

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ННІ ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА
освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „ **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНОГО
ФАРТУХА МЕХАНІЗМУ ЗАХИСТУ КОРИ РОТОРНОГО
УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ** ”

Виконав: студент групи Аін-61
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Черкасов Петро Миколайович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Крупич О.М.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631.358.

Черкасов П.М. Дослідження основних параметрів захисного фартуха механізму захисту кори роторного ударного струшувача плодів. Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім.проф. Семковича О.Д. Дубляни, Львівський НУП, 2024.

60 с, 4 табл.; рис. 19; бібл. найм. 22.

У дипломній роботі описано існуючі способи збирання плодів у садах. Описано існуючі механізми захисту кори штамбів дерев від пошкоджень під час механізованого знімання плодів. Обґрунтовано доцільність розробки механізму захисту кори дерев під час збирання роторним ударним струшувачем.

В дипломній роботі проведено теоретичні дослідження та обґрунтовано параметри механізму захисту кори плодових дерев та взаємодію його із роликком ударного механізму. Також експериментально досліджено щільність заповнення оболонки захисного фартуха сипучим матеріалом. Запропоновано використовувати машини потокової дії для знімання плодів, щоб підвищити продуктивність та зменшити затрат ручної праці.

Розглянути питання охорони праці та захисту довкілля під час використання роторного ударного струшувача плодів із механізмом захисту кори від пошкоджень.

Розраховано економічний ефект від впровадження запропонованого струшувача для знімання плодів.

Зміст

Вступ	
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ПЛОДІВ.....	8
1.1 Існуючі машини для струшування плодів.....	8
1.2 Стан розробки та аналіз засобів захисту кори дерев від пошкоджень.....	12
Висновки.....	18
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗАХИСТУ КОРИ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ.....	20
Висновки.....	29
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
3.1 Опис лабораторної установки для експериментальних досліджень.....	31
3.2 Методика проведення досліджень щільності заповнення оболонки захисного фартуха	35
3.3 Результати досліджень щільності заповнення накладки захисного фартуха сипучим матеріалом.....	39
Висновки.....	43
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ.....	44
4.1 Моделювання процесів виникнення травм, аварій і катастроф.....	44
4.2 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення.....	49
4.3 Вплив технології на стан довкілля.....	50
Висновки.....	52
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ	53
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	57
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	59

ВСТУП

Механізація збирання плодових та ягідних культур є досить складною операцією, а також пов'язані з нею операції, що зумовлені специфікою виробництва – досить високою чутливістю плодів та плодових дерев до механічних пошкоджень під час технологічних процесів, розтягнутою тривалістю термінів дозрівання, різноманітною схемою посадок, формою і розмірами крон дерев, досить розкиданим і нерівномірним розподілом плодів в кроні та іншими чинниками. Це і є головним чином причиною того, що збирання плодів до тепер, здебільшого, виконують вручну.

У нашій країні та за кордоном ведуться наукові дослідження та дослідно-конструкторські роботи, у результаті яких розроблено певні плодозбиральні агрегати та машини.

На теперішній час існують три способи збирання плодів:

- ручний – із використанням засобів малої механізації;
- напівмеханізований – за допомогою багатомісних платформ (самохідних, навісних або причіпних);
- механізований – із застосуванням плодозбиральних машин. Вони виконують одночасно знімання плодів із дерев, вловлювання, очищення плодів від листя, гілочок і завантаження їх в ящики та контейнери (тару). Такі машини мають високу продуктивність, проте пошкодження плодів під час збирання досягає великої кількості. Також мають місце й пошкодження кори штампів дерев та скелетних гілок дерев.

На думку багатьох дослідників, найбільш перспективними машинами, є такі, що знімають плоди способом їх струшування [18-20]. Також ведуться певні роботи щодо вдосконалення методу збирання, і щодо покращення конструкцій плодозбиральних машин.

Розроблено багато варіантів машин, проте вони поки, що не отримали широкого розповсюдження через консервативну позицію про те, що неможливо механізувати збиральні роботи в плодовництві, а конструктивні

недоліки існуючих машин, призводять до великих пошкоджень плодів та дерев, а також невідповідність садів до механізованого способу збирання.

Із врахуванням вище викладеного значну наукову та практичну цінність набувають питання, пов'язані з вибором та обґрунтуванням конструкції, форми і матеріалів елементів захоплюючого пристрою та механізму захисту кори дерев від пошкоджень струшувача плодозбиральної машини, які дозволять зменшити до мінімального значення пошкодження кори плодівих дерев за найбільшої ефективності передачі динамічних коливань плодівому дереву.

Мета і завдання досліджень. Метою даної роботи є розробка ефективного механізму захисту кори плодівих дерев від пошкоджень під час механізованого збирання струшувачами потокової дії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі досліджень:**

- провести аналіз існуючих засобів для збирання плодів;
- обґрунтувати конструктивну схему механізму захисту кори плодівих дерев від пошкоджень;
- провести експериментальні дослідження заповнення оболонки захисного фартуха сипучим матеріалом;
- визначити економічну ефективність запропонованого струшувача плодів.

Об'єкт досліджень: плодіві дерева; різні варіанти установок для струшування плодів; робочі органи роторного ударного струшувача плодів (механізм захисту, ударний механізм з роликом).

Предмет досліджень: залежності якісних показників процесу знімання плодів з дерев від конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи роторного струшувача з механізмом захисту кори від пошкоджень.

Методи досліджень: для вирішення поставлених задач досліджень використовувалися методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ПЛОДІВ

1.1 Існуючі машини для струшування плодів

Найбільшими виробниками обладнання для механізованого знімання плодів, збирання та первинної обробки в Європі є французькі компанії «AMB ROUSSET» і «Recolt – Concept», італійська компанія BERARDINUCCI. В Сполучених Штатах Америки великим виробником техніки для збирання плодів є компанія «Jessee Equipment Manufacturing», в Канаді – «Munckhof». Машини для механізованого збирання плодів об'єднують в собі механізми для струшування дерев (знімання плодів) і збирання плодів в спеціальну тару чи бункери машин, або за допомогою спеціального обладнання (пилососи, підбирачі) безпосередньо із землі. Механізми для струшування дерев (знімання плодів) можуть бути виконані як окремі автономні самохідні машини або у якості навісного обладнання на енергетичні установки (трактори, самохідні шасі) [15].

