

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Грибенюк Михайло Юрійович

УДК 631.35

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТОСУВАННЯ
КАПУСТОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Грибенюк М.Ю.

Керівник роботи

Міненко С.В.

к.т.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Грибенюк Михайло Юрійович. Обґрунтування конструкції пристосування капустозбирального комбайна. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

В кваліфікаційній роботі встановлено, що основною причиною механічних пошкоджень качанів при відвантаженні збиральною машиною в кузов транспортного засобу є їх падіння зі значною швидкістю, що перевищує допустиму критерію їхньої міцності.

Сформульовано концепцію зниження ушкоджуваності качанів капусти при машинному збиранні шляхом відвантаження на гнучкий пружний лоток, одночасно обмежуючи їх рухи еластичним фартухом. В результаті запропоновано конструктивно-технологічну схему пристрою для відвантаження качанів капусти в кузов транспортного засобу в щадному режимі.

Інженерними розрахунками встановлено закономірності процесу взаємодії качанів капусти з елементами пристрою для їх відвантаження, виявлено характер та ступінь впливу основних параметрів пристрою на якість перебігу робочого процесу.

Пристрій для відвантаження качанів капусти, розроблений з урахуванням раціональних параметрів, впроваджений в конструкції капустозбирального комбайна МКК-1, що серійно випускається, працездатний у виробничих умовах, забезпечує вивантаження качанів у кузов транспортного засобу при ушкоджуваності качанів не вище 9%.

Ключові слова: збирання, пристрій, капуста, ушкодження, процес.

ANNOTATION

Gribeniuk Mikhail Yurievich. Substantiation of the design of a cabbage harvester attachment. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The qualification work established that the main cause of mechanical damage to heads of cabbage when shipped by a harvester into a vehicle body is their falling at a significant speed exceeding the permissible strength criterion.

The concept of reducing the damage to cabbage heads during machine harvesting by loading them onto a flexible elastic tray, while restricting their movements with an elastic apron, has been formulated. As a result, a constructive and technological scheme of a device for loading cabbage heads into a vehicle body in a gentle mode has been proposed.

Engineering calculations have established the regularities of the process of interaction of cabbage heads with the elements of the device for their shipment, and the nature and degree of influence of the main parameters of the device on the quality of the work process have been revealed.

The device for unloading cabbage heads, developed with consideration of rational parameters, is implemented in the design of the mass-produced cabbage harvester MKK-1, is efficient in production conditions, and ensures unloading of heads of cabbage into the vehicle body with the damage rate of heads of cabbage not exceeding 9%.

Keywords: harvesting, device, cabbage, damage, process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ВІДВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ ОВОЧЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН.....	7
РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ПРИБОРУ ДЛЯ ВІДВАНТАЖЕННЯ КАЧАНІВ КАПУСТИ В КУЗОВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ.....	19
РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБКИ У ВИРОБНИЦТВО.....	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

ВСТУП

Актуальність дослідження. Овочівництво відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни, але є трудомісткою галуззю сільського господарства. У зв'язку з цим у багатьох країнах світу звертають пильну увагу на його технічне озброєння. Водночас у зв'язку з впровадженням механізованих технологій у виробництві та збирання овочів, зокрема білокачанної капусти, гостро стала проблема збереження вихідної якості продукції, що має малу механічну міцність. При закладці зберігання ушкодженої продукції її втрати можуть зростати до 50 % [8]. Причому качани капусти отримують пошкодження в основному при відвантаженні капустозбиральною машиною в плодоовочеву тару чи кузов транспортного засобу [8]. Тому постає завдання розробки спеціального пристрою до капустоприбиральної машини, що дозволяє проводити відвантаження качанів капусти в кузов або в тару в режимі, що зменшує пошкоджуваність.

У зв'язку з цим виникає необхідність у подальшому опрацюванні питань щодо зниження пошкоджуваності качанів капусти в процесі відвантаження при машинному збиранні.

Мета роботи – обґрунтування конструкції та параметрів пристрою та для відвантаження качанів капусти, що дозволяє знизити їх пошкодження при машинному збиранні.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

- провести аналіз розвитку конструкцій відвантажувальних пристроїв овочезбиральних машин;
- обґрунтувати пристрій для відвантаження качанів капусти в кузов транспортного засобу.

Об'єкт дослідження: технологічний процес та пристрій для відвантаження качанів капусти до капустозбирального комбайна.

Предмет дослідження: закономірності функціонування пристрою для відвантаження качанів капусти в тару чи кузов транспортного засобу.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С. В., Грибенюк М. Ю. Аналіз розвитку конструкцій відвантажувальних пристроїв овочезбиральних машин. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 39-48.

2. Міненко С. В., Грибенюк М. Ю. Конструкція та принцип роботи пристрою для відвантаження качанів капусти в кузов транспортного засобу. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблений пристрій для відвантаження качанів капусти..

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 30 рисунків та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ВІДВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ОВОЧЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

В даний час процес відвантаження овочів від жнив здійснюється кількома способами (рис. 1.1)

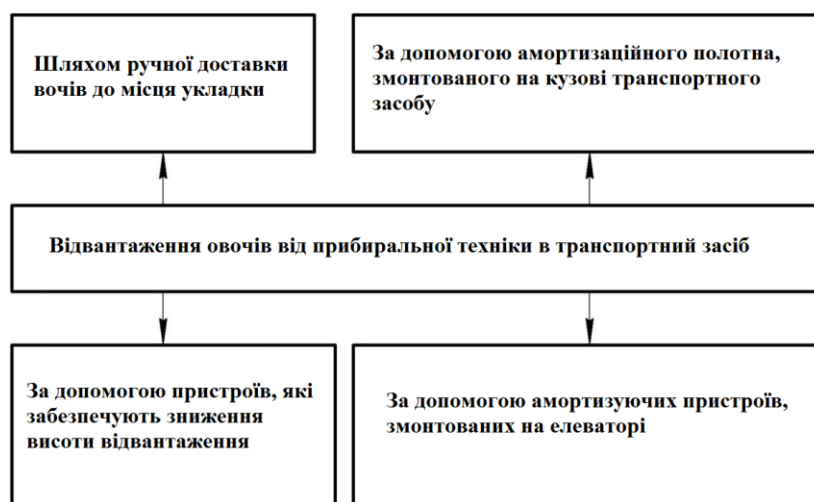


Рис. 1.1. Способи відвантаження овочів від збиральної техніки до кузова транспортного засобу в щадному режимі

Відвантаження качанів капусти від капустозбиральних машин (рис. 1.2), широкозахватних овочевих транспортерів (рис. 1.3) шляхом ручної доставки їх на місце укладання продукції дозволяє суттєво знизити їх ушкоджуваність. Однак при цьому важко забезпечувати потоковість процесу через низьку продуктивність ручної праці та обмеженість фізичних можливостей робітників.



Рис. 1.2. Відвантаження качанів капусти від капустозбиральної машини вручну.

В силу зазначених причин спосіб відвантаження овочів шляхом ручної доставки на місце укладання не знайшов широкого застосування в капустозбиральних машинах.



Рис. 1.3. Відвантаження качанів капусти від широкозахватного овочевого транспортера вручну.

У капустозбиральних машинах частіше застосовуються механічні пристрої, що застерігають качани від пошкоджень. До них можна віднести амортизуючі полотна, змонтовані на кузові транспортного засобу (рис. 1.4 і 1.5).

