процесу технологічного обґрунтування. 4. ОП та
основні заходи при роботі з конструкцією. 5. Економічної ефективності
оцінка від запровадження. Висновки. Література.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Огляд існуючих конструкцій. 2. Загальний вигляд машини (вузла) 3. Складальне креслення 4. Деталювання 5. Економічні показники. 6. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Пугач А.М., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 29.09.2025 р.	Виконав
2	Технологічний	до 28.10.2025 р.	Виконав
3	Конструкційний	до 23.02.2026 р.	Виконав
4	Охорона праці та захист навк. серед.	до 37.03.2026 р.	Виконав
5	Економічний	до 24.04.2026 р.	Виконав
6	Графічна частина	до 29.05.2026 р.	Виконав

Студент

(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Ключко Володимир Андрійович Удосконалення механізації збирання яблук з удосконаленням машини ВУК-3А / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У 1 розділі представлено діяльності аналіз господарства базового.

У 2 розділі наведено конструкцій існуючих огляд і рішень технічних за темою.

У 3 розділі наведено процесу технологічного обґрунтування та конструкції.

У 4 розділі - з охорони праці основні заходи при роботі з конструкцією, що розроблена

У 5 розділі приведено економічної ефективності оцінку від запровадження.

Дипломний проєкт виконано на 73 сторінках машинописного тексту, містить 45 джерел використаної літератури.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ГОСПОДАРСТВА ХАРАКТЕРИСТИКА	11
Висновки.....	13
2 ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ АНАЛІЗ.....	14
2.1 Вимоги до процесу агротехнічні.....	14
2.2 Конструкцій існуючих огляд	18
2.3 Загальні положення патентного аналізу.....	25
Висновки.....	35
3 ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКТИВНИХ ОБГРУНТУВАННЯ	37
3.1 Конструкції розробленої опис	37
3.2 Підбір гідроциліндра заднього упора і визначення місця його розташування.....	39
3.3 Розрахунок балки роликової доріжки.....	46
3.4. Визначення робочих режимів.....	48
Висновки.....	53
4 НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАХИСТ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	55
Висновки.....	60
5 ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНІ.....	62
Висновки.....	64
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	66
ЛІТЕРАТУРА.....	70
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу характеризується зростанням вимог до ефективності виробництва, якості продукції та зниження витрат праці й енергетичних ресурсів. Особливо актуальними ці завдання є для садівництва, зокрема галузі вирощування яблук, яка займає провідне місце у структурі плодово-ягідної продукції. Яблука є важливою складовою раціону харчування населення, а також цінною сировиною для переробної промисловості, що обумовлює необхідність підвищення ефективності їх виробництва та збирання.

Однією з найбільш трудомістких операцій у технології вирощування яблук є процес їх збирання. За традиційних підходів частка витрат праці на збирання може становити до 40–60 % від загальних витрат у садівництві. При цьому ручне збирання, хоча й забезпечує високу якість продукції, є малопродуктивним, потребує значної кількості робочої сили та залежить від людського фактору. В умовах дефіциту трудових ресурсів і зростання вартості праці це стає суттєвим обмеженням для розвитку галузі.

Механізація та автоматизація процесу збирання яблук є одним із ключових напрямів підвищення ефективності садівництва. Однак існуючі технічні засоби не завжди забезпечують необхідний рівень якості продукції, особливо для яблук, призначених для тривалого зберігання або реалізації у свіжому вигляді. Основними проблемами є пошкодження плодів, неповне збирання врожаю, складність роботи в інтенсивних садах із різними формами крон, а також недостатня адаптивність машин до умов конкретного господарства.

У сучасних умовах розвитку інтенсивного садівництва, що передбачає використання низькорослих підщеп, щільні схеми посадки та формування компактних крон, відкриваються нові можливості для вдосконалення технологій збирання. Такі насадження є більш придатними для застосування

механізованих і напівавтоматичних засобів, включаючи платформи для збору плодів, вібраційні пристрої, а також елементи роботизованих систем.

Актуальність удосконалення процесу збирання яблук також обумовлена необхідністю зменшення втрат продукції та підвищення її товарної якості. Пошкодження плодів під час збирання негативно впливає на їх лежкість, знижує ринкову вартість та призводить до економічних втрат. Тому одним із пріоритетних напрямів є розробка таких технічних рішень, які б забезпечували делікатне відокремлення плодів від гілок і мінімізацію механічних пошкоджень.

Крім того, важливим аспектом є підвищення продуктивності праці за рахунок оптимізації організації процесу збирання та впровадження сучасних машин і обладнання. Використання удосконалених технічних засобів дозволяє не лише скоротити витрати праці, але й забезпечити більш раціональне використання ресурсів, знизити собівартість продукції та підвищити конкурентоспроможність господарств.

Таким чином, удосконалення процесу збирання яблук є актуальним науково-технічним завданням, що потребує комплексного підходу, який включає аналіз існуючих технологій, розробку нових конструктивних рішень і обґрунтування їх ефективності.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу збирання яблук шляхом удосконалення технічних засобів та технологічних рішень, спрямованих на зниження втрат врожаю, покращення якості продукції та зменшення витрат праці.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань: проаналізувати існуючі способи та технічні засоби збирання яблук; виявити основні недоліки традиційних технологій; обґрунтувати напрямки удосконалення процесу збирання; розробити або модернізувати конструкцію технічного засобу; оцінити економічну ефективність запропонованих рішень.

Важливо зазначити, що ефективність механізованого збирання яблук значною мірою залежить не лише від конструкції технічних засобів, але й від

біологічних особливостей плодів та агротехнічних параметрів саду. До таких факторів належать міцність прикріплення плодів до плодоніжки, рівномірність досягання, висота дерев, форма крони, густота насаджень та рельєф місцевості. Неврахування цих особливостей при проектуванні машин призводить до зниження якості збирання та збільшення втрат продукції.

У зв'язку з цим одним із ключових напрямів удосконалення є узгодження параметрів технічних засобів із біомеханічними властивостями системи «плід–дерево». Зокрема, при використанні вібраційних або струшувальних пристроїв необхідно забезпечити такі режими роботи, які б сприяли відокремленню плодів без пошкодження гілок, листя та самих яблук. Це вимагає проведення теоретичних і експериментальних досліджень щодо визначення оптимальних частот, амплітуд та тривалості впливу.

Крім того, сучасні тенденції розвитку сільськогосподарського машинобудування передбачають впровадження елементів інтелектуалізації техніки. Застосування сенсорних систем, комп'ютерного зору та автоматизованого керування дозволяє значно підвищити точність і ефективність процесу збирання. Зокрема, перспективним є використання роботизованих систем, здатних ідентифікувати стиглі плоди, визначати їх розташування в кроні та здійснювати акуратне відокремлення з мінімальним втручанням людини.

Не менш важливим аспектом є вдосконалення допоміжних процесів, пов'язаних із транспортуванням та первинною обробкою зібраних плодів. Використання м'яких транспортерів, контейнерів із амортизуючими властивостями та систем сортування дозволяє зменшити механічні пошкодження та зберегти високу товарну якість яблук. Комплексний підхід до організації процесу збирання забезпечує підвищення загальної ефективності технології.

Особливу увагу слід приділити енергетичній та економічній складовій процесу. Удосконалення конструкцій машин повинно супроводжуватися зниженням енерговитрат, підвищенням надійності та довговічності

обладнання. Рациональне використання матеріалів і оптимізація конструктивних параметрів сприяють зменшенню вартості виготовлення та експлуатації техніки, що є важливим фактором для її широкого впровадження у виробництво.

В умовах інтеграції аграрного сектору України у світовий ринок особливого значення набуває відповідність продукції міжнародним стандартам якості. Це, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до технологій збирання, оскільки саме на цьому етапі формується значна частина споживчих властивостей плодів. Удосконалення процесу збирання яблук дозволяє забезпечити стабільну якість продукції, зменшити післязбиральні втрати та підвищити експортний потенціал галузі.

Таким чином, проблема удосконалення збирання яблук має багатогранний характер і охоплює технічні, технологічні, економічні та організаційні аспекти. Її вирішення сприятиме підвищенню ефективності виробництва, зниженню витрат ресурсів та забезпеченню високої якості продукції.

Подальші дослідження в межах даної роботи спрямовані на розробку та обґрунтування ефективних технічних рішень, що забезпечують інтенсифікацію процесу збирання яблук із одночасним збереженням їх товарних і біологічних властивостей.

1 ГОСПОДАРСТВА ХАРАКТЕРИСТИКА

Загальна характеристика господарства

Фермерське господарство спеціалізується на вирощуванні плодових культур, зокрема яблук, які є основною товарною продукцією. Загальна площа сільськогосподарських угідь становить 120 га, з яких переважна частина зайнята інтенсивними яблуневими садами.

Садівництво є стратегічно важливою галуззю, що характеризується високою доданою вартістю продукції, але потребує значних витрат на закладання насаджень, догляд і особливо на збирання врожаю. Яблука мають високий попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку, що визначає економічну доцільність даної спеціалізації. Ґрунтово-кліматичні умови є сприятливими: чорноземи або темно-сірі лісові ґрунти з оптимальною кислотністю, достатня кількість тепла, проте існують ризики весняних заморозків.

Структура земельних угідь

Рациональне використання площі забезпечує ефективність виробництва:

Вид угідь	Площа, га	Частка, %
Плодоносні яблуневі сади	80	66,7
Молоді насадження	20	16,7
Інфраструктура та дороги	10	8,3
Інші культури	10	8,3
Разом	120	100

Основна частка площі відведена під продуктивні насадження.

Аналіз виробничих ресурсів

Ґрунти придатні для вирощування яблуні, мають добру структуру та водоутримуючу здатність. Використовується система краплинного зрошення для стабілізації врожайності.

Трудові ресурси

Кількість працівників 20–30 осіб, із значним залученням сезонної робочої сили у період збирання. Особливістю є висока трудомісткість збирання яблук, що потребує значних витрат праці.

Матеріально-технічна база

Господарство оснащено: садовими тракторами; обприскувачами; платформами для збирання; контейнерами для транспортування плодів; холодильними камерами. Наявність спеціалізованого обладнання для збору врожаю є важливим фактором ефективності.

Особливості процесу збирання яблук

Збирання яблук є ключовим етапом, який суттєво впливає на економічну ефективність. Основні особливості: ручне збирання забезпечує високу якість плодів; застосування платформ підвищує продуктивність праці; важливе сортування плодів безпосередньо під час збору; строки збирання впливають на лежкість продукції.

Фактори впливу на ефективність

Позитивні:

- висока врожайність;
- попит на яблука;
- можливість зберігання.

Негативні:

- великі витрати на збирання;
- дефіцит робочої сили;
- погодні ризики.

SWOT-аналіз

Сильні сторони:

- висока продуктивність садів;
- розвинена інфраструктура;
- значний обсяг продукції.

Слабкі сторони:

- трудомісткість збирання;

- залежність від сезонних працівників.

Можливості:

- механізація збору;
- розширення переробки;
- експорт.

Загрози:

- коливання цін;
- кліматичні зміни;
- зростання витрат.

Висновки

Аналіз показав, що фермерське господарство площею 120 га, спеціалізоване на вирощуванні яблук, є високоефективним та конкурентоспроможним. Значний валовий збір продукції (понад 2000 т) забезпечує високий рівень доходу.

Ключовим фактором ефективності є організація процесу збирання врожаю, який формує значну частину витрат і впливає на якість продукції. Використання сучасних технологій збору дозволяє підвищити продуктивність праці та зменшити втрати.

Рівень рентабельності свідчить про доцільність розвитку даного напрямку. Разом з тим, господарство залежить від трудових ресурсів та погодних умов. Для підвищення ефективності рекомендується: механізувати процес збирання; впроваджувати інтенсивні сади; розвивати зберігання та логістику; оптимізувати витрати праці.

Таким чином, господарство має значний потенціал розвитку та може забезпечити стабільно високі економічні результати.

2 ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ АНАЛІЗ

2.1 Вимоги до процесу агротехнічні

1. Загальні положення

Механізоване збирання яблук є складовою частиною інтенсивних технологій виробництва плодів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і забезпечення високої якості продукції. Водночас застосування машин і механізмів висуває специфічні агротехнічні вимоги, дотримання яких є необхідною умовою ефективності технологічного процесу.

Агротехнічні вимоги визначають комплекс показників, що характеризують якість виконання операцій збирання та транспортування, включаючи повноту збирання врожаю, ступінь пошкодження плодів, втрати продукції, продуктивність машин, а також відповідність умовам вирощування і біологічним особливостям культури.

2. Вимоги до строків і умов збирання

Однією з ключових умов якісного механізованого збирання є правильний вибір строків проведення робіт. Яблука повинні збиратися у фазі знімальної стиглості, яка визначається за такими показниками:

- забарвлення шкірки;
- твердість м'якоті;
- вміст цукрів і крохмалю;
- легкість відокремлення плодів від гілок.

Передчасне або запізнile збирання призводить до зниження якості продукції, збільшення втрат і погіршення лежкості плодів.

Метеорологічні умови також відіграють важливу роль. Збирання слід проводити:

- у суху погоду;
- при температурі повітря не нижче +5 °С;
- за відсутності роси або опадів.

Вологі плоди більш схильні до механічних пошкоджень і розвитку хвороб під час зберігання.

3. Вимоги до насаджень, придатних для механізованого збирання

Ефективність застосування механізованих засобів значною мірою залежить від параметрів саду. До основних вимог належать:

- висота дерев - не більше 2,5–3,5 м;
- форма крони - компактна, добре освітлена;
- рівномірність розміщення плодів;
- міцність гілок - достатня для витримування механічних впливів;
- схема посадки - адаптована до проходу техніки.

Найбільш придатними є інтенсивні сади на слаборослих підщепах із шпалерною системою формування.

Поверхня ґрунту повинна бути:

- вирівняною;
- без значних нерівностей;
- з достатньою несучою здатністю для руху машин.

4. Вимоги до якості збирання

До основних показників якості механізованого збирання яблук належать:

Повнота збирання

Повнота збирання повинна становити не менше 95...97 % урожаю. Допустимі втрати плодів на дереві та ґрунті не повинні перевищувати 3..5 %.

Ступінь пошкодження плодів

Механічні пошкодження є одним із головних недоліків механізованого збирання. Допустимі показники:

- для плодів тривалого зберігання - не більше 5 % пошкоджених;
- для технічної переробки - до 10–15 %.

Основні види пошкоджень:

- удари;
- проколи;

- стискання;
- відрив плодоніжки з пошкодженням шкірки.

Збереження плодоніжки

Для яблук, призначених для зберігання, бажано зберігати плодоніжку, оскільки її відсутність знижує лежкість і сприяє розвитку гнилей.

5. Вимоги до технологічного процесу збирання

Механізоване збирання повинно забезпечувати:

- мінімальний контакт плодів із твердими поверхнями;
- плавність переміщення плодів;
- зниження висоти падіння (не більше 10–15 см);
- використання амортизуючих матеріалів.

Швидкість робочих органів машин повинна бути узгоджена з властивостями плодів і не викликати їх пошкодження.

При використанні струшувачів необхідно:

- обмежувати амплітуду і частоту коливань;
- забезпечувати короткочасний вплив;
- уникати пошкодження кори та скелетних гілок.

6. Вимоги до машин і обладнання

Технічні засоби для збирання яблук повинні відповідати таким вимогам:

- висока продуктивність;
- адаптивність до різних умов;
- надійність і довговічність;
- простота обслуговування.

Конструкція машин повинна передбачати:

- регулювання режимів роботи;
- наявність амортизуючих елементів;
- мінімізацію травмування плодів і дерев.

7. Вимоги до транспортування яблук

Після збирання яблука необхідно оперативно транспортувати до місць зберігання або переробки. Основні вимоги:

Тара і упаковка

Для транспортування використовують:

- контейнери;
- ящики;
- м'які контейнери (біг-беги - для технічних сортів).