Плодозбиральна установка із струшувачем вібраційної дії «Торнадо» (рисунок 1.1) призначена спеціально для збирання горіхів, мигдалю, вишні і сливи (невеликих кісточкових плодів). Процес роботи установки відбувається в простий спосіб, за допомогою навішування установки на три точки і шарніру, телескопічної стріли із вловлюючим пристроєм. Всі команди і дії плодозбиральної машини виконуються за допомогою дистанційного радіокерування, що дозволяє оператору знаходитися на відстані машини, і забезпечити оптимальне зчеплення робочого органу із гілками. Телескопічна стріла із захватом і вібраційним механізмом струшування установки Торнадо має певні особливості: обертання телескопічної стріли можливе на 180°; телескопічна стріла має максимальну дистанцію роботи 5,6 м; підйом телескопічної стріли за кута 90° можливе на

висоту до 5;6м; кінець телескопічної стріли зоснащений вібраційною головкою із можливістю бічних, вертикальних і радіально-упорні рухів.



Рисунок 1.1 – Вібраційна установка Торнадо.

Модель гідравлічного навісного струшувача VHY французької компанії AMB Rousset [15] (рисунок 1.2) призначена для струшування плодів із подальшим ручним збиранням.



Рисунок 1.2 – Гідравлічний навісний струшувач VHY

Повністю гідравлічний струшувач має продуктивність роботи до 80 дерев на годину. Захват обладнаний гумовими затискачами із накладками дозволяє охопити дерево діаметром до 600 мм за допомогою гідроциліндра.

Також оригінальним є вібраційний пристрій із зіркоподібною вібрацією. Струшувач обладнаний двома гідродвигунами та масляним баком на 140 л.

Подібною до даного струшувача є модель VHP [15] призначена для низькорослих дерев із штамбом діаметром 100...350 мм. Продуктивність установки до 240 дерев на годину.

Тросовий струшувач SEC [15] компанії AMB Rousset виконаний навісним та призначений для знімання плодів яблук, вишні, слив та горіхів (рисунок 1.3). Обладнаний тросом довжиною 7 м та вібраційним пристроєм. Підходить для невеликих фермерських та селянських господарств. Продуктивність до 12 дерев на годину.



Рисунок 1.3 – Тросовий струшувач SEC

Недоліком такого струшувача є мала продуктивність, оскільки потребує затрат часу на кріплення захвату на гілку чи штаб; значні вібраційні зусилля, що передаються на трактор через натягнути трос; необхідність достатнього місця для здійснення самого струшування.

Струшувач RED DEVIL італійської компанії Berardinucci (рисунок 1.4) являє собою самохідну установку вібраційного типу останнього покоління, характеризується високою точністю та використанням найсучасніших технологій машинобудування. Привід всіх механізмів виконується гідравлічною системою, що робить її простою у використанні, надійною та потужною водночас.

Машина призначена для струшування плодів яблук, слив, вишні, горіхів та ін. Може виконувати захоплення як гілки, так і штамба дерева. Машина позиційної дії. Стріла має телескопічну конструкцію та спрямовується на стовбур чи гілки, і за допомогою гідравлічного збурювача передає вібраційні зусилля через захват дштамбу, тим самим знімаючи плоди. Даний струшувач здатний знімати плоди із дерев діаметром до 700 мм [15].



Рисунок 1.4 – Самохідний струшувач RED DEVIL

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика самохідного струшувача RED DEVIL V 1260/4

Назва	Значення
Тип двигуна	N 45 - MNTX 20.00 IVECO
Робочий об'єм двигуна	4500 см ³
Потужність двигуна	93 Квт
Тип системи охолодження	рідинний
Тип та кількість передач	Гідравлічні 2 передачі
Колісна формула	4x4
Тип гальм	дискові
Тип рульового керування	гідравлічний
Кут радіусу розвороту	165°
Розмір шин	405x70x20

Розмірні параметри	
Довжина агрегату, максимальна	9400 мм
Довжина агрегату, мінімальна	6800 мм
Ширина максимальна/мінімальна	2000/2400 мм
Висота транспортна	6300 мм
Маса	5200 кг
Об'єм паливного баку	130 л
Об'єм гідравлічного мастила	165 л

Струшувач оснащений захватом із гумовими лапами із надставками. Захоплення штамба виконується оператором за допомогою гідравлічної системи.

Сучасні плодозбиральні машини для струшування (знімання) плодів переважно мають позиційну дію, а отже й досить низьку продуктивність.

1.2 Стан розробки та аналіз засобів захисту кори дерев від пошкоджень

Вібраційні та ударні механізми струшування, які встановлені на сучасних плодозбиральних машинах потокової чи позиційної дії мають спільний недолік, а саме те, що вони завдають суттєвих пошкоджень корі плодкових дерев під час здійснення процесу струшування, тобто завдання ударних чи вібраційних зусиль.

Під час роботи вібраційних струшувачів на штамп плодового дерева виникають значні збурюючі сили. Їх значення залежить від форми та розміру штамба дерева, конструктивних особливостей вібратора. Збурювальні сили сумуються із крутними моментами та згинальними зусиллями, що виникають в місці захвату штамба. Якщо напрям збурюючих сил не співпадає з центром перерізу штамба дерева, тоді виникає зсув та зминання кори дерева.

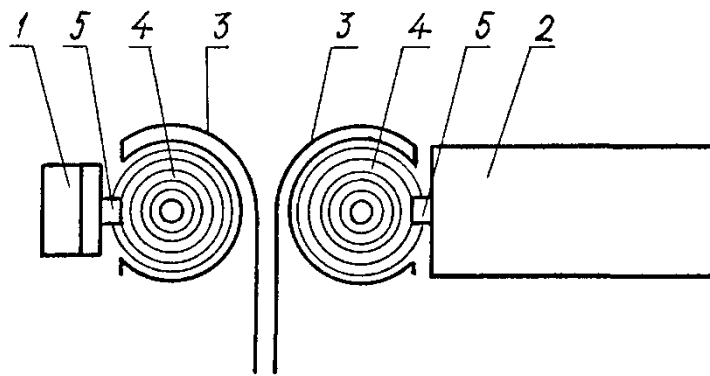
Під час роботи ударних струшувачів по штамбу дерева завдаються удари, що викликають пошкодження кори, зумовлене значними контактними напруженнями, через малу площу контакту місця взаємодії ударника та штамба дерева.