Транспортний засіб, представлений Рис. 1.4, є спеціальним [7], так само складним пристроєм. При масовому механізованому збиранні їх потрібно кілька штук протягом невеликого періоду часу. Тому прибиральний процес при їх використанні буде досить капіталомістким.

Пристрій [9], представлений рис. 1.5, що містить еластичне полотно 1 на пружних підвісках 2, досить просте конструктивно. Воно використовується на збиранні картоплі.

При використанні названих пристроїв висота падіння продукції, що відвантажується, також значна. Тому можливі пошкодження овочів при зіткненнях між собою в процесі відвантаження.

Наступну групу пристроїв, що застерігають пошкодження овочів під час відвантаження, представляють пристрої, змонтовані на елеваторі збиральної

машини. Вони у свою чергу поділяються на пристрої, що забезпечують зниження висоти відвантаження та амортизують удар під час падіння.

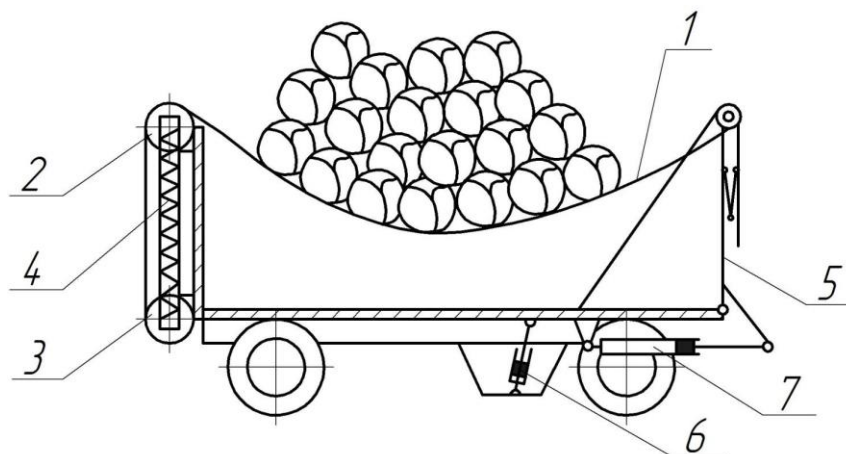


Рис. 1.4. Транспортний засіб з полотном, що амортизує [8]: 1 – амортизуюче полотно; 2,3 - відхиляє барабани; 4 – пружина; 5 - борт складаний; 6 – гідроциліндр підйомний; 7- гідроциліндр допоміжний.



Рис. 1.5 Зниження пошкодження овочів за допомогою амортизуючого полотна, змонтованого на кузові транспортного засобу на пружних підвісках: 1 – полотно; 2 – підвіски пружні.

До перших з них відноситься пристосування [8] до прибиральних машин, що включає з'єднаний з механізмом приводу гумовий лоток 1 (рис. 1.6), закріплений на рамі пристосування за допомогою тросів, пов'язаних з механізмом підйому 2 і опускання лотка в кузов транспортного засобу.

Аналогічний пристрій запропоновано до збиральних і вантажних машин для укладання плодів у винаході за авторським свідоцтвом, що містить лоток з

еластичним днищем, виконаний у вигляді рамки 1 з двома пружними стулками 2 (рис. 1.7).

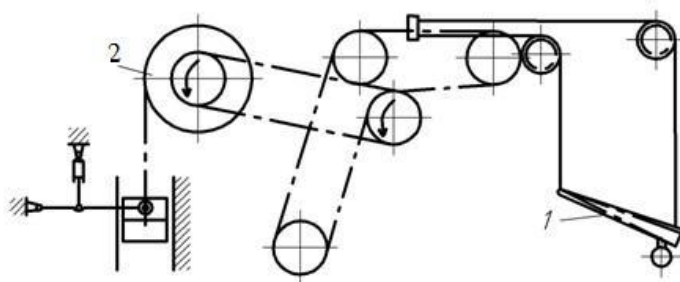


Рис. 1.6. Схема відвантажувального пристрою до збиральних машин з механізмом підйому та опускання лотка: 1 – лоток, 2 – відвантажувальний пристрій

Дане пристосування забезпечене також автоматизованим механізмом 3 підйому та опускання лотка і механізмом 4 відкриття та закривання стулок.

На думку авторів у цьому пристосуванні лоток у верхньому положенні отримує порцію качанів капусти від елеватора, а в нижньому положенні відвантажує їх на шар капусти в режимі, що щадить.

Недоліками названих пристроїв є надмірна складність конструкцій. У зв'язку з цим ці пристрої не знайшли застосування на практиці.

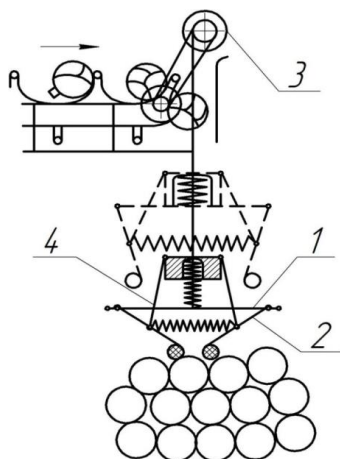


Рис. 1.7. Схема пристосування до збиральних і навантажувальних машин для укладання плодів за авт. св. №1454302 А1: 1 – рамка; 2 – стулки; 3 – механізм підйому й опускання лотка; 4 – механізм відкриття та закривання стулок.

Найпростішу конструкцію реалізовано у відвантажувальному пристрої, що наведено на рис. 1.8.

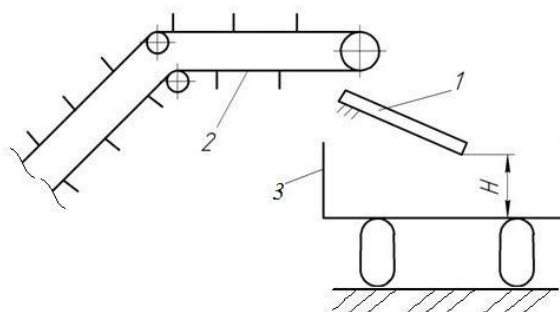


Рис. 1.8. Схема відвантажувального пристрою з жорстким скатним лотком:
1 – лоток; 2 – елеватор; 3 – кузов транспортного засобу

Він містить лоток 1, розташований похило до горизонту під вивантажувальним кінцем елеватора 2. У ньому кут нахилу підібраний таким чином, щоб качани капусти скочувалися по ньому в кузов транспортного засобу 3.

При цьому знижується висота падіння качанів капусти до величини H . Крім того кінетична енергія качанів частково витрачається на здійснення роботи тертя кочення.

З огляду на простоту конструкції, аналогічний пристрій було встановлено в капустозбиральній машині УКМ-2.

Аналогом його є пристрій, у якому встановлено два похилі лотки 1 і 2 (рис. 1.9) під вальцьовими лістовідділювачами 3, виконані з еластичного матеріалу, один із яких установлений з нахилом за напрямком руху для сходження качанів капусти, другий із нахилом проти напрямку руху для сходження капустяного листа.

Описані вище пристрої є пасивними. Тому можливе накопичення на скатному лотку капустяного листа і рослинних залишків, що надходять на відвантаження разом із качанами капусти.

Зазначений недолік усунуто у відвантажувальному пристрої, встановленому на широкозахватному овочезбиральному агрегаті «Максим».