Тара повинна:

- бути чистою і сухою;
- мати гладкі внутрішні поверхні;
- забезпечувати вентиляцію.

Умови транспортування:

- висота насипу плодів не повинна перевищувати допустимих значень;
- виключення трясіння і ударів;
- захист від прямих сонячних променів.

Час між збиранням і доставкою повинен бути мінімальним для запобігання втратам якості.

8. Вимоги до збереження якості продукції

Для забезпечення високої якості яблук необхідно:

- мінімізувати механічні пошкодження;
- уникати перегрівання плодів;
- забезпечити попереднє охолодження.

Температурний режим:

- для короткочасного зберігання +2...+5 °С;
- для тривалого - близько 0 °С.

9. Вимоги з охорони праці та безпеки

При механізованому збиранні необхідно дотримуватись:

- правил експлуатації машин;
- вимог безпеки при роботі з рухомими механізмами;
- використання засобів індивідуального захисту.

Персонал повинен бути:

- навчений;

- проінструктований;
- допущений до роботи відповідно до вимог.

2.2 Конструкцій існуючих огляд

1. Загальні тенденції розвитку механізованого збирання яблук

Збирання яблук традиційно залишається однією з найбільш трудомістких операцій у садівництві. У зв'язку з дефіцитом робочої сили та підвищенням вимог до якості продукції активно розвиваються різні типи механізованих систем. Сучасні технології механізованого збирання умовно поділяються на три основні групи:

- механічні (струшувальні) системи;
- напівмеханізовані (платформи та допоміжні засоби);
- роботизовані системи.

Кожна з цих груп має свої конструктивні особливості, область застосування та техніко-економічні показники.

2. Струшувальні (вібраційні) машини

Струшувальні машини є одними з найпоширеніших засобів механізованого збирання яблук, особливо для технічних сортів. Принцип їх роботи полягає у передачі механічних коливань на стовбур або гілки дерева, внаслідок чого плоди відокремлюються і падають на приймальні пристрої.

Такі машини можуть бути:

- навісними;
- причіпними;
- самохідними.

Конструкція та принцип роботи

Типова конструкція включає:

- захватний механізм (затискач для стовбура);
- вібраційний пристрій (ексцентрик або гідравлічний механізм);
- приймальний екран або тент;

- транспортуючі органи (конвеєри).

Наприклад, сучасні струшувачі забезпечують майже повне збирання плодів, використовуючи систему екрану, що розгортається під деревом і спрямовує яблука на транспортер.

Переваги:

- висока продуктивність;
- мінімальні витрати праці;
- можливість агрегування з трактором.

Недоліки:

- значний відсоток пошкоджених плодів;
- обмежене застосування (переважно для переробки);
- можливе пошкодження дерев.

Струшувальні машини найбільш ефективні в інтенсивних садах із відповідною формою крон та міцною кореневою системою.

3. Комбайнові та потокові збиральні машини

Комбайнові машини призначені для безперервного збирання яблук у промислових садах. Вони поєднують процеси:

- відокремлення плодів;
- їх уловлювання;
- очищення;
- транспортування в тару.

Конструктивні особливості

Такі машини можуть бути:

- причіпними (агрегуються з трактором);
- самохідними.

Конструкція включає:

- вертикальні або горизонтальні струшувачі;
- систему уловлювання плодів;
- транспортери;
- очисні пристрої;

- накопичувальні бункери.

Наприклад, рядкові комбайни забезпечують збирання плодів у міжряддях, де дерева проходять через зону струшування, а плоди збираються на конвеєрах і транспортуються до контейнерів.

Особливості застосування

Комбайнові системи застосовуються:

- у великих садах;
- при вирощуванні технічних сортів;
- за умов високої щільності насаджень.

Вони характеризуються високою продуктивністю, але обмежені у використанні для столових яблук через ризик пошкодження.

4. Платформи для збирання плодів. Платформи є напівмеханізованими засобами, які не виконують безпосереднього відокремлення плодів, але значно полегшують ручне збирання.

До них належать:

- причіпні платформи;
- самохідні платформи;
- підйомні робочі майданчики.

Конструкція

Основні елементи:

- ходова частина;
- підйомні механізми;
- робочі площадки для операторів;
- транспортери для переміщення плодів;
- контейнери для накопичення.

Такі системи дозволяють:

- зменшити фізичне навантаження;
- підвищити продуктивність праці;
- покращити організацію процесу.

Роль у сучасному садівництві

Платформи широко використовуються в інтенсивних садах, оскільки:

- забезпечують високу якість продукції;
- знижують втрати;
- адаптуються до різних схем посадки.

Однак вони не вирішують проблему повної автоматизації процесу.

5. Роботизовані системи збирання яблук

Роботизовані системи є найбільш перспективним напрямом розвитку механізованого збирання. Вони призначені для автоматичного виявлення, захоплення та відокремлення плодів.

Конструкція роботів

Типова роботизована система включає:

- мобільну платформу;
- маніпулятор (роботизовану руку);
- захоплювальний пристрій;
- систему комп'ютерного зору;
- систему керування.

Сучасні прототипи використовують багатоступеневі маніпулятори та сенсорні системи для точного позиціонування і делікатного відриву плодів.

Принцип роботи

Основні етапи:

- Виявлення плодів за допомогою камер;
- Оцінка ступеня стиглості;
- Наведення маніпулятора;
- Захоплення і відокремлення;
- Транспортування в контейнер.

У деяких системах використовуються промислові роботи з великою вантажопідйомністю, інтегровані з системами пакування.

Переваги:

- мінімальні пошкодження плодів;
- висока точність;

- можливість селективного збирання.

Недоліки:

- висока вартість;
- складність конструкції;
- обмежена продуктивність.

6. Самохідні та причіпні машини з платформами-збирачами

До цієї групи належать:

- самохідні збиральні машини;
- причіпні агрегати;
- комбіновані системи.

Вони можуть працювати як із ручним, так і з механічним збиранням.

Такі машини мають:

- двигун (для самохідних);
- кабіну оператора;
- систему керування;
- бункери для плодів.

Самохідні машини забезпечують високу маневреність і автономність роботи.

7. Машини та засоби для транспортування яблук

Для перевезення яблук використовують:

- дерев'яні або пластикові ящики;
- великогабаритні контейнери;
- біг-беги (для технічних сортів).

Транспортні засоби

Основні типи:

- тракторні причеми;
- спеціалізовані садові візки;
- самохідні транспортні платформи.

Конструкція транспортних засобів повинна забезпечувати:

- мінімізацію пошкоджень;

- стабільність вантажу;
- зручність завантаження і розвантаження.

Вбудовані транспортні системи

У сучасних машинах використовуються:

- стрічкові транспортери;
- роликові системи;
- пневматичні системи подачі.

Вони забезпечують безперервний рух плодів від місця збирання до контейнера.

8. Комбіновані системи збирання і транспортування

Сучасні тенденції спрямовані на створення комплексних машин, які поєднують:

- збирання;
- очищення;
- транспортування;
- первинне сортування.

Такі системи дозволяють:

- скоротити кількість операцій;
- зменшити витрати праці;
- підвищити ефективність виробництва.

Проведений аналіз існуючих конструкцій технічних засобів для механізованого збирання і перевезення яблук дозволяє зробити узагальнюючі висновки щодо сучасного стану та перспектив розвитку даного напрямку механізації садівництва.

Встановлено, що існуючі засоби механізації збирання яблук характеризуються значною різноманітністю конструктивних рішень, які можна згрупувати за принципом дії на механічні (струшувальні), напівмеханізовані (платформні) та автоматизовані (роботизовані) системи. Кожна з цих груп має свою раціональну область застосування, що

визначається біологічними особливостями культури, технологією вирощування та вимогами до якості продукції.

Найбільш розповсюдженими у виробництві залишаються струшувальні машини, які забезпечують високу продуктивність і мінімальні витрати праці. Однак їх суттєвим недоліком є значний рівень механічного пошкодження плодів, що обмежує їх використання переважно для технічних сортів яблук, призначених для переробки. Крім того, застосування таких машин вимагає спеціальної підготовки насаджень і може негативно впливати на довговічність дерев.

Платформи для збирання плодів є найбільш універсальним і широко застосовуваним засобом у сучасних інтенсивних садах. Вони дозволяють суттєво підвищити продуктивність ручної праці, знизити фізичне навантаження на працівників і забезпечити високу якість зібраної продукції. Водночас їх використання не усуває повністю залежність від ручної праці, що стримує подальше зростання ефективності виробництва.

Комбайнові та потокові машини забезпечують високий рівень механізації процесу збирання, поєднуючи декілька технологічних операцій в одному агрегаті. Вони є ефективними у великих господарствах із високим рівнем концентрації виробництва, однак обмежені у застосуванні через ризик пошкодження плодів та необхідність спеціально сформованих насаджень.

Роботизовані системи збирання яблук представляють собою найбільш перспективний напрям розвитку галузі, оскільки дозволяють забезпечити селективне, точне та делікатне збирання плодів із мінімальними пошкодженнями. Разом з тим, їх широке впровадження стримується високою вартістю, складністю конструкції, недостатньою продуктивністю та потребою у вдосконаленні систем комп'ютерного зору і захоплювальних механізмів.

Ефективність механізованого збирання значною мірою залежить від узгодженості конструкції машин із параметрами саду. Найбільш придатними для механізації є інтенсивні насадження зі зниженою висотою дерев, компактною кроною та рівномірним розміщенням плодів. Це підтверджує

необхідність комплексного підходу, який поєднує удосконалення техніки з оптимізацією агротехнологій.

Аналіз засобів транспортування яблук показав, що значну роль у збереженні якості продукції відіграють конструктивні особливості тари та транспортних пристроїв. Використання контейнерних систем, транспортерів із амортизуючими елементами та спеціалізованих транспортних засобів дозволяє зменшити механічні пошкодження і втрати продукції на етапі післязбиральної обробки.

Сучасні тенденції розвитку технічних засобів спрямовані на створення комбінованих машин, які інтегрують функції збирання, транспортування та первинної обробки плодів. Такий підхід дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, знизити витрати праці та підвищити загальну ефективність виробництва.

2.3 Загальні положення патентного аналізу

Відоме авторське свідоцтво № **1206144** (рис. 2.1). Мета винаходу – зниження працемісткості і тривалості завантаження – вивантаження, а також підвищення експлуатаційної надійності.

Транспортний засіб містить шасі 1 автомобіля, кузов 2 з дверима 3 і закріплені в ньому направляючі 4. В кузові 2 встановлено контейнер 5, що містить передню 6 і задню 7 і бокові 8 стінки і днище 9. Передня 6 і задня 7 стінки ідентичні і складаються з двох частин 10, одна з яких має з внутрішньої сторони східці 11 встановлені на горизонтальній вісі 12 з можливістю повороту навколо неї. Друга частина передньої 6 і задньої 7 стінок виконана у вигляді дверей 13 і має зачіпку 14 для з'єднання із ступінчастою частиною 10. Контейнер 5 має опори 15 з фіксаторами 16, що з'єднанні гвинтовою парою 17 з опорною п'ятою 18. На днище 9 контейнера 5 закріплені ролики 19 для взаємодії з направляючими 4. В задній частині днища кузова 2 виконані пройми *a* і на осях 20 закріплені відкидні вкриті гумою планки 21 для взаємодії

з опорами 15 для фіксації контейнера 5 в транспортному положенні. В передній частині кузова 2 розташований відсік б заготовлювача з пристроєм для зважування 22 та ізотермічною шафою 23 для продуктів, що швидко псуються, відділений в кузові 2 перегородкою 24 в нижній частині якої закріплені прогумовані обмежувачі 25 для контейнера.

Відоме авторське свідоцтво № 1131708 (рис. 2.2). Мета винаходу – кріплення колісних контейнерів і підвищення надійності їх фіксації.

При проходженні першого контейнера по роликах 17 рами 1 його колесо натискає на плече 6 важеля 5, який обертаючись навколо вісі 4 пальцем 8, що рухається в пазу 9, піднімає запірний крік 3 в положення, близьке до вертикального. При цьому важіль 11 переміщується вперед за кріком 3 і тягне за собою клин 13, що пересувається в направляючих 14.

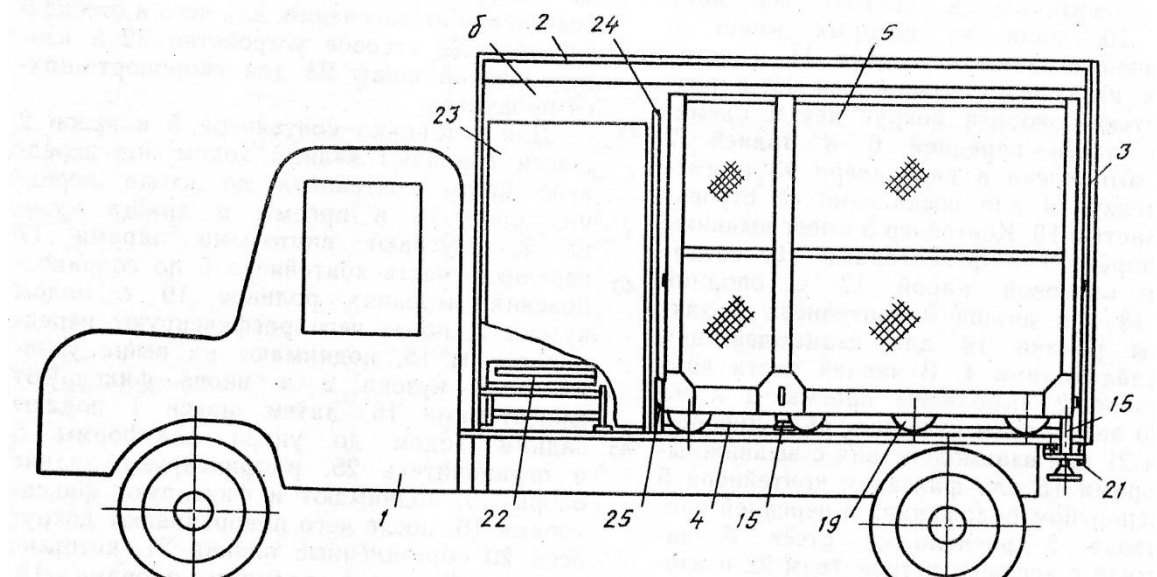


Рисунок 2.1 - № 1206144

Наступний контейнер штовхає запірний крік 3 до положення, при якому робоча частина останнього входить до упора в карман 18 першого контейнера. При цьому днище другого контейнера, натискаючи на ролик 12, встановлений на верхньому кінці важеля 11, натискає на нього з деяким зусиллям, за рахунок чого клин 13 переміщується в направляючих 14 і щільно

запирає кріюк 3. Таким чином, перший контейнер надійно фіксується на платформі транспортного засобу. Аналогічно запираються всі інші контейнери. При відсутності інших контейнерів клин 13 подається до запірної кріюк 3 шляхом обертання гвинта 16, закріпленого на планці 15, яка в даному випадку встановлена в крайньому лівому положенні.

Завантаження контейнерів відбувається в наступній послідовності. Для завантаження відгвинчують гвинт 16, встановлюють планку 15 в крайньому правому положенні і виштовхують контейнер. При цьому колесо контейнера звільняє плече 6 важеля 5, а контейнер карманом 18 штовхає запірний кріюк 3. Останній, обертаючись на вісі 2, опускається підключенням настилу. Це можливо завдяки тому, що одночасно з запірним кріюком 3 відходить і важіль 11, під дією якого відходить і клин 13, виходячи при цьому із зачеплення з запірним кріюком 3 і звільняє його. Розвантаження інших контейнерів здійснюється виштовхуванням, при цьому відбуваються такі ж процеси, що і при розвантаженні останнього контейнера, за виключенням того, що не відгвинчують гвинт 16 і не переставляють планку 15.