Для зменшення пошкоджень кори дерева використовують найбільш простий метод – покривають робочі органи, які передають зусилля дереву, шаром еластичного матеріалу (наприклад гуми). Робочі органи пориті гумою застосовують у вібраційних та ударних струшувачах. Однак вони ефективні під час передачі малих зусиль, що обмежує їх використання для великих розмірів штаблів дерев. Оскільки передача ударного імпульсу дереву відбувається за дуже малий проміжок часу, то ефективність прогумованих робочих органів є дуже низькою. Тому для передачі значних ударних чи вібраційних зусиль доцільно утворити достатню площу контакту штамба дерева з ударним робочим органом для зменшення напружень. Цю площу контакту робочі органи покриті гумою забезпечити не можуть.

Американськими дослідниками запропонований простий спосіб зменшення пошкодження кори штамба дерева, а саме використання спеціальних ковзаючих пасів із системою змазування, призначеною для зменшення сил тертя, які виникають в місці контакту захвату і штамбу під час передачі вібраційних зусиль [13]. Дослідниками компанії «Friday tractor» розроблений вібраційний струшувач, який обладнаний автоматичним пристроєм, який забезпечує подачу мастила контакту захвату вібраційного струшувача та штамбу дерева [14]. Недоліком цього пристосування є складна конструкція механізму струшування та великій витраті мастила під час роботи плодозбиральної машини.

Простіша конструкція захоплюючого пристрою із затискачами для зменшення пошкоджень кори дерева запропонована Азейбарджанським науково-дослідним інститутом механізації та електрифікації сільського господарства [5]. Запропонований пристрій (рисунок 1.5) містить рухому 1 та нерухому частину 2, фартухи 3, затискачі у вигляді скрученої у рулон гумової стрічки 4 та обмежувачів 5. Діючи на штабл плодового дерева чи гілку, затискачі 4 під зусиллям деформуються, а стрічки гуми рулонів ковзають один відносно одного, що зменшує напруження зсуву в затискачах.

Поглинання напружень зсуву та обертових коливань запропонованим захоплюючим пристроєм зменшує пошкодження кори дерева. Недоліком запропонованого захвату є те, що незалежно від матеріалу стрічки та їх кількості, контакт із корою дерева відбувається на малій площі, особливо це відчутно при нахиленому штабмі дерева, де форма поперечного перерізу не відповідає колу. Тому тиск, що діє на кору дерева є досить значним і відповідно значними пошкодження.



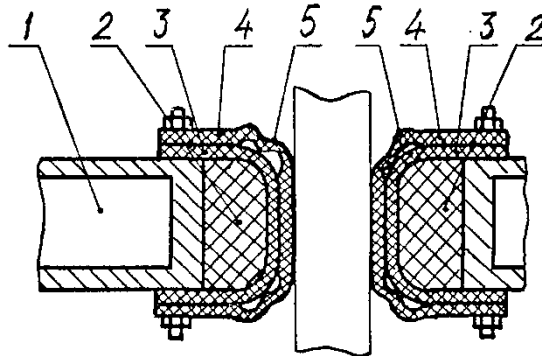
1 – рухома частина; 2 – нерухома частина; 3 – гумові фартухи; 4 – рулони гумової стрічки; 5 – обмежувачі

Рисунок 1.5 – Схема захоплюючого пристрою плодозбиральної машини

На серійних плодозбиральних машинах може використовуватися захват (рисунок 1.4) розроблений конструкторським бюро ПО «Агромашина» [9], що містить нерухому частину 1, з до якої шарнірно прикріплений поворотний важіль, оснащений гідроциліндром. Нерухома частина і поворотний важіль захвату оснащені еластичними затискачами 2 з прокладками 3, які охоплені фартухами 4 з гофрами 5.

Під час захвату штамбу поворотний важіль захвату гідроциліндром повертається в сторону нерухомої частини 1, гофри 5 фартухів 4 в зоні контакту із штабмом випрямляються, і захват готовий до початку процесу струшування.

Оскільки при контакті із штамбом дерева гофри деформуються і випрямляються, між фартухами і затискачами вище і нижче частин фартухів, притиснутих до штамба, утворюється зазор, завдяки якому прокладки затискачів під час вібрації ковзають по фартухах, не діючи на кору дерева, що знижує ймовірність пошкодження кори.

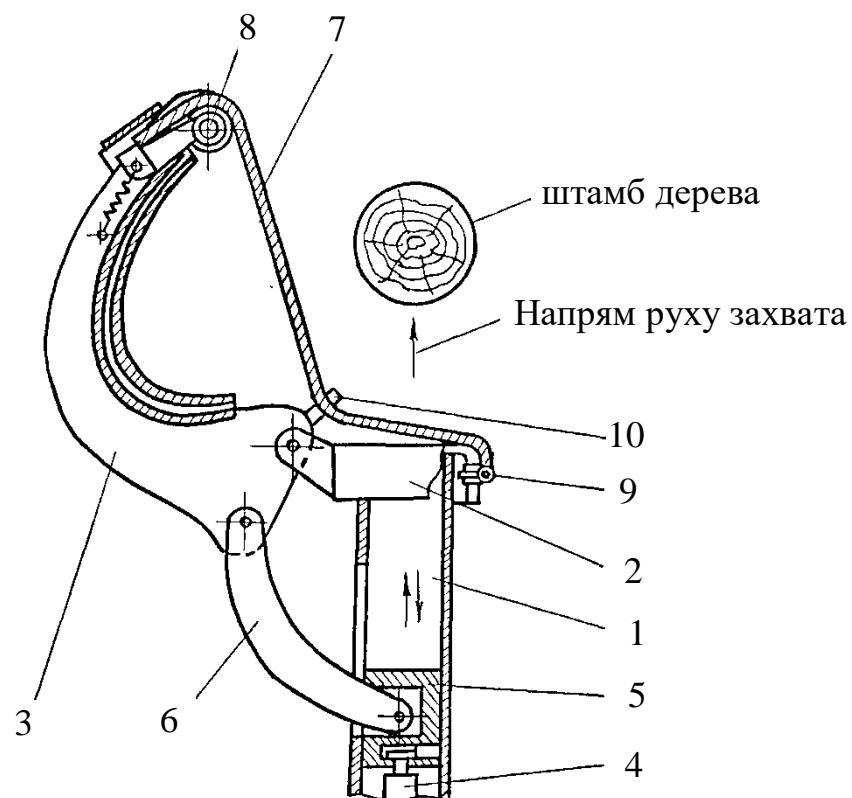


1 – нерухома частина; 2 – затискачі; 3 – прокладки; 4 – фартухи;
5 – гофри

Рисунок 1.6 – Схема захвату ПО «Агромашина»