Тут для зменшення висоти падіння качанів капусти встановлено додатковий транспортер 1 (рис. 1.10) під елеватором 2.

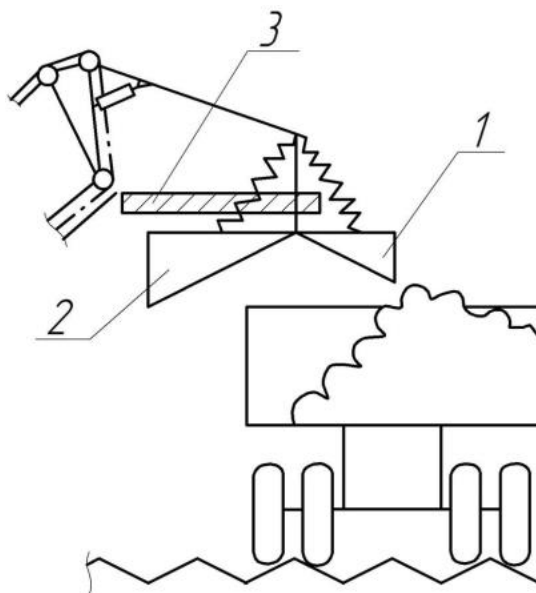


Рис. 1.9. Схема відвантажувального пристрою з двома лотками: 1,2 – скатні лотки; 3 – вальцевий лістовідокремлювач

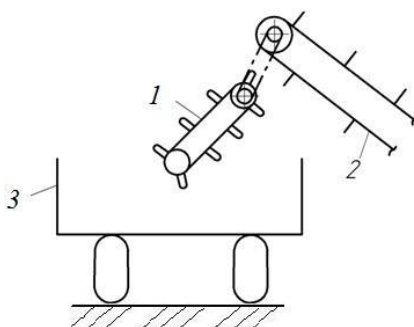


Рис. 1.10. Схема відвантажувального пристрою широкозахватного овочезбирального агрегату "Максим": 1 – транспортер; 2 – елеватор; 3 – кузов транспортного засобу

Цей пристрій також має досить складну конструкцію. Недоліком відомого пристрою є також можливість його поломки та травмування качанів через несвоєчасний підйом транспортера 1 у міру наповнення кузова 3 качанами.

Ідею зниження висоти відвантаження качанів технічно вдало реалізовано фірмою Asa-lift (Данія) шляхом виконання елеватора у вигляді "ламаного хобота" (рис. 1.11), який дає змогу регулювати висоту H_1 падіння качанів капусти в міру наповнення кузова.

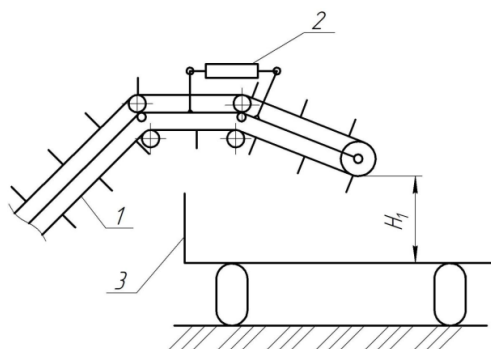


Рис. 1.11. Схема відвантажувального пристрою капустозбирального комбайна фірми Asa-lift: 1 – елеватор; 2 – гідроциліндр для зміни положення "хобота"; 3 – кузов транспортного засобу.

Недоліком цього пристрою є висока ймовірність торкання скребоків об борт транспортного засобу або об качани в кузові транспортного засобу через несвоєчасну зміну положення елеватора, що неминуче призведе до його поломки.

Представляє також практичний інтерес технічне рішення, представлене на рис. 11. У ньому передбачено використання комірчастого елеватора 1, осередки якого утворені еластичним полотном і поперечними прутками. У цьому пристрої швидкість качана в момент сходу не перевищує швидкості полотна транспортера. Причому конструкція елеватора дає змогу встановлювати висоту падіння качанів, меншу за висоту бортів транспортного засобу 2. Однак при цьому є висока вірогідність торкання рухомих частин елеватора об борт транспортного засобу, що може призвести до виходу з ладу елеватора.

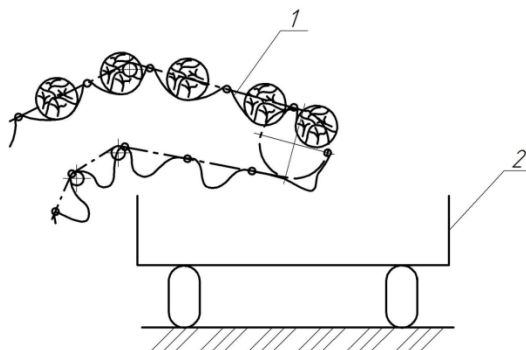


Рис. 1.12 Схема комірчастого елеватора зі змінюваною висотою відвантаження качанів капусти: 1 – комірки; 2 – транспортний засіб.

Помітне зниження швидкості зіткнення качанів під час відвантаження забезпечується в елеваторі скребкового типу з нижньою гілкою транспортування (рис. 1.13), встановленому у вітчизняних капустозбиральних машинах УКМ-2 і УКМ-2Л.

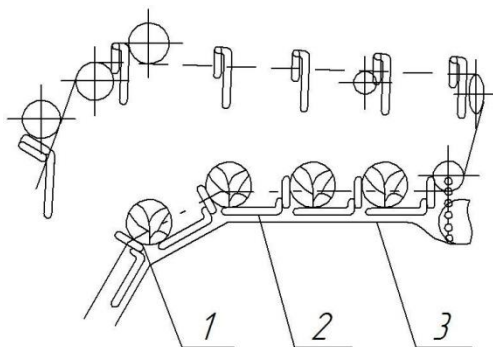


Рис. 1.13. Схема скребкового елеватора з нижньою гілкою транспортування: 1 – транспортувальна пластина, 2 – скребок, 3 – сталевий настил.

У ньому качани транспортуються, перебуваючи на пружних пластинах 1, закріплених одним кінцем на скребках 2. Переміщення качанів виконуються нижньою гілкою елеватора, тому висота падіння знижується і зменшується початкова швидкість качанів.

Однак він має суттєвий недолік, який полягає в тому, що пластини, на яких знаходяться качани, ковзають по сталевому настилу 3. У зв'язку з цим зношуються інтенсивно, тягові ланцюги додатково навантажуються.

Серед технічних рішень, що забезпечують зниження висоти падіння качанів під час відвантаження, на наш погляд, є найбільш вдалим запропоноване ІМЕСГ. Це технічне рішення реалізовано в конструкції контейнеровоза із завантаженням овочевої продукції на бічну стінку контейнерів (рис. 1.14).

У ньому в початковий період відвантаження контейнери 1 відхиляються на кут 45° від вертикального положення, качани відвантажуються на відкидний борт 2, а потім скочуються по бічній стінці контейнера на дно. У міру заповнення контейнери повертаються у вихідне вертикальне положення, отже, істотно знижується висота падіння качанів під час відвантаження.

Незважаючи на оригінальність цього технічного рішення, слід зауважити, що воно не позбавлене недоліків. Запропонований причіп-контейнеровоз є спеціальним транспортним засобом, що має застосування в господарстві в обмежений період часу, тобто тільки в період масового збирання овочів, що істотно підвищує капіталомісткість збирального процесу.