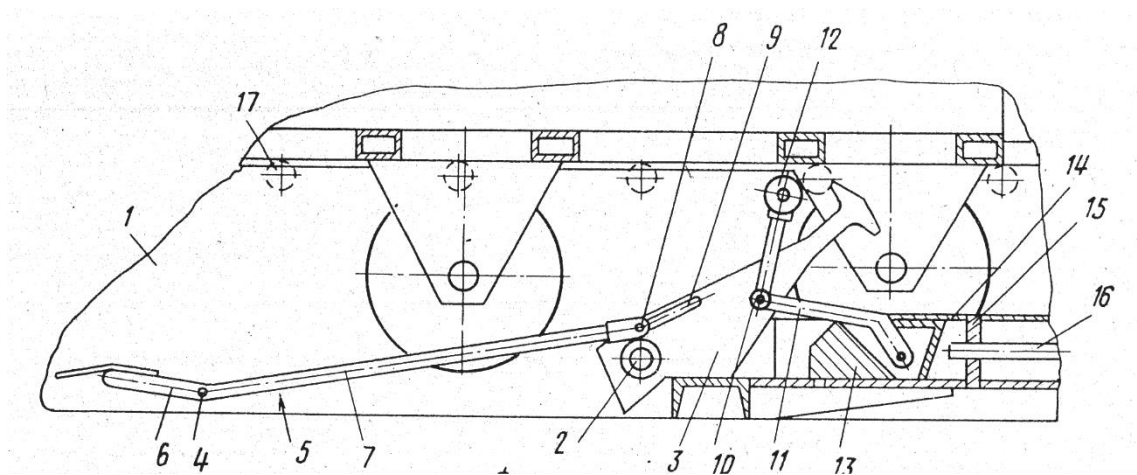


Рисунок 2.2 (а) - № 1131708

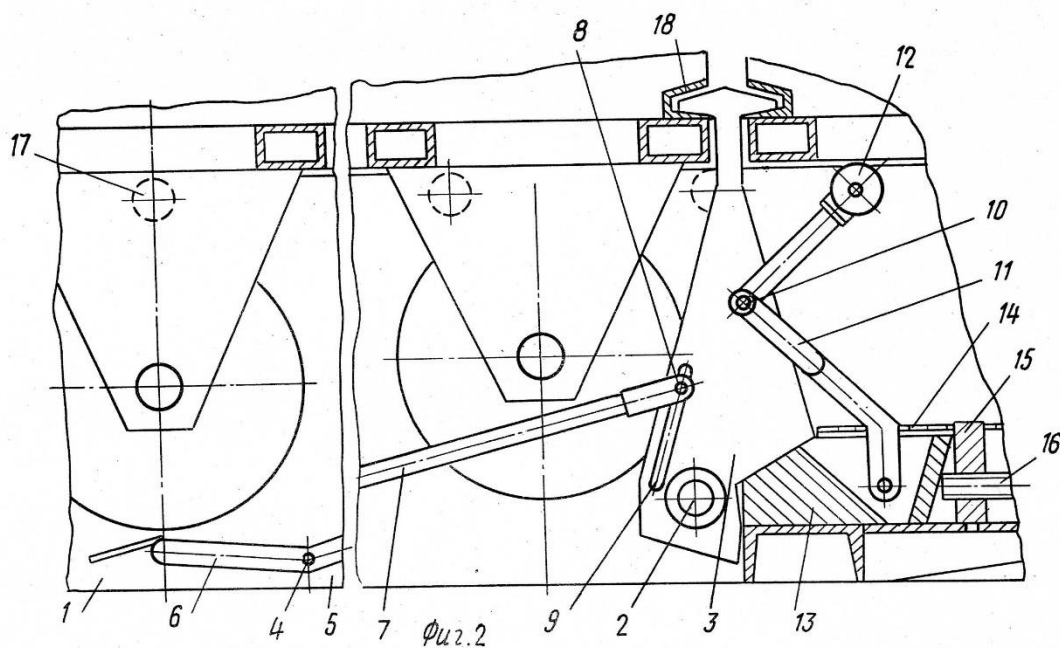


Рисунок 2.2 (б) - № 1131708

Відоме авторське свідоцтво № 1191336 (рис. 2.3). Мета винаходу – розширення експлуатаційних можливостей транспортного засобу шляхом розширення номенклатури вантажів, що перевозяться.

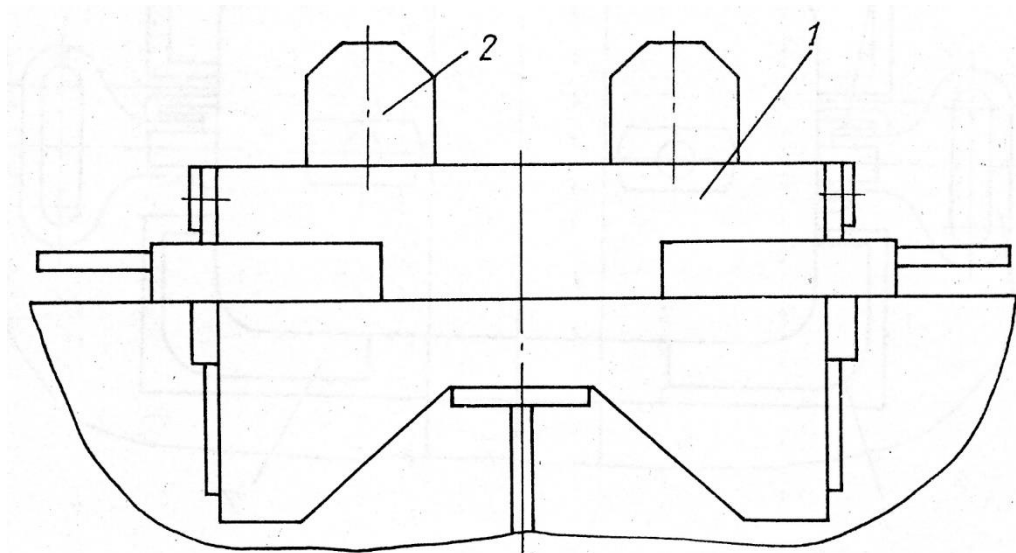


Рисунок 2.3 (а) - № 1191336

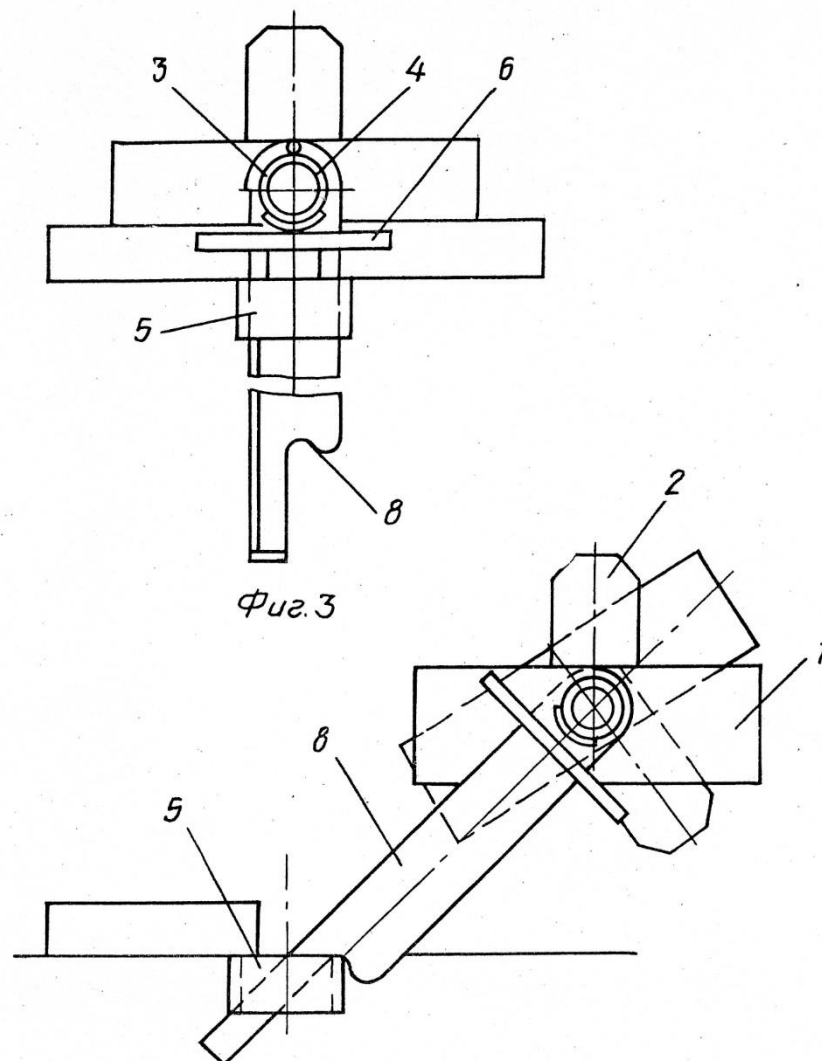


Рисунок 2.3 (б) - № 1191336

Пристрій для кріплення контейнерів містить поворотну панель 1 з жорстко закріпленими на ній упорами 2, кронштейни 3 кутового профілю, шарнірно зв'язані з панеллю 1 за рахунок цапф 4, і вертикальні направляючі 5, закріплені на рамі платформи. Кронштейни 3 встановлені в направляючих 5 вільно з можливістю переміщення. На кронштейнах закріплені рукоятки 6, призначені для полегшення переводу панелі з одного її положення в інше, а на рамі – фіксатори 7. На нижній частині кронштейна виконані фігурні вирізи 8, що служать для тимчасового утримання панелі 1 в піднятому положенні при її повороті.

При встановленні панелі 1 в робоче чи неробоче положення її піднімають за рукоятки 6, кронштейни 3 фігурними вирізами 8 спираються на направляючі 5 і відхиляються в сторону разом з шарнірно закріпленою на них панеллю. При цьому положенні панель вільно повертається в цапфах 4 і за допомогою рукояток 6 опускається в робоче положення (упорами вгору) або неробоче положення (упорами вниз).

Відоме авторське свідоцтво № 1017545 (рис 2.4). Мета винаходу – зменшення трудомісткості закріплення контейнерів.

На платформі 1 транспортного засобу встановлений передній упор 2 і бокові упори 3, виконані коробчастої конструкції з похилими площинами 4. В задній частині платформи 1 на кронштейнах 5 встановлений притискач 7 розташований перпендикулярно до повздовжньої вісі платформи, підпружинений відносно вісі 6 пружиною 8, один кінець якої за допомогою гвинта 9 кріпиться до вісі 6, а другий кінець закріплений на притискачі 7. Останній виконано у вигляді сектора змінного радіуса, криволінійна поверхня якого утворена сходами з ділянками *a* і *б* з можливістю взаємодії відповідно з нижніми 10 і торцевими 11 стінками контейнерів 12, що перевозяться. Ділянки *a* сходців розташовані в радіальних площинах. Обертання притискача 7 відбувається відносно вісі 6 в підшипниках 13.

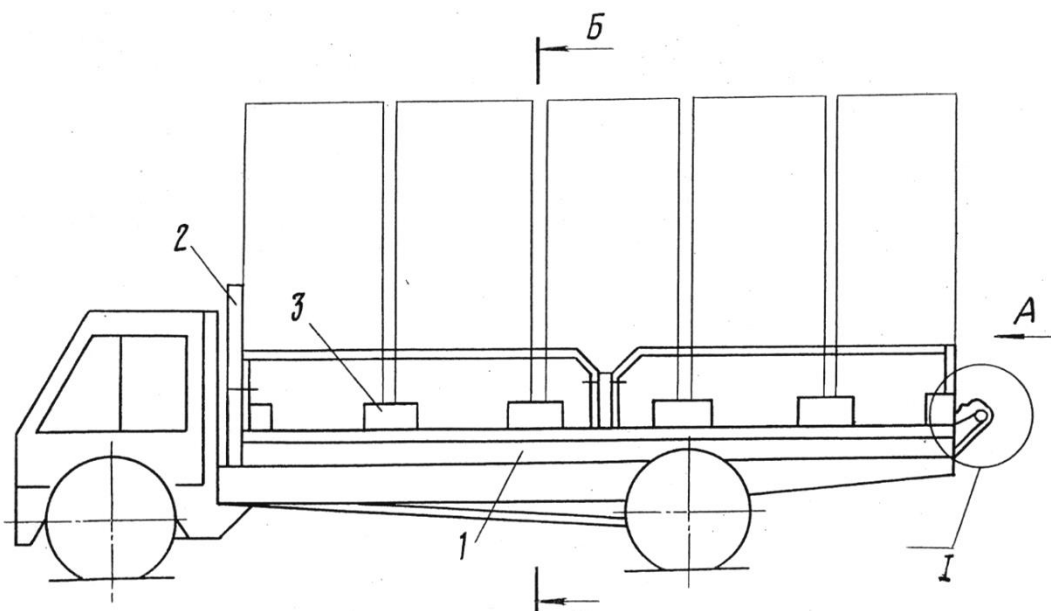


Рисунок 2.4 (а) - № 1017545

За допомогою навантажуючих механізмів контейнери встановлюються щільно один до одного.

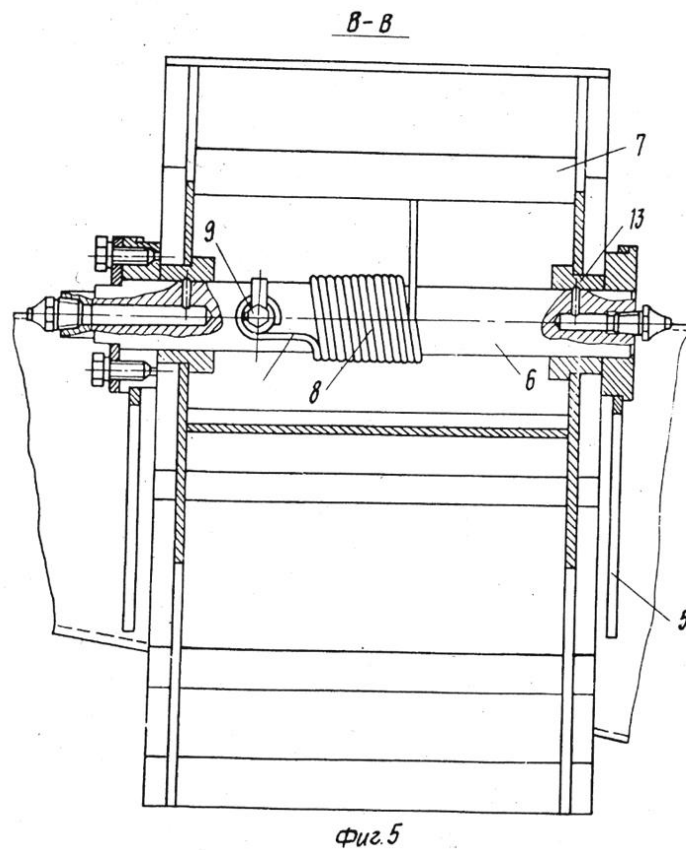
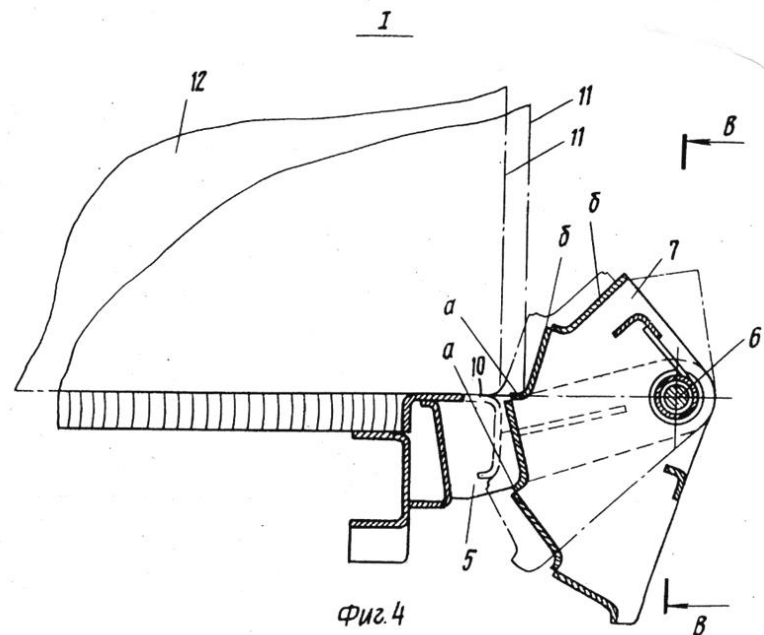


Рисунок 2.4 (б) - № 1017545

Перший контейнер встановлюється впритул до переднього упора 2, при цьому, сповзаючи по похилим площинам 4 упорів 3, контейнер центрується

відносно повздовжньої вісі транспортного засобу, крім того, упори 4 перешкоджають вільному переміщенню контейнера в поперечному напрямку. При встановленні останнього контейнера на платформу 1 контейнер краєм своєї основи давить на ділянку *a* східці притискача, повертаючи його на вісі 6. При цьому ділянка *b* східці притискає останній контейнер до передостаннього. В процесі руху транспортного засобу відбувається формування єдиного пакету з окремих контейнерів за рахунок того, що притискач 7 під дією пружини 8 намагається повернутись на вісі 6 за годинниковою стрілкою і в момент утворення достатнього проміжку між ділянкою *a* і основою останнього контейнера, притискач 7 повертається на наступну східцю, вибираючи проміжок, і тим самим формує єдиний пакет з окремих контейнерів.