Захист кори штамба від пошкоджень забезпечує захват розроблений в генеральному спеціальному конструкторському бюро по машинах для садів та виноградників [2] (рисунок 1.7). Він складається із труби 1, на торці якої закріплена нерухома подушка 2. До неї за допомогою кронштейна кріпиться ріг 3, що складається із двох пластин, з'єднаних між собою пластиною півкруглої форми, при чому внутрішня поверхня рога оснащена еластичною накладкою. Поворот рога здійснюється штоком 4 через тягу 5 і повзун 6. Захват містить еластичну стрічку 7, один кінець якої кріпиться за допомогою пружин розтягу через ролик 8 на кінці рога 3, а другий кінець стрічки з'єднаний із віссю 9 на нерухомій подушці 2. Для забезпечення вільного входу штамба в розхил захвату еластична стрічка притягнута до основи рога петлею 10.

Оператор підводить захват у відкритому положенні до упору еластичної стрічки 7 в нерухому подушку 2. Переміщенням стрічки вниз вивільнюється петля 10, що втримує стрічку натягнутою в початковому положенні, а потім оператор вмикає гідроциліндр, який приводить в рух шток 4 з повзуном 6. При цьому тяга 9 повертає ріг 3, а еластична стрічка 7 огортає штамп дерева залишаючись нерухомою. Коли ріг 3 повертається, виникає переміщення ролика 8 і зниження дотичних напружень по внутрішній поверхні еластичної стрічки 7. Переміщення рога триває до повного затикання дерева через еластичну стрічку, що забезпечує повну передачу вібрації.



1 – труба; 2 – нерухома подушка; 3 – ріг; 4 – шток; 5 – тяга;
6 – повзун; 7 – еластична стрічка; 8 – ролик; 9 – вісь; 10 – петля
Рисунок 1.7 – Схема захватного пристрою

Зменшення пошкоджень штамба дерева досягається за рахунок можливості вертикального переміщення стрічки в точках кріплення до рога 3 і нерухомої подушки 2. Внаслідок цього, під час роботи стрічка під дією зчеплення з корою залишається нерухомою, а риг і нерухома подушка будуть дещо переміщатися по її зовнішній поверхні, тим самим захищаючи кору дерева від пошкоджень.

Недоліком двох вище описаних захватів є аналогічний недоліку попередньому в конструкції азербайджанського науково дослідного інституту. [5]. Під час збирання плодів з дерев, штамби яких відхилені від вертикального положення, відбувається пошкодження кори через нещільне прилягання стрічки до деревини.

Вказаний недолік усувається технічним рішенням, у якому ролики з вібраторами закріплені на бичах. Щільний контакт роликів із штаблом забезпечується скобою, що з'єднує бичі під час роботи, а ролики виконані у вигляді пневматичного колеса. Тиск повітря в оболонці ролика змінюється за допомогою дросельного пристрою в залежності від зусилля, що передається штаблом дерева. Даний струшувач може використовуватися тільки в карликових садах внаслідок можливості передачі незначних вібраційних зусиль, що є недоліком даної конструкції [8,10]

Нанесення пошкоджень корі дерева постійно присутнє під час використання машин ударного типу і це являється стримуючим фактором їх розвитку та ефективного застосування. Перевагою таких машин перед вібраційними є їх легке пристосування до ручного збирання, оскільки ударник не має постійного контакту із штаблом дерева під час передачі ударного імпульсу.

В ударних струшувачах плодів позиційної дії для зниження тиску на кору використовуються різні надставки, що збільшують площу взаємодії ударника із штаблом.

У Львівському сільськогосподарському інституті розроблені ударні ролики для потокових плодобиральних машин, які дозволяють зменшити

тиск на кору штамба дерева [4,11,12]. Вони виконані у вигляді гумової оболонки пустої в середині та частково заповненої сипучим матеріалом (полімерною крихтою).

В початковий момент взаємодії ударного ролика із штаблом дерева енергія удару витрачається на ущільнення полімерної крихти та формування площі контакту. Після ущільнення сипучого матеріалу, енергія удару забезпечує струшування плодів. Зусилля удару передається штаблу дерева через сформовану площу контакту, яка зменшує тиск на кору дерева, що і зменшує її пошкодження.

Ця конструкція має певні недоліки. Тангенціальні напруження, що виникають від ролика на початку моменту удару та в його кінці викликають пошкодження кори штамба дерева. В ці моменти сила удару направлена по дотичній до кола штамба дерева викликає пошкодження кори, які проявляються як сколювання. Також недоліком є обмеження застосування струшувача для великих діаметрів штаблів плодкових дерев (не більше 120 мм). Для великих діаметрів штаблів значно зростає жорсткість, тому вимагається більший ударний імпульс для повного знімання плодів. Проте тривалість удару (контакт ударного ролика зі штаблом дерева) є дуже малою (соті долі секунди), відповідно площа контакту, що формується між роликом та штаблом є недостатньою для передачі значних зусиль без пошкодження кори.

Запропонована конструкція струшувача Львівським СГІ [1,2] не дозволяє вирішити проблему захисту кори штамба та кореневої системи дерева від неповоротних пошкоджень, які дозволять підвищити ефективність використання роторних ударних струшувачів потокової дії. Запропоновано для формування достатньої площі контакту між ударним роликом та штаблом дерева в місце нанесення удару вводити проміжне тіло.