а)



б)

Рис. 1.14. Причіп-контейнеровоз конструкції ІМЕСГ у транспортному (а) і робочому (б) положеннях: 1 – контейнери, 2 – борт відкидний.

Відвантажувальні пристрої, що амортизують удар під час падіння овочів, виявилися більш практичними. Вони застосовуються не тільки в капустозбиральних машинах, а й в інших овочезбиральних машинах.

У першому з них (рис. 1.15), встановленому у вітчизняному капустозбиральному комбайні МСК-1, гасителем швидкості качанів є еластичний лоток 1 із прогумованого, підвішеного на елеваторі 2 в зоні вивантаження під кутом до горизонту. У ньому висота розташування лотка може бути змінена в міру заповнення кузова качанами капусти. Однак це потребує постійної уваги з боку тракториста. В іншому разі пристрій завалюється качанами і перестане функціонувати, що є основним його недоліком.

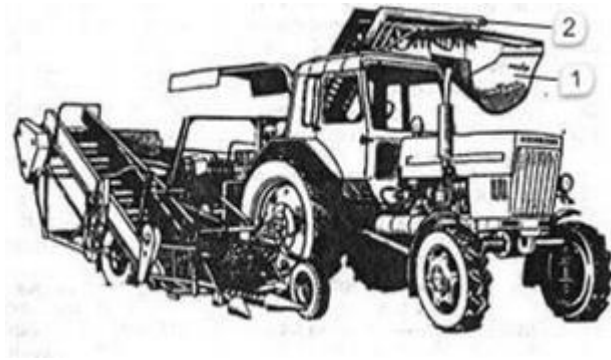


Рис. 1.15. Капустозбиральний комбайн МСК-1 з еластичним прогумованим лотком: 1 – лоток; 2 – елеватор

З метою усунення зазначеного недоліку в німецькій капустозбиральній машині Е-804 амортизували удар качанів на відвантаженні за допомогою еластичного фартуха 1, підвішеного вертикально за вивантажувальним кінцем елеватора 2 (рис. 15).

Такий самий пристрій використовується у вітчизняному картоплезбиральному комбайні ККУ-2.

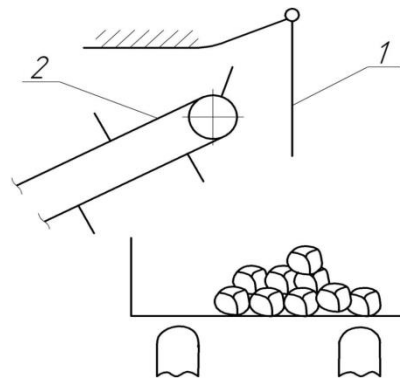


Рис. 1.16 Схема встановлення еластичного фартуха на капустозбиральному комбайні Е-804 (Німеччина) для пом'якшення удару качанів під час відвантаження: 1 – фартух; 2 – елеватор.

Відомий також подібний пристрій, установлений на капустозбиральному комбайні ККП-1. У ньому демпфувальним пристроєм є еластичний щиток 1, установлений у рамці 2 за вивантажувальним кінцем елеватора 3 (рис.16).

Недоліком представлених вище пристроїв, на наш погляд, є обмеженість їхньої зони дії. При цьому після зіткнення качанів об гасителі швидкість і висота

падіння їх на кузов транспортного засобу залишаються також значними. Тому не виключена можливість пошкоджень качанів під час відвантаження.



Рис. 1.17. Капустозбиральний комбайн ККП - 1: 1 – щиток; 2 – рамка; 3 – елеватор

Представляє практичний інтерес відвантажувальний пристрій, установлений на капустозбиральній машині фірми Asa-lift (рис. 1.18).

У ньому качани капусти відвантажуються в еластичний закритий "хобот" 1, установлений наприкінці вивантажувальної частини елеватора 2.

Зауважимо, при цьому качан капусти в процесі падіння має змогу кілька разів вдарятися об еластичні стінки "хобота", тим самим можливе зниження їхньої швидкості падіння.

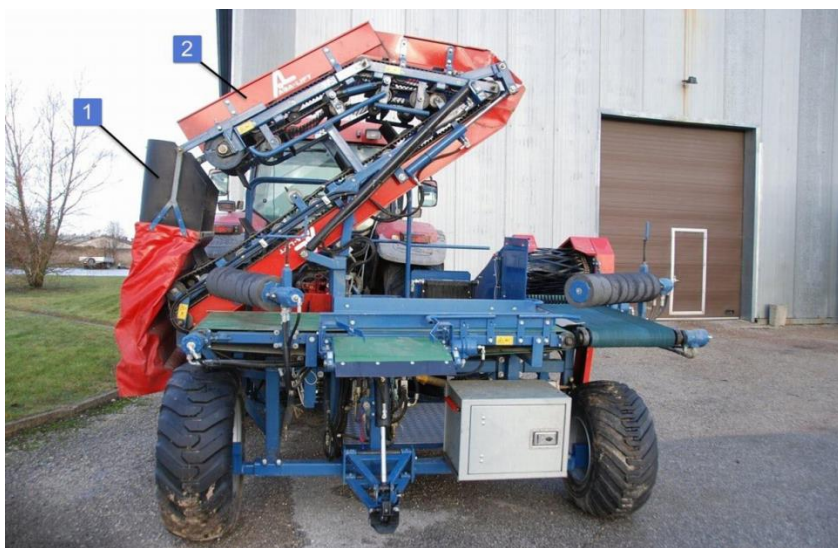


Рис. 1.18. Капустозбиральна машина фірми Asa-lift із закритим відвантажувальним пристроєм: 1 – закритий "хобот"; 2 – елеватор.

Подібний пристрій застосовується також у морквозбиральній машині фірми Asa-lift (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Морквозбиральний комбайн фірми Asa - lift з гасителем швидкості у вигляді закритого "хобота"

Описані пристрої також мають недоліки. На наш погляд, за значних коливань розмірів качанів капусти ефективність дії цього пристрою знижується, оскільки великі качани можуть застрягати в "хоботі", а дрібні качани можуть пройти, не торкаючись його стінок.

Висновок по розділу

Розглянуті відвантажувальні пристрої становлять певний інтерес. Однак, на наш погляд, недостатньо ефективні у використанні в перспективних капустозбиральних машинах. У зв'язку з цим розробка найбільш практичного відвантажувального пристрою для них є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 2

ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДВАНТАЖЕННЯ КАЧАНІВ КАПУСТИ В КУЗОВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Для вирішення завдань зменшення пошкоджень качанів капусти розроблено пристрій до капустозбирального комбайна для укладання качанів у кузов транспортного засобу..

Пристрій містить жорсткий піддон 1 (рис. 1), установлений під горизонтальною частиною елеватора 2 паралельно траєкторії руху його скребків 3, гнучкий пружний прогумований лоток 4, закріплений консольно до задньої кромки піддона з можливістю звисати вільним кінцем, гнучкий пружний фартух 5, підвішений зверху шарнірно в зоні вивантаження так, щоб, притискаючись до лотка, утворив клинчасту щілину з ним, що сходиться до низу.