Розвантаження транспортного засобу проводять з останнього контейнера, при цьому ступінчастий притискач повертається за годинниковою стрілкою і не перешкоджає руху контейнера вгору.

Відоме авторське свідоцтво № 850435 (рис. 3.5). Мета винаходу – зменшення трудомісткості і забезпечення якості закріплення контейнерів.

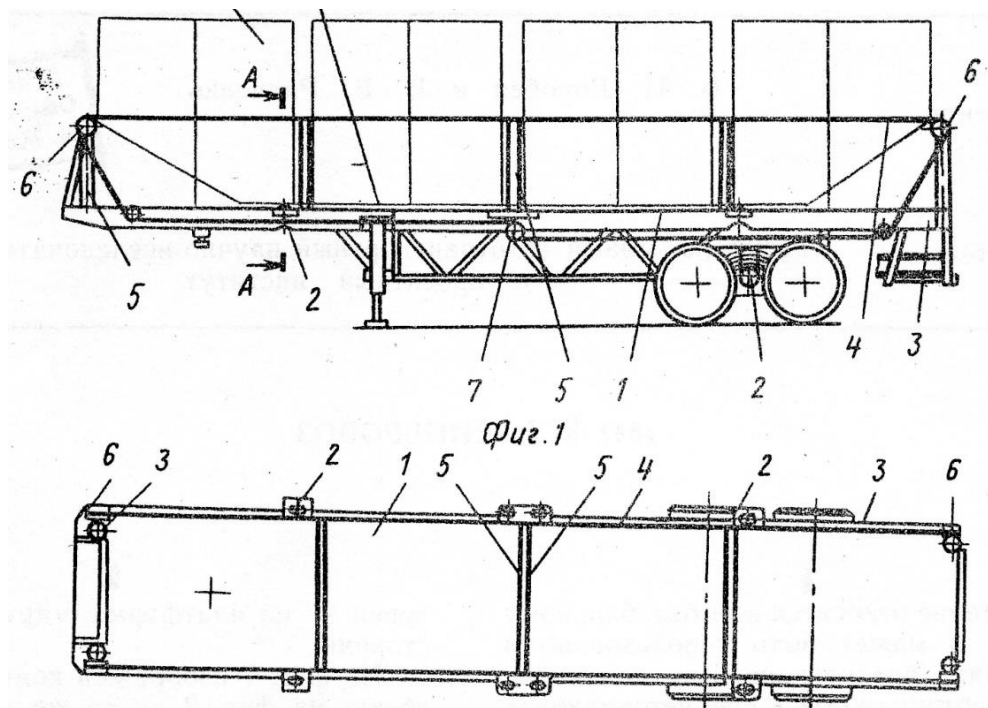


Рисунок 2.5 - № 850435

Контейнери встановлюються на спеціально відведені місця, що виступають за габарити платформи, і кріпляться пристроями 2. В цьому випадку гнучка огорожа опущена. Троси 4 натягують за допомогою лебідок 7, при цьому гнучка огорожа піднімається на кутових стійках 3. Завдяки тому, що кінці троса 4 навиваються на барабан лебідки 7 одночасно, розтяжки 5 піднімаються паралельно стінкам контейнера.

Відоме авторське свідоцтво № 1342781 (рис. 2.6). Мета винаходу – підвищення надійності кріплення контейнерів і зберігання вантажу, що перевозиться.

Транспортний засіб для перевезення контейнерів містить підтримуючу раму 1, ходову частину 2, розташованого на рамі 1 рольганга 3 і прилад для фіксації контейнерів у вигляді відкидних рольгангів 5. В транспортному положенні рольганги служать для фіксації контейнерів 4 від повздовжнього переміщення.

Пристрій для фіксації контейнерів являє собою додаткові переставні упори 6, кожен з яких виконано у вигляді пружинного захвату 7, що охоплює хоча б один з роликів рольганга 3, закріплений планкою 8. Остання закріплена на захваті 7 з можливістю повздовжнього переміщення, на одному кінці закріплено амортизатор 9, що взаємодіє з контейнером 4, а другий розташований на суміжному ролику рольганга 3. Загальна довжина планки 8 більше двох міжосьових відстаней між роликами.

Положення планки 8 фіксується фіксаторами 10, що розташовані у виконаному в планці 8 пазу 11 і в захваті 7 отворі 12 і представляє собою гвинт з відкидною ексцентриковою головкою 13. Між планкою 8 і ексцентриковою головкою 13 встановлена шайба 14, причому взаємодіючі поверхні планки 8 і шайби 14 виконані зубчастими.

Захват виконано із смугової сталі, що близька до форми незамкнутого кола і обладнаний відігнутими вхідними ділянками. Від місця кріплення до периферії утворюють захват смуги, що змінює товщину поперечного перетину.

При транспортуванні неповного ряду контейнерів упори 6 встановлюються на обох роликів доріжках так, що пружинні частки захвату 7 охоплює найближчий до контейнера 4 ролик рольганга 3.

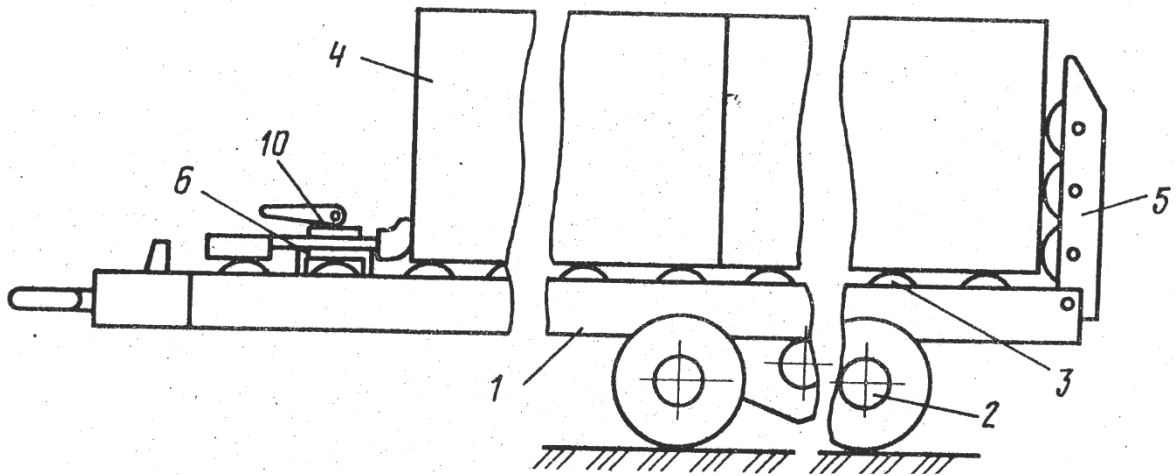


Рисунок 2.6 (а) - № 1342781

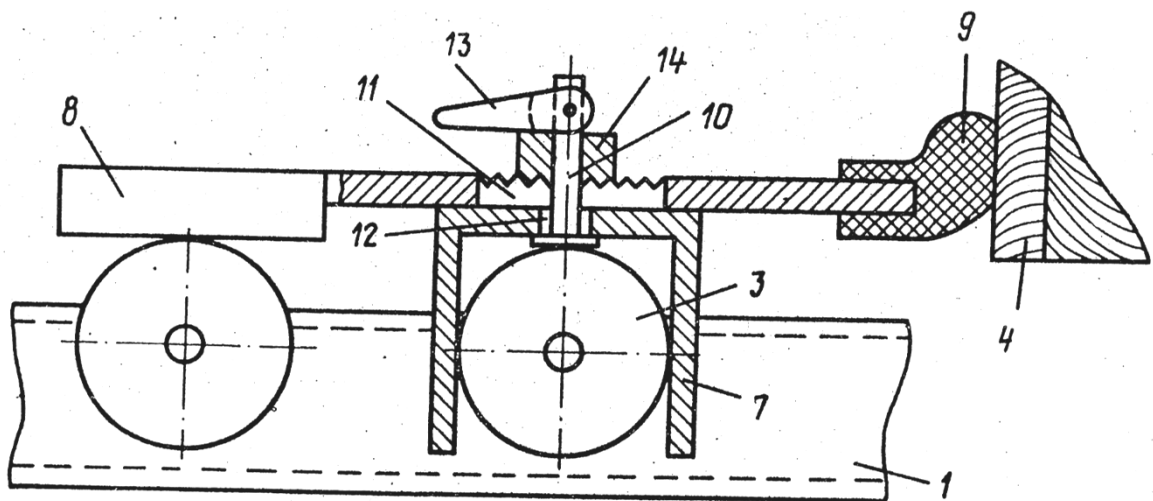


Рисунок 2.6 (б) - № 1342781

При необхідності регулюється положення планки 8 і захвату 7 відкиданням вгору ексцентрикової головки 13 гвинта і зсувом планки 8. При цьому на початку виводяться із зачеплення, а потім при опусканні головки 13 знову вводяться в зачеплення зубчасті поверхні планки 8 і шайби 14, гарантуючи надійність фіксації положення планки 8. При виникненні

зрушення контейнера 4 останній давить на амортизатори 9, стискаючи їх, знижують швидкість переміщення. Якщо ходу амортизації недостатньо то вступають в роботу пружні елементи 7. При цьому розміри планки 8 не дозволяють зусиллю зсуву повернути упор 6 відносно вісі ролика рольганга 3, так як другий кінець планки 8 спирається на ролик рольганга 3. Обидва кінця планки 8 можуть бути обладнані амортизаторами 9 і в такому випадку упори 6 можуть бути встановлені між контейнерами.

Висновки

Дотримання агротехнічних вимог до механізованого збирання і перевезення яблук є ключовим фактором забезпечення високої ефективності виробництва. Основними напрямками підвищення ефективності є: оптимізація строків збирання; використання адаптованих насаджень; застосування сучасних технічних засобів; мінімізація пошкоджень плодів; вдосконалення транспортування і зберігання. Комплексне виконання зазначених вимог дозволяє знизити втрати врожаю, підвищити якість продукції та забезпечити економічну доцільність механізації процесу збирання яблук.

Основною проблемою більшості існуючих конструкцій є компроміс між продуктивністю та якістю збирання. Підвищення продуктивності, як правило, супроводжується зростанням рівня пошкодження плодів, що є неприйнятним для товарних яблук. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку технічних рішень, які забезпечують одночасне досягнення високих показників як продуктивності, так і якості. Перспективними напрямками удосконалення конструкцій є: розробка адаптивних робочих органів із регульованими параметрами; використання нових матеріалів із амортизуючими властивостями; впровадження інтелектуальних систем керування. Таким чином, аналіз існуючих конструкцій підтверджує необхідність подальшого удосконалення технічних засобів для механізованого збирання і перевезення яблук із урахуванням сучасних вимог

до якості продукції, економічної ефективності та екологічної безпеки. Отримані результати можуть бути використані як теоретична основа для розробки нових або модернізації існуючих машин, що забезпечать підвищення ефективності садівництва в цілому. В результаті проведеного літературного та патентного огляду технічних рішень, нами пропонується модернізувати агрегат для транспортування контейнерів, що складається з трактора МТЗ-80 та контейнеровоза ВУК-3. Прийнято рішення розробити конструкцію, що дозволить зафіксувати контейнери на платформі.

3 ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКТИВНИХ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Конструкції розробленої опис

Для зменшення пошкодження плодів, що відбувається в наслідок руху під дією сил інерції і співударяння контейнерів об опори і один в одного, пропонується зафіксувати контейнери на платформі. Тобто необхідно зафіксувати контейнери, щоб вони не рухались по платформі, яка являє собою роликову доріжку. Для цього можна було б використати подвійну платформу. Наприклад, роликову доріжку зробити рухомою, щоб вона піднімала контейнери під час розвантаження, забезпечуючи тим самим їх рух. Виконати це доволі важко. Для фіксування краще використати другий спосіб. Тобто зробити один із упорів рухомим, цим самим забезпечити усунення зазорів між упорами і контейнером, а також між контейнерами. Доцільно рухомим робити задній упор, що в свою чергу є продовженням роликової доріжки під час вивантаження контейнерів.

Агрегат для транспортування контейнерів складається з трактора МТЗ-80 та контейнеровоза ВУК-3. Контейнери фіксуються між упорами за допомогою компенсатора з рухомою задньою опорою.

Рухома задня опора в свою чергу складається з рамки, що обертається навколо осі з допомогою гідроциліндра, який кріпиться до балки. Балка і рамка кріпляться до основних лонжеронів платформи контейнеровоза. Але якщо балка кріпиться жорстко за допомогою зварювання, то рамка шарнірно.

Тобто рамка являє собою дві роликові доріжки, що складаються відповідно із двох балок лівої і правої, між якими на осях кріпляться ролики.

Дві доріжки у верхньому кінці з'єднані між собою жорстко віссю, а нижні кінці кріпляться за допомогою зварювання до втулок, що за допомогою шпонкового з'єднання кріпляться до вала, що обертається в корпусах. Корпуси через вуха до яких вони приварені, і пластини, що у свою чергу приварюються

до вух, за допомогою болтового з'єднання монтуються до рамки, яка приварена в торець лонжеронів платформи.

Після завантаження платформи агрегату контейнерами, між останнім і заднім контейнерами встановлюється компенсатор і після того за допомогою гідроциліндра задня рамка притискає контейнери з певним зусиллям до передніх опор. Внаслідок цього усувається можливість переміщення контейнерів по роликівих доріжках під час руху внаслідок, дії сил інерції, і тим самим не відбувається співударяння контейнерів, а отже і не відбувається пошкодження плодів.

Загальна довжина платформи контейнеровоза становить 7720 мм. На платформі може вміститись 9 контейнерів розмірів 1200×800×600. Слід врахувати, що на платформу контейнери встановлюються по ширині, тобто виходячи з довжини контейнеровоз може перевозити:

$$n_{\varepsilon} = \frac{l_{\tilde{e}}}{h_{\tilde{e}i} + t}, \quad (3.1)$$

де n_{κ} – кількість контейнерів, що перевозить агрегат, шт.;

$l_{пл}$ – корисна довжина платформи, мм;

$h_{кон}$ – корисна ширина контейнера, мм;

t – подвійна товщина стінки контейнера, мм.

Тоді

$$n_{\varepsilon} = \frac{7720}{800 + 50} = 9,08 \text{ штук.}$$

Як бачимо, на платформу може вміститись 9 контейнерів, але у свою чергу виникає вільна віддаль величиною 68 мм, яка відіграє негативну роль.