Висновки

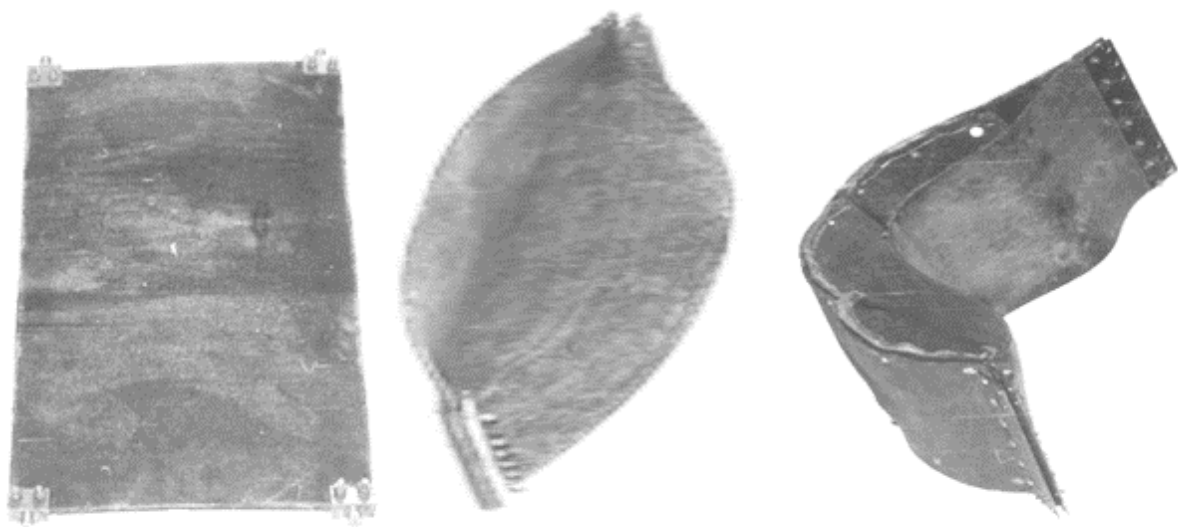
Розглянуто існуючі конструкції струшувачів плодозбиральних машин, їх особливості. Описано та проаналізовано існуючі механізми та пристрої для захоплення штамба плодового дерева чи скелетної гілки.

Обґрунтовано доцільність та актуальність проблеми знімання плодів ударними машинами потокової дії із механізмами захисту кори від пошкоджень.

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗАХИСТУ КОРИ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ

Для усунення виявлених та описаних у першому розділі недоліків під час використання в плодозбиральних машинах струшувачів ударної дії та підвищення ефективності їх застосування запропоновано удосконалити процес передачі штамбу дерева ударного імпульсу за рахунок введення в зону нанесення удару проміжного тіла (захисного фартуха) [16].

Запропоновано різні типи захисних фартухів. Перший – являє собою транспортерну стрічку прямокутної форми (рис 2.1 а), другий – еластичну пустотілу оболонку, виготовлену у вигляді рукава із прогумованої тканини, частково заповненої сипучим матеріалом (рис.2.1 б) і третій – у вигляді дугоподібного фартуха, який складається з транспортерних стрічок, між якими вертикально закріпленні декілька рукавів з сипучим матеріалом (рис. 2.1 в)



а)

б)

в)

а) – транспортерна стрічка; б) – рукав із прогумованої тканини; в) –
дві транспортерні стрічки

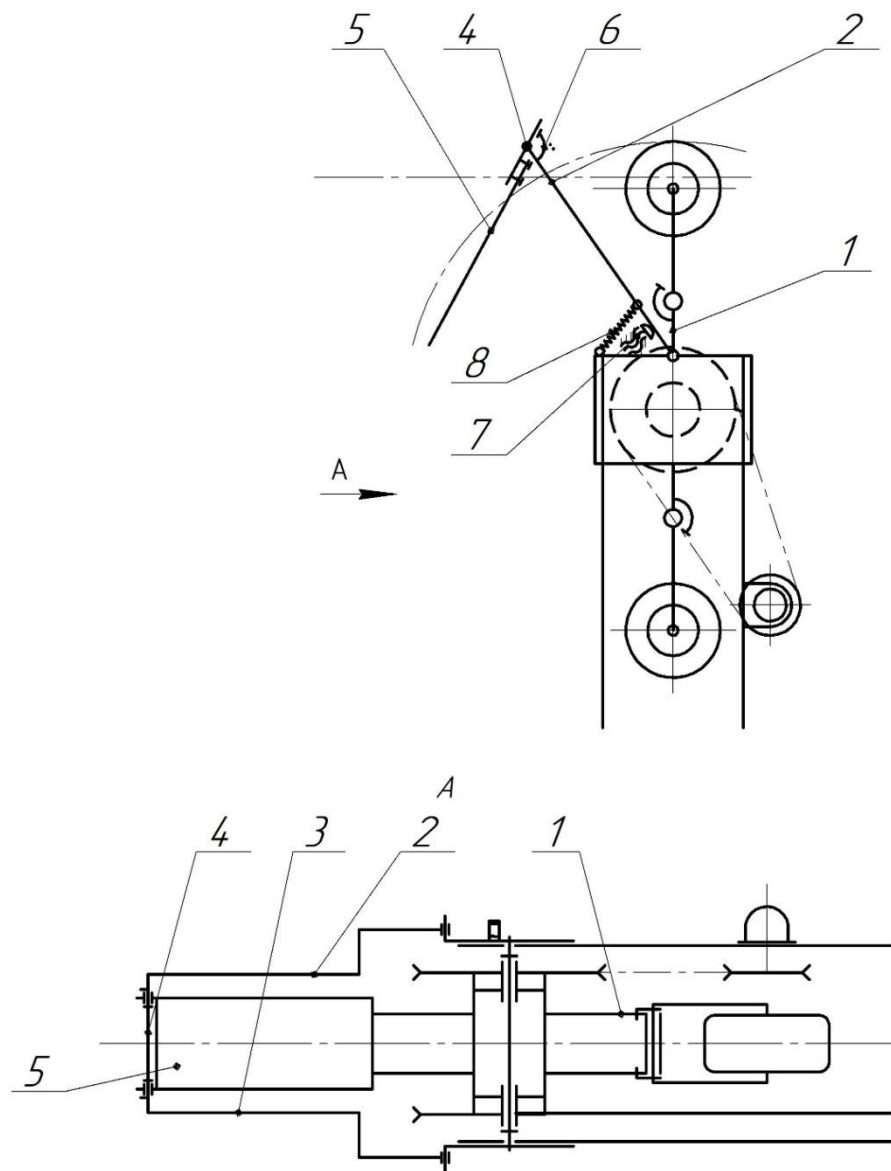
Рисунок 2.1 – Загальний вигляд захисних фартухів

Спочатку розроблені струшувачі плодів містили захисний фартух у вигляді транспортерної стрічки і відрізнялися між собою конструкцією механізму кріплення її до рами струшувача та способом охоплення штамба.