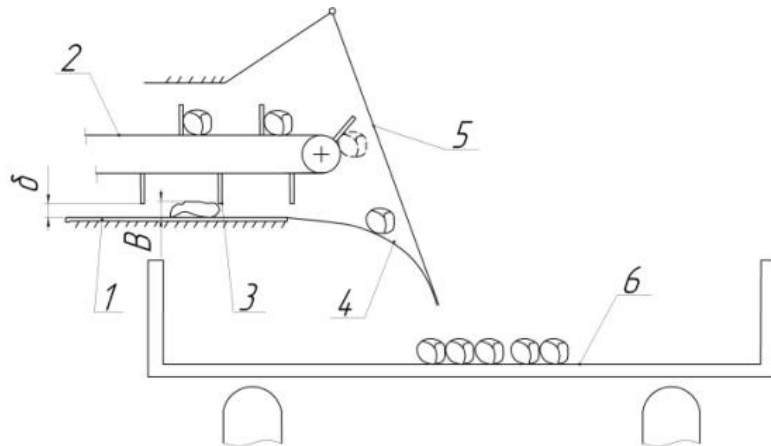


Рис. 2.1. Принципова схема пристрою для укладання качанів у кузов транспортного засобу в щадному режимі: 1- піддон жорсткий; 2 - елеватор; 3 - скребки; 4 - лоток гнучкий пружний прогумований; 5 - фартух гнучкий; 6 - кузов транспортного засобу.

Жорсткий піддон 1 встановлений із зазором $\delta < B$ відносно кінців скребків 3 (B - товщина листа капусти).

Крім того, основа пружного лотка виконана двошаровою (рис. 2.2). Причому нижній шар 1 закріплений на кінцях до верхнього шару 2 гвинтами 3 (у

разі промислового виробництва бажано вулканізувати нижній шар до верхнього). Нижній шар пружного лотка рекомендується виконати у вигляді трапеції з широкою основою біля кромки жорсткого піддону 4.

Прийняте технічне рішення дає змогу мати підвищену жорсткість біля основи лотка, знизити його вагу. Це важливо для кращої амортизації удару під час падіння качанів на лоток.

Процес відвантаження качанів капусти за допомогою даного пристрою складається з чотирьох фаз.

У першій фазі (рис. 2.3) качан капусти наприкінці елеватора відділяється від скребка. Далі він перебуває у вільному польоті й падає на гнучкий пружний прогумований лоток із висоти H_1 . При цьому лоток додатково прогинається у зоні падіння на величину δ_g .

У другій фазі процесу відвантаження (рис. 4) качан підкочується до клиноподібної щілини між лотком і фартухом (від точки B до точки C). Під час перекочуванні частина кінетичної енергії качана капусти також витрачається на подолання моменту тертя кочення M_k .

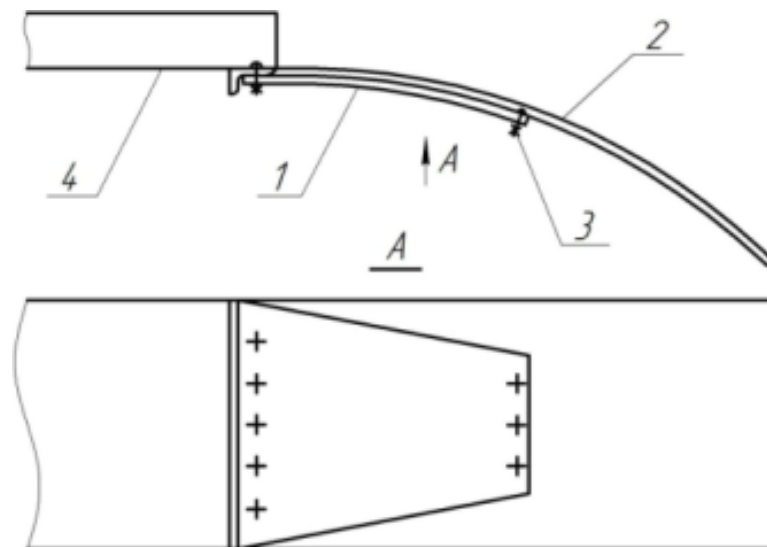


Рис. 2.2. Конструкція гнучкого пружного лотка пристрою для укладання качанів у кузов транспортного засобу: 1 - нижній шар лотка; 2 - верхній шар лотка; 3 – гвинти кріплення; 4 – жорсткий піддон.

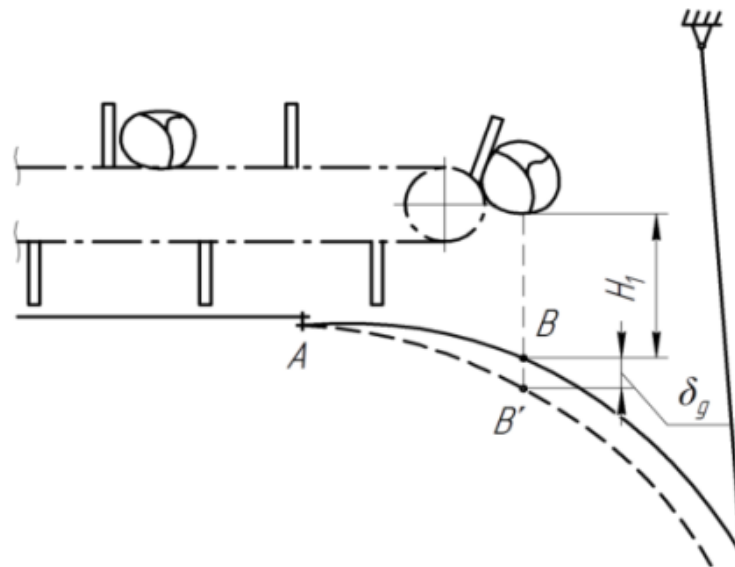


Рис. 2.3. Перша фаза відвантаження качана в кузов транспортного засобу.

У третій фазі процесу відвантаження качан капусти прослизає в клиноподібній щілині, розсовуючи гнучкий пружний прогумований лоток і гнучкий фартух (рис. 5) і долаючи сили тертя ковзання.

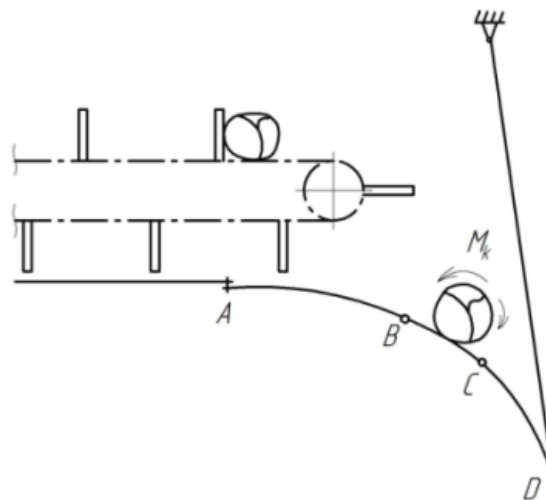


Рис. 2.4. Друга фаза процесу відвантаження качана в кузов транспортного засобу.

У четвертій фазі качан капусти здійснює вільне падіння з висоти H' після звільнення від відвантажувального пристрою. У цей період руху знову наростає кінетична енергія качана капусти. Тому необхідно звести висоту падіння H' до мінімально можливої величини. Такою величиною може бути прийнятий діаметр качана, за якого останній повністю звільняється від відвантажувального пристрою, падаючи в кузов. У четвертій фазі під час проходження качанів між

гнучким пружним лотком і гнучким фартухом швидкість падіння їх погашається лише за рахунок сили тертя під час ковзання в клинчастій щілині, що є деколи недостатньою, щоб знизити її до безпечного значення.