Тобто, внаслідок гальмування або під час початку руху виникає сила інерції, що рівна:

$$P_{\mathcal{I}} = G_{\tilde{e}i} \cdot j_{\tilde{a}\tilde{a}\tilde{d}} \cdot n_{\varepsilon}, \quad (3.2)$$

де $G_{кон}$ – вага одного контейнера, кг;

j_{agr} – прискорення агрегату під час початку руху або гальмування, м/с.

Отже

$$P_{зг} = 350 \cdot 2 \cdot 9 = 6300 \text{ Н.}$$

З другого боку опір переміщенню, буде створювати сила опору коченню контейнерів по роликовій доріжці, що визначається за формулою:

$$P_{еі} = G_{еі} \cdot n_{еі} \cdot f_{еі} \cdot g, \quad (3.3)$$

де $f_{коч}$ – коефіцієнт опору кочення контейнерів по роликовій доріжці,

$$P_{еі} = 350 \cdot 9 \cdot 0,05 \cdot 9,81 = 15435 \text{ Н.}$$

Тобто ми бачимо, що виконується умова $P_{кон} < P_{ін}$, отже, під дією сили інерції контейнери розпочнуть рух під дією сили:

$$D_{пoi} = D_{зг} - D_{еі} = 6300 - 15435 = 4756,5 \text{ Н.}$$

В даному випадку, якщо не усунути віддаль 68 мм, то в наслідок сили $P_{сум}$ відбудеться співударяння контейнерів між собою або з упорами, що викличе пошкодження плодів.

3.2 Підбір гідроциліндра заднього упора і визначення місця його розташування

Планується використати гідро циліндр Ц75, що має максимальне переміщення штока, яке рівне 200 мм, і створює зусилля 43Н. Можливе його кріплення між двома лонжеронами, але під час нахилу платформи не повинен контактувати з землею. Розрахуємо гарантовану віддаль для розміщення гідро циліндра з врахуванням того, що платформу встановлюємо під кутом, а рамку заднього упора в горизонтальне положення, що продовжує роликову доріжку.

Для цього необхідно розглянути розрахункову схему, що приведена на рис. 3.1.

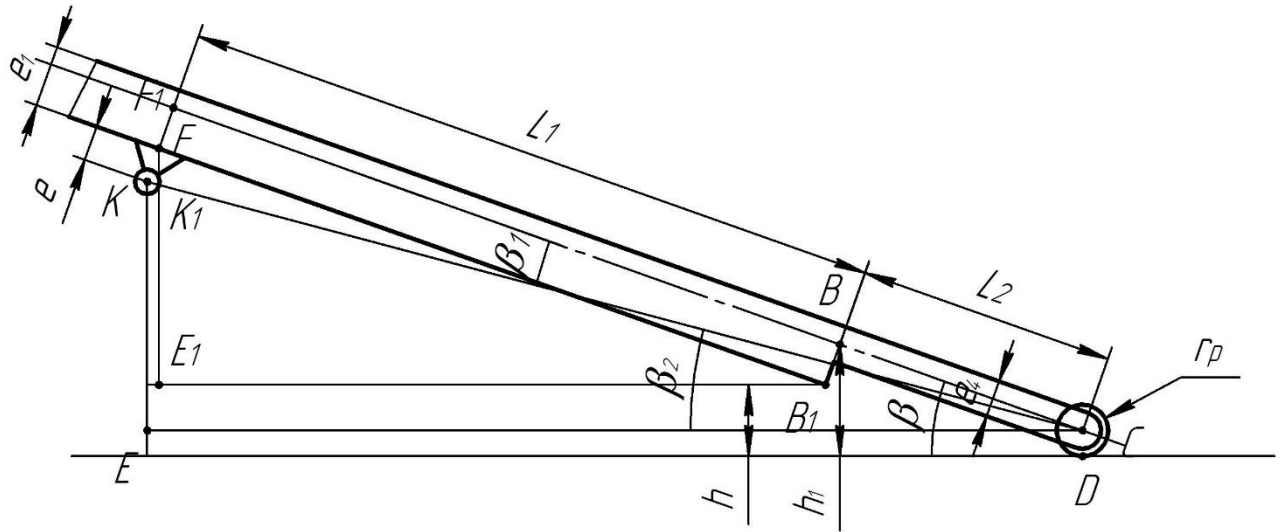


Рисунок 3.1 - Схема для розрахунку місця кріплення гідро циліндра

Необхідно знайти, в першу чергу кут нахилу платформи β , що залежить від розмірних параметрів платформи.

Кут нахилу платформи рівний:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2,$$

де β_1 – кут між лінією, що з'єднує центр балансірної підвіски т.К з центром т.С ролика на кінці рамки, та горизонтом;

β_2 – кут між вище зазначеної лінії КС та віссю рамки, пряма ВС або FC, що паралельна площині платформи, град.

З прямокутного трикутника KFC:

$$\beta_1 = \arctg \frac{e_{KF}}{e_{CF}}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } e_{KF} = e + e_1 - \frac{e_4}{2}; \quad e_{CF} = L_1 + L_2,$$

де e – віддаль від осі обертання балансірної підвіски до нижнього краю лонжерона платформи, мм;

e_1 – висота лонжерона платформи, мм;

e_4 – висота пластини роlikової доріжки рамки, мм;

L_1 – віддаль від осі обертання балансірної підвіски до осі обертання рамки т.В, мм;

L_2 – віддаль від точки обертання рамки (т.В) до осі ролика (т.С), мм;

$$\beta_1 = \arctg \frac{e + e_1 - \frac{e_4}{2}}{L_1 + L_2}. \quad (3.6)$$

З прямокутного трикутника ЕКС:

$$\beta_2 = \arcsin \frac{e_{KE}}{e_{KC}},$$

$$\text{де } e_{KE} = H_{\dot{a}\ddot{a}\ddot{e}} - r_{\delta}, \quad e_{KC} = \sqrt{e_{KF}^2 + e_{FC}^2} = \sqrt{\left(e + e_1 + \frac{e_4}{2}\right)^2 + (L_1 + L_2)^2},$$

де $H_{\delta al}$ – висота розміщення осі балансірної підвіски відносно поверхні землі,
 r_p – радіус ролика роликової доріжки рамки, мм,

$$\beta_2 = \arcsin \frac{H_{\dot{a}\ddot{a}\ddot{e}} - r_p}{\sqrt{\left(e + e_1 - \frac{e_4}{2}\right)^2 + (L_1 + L_2)^2}}. \quad (3.7)$$

Підставляючи рівняння (3.6) і (3.7) в рівняння (3.4) отримаємо:

$$\begin{aligned} \beta &= \arctg \frac{e + e_1 - \frac{e_4}{2}}{L_1 + L_2} + \arcsin \frac{H_{\dot{a}\ddot{a}\ddot{e}} - r_p}{\sqrt{\left(e + e_1 - \frac{e_4}{2}\right)^2 + (L_1 + L_2)^2}} = \\ &= \arctg \frac{75 + 150 - \frac{60}{2}}{3300 + 860} + \arcsin \frac{325 - 50}{\sqrt{\left(75 + 150 - \frac{60}{2}\right)^2 + (3300 + 860)^2}} = 6,47^\circ \end{aligned}$$

Знайдемо мінімальну віддаль від поверхні землі до нижньої точки лонжерона платформи, тобто:

$$h = H_{\dot{a}\ddot{a}\ddot{e}} + e_{F_1K_1} - e_{F_1E_1},$$

де з $\Delta E_1F_1B_1$: $e_{F_1E_1} = e_{F_1B_1} \cdot \sin \beta = L_1 \cdot \sin \beta$;

$$\text{з } \Delta KF_1K_1: e_{F_1K_1} = e_{KF_1} \cdot \cos \beta = e \cdot \cos \beta.$$

Отже

$$h = H_{\dot{a}\dot{a}\dot{e}} + e \cdot \cos \beta - L_1 \cdot \sin \beta = 325 + 75 \cdot \cos 6,47^\circ - 3300 \cdot \sin 6,47^\circ = 27,67 \text{ мм.}$$

Друга необхідна відстань є h_1 (рис. 3.1), для визначення радіуса або плеча дії гідро циліндра на вал заднього упора. Її визначаємо аналогічно як h з рис. 3.1:

$$\begin{aligned} h_1 &= H_{\dot{a}\dot{a}\dot{e}} + \left(e + e_1 - \frac{e_4}{2} \right) \cdot \cos \beta - L_1 \cdot \sin \beta = \\ &= 325 + \left(75 + 150 - \frac{60}{2} \right) \cdot \cos 6,47^\circ - 3300 \cdot \sin 6,47^\circ = 146,9 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Тобто віддалі 140 мм є достатньо для монтажу гідро циліндра між лонжеронами платформи, а плече дії гідро циліндра на рамку 100 мм з умовою, що 40 мм необхідно для врахування безпосередньо розмірів гідроциліндра.

Другим етапом розрахунку місця розміщення гідро циліндра є визначення другої точки кріплення до балки, що кріпиться поперек платформи між лонжеронами. Для цього розглянемо схему (рис. 3.2).

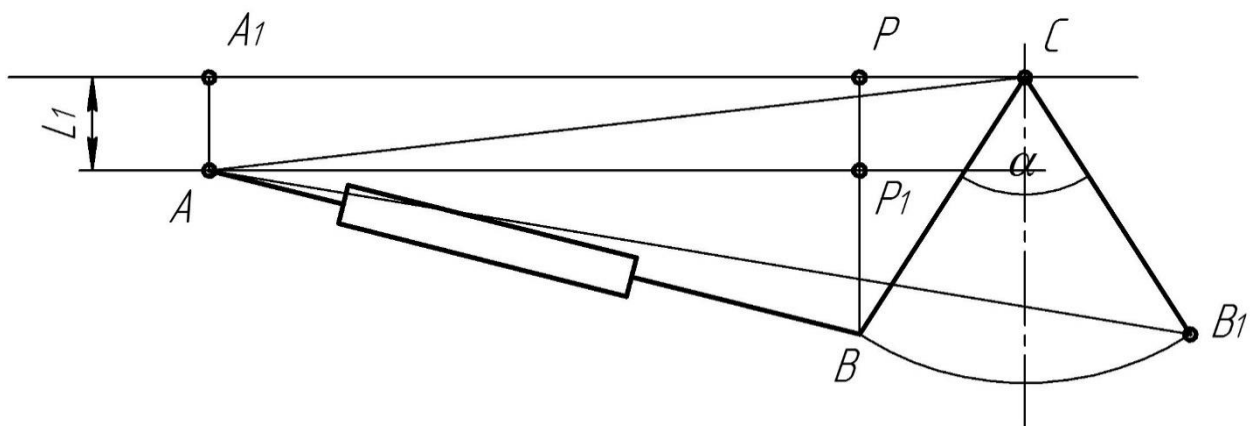


Рисунок 3.2 - Схема кріплення гідроциліндра

Задамося вихідними умовами. Тобто: віддаль АВ має бути рівна 524 мм, що відповідає умові крайнього розміщення рамки, коли вона займає горизонтальне положення, є паралельна платформі; кут α першопочаткового

розміщення плеча e_{BC} приймемо рівним 45^0 ; коли рухома точка В гідроциліндра переміститься в положення B_1 , тоді рамка займе вертикальне положення, отже почне діяти на контейнери через компенсатор; величина кута BCB_1 рівна відповідно 90^0 .

Необхідно знайти віддаль e_{AC} і e_{A^1C} , а також зробити перевірку чи переміщення штоку гідроциліндра, що рівний 200 мм, вистачить для підняття рамки з горизонтального положення у вертикальне, тобто поворот плеча e_{BC} на кут 90^0 .

З ΔAA^1C віддаль AC буде рівна:

$$e_{AC} = \sqrt{e_{AC}^2 + e_{A^1C}^2}, \quad (3.8)$$

де e_{A^1C} – віддаль e_1 (рис. 3.2), що рівна:

$$e_1 = \frac{e - e_4}{2} = \frac{150 - 60}{2} = 45 \text{ мм};$$

e_{A^1C} – віддаль від осі кріплення гідроциліндра до балки до осі обертання рамки, відносно точки А та С.

Тобто запишемо, що

$$e_{A^1C} = e_{A^1P} + e_{PC},$$

де з ΔBPC : $e_{PC} = e_{BC} \cdot \cos \alpha = 100 \cdot \cos 45^\circ = 70,7 \text{ мм}$.

а з ΔAP^1B будемо мати:

$$\begin{aligned} e_{A^1P} = e_{A^1P^1} &= \sqrt{e_{AB}^2 - (e_{PB} - e_{AA^1})^2} = \sqrt{e_{AB}^2 - (e_{BC} \cdot \sin \alpha - e_1)^2} = \\ &= \sqrt{524^2 - (100 \cdot \sin 45 - 45)^2} = 523,36 \text{ мм} \end{aligned}$$

Підставляючи знайдені невідомі в рівняння (3.8) та (3.9) отримаємо:

$$e_{A^1C} = 70,7 + 523,6 = 594 \text{ мм};$$

$$e_{AC} = \sqrt{594^2 + 45^2} = 595,8 \text{ мм}.$$

Тепер перевіряємо другу умову, тобто

$$e_{AB_1} - e_{AB} < e_{\text{ш}} , \quad (5.10)$$

де $e_{\text{ш}}$ – максимальний хід штока гідроциліндра, $e_{\text{ш}} = 200$ мм.

За теоремою косинусів з трикутника ACB_1 запишемо, що

$$e_{AB_1} = \sqrt{e_{AC}^2 + e_{BC}^2 - 2 \cdot e_{AC} \cdot e_{BC} \cdot \cos ACB_1} ,$$

де з $\triangle ACB$ за теоремою косинусів запишемо:

$$\angle ACB = \arccos \frac{e_{AC}^2 + e_{BC}^2 - e_{AB}^2}{2 \cdot e_{AC} \cdot e_{BC}} = \arccos \frac{595,8^2 + 100^2 - 524^2}{2 \cdot 595,8 \cdot 100} = 40,65^\circ$$

$$\angle ACB_1 = 40,65 + 90 = 130,65^\circ .$$

Отже

$$e_{AB_1} = \sqrt{595,8^2 + 100^2 - 2 \cdot 595,8 \cdot 100 \cdot \cos 130,65} = 665,3 \text{ мм.}$$

Тобто умова (3.10) виконується:

$$665,3 - 595,8 = 69,5 < 200.$$

Можна зробити висновок, що вибраний гідро циліндр за конструктивними параметрами (розмірами) задовольняє умовам роботи нашого удосконалення, заднього упора.

Проведемо силовий аналіз і визначимо правильність вибору гідроциліндра за зусиллям, що він розвиває.

Розглянемо схему на рис. 3.3.

В нашому випадку гідроциліндр буде виконувати подвійну функцію. По-перше він буде переміщати контейнери долаючи силу опору кочення контейнерів по роликовій доріжці, а по-друге утримувати задній упор, коли на нього діє сумарна сила $P_{\text{сум}}$, як результат дії сил інерції під час рушання або гальмування.