Струшувач (рис. 2.2) [17] складається з роторного ударника 1 та механізму кріплення проміжного тіла, виконаного у вигляді двох паралельних балок 2 і 3, з'єднаних між собою віссю 4, на якій шарнірно одним кінцем закріплена транспортерна стрічка 5. Поворот стрічки навколо осі 4 обмежується упором 6. Іншими кінцями балки шарнірно кріпляться до рами струшувача і їх переміщення у вихідне положення, яке фіксується упором 7, проводиться пружиною 8. Ротор, що обертається з роликками встановлений між двома балками.

Оператор заїжджає в міжряддя саду і направляє трактор, з навішеним на нього струшувачем, вздовж ряду дерев за допомогою копіра. Спочатку в контакт зі штаблом вступає транспортерна стрічка 5, яка починає переміщатися навколо осі 4 доти, поки штабл не увійде у взаємодію з балками 2 і 3, після чого вони під дію реакції штабла повертаються на шарнірних з'єднаннях з корпусом струшувача. При подальшому русі агрегату одночасно з кутовим переміщенням балок штабл та транспортерна стрічка входять до зони завдання ударів. Робочий цикл закінчується при припиненні взаємодії штабла з балками, які разом із захисним фартухом під дією пружини 8 повертаються у вихідне положення до упору 7.

Недолік струшувача з вивченим механізмом кріплення захисного фартуха полягає в нещільному приляганні транспортерної стрічки до штамбу, що призводило до гасіння енергії удару при згинанні стрічки.

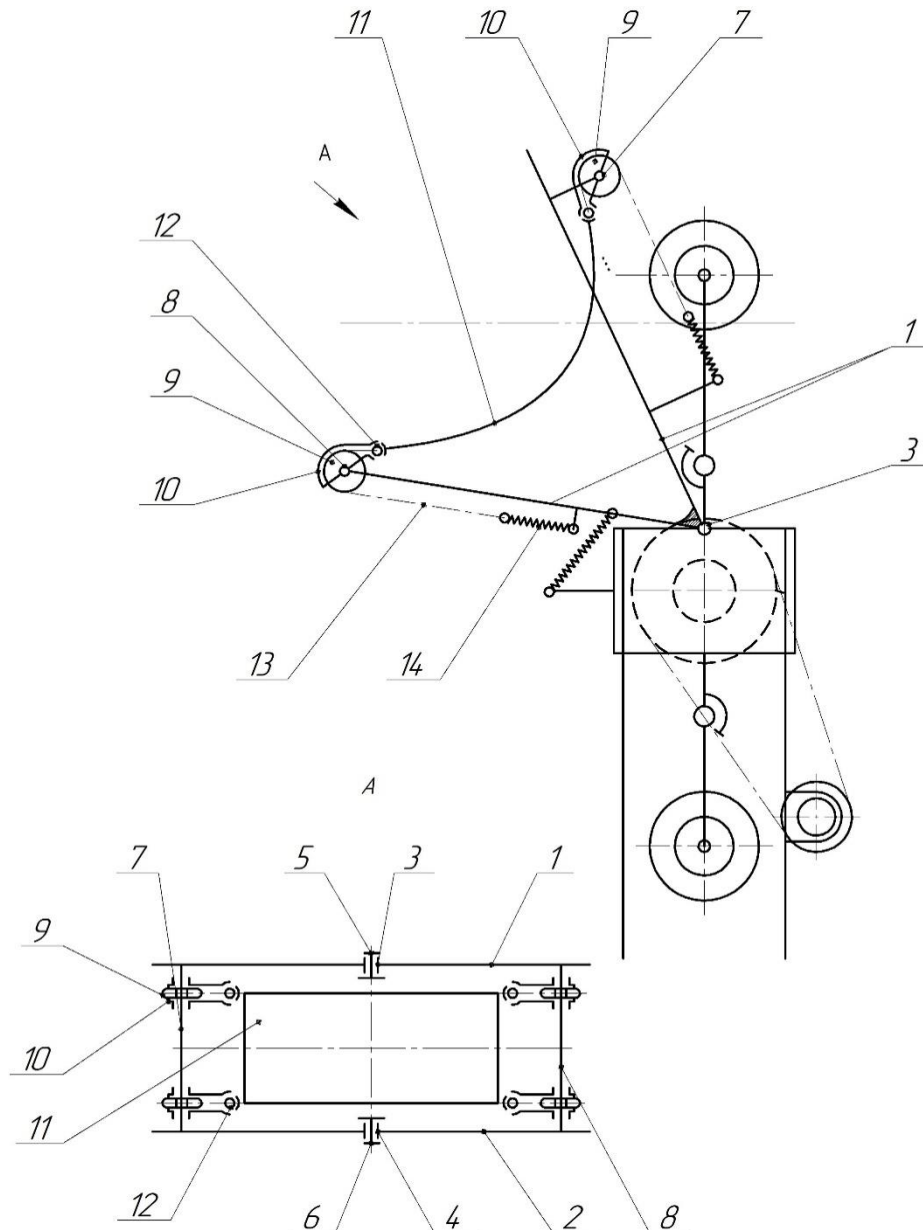


1 – ударник; 2,3 – балки; 4 – вісь; 5 – стрічка транспортерна; 6,7 – упори; 8 – пружина

Рисунок 2.2 – Схема струшувача плодів

Зазначений недолік усунений у механізмі кріплення проміжного тіла струшувача, показаному на рисунку 2.3. Механізм складається з верхньої 1 і нижньої консолей 2, виконаних у вигляді балок круглого перерізу, приварених до маточин 3 і 4. За допомогою півосей 5 і 6 маточини кріпляться до плит рами струшувача, між якими на валу встановлений ротор з роликками. Консолі 1 і 2 з'єднані між собою осями 7 і 8, на яких шарнірно змонтовані напрямні зірочки 9 з кожухами-упорами 10. Захисний фартух 11 пов'язаний з'єднувачами 12 з ланцюгами 13. З'єднувачі обмежують переміщення

накладки у вертикальному напрямку. Ланцюги 13 через напрямно зірочки 9 кріпляться до пружин 14 консолей. Для фіксації стрічки у вихідному положенні призначені упори 10, гнізда яких входять з'єднувачі 12. Упори 10 утримують стрічку при створенні попереднього натягу ланцюгів 13 пружинами 14. У вихідному положенні механізм кріплення проміжного тіла фіксується пружиною 15 і упором 16.