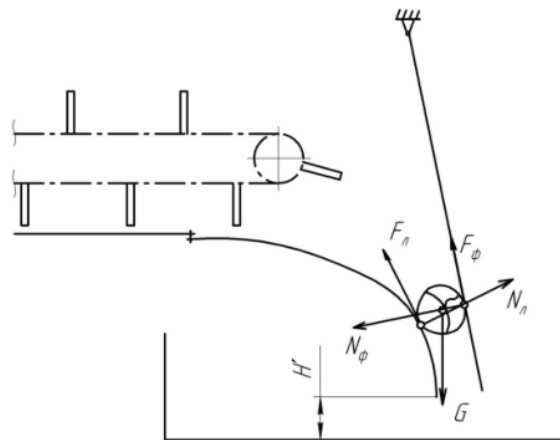


Рис. 2.5. Схема руху качана в третій фазі процесу відвантаження.

Для повнішого розв'язання окреслених вище завдань в описаному пристрої, що містить прутковий елеватор зі скребками, жорсткий піддон із прикріпленим до його задньої кромки гнучким пружним прогумованим лотком і гнучкий фартух, що притискається під дією власної ваги до лотка, поверхні гнучкого пружного прогумованого лотка і гнучкого фартуха, що взаємно притискаються, забезпечені еластичними гофрами, причому гофри встановлені відносно одна одної так, щоб виступи й западини на них вписувалися між собою під час торкання (рис. 6).

Покриття гнучкого пружного лотка і гнучкого фартуха гофрами на поверхнях, що взаємно поверхнях, що притискаються, і відносно розташування їх так, щоб виступи і западини гофр на лотку і фартусі вписувалися один з одним, дозволяє істотно збільшити довжину шляху ковзання між ними, що додатково знижує кінетичну енергію качана за рахунок додаткової роботи сил тертя на збільшеній довжині шляху ковзання.

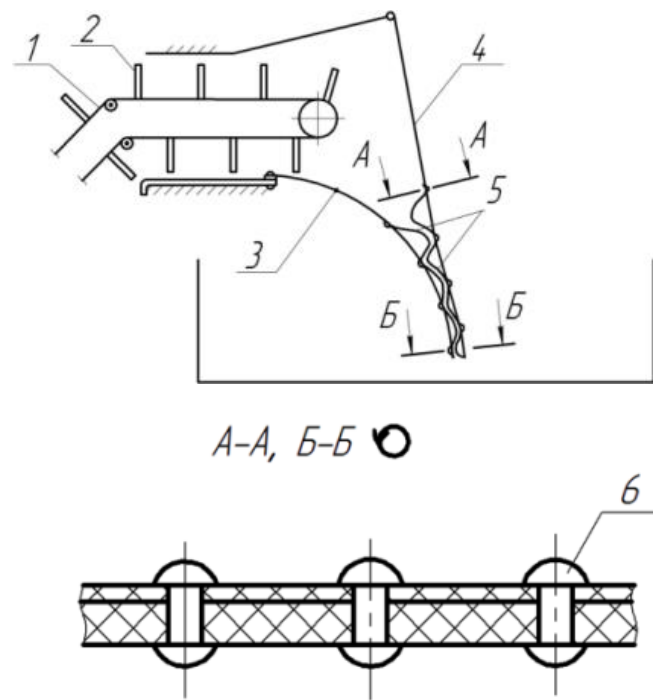


Рис. 2.6. Схема відвантажувального пристрою з гофрами: 1 – прутковий елеватор зі скребками; 2 – скребки; 3 – гнучкий пружний лоток; 4 – гнучкий фартух; 5 – еластичні гофри; 6 – кріпильні вироби.

У пристрої для відвантаження качанів капусти в режимі, що щадить, гнучкий пружний прогумований лоток провисає під власною вагою, рівномірно розподілений по всій довжині інтенсивністю

$$q = G l = \gamma F,$$

де G - вага лотка;

l - розгорнута довжина лотка;

γ - об'ємна вага матеріалу лотка;

F – площа поперечного перерізу лотка.

Удар качана капусти про таку прогумовану поверхню більшою мірою є пружнопластичним. Тому після падіння качан капусти практично не відривається від поверхні лотка. При цьому пристрій успішно функціонуватиме в тому випадку, коли качан капусти після падіння відразу ж скотиться в клиноподібну щілину. У разі затримки в зоні падіння качан капусти піддаватиметься дії з боку наступного скребка і буде доставлений їм на жорсткий піддон. При цьому качан капусти відвантажувється на полі.

У цьому зв'язку визначимо, при падінні на якісь ділянки гнучкого пружного прогумованого лотка качан капусти почне відразу ж котитися. Для цього розглянемо граничне положення його рівноваги (рис. 2.7), де кут нахилу дотичної до горизонту дорівнює α .

У граничному положенні на качан капусти діятимуть сили тяжкості і реакції. Через місцеву деформацію поверхні лотка та качана в зоні контакту сила реакції N виявиться зміщеною від його центру убік кочення на величину k .

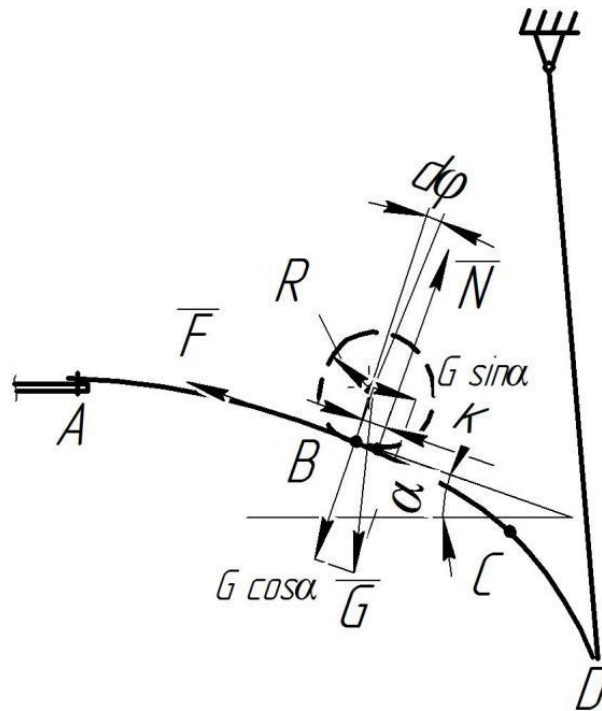


Рис. 2.7 – Схема визначення умови перекочування качана по поверхні лотка. Розкладемо силу G на складові $G \sin \alpha$ та $G \cos \alpha$. Тоді з рівності моментів

$$R G \sin \alpha = k N,$$

де R – радіус качана.

Або з урахуванням $N = G \cos \alpha$

$$G \sin \alpha = (k/R) G \cos \alpha.$$

Звідси граничною умовою рівноваги качана капусти на лотку є

$$\operatorname{tg} \alpha = k/R = \mu,$$

де μ – коефіцієнт тертя кочення капусти по прогумованій поверхні лотка.

Таким чином, качан капусти скочуватиметься в клиноподібну щілину після падіння на ділянку лотка, де

$$\operatorname{tg} \alpha > \mu. \quad (2.1)$$

Для визначення цих ділянок напишемо диференціальне рівняння вигнутої лінії гнучкого пружного прогумованого лотка як для пружної пластини:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x), \quad (2.2)$$

де EI – згинальна жорсткість лотка;

$M(x)$ – згинальний момент у перерізі лотка на відстані x (Рис. 2.8) від початку координат.