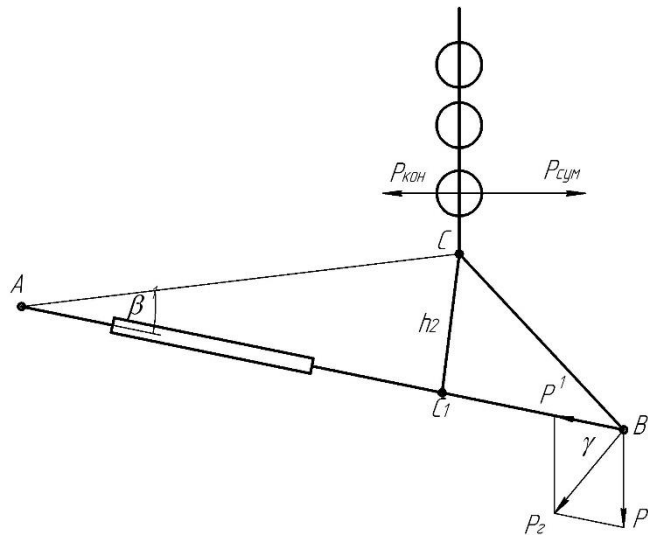


Рисунок 3.3 - Схема сил, що діють на гідро циліндр

Розглянемо перший випадок і визначимо яку силу повинен передати гідроциліндр. З умови рівноваги запишемо:

$$P_{\text{гг}} \cdot L_2 = P_{\text{гд}} \cdot h_2, \quad (3.11)$$

де l_2 – плече дії сили $P_{\text{кон}}$. З конструктивних міркувань $l_2 = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$;

h_2 – плече дії гідро циліндра.

З прямокутного трикутника ACC1 (рис. 3.3) буде мати:

$$h_2 = l_{AC} \cdot \sin \beta',$$

де кут β' визначається за теоремою косинусів з ΔACB_1 :

$$\beta' = \arccos \frac{l_{AC}^2 + l_{AB_1}^2 - l_{CB_1}^2}{2 \cdot l_{AC} \cdot l_{CB}}.$$

Всі величини рівняння відомі, отже:

$$\beta' = \arccos \frac{595,8^2 + 665,3^2 - 100^2}{2 \cdot 595,8 \cdot 665,3} = 6,55^\circ,$$

$$h_2 = 595,8 \cdot \sin 6,55 = 67,96 \text{ мм} = 0,068 \text{ м}.$$

Тоді з рівняння (3.11) будемо мати:

$$D_{\text{гд}} = \frac{D_{\text{гг}} \cdot l_2}{h_2} = \frac{15345 \cdot 0,15}{0,068} = 34048 \text{ Н}.$$

Гідроциліндр Ц75 розвиває зусилля 43 кН, отже його вистачить повністю з деяким запасом для переміщення контейнерів.

Розглянемо випадок утримування рамки під дією сили інерції, тобто з рис 3.3 запишемо умову:

$$P_{\text{іні}} \cdot l_2 = \frac{P' \cdot l_{CB_1}}{\cos \gamma}.$$

Тобто

$$P' = \frac{P_{\text{іні}} \cdot l_2 \cdot \cos \gamma}{l_{CB_1}}, \quad (3.12)$$

де P_1 – сила, що діє на гідроциліндр.

Тобто необхідно визначити γ :

$$\begin{aligned} \gamma &= 90^\circ - \angle AB_1C = 90^\circ - \arccos \frac{l_{AB_1}^2 + l_{CB_1}^2 - l_{AC}^2}{2 \cdot l_{AB_1} \cdot l_{CB_1}} = \\ &= 90^\circ - \arccos \frac{665,3^2 + 100^2 - 595,8^2}{2 \cdot 665,3 \cdot 100} = 47,21^\circ \end{aligned}$$

Отже

$$P' = \frac{4756,5 \cdot 0,15 \cdot \cos 47,21^\circ}{0,1} = 4846,7 \text{ Н.}$$

Як бачимо, в другому випадку сили гідро циліндра вистачає для утримання балки.

3.3 Розрахунок балки роlikової доріжки

Дану балку необхідно розрахувати як консольну балку, що витримує згинальний момент (рис. 3.4).

Балку виготовляємо із листової сталі товщиною 10 мм, тому метою розрахунку є визначити ширину балки.

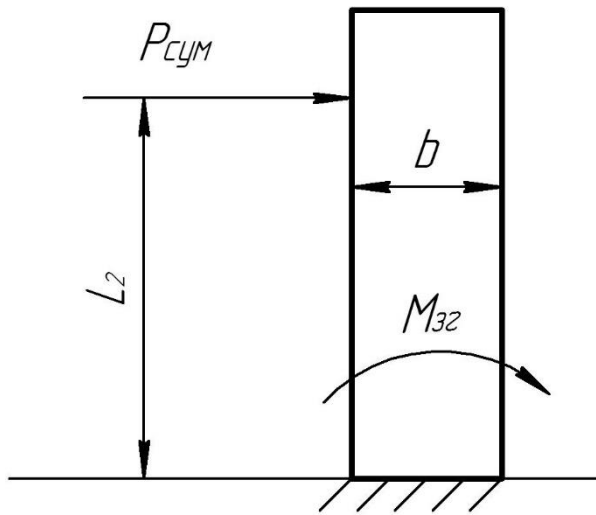


Рисунок 3.4 - Схема для розрахунку балки роликової доріжки

Необхідно скористатись умовою міцності:

$$[\sigma_{\text{сг}}] = \frac{M_{\text{сг}}}{W}, \quad (3.13)$$

Ми прийняли, що балку виготовляємо з листової сталі, що у свою чергу виготовляється зі сталі 3, для якої $[\sigma_{\text{зг}}] = 60$ МПа.

Згинальний момент буде рівний:

$$M_{\text{сг}} = P_{\text{н}} \cdot l_2$$

де l_2 – плече дії сумарної сили від сил опору коченню.

$$M_{\text{сг}} = 47565 \cdot 0,15 = 7134,75 \text{ Нм}.$$

Момент опору прямокутного січення визначається:

$$M = \frac{t \cdot b^2}{6}, \quad (3.14)$$

де t – товщина перерізу, м;

b – ширина балки, м.

Підставляємо отримані дані

$$[\sigma_{\text{сг}}] = \frac{\sigma \cdot M_{\text{сг}}}{t \cdot b^2 \cdot n}, \quad (3.15)$$

де n – кількість пластин, що сприймають навантаження, $n = 4$.

Отже

$$b = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\sigma \tilde{a}}}{t \cdot n \cdot [\sigma_{\sigma \tilde{a}}]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 713475}{0,01 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,042 \text{ м} = 42 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань для компоновки вузла приймемо ширину балки рівну 60 мм, це дасть ще деякий запас міцності.

3.4 Визначення робочих режимів

Збирання яблук виконуємо за допомогою плодозбиральної машини МПУ-1А, яка є позиційної дії і виготовлена на основі шасі Т-16М. Транспортування контейнерів здійснюється агрегатом для транспортування плодів ВУК-3А.

Вихідними даними для розрахунку будуть:

- площа кварталу: $F = 7 \text{ га}$;
- довжина кварталу: $L = 350 \text{ м}$;
- ширина кварталу: $B = 250 \text{ м}$;
- схема посадки: $6 \times 5 \text{ м}$;
- ухил місцевості: $i = 3\%$;
- основний агрегат: МПУ-1А;
- технологічна швидкість: $V_T = 0,3 \text{ км/год}$;

Плодозбиральна машина МПУ-1А, є машина позиційної дії, тобто вона виконує свій технологічний процес з зупинкою біля дерева, шляхом передачі дереву вібраційних зусиль. Тому опір агрегату буде виникати під час переїздів від дерева до дерева.

Опір на переміщення буде рівний:

$$R_i = G_i \cdot \left(f_i + \frac{i}{100} \right) \quad (3.16)$$

$$R_i = 43 \cdot \left(0,08 + \frac{3}{100} \right) = 4,73 \text{ кН.}$$

Тяговий приведений опір машини від валу відбору потужності під час зупинок:

$$R_{i\delta} = \frac{0.159 \cdot N_{\hat{a}\hat{a}\hat{i}} \cdot i_{\delta\delta} \cdot \eta_{\delta\delta}}{r_{\hat{e}} \cdot n_i \cdot \eta_{\hat{a}\hat{a}\hat{i}}}, \quad (3.17)$$

$$R_{i\delta} = \frac{0.159 \cdot 15,6 \cdot 97 \cdot 0.9}{0,45 \cdot 30 \cdot 0,95} = 16,9 \text{ кН.}$$

Як бачимо, приведений опір є досить високий, але робочий цикл виконується після зупинки агрегату, тому зчіпної ваги агрегату є достатньо для переміщення.

Враховуючи технологічний процес роботи плодозбиральної машини, ми прийняли технологічну швидкість рівну 0,3 км/год, хоча швидкість на переїзді може становити 5 км/год, що відповідає першій передачі.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.18)$$

$$L_{\delta} = L_{\delta_1} + L_{\delta_2}, \quad (3.19)$$

$$L_{x_1} = (1,4 \dots 2) \cdot R + X_1 + 2 \cdot e, \quad (3.20)$$

$$e = (0,1 \dots 0,2) l_k, \quad (3.21)$$

$$l_k = l_m = 3,0 \text{ м.}$$

$$e = 0,2 \cdot 3,0 = 0,6 \text{ м,}$$

$$L_{x_1} = 2 \cdot 3,5 + 5 + 0,6 = 12,6 \text{ м.}$$

$$L_{x_2} = (5,0 \dots 5,5) R + 2e, \quad (3.22)$$

$$L_{x_2} = 5,5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,6 = 20,45 \text{ м.}$$

$$L_{x_2} = 12,6 + 20,45 = 33,05 \text{ м,}$$

$$\varphi = \frac{350}{350 + 33,05} = 0,91.$$

$$E_{min} = 1,1 \cdot R + e + d_k, \quad (3.23)$$

$$E_{min} = 11 \cdot 3,5 + 0,6 + 1,7 = 6,15 \text{ м.}$$

$$t_{\ddot{o}} = t_{\ddot{o}\ddot{o}} + t_{\ddot{o}\ddot{o}} = \frac{2L_p}{V_p 60} + \frac{l_x}{V_x 60}, \quad (3.24)$$

$$L_{\ddot{o}} = \frac{2 \cdot 350}{0,083 \cdot 60} + \frac{33,05}{0,7 \cdot 60} = 141,35 \text{ хв.}$$

$$n_{\ddot{O}} = \frac{T_{\dot{\zeta}} - T_{\dot{\zeta}} - T_{\hat{\alpha}^3 \hat{\alpha} \ddot{\alpha}}}{t_{\ddot{o}}}, \quad (3.25)$$

$$\dot{O}_{\dot{\zeta}} = \dot{O}_{A\dot{O}\hat{I}} + \dot{O}_{\hat{I}\hat{I}} + \dot{O}_{\hat{I}\hat{I}\hat{E}} + \dot{O}_{\hat{I}\hat{I}}, \quad (3.26)$$

$$\dot{O}_{\dot{\zeta}} = 28 + 5 + 30 + 6 = 69 \text{ хв.}$$

$$n_{\ddot{O}} = \frac{420 - 69 - 35}{141,35} = 2,23 \text{ циклів.}$$

$$T_p = t_{\ddot{o}\ddot{o}} \cdot n_{\ddot{o}}, \quad (3.27)$$

$$T_p = 141,35 \cdot 2,3 = 325,1 \text{ хв.}$$

$$\dot{O}_{\hat{A}} = \dot{O}_{\hat{\delta}} + \dot{O}_{\dot{\zeta}} + \dot{O}_{\hat{\alpha}^3 \hat{\alpha} \ddot{\alpha}}, \quad (3.28)$$

$$\dot{O}_{\hat{A}} = 325,1 + 69 + 35 = 429,1 \text{ хв.}$$

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\hat{\alpha}}}, \quad (3.29)$$

$$\tau = \frac{325,1}{429,1} = 0,76.$$

$$W_{\dot{\zeta}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{\ddot{O}} \cdot T_p, \quad (3.30)$$

$$W_{\dot{\zeta}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 0,3 \cdot 5,42 = 0,98 \text{ га/зм.}$$

$$W_{\hat{\alpha} \hat{\alpha} \hat{\alpha} \ddot{\alpha}} = \frac{W_{\dot{\zeta}}}{T_p}, \quad (3.31)$$

$$W_{\hat{\alpha} \hat{\alpha} \hat{\alpha} \ddot{\alpha}} = \frac{0,98}{5,42} = 0,18 \text{ га/год.}$$

$$W_{\hat{\alpha} \hat{\alpha} \hat{\alpha} \zeta} = \frac{W_{\dot{\zeta}}}{T_{\dot{\zeta}}} = \frac{0,98}{7,15} = 0,137 \text{ га/год.}$$

$$Q = \frac{G_{\partial\partial} T_p + G_{\partial\partial} T_x + G_{\partial i} T_o}{W_{\zeta i}}, \quad (3.32)$$

$$T_{\bar{o}} = t_{\partial\bar{o}} \cdot n_{\bar{o}} + \dot{O}_{i\bar{i}\partial\zeta}, \quad (3.33)$$

$$T_{\bar{o}} = 0,79 \cdot 2,3 + 30 = 0,53 \text{ год.}$$

$$Q = \frac{8,2 \cdot 5,42 + 2,5 \cdot 0,53 + 0,7 \cdot 1}{0,98} = 47,4 \text{ кг/га.}$$

$$S_{\partial\partial} = \frac{(a_{\partial\partial} + a_{\partial\partial} + a_{\partial\partial i}) \dot{A}_{\bar{o}}}{100 T_{\partial\zeta} \cdot W_{\partial i \bar{a}}}, \quad (3.34)$$

$$S_{\partial\partial} = \frac{(14,5 + 12 + 21) \cdot 225000}{100 \cdot 210 \cdot 0,137} = 3714,8 \text{ грн./га.}$$

$$S_{\bar{i}\bar{i}} = Q \cdot \ddot{O}_{\bar{i}\bar{i}}, \quad (3.35)$$

$$S_{\bar{i}\bar{i}} = 47,4 \cdot 4,3 = 203,82 \text{ грн/га.}$$

$$S_{\zeta i} = \frac{k \cdot (m_{\partial\partial} \cdot f_1 + m_{\bar{a}} \cdot f_2)}{W_{\zeta i}}, \quad (3.36)$$

$$S_{\zeta i} = \frac{11 \cdot (49 \cdot 1 + 42 \cdot 1)}{0,98} = 102,14 \text{ грн./га.}$$

$$S_{\zeta \bar{a}} = \frac{(a_{\partial\partial} + a_{\partial i}) \cdot \dot{A}_{\bar{i}} \cdot 0,065}{100 \cdot T_{\partial i} \cdot W_{\partial i \bar{a} \cdot \zeta i}}, \quad (3.37)$$

$$S_{\zeta \bar{a}} = \frac{(12 + 21) \cdot 225000 \cdot 0,065}{100 \cdot 210 \cdot 0,18} = 127,68 \text{ грн./га.}$$

$$S_0 = S_{\partial\partial} + S_{\bar{i}\bar{i}} + S_{\zeta i} + S_{\zeta \bar{a}}, \quad (3.38)$$

$$S_0 = 3714,8 + 203,82 + 102,14 + 127,68 = 4148,44 \text{ грн/га.}$$

$$S_{i\bar{o}} = S_o + \frac{E_{\bar{e}}}{W_{\partial i \bar{a}}} \cdot \frac{\dot{A}_{\bar{i}}}{T_{\partial i}}, \quad (3.39)$$

$$S_{i\bar{o}} = 4148,44 + \frac{0,15}{0,18} \cdot \frac{225000}{210} = 5041,3 \text{ грн./га.}$$

$$G_{\hat{e}} = G_{\hat{o}\hat{o}} + Q_{\hat{A}}, \quad (3.40)$$

$$G_{\hat{e}} = 17 + 30 = 47 \text{ кН.}$$

$$R_{\hat{a}\hat{a}} = n_{\hat{e}} \cdot G_{\hat{e}} \cdot \left(f_{\hat{e}} \pm \frac{i}{100} \right), \quad (3.41)$$

$$R_{\hat{a}\hat{a}} = 1 \cdot 47 \cdot \left(0,08 + \frac{1}{100} \right) = 4,23 \text{ кН.}$$

$$P_{\hat{e}\hat{o}\max} \geq G_{\hat{e}} \cdot \left(f_{\hat{e}} \cdot a_{\hat{e}} + \frac{i}{100} \right) + G \cdot \left(f(a_{\hat{o}\hat{o}} - 1) + \frac{i}{100} \right), \quad (3.42)$$