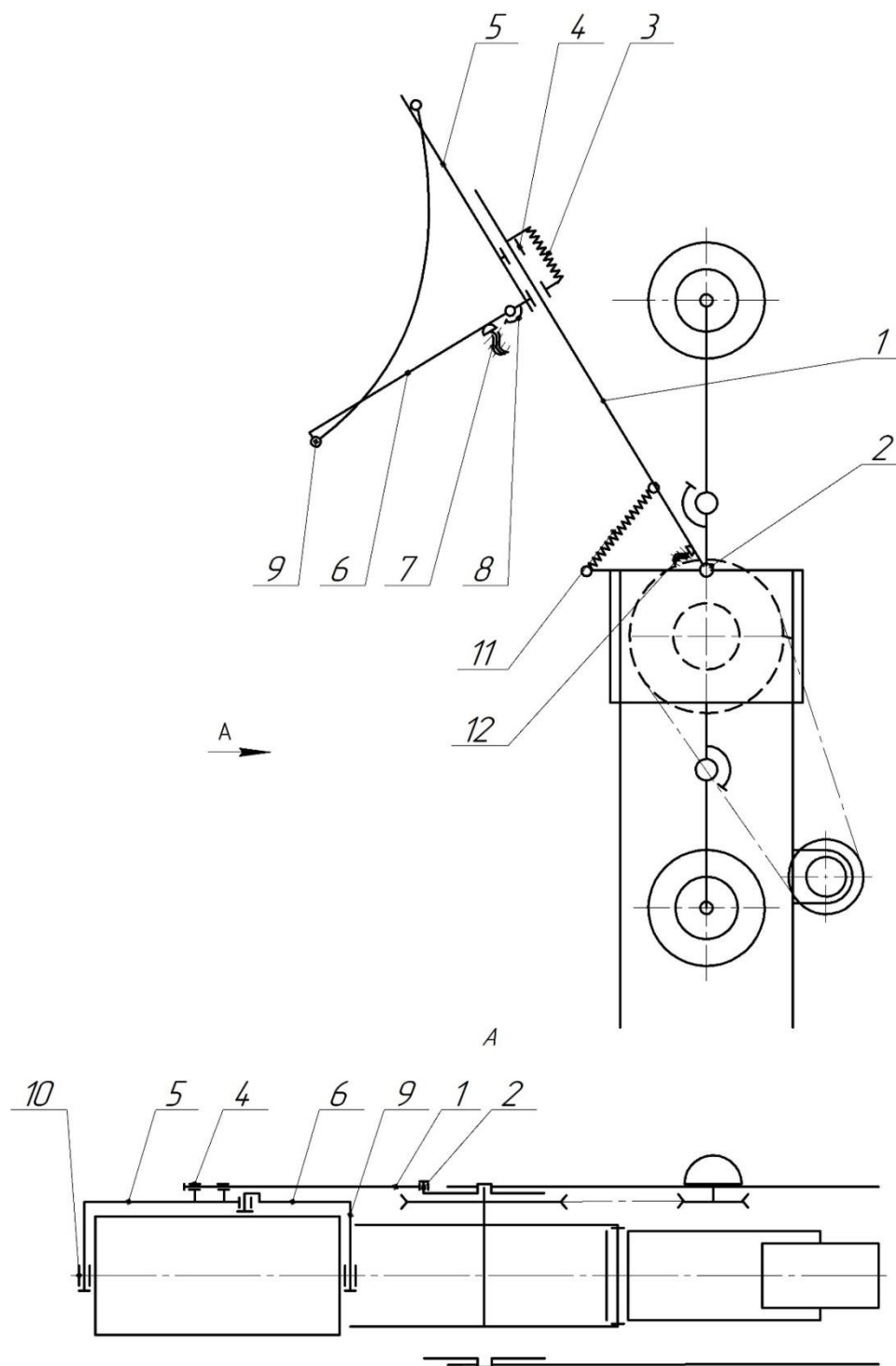
1, 2 – консолі; 3, 4 – ступиці; 5, 6 – півосі; 7, 8 – осі; 9 – зірочки;
 10 – кожухи-опори; 11 – стрічка транспортерна; 12 – з'єднувачі; 13 – ланцюги;
 14, 15 – пружини; 18 – упор

Рисунок 2.3 – Схема струшувача плодів

Струшувач працює аналогічно описаному раніше (рис.2.2). При русі агрегату штабб проходить між балками консолей 1, 2 і входить у контакт з фартухом, який охоплює штабб. Під дією реакції дерева консолі 1 і 2 повертаються на півосях 5 і 6. Взаємодія роликів зі штаббом починається в момент, коли зсув штамбу щодо струшувача перетне траєкторію руху крайніх точок роликів. Знімання плодів триває доти, поки дерево не вийде із зони контакту з ріжками. Одночасно з нанесенням ударів по штамбу відбувається поворот консолей 1, 2 на півосях 5 і 6, що зумовлює натяг пружин 14. З'єднувачі виходять із гнізд кожухів 10 і стрічка під дією сил тертя утримується на штаббі. Досягається максимальне переміщення ланцюгів 13 коли вісь симетрії консолей 1 і 2 розташовується перпендикулярно до поздовжньої осі трактора. При подальшому русі агрегату пружини 14 переміщують ланцюги 13 по напрямних зірочкам 9 до входу з'єднувачів 12 у гнізда кожухів 10. Фартух займає початкове положення і штабб не контактує з ним, а вступає у взаємодію з консолями 1 і 2, які в подальшому пружиною 17 повертаються у вихідне положення, що фіксується упором 18.