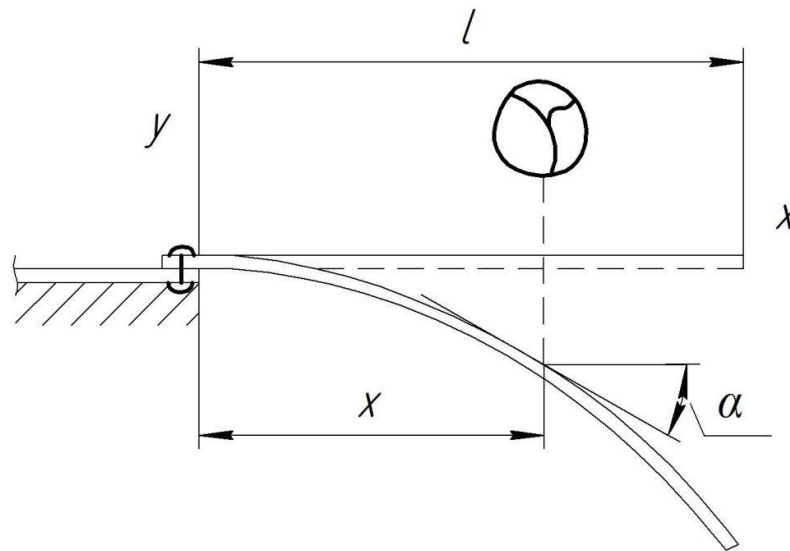


Рис. 2.8. Схема визначення місця відвантаження качанів на гнучкому пружному лотку

Величина згинального моменту в перерізі x від початку координат

$$M(x) = -q \frac{(1-x)^2}{2} = -\gamma F \frac{(1-x)^2}{2}$$

Тоді вираз (2.2) набуде вигляду:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -\gamma F \frac{(1-x)^2}{2} \quad (2.3)$$

Інтегруючи вираз (2.3), отримаємо:

$$EI \frac{dy}{dx} = - \int \gamma F \frac{(1-x)^2}{2} dx + C$$

У цьому виразі постійну інтеграцію $C = 0$ знаходимо за початкової умови $x = 0$.

Тоді

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\gamma F}{2EI} \left(l^2 x - lx^2 + \frac{x^3}{3} \right)$$

Тангенс кута, утвореного дотичної до кривої $y = f(x)$ з віссю x , як відомо [8], дорівнює dy/dx .

Звідси

$$tg\alpha = -\frac{\gamma F}{2EI} \left(l^2 x - lx^2 + \frac{x^3}{3} \right) \quad (2.4)$$

Тоді умова (2.1) з урахуванням виразу (2.4) набуде вигляду:

$$tg\alpha = \left| -\frac{\gamma F}{2EI} \left(l^2 x - lx^2 + \frac{x^3}{3} \right) \right| > \mu. \quad (2.5)$$

Отже, при падінні качанів на гнучкий пружний прогумований лоток в ділянках координатами x , що задовольняють умові (2.5), пристрій буде функціонувати успішно.

Виконання умови (2.5) суттєво залежить від згинальної жорсткості гнучкого пружного лотка. На рис. 2.10 показано залежність $tg\alpha$ від координат x місця падіння качанів капусти та згинальної жорсткості EI гнучкого пружного прогумованого лотка.

Умова (2.5) дозволяє обґрунтовано вибрати матеріал для виготовлення лотка. Так, при виготовленні лотка з п'ятишарової гумовотканинної транспортерної стрічки типу ТК-400 товщиною $S = 15$ мм, шириною $B = 500$ мм, що має згинальну жорсткість $EI = 15,6 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$, оптимальною координатою, яка задовольняє умові (2.5), є $x=0,200\div 0,230$ м.

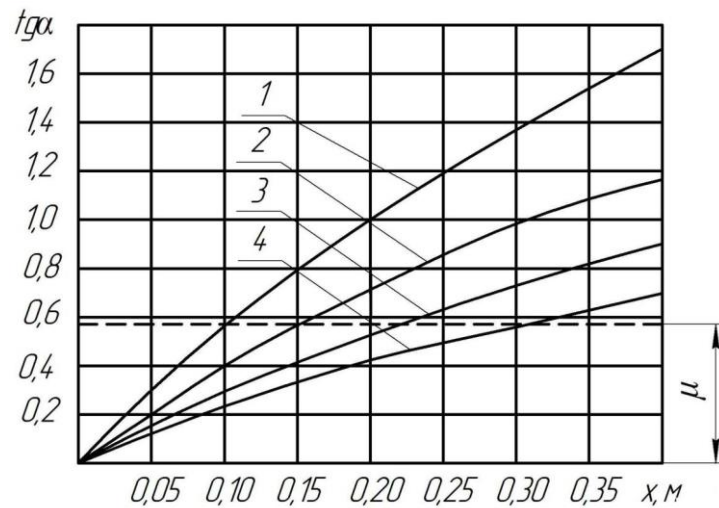


Рис. 2.9. Залежність $tg\alpha$ від координат x місця падіння качанів капусти на пружний лоток при EI , рівних 8(1), 12(2), 16(3), 20 Н·м²(4).

Висновки по розділу

Крім того, качани капусти, м'яко падаючи від одного еластичного виступу на інший, неодноразово деформують їх. Отже, при цьому кінетична енергія також витрачається на здійснення роботи пружних сил під час деформації виступів гофру, отже, швидкість качанів під час взаємодії з кожним виступом гофру та під час падіння на дно кузова або на шар капусти стане меншою за безпечну величину, тим самим унеможлиблюються пошкодження качанів.

РОЗДІЛ 3

ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБКИ У ВИРОБНИЦТВО

Польові дослідження пристрою для відвантаження качанів капусти в режимі, що щадить, проходили у складі дослідного капустозбирального комбайна на полях. В основному оцінювали візуально та відеозйомкою якість функціонування розробленого пристрою у складі дослідного капустозбирального комбайна (рис. 3.1).

В результаті польових досліджень встановлено, що технологічний процес збирання та відвантаження качанів протікав стійко, без забивань робочих органів. Відвантажувальний пристрій також функціонував ритмічно та безвідмовно.

Качани та вільне листя капусти переміщалися на прутках верхньої гілки елеватора до вивантажувального кінця. При цьому частина вільного листя капусти провалювалася на жорсткий піддон. На вивантажуваному кінці елеватора качани відривалися від скребків і падали на похилу частину гнучкого прогумованого лотка (Рис. 3.1 а), удар пом'якшувався його пружністю. Далі качани скочувалися в клиноподібну щілину між лотком і фартухом (3.1 б).

Під дією сили тяжіння качанів капусти фартух і лоток розсувалися, створюючи при цьому сили тертя з бокових поверхонь качанів. При проходженні щілини клиноподібної форми (рис. 3.1, в) качани втрачали кінетичну енергію на виконання деформації лотка, фартуха та на роботу сил тертя. Тому в момент звільнення від відвантажувального пристрою (рис. 3.1 г) качани мали мінімальну швидкість. Отже, вивантаження качанів у кузов транспортного засобу відбувалося практично без пошкоджень.