$$P_{\hat{e}\hat{o}\max} = 47 \cdot \left(0,08 \cdot 1,76 + \frac{1}{100} \right) + 31,5 \cdot \left(0,08(1,84 - 1) + \frac{1}{100} \right) = 9,52 \text{ кН.}$$

$$F_{c\max} - G \cdot \left(a_{\hat{o}\hat{o}} \cdot f_{\hat{o}\hat{o}} + \frac{i}{100} \right) \geq G_{\hat{e}} \left(f_{\hat{e}} \cdot a_{\hat{e}} + \frac{i}{100} \right), \quad (3.43)$$

$$F_{c\max} = \mu \cdot G_c, \quad (3.44)$$

$$G_c = \lambda \cdot G \cdot \cos i, \quad (3.45)$$

$$G_c = 0,8 \cdot 31,5 \cdot \cos 1 = 25,2 \text{ кН.}$$

$$F_{c\max} = 0,7 \cdot 25,2 = 17,64 \text{ кН.}$$

$$17,64 - 31,5 \cdot \left(1,84 \cdot 0,08 + \frac{1}{100} \right) \geq 47 \left(0,08 \cdot 1,76 + \frac{1}{100} \right);$$

$$12,69 > 7,09 \text{ кН.}$$

$$\xi = \frac{R_{\hat{a}\hat{a}}}{P_{\hat{e}\hat{o}} - G \cdot \frac{i}{100}}, \quad (3.46)$$

$$\xi = \frac{4,23}{11 - 31,5 \cdot \frac{1}{100}} = 0,4.$$

$$Q_{\hat{o}} = V \cdot \lambda \cdot \gamma_i, \quad (3.47)$$

$$Q_{\hat{o}} = 4,61 \cdot 0,75 \cdot 0,73 = 2,52 \text{ Т.}$$

$$F = \frac{Q_T}{O}, \quad (3.48)$$

$$F = \frac{2,52}{7} = 0,36 \text{ га.}$$

$$t_{\hat{a}} = \frac{F}{W_{\hat{a}\hat{a}. \hat{c}\hat{i}}} = \frac{0,36}{0,144} = 2,5 \hat{a}\hat{i}\hat{a} = 150 \text{ хв.}$$

$$t_{\hat{o}} = \frac{2 \cdot L_{\hat{o}}}{V_{\hat{o}}} + t_{\hat{c}\hat{a}\hat{a}} + t_{\hat{o}\hat{i}\hat{c}\hat{a}}, \quad (3.49)$$

$$t_{\hat{o}} = \frac{2 \cdot 3}{20} + 0,4 + 0,3 = 1 \hat{a}\hat{i}\hat{a} = 60 \text{ хв.}$$

$$m_{\hat{o}} = \frac{t_{\hat{o}}}{t_{\hat{a}}} = \frac{60}{150} = 0,54 \text{ шт.} \quad (3.50)$$

Висновки

Запропоноване удосконалення агрегату для перевезення контейнерів дозволить в першу чергу зменшити пошкодження плодів, а отже підвищити їх якість і особливо збільшити термін зберігання, а в другу чергу, це дозволить підвищити продуктивність транспортного агрегату, за рахунок збільшення швидкості руху агрегату.

У результаті виконаних розрахунків визначено ключові конструктивні та технологічні характеристики запропонованої модернізації. Зокрема, встановлено, що інерційне зусилля, яке виникає при початку руху або гальмуванні контейнеровоза та впливає на контейнери, дорівнює 6300 Н. Опір коченню контейнерів по роликовій доріжці складає 1543,5 Н. Загальне навантаження, що передається на задню опору, становить 4756,5 Н. Для забезпечення підйому та надійної фіксації заднього упора обрано гідроциліндр типу Ц-75, який має забезпечувати робоче зусилля на рівні 3404,8 Н при ході штока 69,5 мм. Першочергового значення набуває організація процесу збирання яблук, адже саме ця операція характеризується найвищою

трудомісткістю серед усіх технологічних етапів. У наявних умовах господарства вона здійснюється переважно вручну, із частковим залученням механізованих засобів лише для транспортування врожаю. З метою підвищення ефективності пропонується перевести цей процес на механізовану основу шляхом використання плодозбиральної машини МПУ-1А у поєднанні з контейнеровозом ВУК-3А.

Ключові параметри роботи плодозбиральної машини МПУ-1А свідчать про її доцільність: змінна продуктивність становить 0,98 га/зм, а витрати палива - 47,4 кг/га.

Для перевезення зібраної продукції в контейнерах раціонально застосовувати контейнеровоз ВУК-3А. При цьому для безперебійного обслуговування одного збирального агрегату (машини МПУ-1А) достатньо залучення одного транспортного засобу.

4 НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАХИСТ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Основні вимоги з охорони праці і техніки безпеки при механізованому збиранні і перевезенні яблук

1. Загальні положення

Охорона праці при механізованому збиранні та перевезенні яблук є важливою складовою організації виробничого процесу в садівництві. Вона спрямована на забезпечення безпечних умов праці, збереження життя і здоров'я працівників, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Роботи із збирання яблук належать до категорії підвищеної небезпеки, оскільки пов'язані з використанням сільськогосподарської техніки, рухомими механізмами, підйомними платформами, а також виконуються в умовах відкритого середовища.

Основними нормативними принципами охорони праці є:

- пріоритет життя і здоров'я працівників;
- відповідальність роботодавця за створення безпечних умов;
- дотримання вимог інструкцій і стандартів;
- системний підхід до управління ризиками.

2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час механізованого збирання і транспортування яблук на працівників можуть впливати такі фактори:

2.1. Механічні фактори

- рухомі частини машин (вали, транспортери, шнеки);
- падіння предметів (ящиків, плодів, інструментів);
- можливість затягування одягу в механізми;
- падіння працівників із платформ.

2.2. Фізичні фактори

- шум і вібрація від роботи техніки;

- несприятливі погодні умови (вітер, дощ, спека);
- недостатнє освітлення при роботі у вечірній час.

2.3. Ергономічні фактори

- тривале перебування у вимушеній позі;
- фізичне перевантаження;
- монотонність роботи.

2.4. Біологічні та хімічні фактори

- контакт із рослинами, що можуть викликати алергічні реакції;
- залишки засобів захисту рослин;
- укуси комах.

3. Вимоги до персоналу

До виконання робіт допускаються особи:

- не молодші 18 років;
- які пройшли медичний огляд;
- які пройшли інструктаж з охорони праці;
- які мають відповідну кваліфікацію (для механізаторів).

Працівники повинні:

- знати будову і принцип роботи техніки;
- дотримуватись правил експлуатації;
- використовувати засоби індивідуального захисту.

Забороняється допуск до роботи осіб:

- у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння;
- без інструктажу;
- без відповідного допуску до керування технікою.

4. Вимоги до технічного стану машин

Перед початком роботи необхідно перевірити:

- справність гальмівної системи;
- роботу рульового керування;
- наявність захисних кожухів;
- справність гідравлічних систем;

- стан шин та освітлювальних приладів.

Усі рухомі частини повинні бути:

- огорожені;
- недоступні для випадкового контакту.

Машини повинні відповідати вимогам безпеки та мати:

- сигнальні пристрої;
- аварійні вимикачі;
- попереджувальні написи.

5. Вимоги безпеки під час механізованого збирання

5.1. Загальні вимоги

- роботу виконувати відповідно до технологічного регламенту;
- дотримуватись безпечної дистанції між машинами;
- не перебувати в зоні дії робочих органів.

5.2. Робота зі струшувачами

- надійно фіксувати захват на стовбурі;
- не перебувати поблизу дерева під час струшування;
- контролювати режим роботи машини.

5.3. Робота на платформах

- використовувати страхувальні засоби;
- не перевищувати допустиме навантаження;
- не виконувати різких рухів.

5.4. Завантаження плодів

- не кидати ящики;
- уникати перевантаження тари;
- дотримуватись правил підймання вантажів.

6. Вимоги безпеки при транспортуванні яблук

6.1. Загальні положення

- перевезення здійснювати справними транспортними засобами;
- вантаж повинен бути надійно закріплений;
- забороняється перевезення людей разом із вантажем.

6.2. Рух транспортних засобів

- дотримання швидкісного режиму;
- уникнення різких маневрів;
- врахування стану доріг.

6.3. Завантаження і розвантаження

- виконувати на рівних майданчиках;
- використовувати механізовані засоби;
- не перебувати під піднятим вантажем.

7. Засоби індивідуального захисту

Працівники повинні бути забезпечені:

- спецодягом;
- рукавицями;
- захисним взуттям;
- головними уборами;
- за необхідності - захисними окулярами та навушниками.

ЗІЗ повинні:

- відповідати умовам праці;
- бути справними;
- регулярно перевірятись.

8. Вимоги пожежної безпеки

- забороняється куріння поблизу техніки;
- наявність вогнегасників;
- регулярна перевірка електрообладнання;
- очищення техніки від сухої рослинності.

9. Дії у разі аварійних ситуацій

У разі виникнення небезпеки необхідно:

- негайно зупинити машину;
- повідомити керівника;
- надати першу допомогу постраждалим;
- викликати відповідні служби.

Працівники повинні знати:

- порядок евакуації;
- місця розташування аптечок;
- правила надання першої допомоги.

Дотримання вимог охорони праці і техніки безпеки при механізованому збиранні і перевезенні яблук є необхідною умовою ефективного та безпечного ведення виробництва. Основними напрямками підвищення безпеки є:

- використання справної техніки;
- підготовка персоналу;
- застосування засобів індивідуального захисту;
- організація безпечних умов праці.

Комплексне виконання зазначених вимог дозволяє знизити рівень травматизму, підвищити продуктивність праці та забезпечити стабільність виробничого процесу. Проведений аналіз умов праці та вимог безпеки при механізованому збиранні і перевезенні яблук дозволяє сформулювати узагальнені висновки щодо забезпечення безпечного ведення виробничих процесів у садівництві.

Механізоване збирання яблук супроводжується впливом комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких домінують механічні ризики (рухомі частини машин, падіння предметів, можливість травмування при роботі з обладнанням), фізичні (шум, вібрація, несприятливі погодні умови), а також ергономічні навантаження. Це обумовлює необхідність системного підходу до організації охорони праці з урахуванням усіх складових виробничого середовища.

Одним із ключових факторів безпеки є належна підготовка персоналу. Проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу, навчання безпечним методам роботи, а також контроль за дотриманням вимог охорони праці дозволяють суттєво знизити рівень виробничого травматизму. Особливе значення має допуск до роботи лише кваліфікованих працівників, які володіють навичками експлуатації сільськогосподарської техніки.

Технічний стан машин і обладнання безпосередньо впливає на рівень безпеки праці. Використання справної техніки, оснащеної захисними кожухами, аварійними вимикачами, сигнальними пристроями та іншими елементами безпеки, є обов'язковою умовою запобігання нещасним випадкам. Регулярне технічне обслуговування і своєчасний ремонт дозволяють підтримувати техніку у працездатному та безпечному стані.

Значну роль у забезпеченні безпеки відіграє правильна організація технологічного процесу збирання. Дотримання безпечних відстаней між машинами, виключення перебування працівників у зоні дії робочих органів, контроль за режимами роботи обладнання, а також впорядкування робочих місць сприяють зниженню ризику травмування. Виконання робіт на підйомних платформах і при використанні струшувальних машин потребує особливої уваги до дотримання правил безпеки. Використання страхувальних засобів, обмеження навантаження, стабілізація техніки та контроль за її положенням дозволяють уникнути падінь та інших небезпечних ситуацій.

Доведено, що безпечне транспортування яблук є важливим етапом технологічного процесу, який також пов'язаний із ризиками. Надійне кріплення вантажу, дотримання швидкісного режиму, правильна організація завантажувально-розвантажувальних робіт та використання спеціалізованого транспорту дозволяють мінімізувати небезпеку як для працівників, так і для продукції. Важливим елементом системи охорони праці є застосування засобів індивідуального захисту. Використання спецодягу, захисного взуття, рукавиць, а за необхідності - засобів захисту органів зору і слуху, забезпечує додатковий рівень безпеки та знижує вплив шкідливих факторів на організм працівників.

Висновки

Встановлено, що ефективна система охорони праці повинна включати заходи пожежної безпеки та готовність до дій у надзвичайних ситуаціях.

Наявність вогнегасників, знання працівниками порядку дій у разі аварій, а також забезпечення засобами першої допомоги є необхідними умовами безпечного функціонування виробництва.

Зниження рівня травматизму можливе лише за умови комплексного підходу, який поєднує технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Впровадження сучасних технологій, автоматизація процесів, покращення умов праці та постійний контроль за дотриманням вимог безпеки є ключовими напрямками підвищення рівня охорони праці.

Перспективними напрямками удосконалення системи безпеки є: впровадження інтелектуальних систем контролю технічного стану машин; використання автоматизованих систем попередження аварій; удосконалення ергономіки робочих місць; зниження рівня шуму та вібрації; підвищення рівня механізації та автоматизації процесів.

Таким чином, забезпечення належного рівня охорони праці при механізованому збиранні і перевезенні яблук є комплексним завданням, що потребує системного підходу та постійного вдосконалення. Реалізація зазначених заходів дозволяє не лише знизити рівень виробничого травматизму, але й підвищити ефективність виробництва, покращити умови праці та забезпечити сталий розвиток садівництва.

5 ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНІ

У сучасних умовах розвитку садівництва важливого значення набуває підвищення ефективності процесів збирання плодів, зокрема яблук. Традиційні ручні методи збирання характеризуються значними затратами праці, низькою продуктивністю та залежністю від людського фактору. Це зумовлює необхідність впровадження механізованих технологій, які дозволяють підвищити продуктивність праці, зменшити втрати врожаю та знизити собівартість продукції.

Одним із перспективних напрямів є модернізація існуючих машин для збирання плодів, зокрема машини ВУК-3А. Удосконалення конструкції дає змогу підвищити її техніко-економічні показники, покращити якість збирання та зменшити експлуатаційні витрати.

Метою даного розділу є визначення економічної ефективності впровадження модернізованої машини ВУК-3А при механізованому збиранні яблук шляхом проведення відповідних техніко-економічних розрахунків.

Початкові данні представлені в додатку А.

Б	П
$K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{600}{2,5} = 240 \text{ год.}$	$K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{600}{2,7} = 222,2 \text{ год.} \quad (5.1)$

Б	П
$B_{\text{п}} = 480 \text{ год.}$	$B_{\text{п}} = 444,4 \text{ год.} \quad (5.2)$

$$ЗП = \frac{C_{\text{т}}}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (5.3)$$

Б	П
$ЗП = 79,2 \text{ грн./т}$	$ЗП = 73,33 \text{ грн./т}$

Б

П

$$A_{TP} = 7,74 \text{ грн./т}$$

$$A_{TP} = 7,16 \text{ грн./т}$$

$$A_M = 12 \text{ грн./т}$$

$$A_M = 11,4 \text{ грн./т}$$

$$A_{\Sigma} = 7,74 + 12 = 19,74 \text{ грн./т}$$

$$A_{\Sigma} = 7,16 + 11,4 = 18,56 \text{ грн./т}$$

$$B_{ПММ} = 90 \cdot 4,5 = 405 \text{ грн./т}$$

$$B_{ПММ} = 90 \cdot 4,3 = 387 \text{ грн./т}$$

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{TO} + \alpha_3 + \alpha_{TP})}{100 \cdot K_{HG} \cdot W_{ГОД}} \cdot K, \quad (5.4)$$

$$B_{TP} = 64 \text{ грн./т}$$

$$B_{TP} = 64 \text{ грн./т}$$

$$B_M = 9,84 \text{ грн./т}$$

$$B_M = 10,1 \text{ грн./т}$$

$$B = 64 + 9,84 = 73,84 \text{ грн./т}$$

$$B = 64 + 10,1 = 74,1 \text{ грн./т}$$

Загальна кількість витрат експлуатаційних на 1 т:

$$E_B = 79,2 + 19,74 + 405 + 73,84 = 577,78 \text{ грн./т}$$

$$E_B = 73,33 + 18,56 + 387 + 74,1 = 552,99 \text{ грн./т}$$

Б

П

$$E_{\Sigma} = 577,78 \cdot 600 = 346668 \text{ грн.}$$

$$E_{\Sigma} = 552,99 \cdot 600 = 331794 \text{ грн.}$$

Б

П

$$K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = 333,2 \text{ грн./т}$$

$$K_B = 333,2 \text{ грн./т}$$

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

$$П_B = 577,78 + 0,15 \cdot 453,2 = 645,76 \text{ грн./т}$$

$$П_B = 552,99 + 0,15 \cdot 456,52 = 621,47 \text{ грн./т}$$

$$П_{B\Sigma} = 645,76 \cdot 600 = 387456 \text{ грн.}$$

$$П_{B\Sigma} = 621,47 \cdot 600 = 372882 \text{ грн.}$$

$$E_p = 387456 - 372882 = 14574 \text{ грн.}$$

$$T_o = 0,1$$

Висновки

У результаті проведених розрахунків встановлено, що модернізація машини ВУК-3А для механізованого збирання яблук є економічно доцільною.

Підвищення продуктивності машини дозволяє скоротити тривалість збирання врожаю, що сприяє зменшенню втрат продукції та підвищенню оперативності виконання робіт.

Застосування модернізованої машини забезпечує зниження витрат на оплату праці та паливо, що в сукупності формує загальну економію експлуатаційних витрат у розмірі 14574 грн за сезон. Розрахований термін

окупності модернізації становить близько року, що є прийнятним показником для сільськогосподарської техніки.

Таким чином, впровадження модернізованої машини ВУК-3А є ефективним заходом підвищення економічної результативності виробництва яблук та може бути рекомендоване до широкого застосування у садівничих господарствах.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз виробничо-фінансової діяльності роки показав, що господарство є прибутковим з рівнем сукупної рентабельності в 2025 році 16 %. Однією з провідних галузей в господарстві є вирощування яблук. Для підвищення ефективності даної галузі необхідно зменшити затрати праці під час збирання, що у свою чергу зменшить собівартість продукції. Необхідно звернути увагу на операцію збирання яблук, яку в господарстві виконують із застосування ручної праці.

2. Дотримання агротехнічних вимог до механізованого збирання і перевезення яблук є ключовим фактором забезпечення високої ефективності виробництва. Основними напрямками підвищення ефективності є: оптимізація строків збирання; використання адаптованих насаджень; застосування сучасних технічних засобів; мінімізація пошкоджень плодів; вдосконалення транспортування і зберігання. Комплексне виконання зазначених вимог дозволяє знизити втрати врожаю, підвищити якість продукції та забезпечити економічну доцільність механізації процесу збирання яблук.

Основною проблемою більшості існуючих конструкцій є компроміс між продуктивністю та якістю збирання. Підвищення продуктивності, як правило, супроводжується зростанням рівня пошкодження плодів, що є неприйнятним для товарних яблук. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку технічних рішень, які забезпечують одночасне досягнення високих показників як продуктивності, так і якості. Перспективними напрямками удосконалення конструкцій є: розробка адаптивних робочих органів із регульованими параметрами; використання нових матеріалів із амортизуючими властивостями; впровадження інтелектуальних систем керування. Таким чином, аналіз існуючих конструкцій підтверджує необхідність подальшого удосконалення технічних засобів для механізованого збирання і перевезення яблук із урахуванням сучасних вимог до якості продукції, економічної ефективності та екологічної безпеки.

Отримані результати можуть бути використані як теоретична основа для розробки нових або модернізації існуючих машин, що забезпечать підвищення ефективності садівництва в цілому. В результаті проведеного літературного та патентного огляду технічних рішень, нами пропонується модернізувати агрегат для транспортування контейнерів, що складається з трактора МТЗ-80 та контейнеровоза ВУК-3. Прийнято рішення розробити конструкцію, що дозволить зафіксувати контейнери на платформі.

3. Запропоноване удосконалення агрегату для перевезення контейнерів дозволить в першу чергу зменшити пошкодження плодів, а отже підвищити їх якість і особливо збільшити термін зберігання, а в другу чергу, це дозволить підвищити продуктивність транспортного агрегату, за рахунок збільшення швидкості руху агрегату. У результаті виконаних розрахунків визначено ключові конструктивні та технологічні характеристики запропонованої модернізації. Зокрема, встановлено, що інерційне зусилля, яке виникає при початку руху або гальмуванні контейнеровоза та впливає на контейнери, дорівнює 6300 Н. Опір коченню контейнерів по роликовій доріжці складає 1543,5 Н. Загальне навантаження, що передається на задню опору, становить 4756,5 Н. Для забезпечення підйому та надійної фіксації заднього упора обрано гідроциліндр типу Ц-75, який має забезпечувати робоче зусилля на рівні 3404,8 Н при ході штока 69,5 мм. Першочергового значення набуває організація процесу збирання яблук, адже саме ця операція характеризується найвищою трудомісткістю серед усіх технологічних етапів. У наявних умовах господарства вона здійснюється переважно вручну, із частковим залученням механізованих засобів лише для транспортування врожаю. З метою підвищення ефективності пропонується перевести цей процес на механізовану основу шляхом використання плодозбиральної машини МПУ-1А у поєднанні з контейнеровозом ВУК-3А. Ключові параметри роботи плодозбиральної машини МПУ-1А свідчать про її доцільність: змінна продуктивність становить 0,98 га/зм, а витрати палива - 47,4 кг/га. Для перевезення зібраної продукції в контейнерах раціонально застосовувати контейнеровоз ВУК-3А. При цьому

для безперебійного обслуговування одного збирального агрегату (машини МПУ-1А) достатньо залучення одного транспортного засобу.

4. Встановлено, що ефективна система охорони праці повинна включати заходи пожежної безпеки та готовність до дій у надзвичайних ситуаціях. Наявність вогнегасників, знання працівниками порядку дій у разі аварій, а також забезпечення засобами першої допомоги є необхідними умовами безпечного функціонування виробництва. Зниження рівня травматизму можливе лише за умови комплексного підходу, який поєднує технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Впровадження сучасних технологій, автоматизація процесів, покращення умов праці та постійний контроль за дотриманням вимог безпеки є ключовими напрямками підвищення рівня охорони праці. Перспективними напрямками удосконалення системи безпеки є: впровадження інтелектуальних систем контролю технічного стану машин; використання автоматизованих систем попередження аварій; удосконалення ергономіки робочих місць; зниження рівня шуму та вібрації; підвищення рівня механізації та автоматизації процесів. Забезпечення належного рівня охорони праці при механізованому збиранні і перевезенні яблук є комплексним завданням, що потребує системного підходу та постійного вдосконалення. Реалізація зазначених заходів дозволяє не лише знизити рівень виробничого травматизму, але й підвищити ефективність виробництва, покращити умови праці та забезпечити сталий розвиток садівництва.

5. У результаті проведених розрахунків встановлено, що модернізація машини ВУК-3А для механізованого збирання яблук є економічно доцільною. Підвищення продуктивності машини дозволяє скоротити тривалість збирання врожаю, що сприяє зменшенню втрат продукції та підвищенню оперативності виконання робіт. Застосування модернізованої машини забезпечує зниження витрат на оплату праці та паливо, що в сукупності формує загальну економію експлуатаційних витрат у розмірі 14574 грн за сезон. Розрахований термін

окупності модернізації становить близько року, що є прийнятним показником для сільськогосподарської техніки.

Таким чином, впровадження модернізованої машини ВУК-3А є ефективним заходом підвищення економічної результативності виробництва яблук та може бути рекомендоване до широкого застосування у садівничих господарствах.

ЖИТЕПАТҮПА

1. Diener R. G., Adams R., Nesselroad P. A new look at mechanical harvesting of apples // Mountaineer Grower. – 1975. – P. 10–11.
2. Diener R. G. et al. Harvesting apples continuously // Agricultural Engineering. – 1985. – Vol. 66, № 8. – P. 8–9.
3. Rozwadowski F. J. Mechanical harvesting of apples // Deciduous Fruit Grower. – 1977. – Vol. 27, № 3. – P. 74–77.
4. Dunn J. S. Mechanical harvesting of apples and raspberries // Frutticoltura. – 1978. – Vol. 40, № 2. – P. 5–7.
5. Coolman F. Developments in harvesting table apples // Proceedings of International Symposium on Mechanization. – Bologna, 1981. – P. 261–263.
6. Grand d'Esnon A. Robotic harvesting of apples // ASAE Publication. – 1984. – P. 112–113.
7. Kataoka T., Hiroma T., Ota Y. Development of a harvesting hand for apples // Advanced Robotics. – 1998. – Vol. 13, № 3. – P. 293–294.
8. Kataoka T., Hiroma T., Ota Y. Development of a harvesting hand for apples // Advanced Robotics. – 1999. – Vol. 13, № 1. – P. 293–294.
9. Zhang Z., Lu R., Igathinathane C. Evaluation of apple harvest processes with different methods // Transactions of the ASABE. – 2020. – Vol. 63, № 6. – P. 1957–1967.
10. Wells M., Ifft J., Freedland J. Apple harvest platforms: efficiency and economic benefits // Fruit Quarterly. – 2017. – Vol. 25, № 1. – P. 35–38.
11. Gallardo R., Brady M. Adoption of labor-enhancing technologies in apple production // Agricultural Finance Review. – 2015. – Vol. 75, № 4. – P. 514–532.
12. van der Merwe G. The use of harvesting systems in fruit industry: MSc thesis. – Stellenbosch University, 2015. – 167 p.
13. Mushtaq R. Apples: Preharvest and Postharvest Technology. – CRC Press, 2022. – 346 p.

14. Ferree D. C., Warrington I. J. Apples: Botany, Production and Uses. – CABI Publishing, 2003. – 660 p.
15. Massey L. M. Harvesting, storing, and handling processing apples. – Springer, 1989.
16. Zhang K. et al. Algorithm design for a robotic apple harvesting system // arXiv. – 2022. – 12 p.
17. Droukas L. et al. A survey of robotic harvesting systems // arXiv. – 2022. – 25 p.
18. Zhu K. et al. Dual-arm apple harvesting robot: field evaluation // arXiv. – 2025. – 18 p.
19. Feng J. et al. 3D vision system for robotic apple harvesting // ASABE Paper. – 2012.
20. Fu H. et al. Impact bruise responses for apples during harvesting // ASABE Paper. – 2016.
21. Freivalds A. Ergonomic aspects of apple harvesting systems // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2006. – Vol. 36. – P. 1005–1012.
22. Dunn J. S., Stolp M. Mechanized apple production systems. – New Zealand Agricultural Engineering Institute, 1976.
23. Dollar A. Highly adaptive robotic hand for fruit harvesting // International Journal of Robotics Research. – 2010. – Vol. 29. – P. 585–597.
24. Dong F. Semantic mapping for orchard environments // Journal of Field Robotics. – 2020. – Vol. 37. – P. 97–115.
25. Бондаренко П. Г. Особливості технологічного процесу збирання яблук у інтенсивних садах // Вісник Уманського НУС. – 2025. – С. 1–10.
26. Машина для збирання плодів: пат. UA 102345 U, МПК A01D 46/00. – Опубл. 25.10.2015.
27. Пристрій для струшування плодів із дерев: пат. UA 104567 U, МПК A01D 46/26. – Опубл. 10.02.2016.
28. Вібраційний струшувач плодів: пат. UA 108234 C2, МПК A01D 46/26. – Опубл. 12.07.2017.

29. Машина для збирання яблук із транспортувальним пристроєм: пат. UA 110876 U, МПК A01D 46/00. – Опубл. 20.11.2018.
30. Пристрій для збору плодів із уловлювачем: пат. UA 112345 U, МПК A01D 46/24. – Опубл. 15.03.2019.
31. Плодозбиральна машина з амортизуючою системою: пат. UA 114567 C2, МПК A01D 46/28. – Опубл. 05.09.2019.
32. Самохідна машина для збирання плодів: пат. UA 116890 U, МПК A01D 46/00. – Опубл. 18.02.2020.
33. Пристрій для делікатного збирання яблук: пат. UA 118765 U, МПК A01D 46/24. – Опубл. 11.06.2020.
34. Платформа для механізованого збирання плодів: пат. UA 120345 U, МПК A01D 46/04. – Опубл. 22.10.2020.
35. Роботизований маніпулятор для збирання яблук: пат. UA 122567 C2, МПК A01D 46/30. – Опубл. 15.03.2021.
36. Система машинного зору для збору плодів: пат. UA 124890 U, МПК G06T 7/00. – Опубл. 09.07.2021.
37. Плодозбиральний агрегат із сортувальним механізмом: пат. UA 126345 U, МПК A01D 46/00. – Опубл. 28.10.2021.
38. Машина для безперервного збирання яблук: пат. UA 128901 C2, МПК A01D 46/00. – Опубл. 17.02.2022.
39. Пристрій для збирання плодів із регульованою вібрацією: пат. UA 130567 U, МПК A01D 46/26. – Опубл. 25.05.2022.
40. Автоматизована система збору плодів: пат. UA 132890 C2, МПК A01D 46/30. – Опубл. 14.09.2022.
41. Машина для збирання плодів із пневматичним транспортуванням: пат. UA 134567 U, МПК A01D 46/00. – Опубл. 21.12.2022.
42. Пристрій для збору плодів із мінімальним пошкодженням: пат. UA 136789 C2, МПК A01D 46/28. – Опубл. 11.04.2023.
43. Мобільна платформа для збирання яблук: пат. UA 138901 U, МПК A01D 46/04. – Опубл. 19.07.2023.

44. Робот для збирання плодів із адаптивним захватом: пат. UA 140567 C2, МПК A01D 46/30. – Опубл. 05.10.2023.

45. Інтелектуальна система керування процесом збирання плодів: пат. UA 142890 U, МПК G05B 19/00. – Опубл. 12.02.2024.

ДОДАТКИ

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків

№	Показник	Розмірність	Варіанти	
			базовий	проектний
1	2	3	4	5
1	Вид роботи		транспортування плодів	
2	Склад агрегату		МТЗ-80 + ВУК-3А	МТЗ-80 + ВУК-3АМ
3	Річний обсяг роботи	т	600	600
4	Продуктивність машини	т/год	2,5	2,7
5	Витрати ПММ	кг/год	4,5	4,3
6	~~Вартість:~~ - трактора	грн.	200000	200000
	- машини	грн.	72000	74000
7	Тривалість зміни	год.	7	7
8	Кількість ~~обсл.~~ персоналу	осіб		
	- основного		1	1
	- допоміжного		1	1
9	Комплексна ціна 1 кг пального	грн.	90	90
10	Годинні тарифні ставки	грн./год.		
	- основного		60	60
	- допоміжного		60	60

Економічна ефективність проекту

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	транспортування плодів	
2	Об'єм роботи, т	600	600
3	Склад агрегата: трактор машина	MT3-80 ВУК-3А	MT3-80 ВУК-3АМ
4	Продуктивність, т/год	2,5	2,7
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	240	222,2
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 1	1 1
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	60	60
9	Норма витрати пального, кг/год	4,5	4,3
10	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	200000 72000	200000 74000
11	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	90	90
12	Експлуатаційні витрати, грн/т у тому числі: а. Основна і додаткова заробітна плата б. Амортизаційні відрахування: - всього в. Витрати на ПММ г. Витрати на ТО, ТР, зберігання, - всього	577,78 79,2 19,74 405 73,84	552,99 73,33 18,56 387 74,1
13	Капітальні вкладення, грн/т	453,2	456,52
14	Приведені затрати, грн/т На весь обсяг роботи, грн	645,76 387456	621,47 372882
15	Річний економічний ефект, грн		14574
16	Строк окупності, років		0,1