Зауважимо, що листя капусти, що залишилося на елеваторі, також падали на гнучкий пружний прогумований лоток, але продовжували знаходитися на місці падіння до тих пір, поки наступний скребок не затягне їх на жорсткий піддон.

Далі вільне листя транспортувалося скребками жорстким піддоном, виводилося за межі кузова транспортного засобу і скидалося на землю.



Рис. 3.1. Покадрова фіксація процесу відвантаження качанів у кузов транспортного засобу: а – надходження качана на гнучкий пружний прогумований лоток; б - провалювання качана в клиноподібну щілину між лотком та фартухом; в – переміщення качана в щілини між лотком та фартухом; г – звільнення качана від відвантажувального пристрою

Таким чином, запропонований пристрій дозволяло не тільки уникнути пошкоджень качанів при відвантаженні в кузов транспортного засобу, але і відокремлювати наявні вільні листки від маси товарних качанів.

У підрозділі вище були представлені результати теоретичних досліджень руху гнучкого пружного лотка під час відвантаження качанів капусти. Через війну дійшли висновку, що гнучкий пружний прогумований лоток і фартух повертатимуться у вихідне становище, тобто. у становище стійкої рівноваги протягом однорідного періоду коливання лотка.

Цей факт експериментально підтвердився також шляхом покадрового аналізу відеозйомки (рис. 3.2).

Так, на рис. 3.2,а показано положення відвантажувального пристрою до взаємодії з кочаном капусти, на рис.3.2,б - у період взаємодії його з кочаном капусти, на рис. 3.2,в - після взаємодії його з кочаном капусти.

Порівнюючи кадри 3.2,а і 3.2,переконаємося в тому, що відвантажувальний пристрій практично повернувся у вихідне положення протягом одного циклу відвантаження качанів капусти, що в меншій мірі підтвердило результати теоретичних досліджень, наведених у підрозділі Вище.

Агротехнічна оцінка показників якості роботи комбайна з пристроєм для відвантаження качанів капусти в режимі, що щадить, проведена на капустяному полі агрофірми.

Умови проведення дослідів, як було відображено у цьому підрозділі, виявилися типовими для названої зони.

Отримані внаслідок агротехнічної оцінки показники наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Агротехнічні показники дослідного капустозбирального комбайна з пристроєм для відвантаження качанів у режимі щастя (сорт капусти Подарунок)

Найменування показників	Значення показників
Робоча швидкість, м/с	0,8...1,5
Прибрано качанів, %	100
у тому числі стандартних	82
Втрати качанів, %	0
Ушкоджено качанів всього, %	7...9
в т.ч. слабкою мірою (до 3-х прилеглих листків)	7...9
середнього ступеня	0
сильного ступеня	0
Коефіцієнт повноти видалення капустяного листа	0,93
Забрудненість качанів	ні



а)



б)



в)

Рис. 3.2. Повернення відвантажувального пристрою у вихідний стан після взаємодії з качаном капусти: а – відеокадр до взаємодії; б – у період взаємодії; в – після взаємодії

Висновки по розділу.

Показники якості роботи капустозбирального комбайна МКК-1 з пристроєм для відвантаження качанів у режимі задовольняють агротехнічним вимогам, встановленим на капустозбиральні машини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що основною причиною механічних пошкоджень качанів при відвантаженні збиральною машиною в кузов транспортного засобу є їх падіння зі значною швидкістю, що перевищує допустиму критерію їхньої міцності.

Сформульовано концепцію зниження ушкоджуваності качанів капусти при машинному збиранні шляхом відвантаження на гнучкий пружний лоток, одночасно обмежуючи їх рухи еластичним фартухом. В результаті запропоновано конструктивно-технологічну схему пристрою для відвантаження качанів капусти в кузов транспортного засобу в щадному режимі.

Інженерними розрахунками встановлено закономірності процесу взаємодії качанів капусти з елементами пристрою для їх відвантаження, виявлено характер та ступінь впливу основних параметрів пристрою на якість перебігу робочого процесу.

Пристрій для відвантаження качанів капусти, розроблений з урахуванням раціональних параметрів, впроваджений в конструкції капустозбирального комбайна МКК-1, що серійно випускається, працездатний у виробничих умовах, забезпечує вивантаження качанів у кузов транспортного засобу при ушкоджуваності качанів не вище 9%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мислива Т. М. Надточій П. П., Герасимчук Л. О. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / за ред. Т. М. Мисливої. Житомир, 2011. 52 с.
2. . Лихацький В. І. Улянич О. І., Гордій М. В. Овочівництво. Практикум: навч. посіб./ за ред. В. І. Лихацького. Вінниця, 2012. 442 с.
3. Барабаш О. Ю., Сич З. Д., Носко В. Л. Догляд за овочевими культурами. КиївБережани: ННДЦ “Нововведення”, 2008. 123 с.
4. Пузік Л. М., Колтунов В. А., Романов О. В., Бондаренко В. А., Гайова Л. О., Щербина Є. В. Капустяні овочі. Технологія вирощування і зберігання: кол. монографія / ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2015. 374 с.
5. Пузік Л. М., Бондаренко В. А., Гайова Л. О. Капуста цвітна – цінна овочева культура // Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво». Харків: ХНАУ, 2014. № 1. С. 14–21
6. Пузік Л. М., Бондаренко В. А. Екологічна стабільність гібридів капусти броколі // Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». Харків: ХНАУ, 2015. № 1. С. 15–20.
7. Бондаренко В. А. Фізіологічні процеси, що протікають у капусті броколі під час її зберігання // Матеріали підсумк. наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів і здобувачів. Ч. 1. Харків: ХНАУ, 2013. С. 52–54.
8. Бондаренко В. А. Зміна вмісту компонентів хімічного складу капусти броколі під час зберігання залежно від способу пакування // Матеріали підсумк. наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів і здобувачів. Ч. II. Харків: ХНАУ, 2014. С. 217–218.
9. Барабаш О.Ю., Цизь О.М., Леонтьєв О.П., Гонтар В.Т. Овочівництво і плодівництво. Київ : Вища школа, 2000. 152 с.

10. Алатырев, А.С. Устройства для отгрузки кочанов капусты в кузов транспортного средства/ А.С. Алатырев //Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации». – Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2013. – С. 184-187.
11. Власов, Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники /Н.С. Власов. – М., «Колос», 1988. – С. 223.
12. Мельничук М.Д., Т.В. Новак, В.А. Кунах. Біотехнологія рослин. Київ: Поліграф Консалтинг, 2003. 520 с.
13. Досвід виробництва та маркетингу овочів в Україні : результати досліджень проекту аграрного маркетингу за 2004-2005 рр. К., 2006. 396
14. Дудка В. Кассетный способ выращивания овощей.Овощеводство. 2005. № 1. С. 32–34.
15. Індустріальні технології виробництва овочів / за ред. Г. Л. Бондаренко, М. О. Склярєвський, О. С. Болотських та ін. Київ : Урожай, 1986. 192с.
16. Саблук П. Т., Мазоренко Д. І., Мазнєв Г. Є. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / за ред. Саблук П. Т.Київ :2005. 401с.
17. Міненко С. В., **Грибенюк М. Ю.** Аналіз розвитку конструкцій відвантажувальних пристроїв овочезбиральних машин. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики.* 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 39-48.
18. Міненко С. В., **Грибенюк М. Ю.** Конструкція та принцип роботи пристрою для відвантаження качанів капусти в кузов транспортного засобу.

Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.