Одночасно розроблений струшувач, який на відміну від попереднього (рис. 2.3) має більш просту конструкцію механізму кріплення та введення проміжного тіла в зону завдання ударів (рис. 2.4). Механізм складається з прямої консолі 1, яка шарнірно закріплена на півосі 2 корпусу струшувача. До іншого кінця консолі через пружину 3 кріпиться каретка 4, що переміщається по консолі. До каретки нерухомо приєднується балка 5 і шарнірно – балка 6, яка у вихідному положенні фіксується упором 7 та пружиною 8. На вільних кінцях балок приварюються пальці 9, на втулках 10 яких закріплені захисний фартух. Консоль 1 повертається вихідне положення до упору 12 під дією пружини 11.

Технологічний процес роботи струшувача і взаємодія ролика зі штаббом через захисний фартух здійснюється аналогічно струшувачу, показаному на рисунку 2.3.



1 – консолі; 2 – півосі; 3, 8, 11 – пружини; 4 – каретка; 5, 6 – балки; 7,
12 – упори; 9 – пальці; 10 – втулки

Рисунок 2.4 – Схема струшувача плодів

Випробування макетних зразків струшувачів показали [17, 18, 19], що захисний фартух у вигляді транспортерної стрічки сприймає тангенціальну

складову сили удару запобігаючи сколюванню кори і тим самим підвищує можливість збирання плодів з дерев з діаметрами штаб.

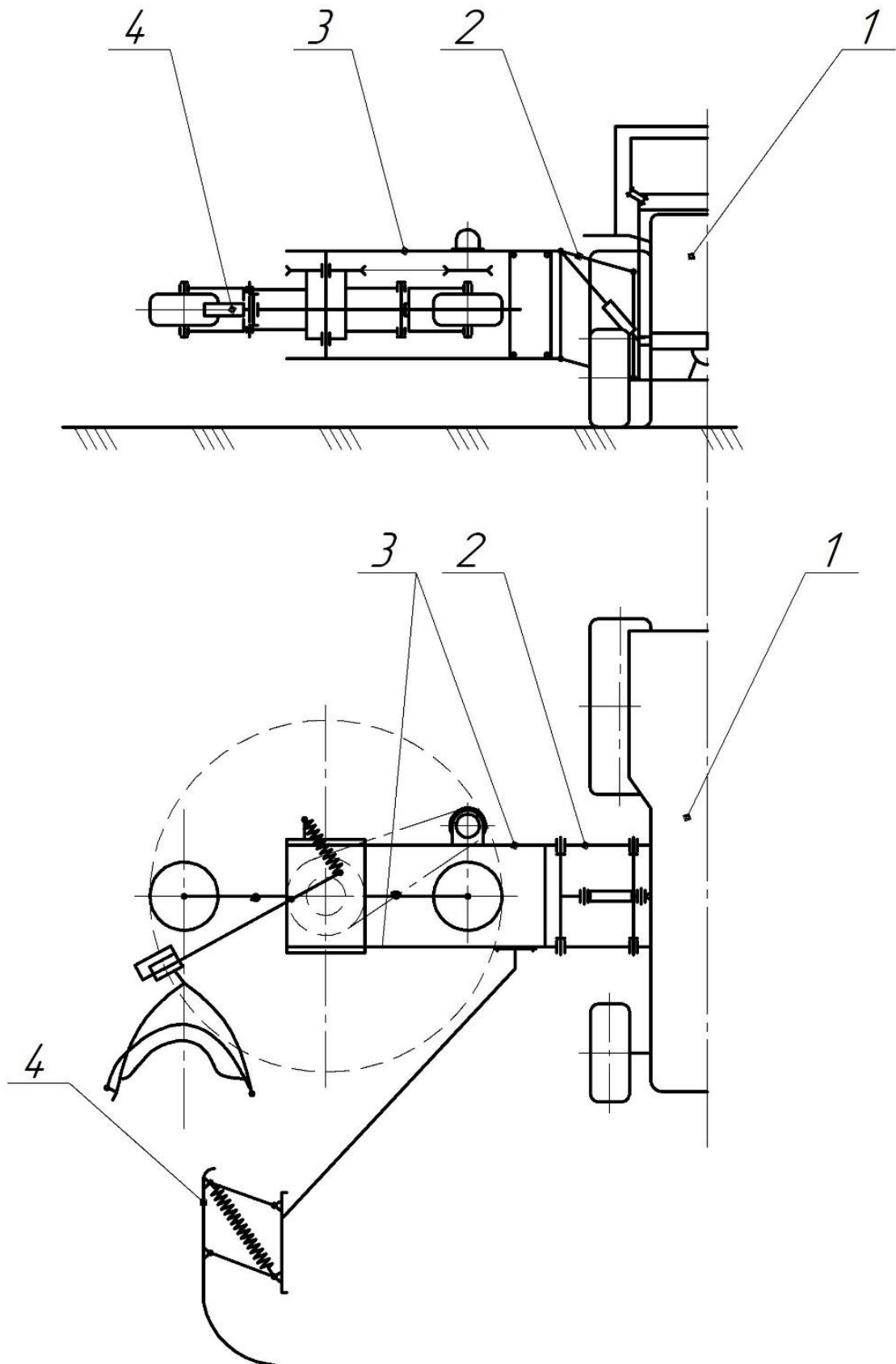
Захисний фартух, що містить оболонку, частково заповнену сипучим матеріалом [17, 18, 19], дозволяє забирати плоди з дерев, діаметри штабів яких перевищують 150 мм, внаслідок доударного формування зони контакту ударника та штаба.

Розроблені зразки струшувачів [17, 18, 19], обладнані більш досконалими механізмами кріплення фартухів, виконаних у вигляді рукава з прогумованої тканини або двох транспортерних стрічок, між якими вертикально кріпилося кілька рукавів частково заповнених сипучим матеріалом. На струшувачах також застосовувалися ударники двох видів: ролик, оболонка якого повністю заповнена сипучим матеріалом для зменшення коефіцієнта пружності удару; бич, що представляє металевий брусок прямокутної форми [17, 18, 19].

Результати випробувань розроблених струшувачів [17, 18, 19] свідчать про перевагу захисного фартуха, що містить транспортерні стрічки, між якими закріплені кілька рукавів, в результаті кращого охоплення штаба та формування зони контакту. Переважно використання ударного ролика, оболонка якого повністю заповнена сипучим матеріалом, так як бич пошкоджує кору при перших ударів дотичних по штабу.

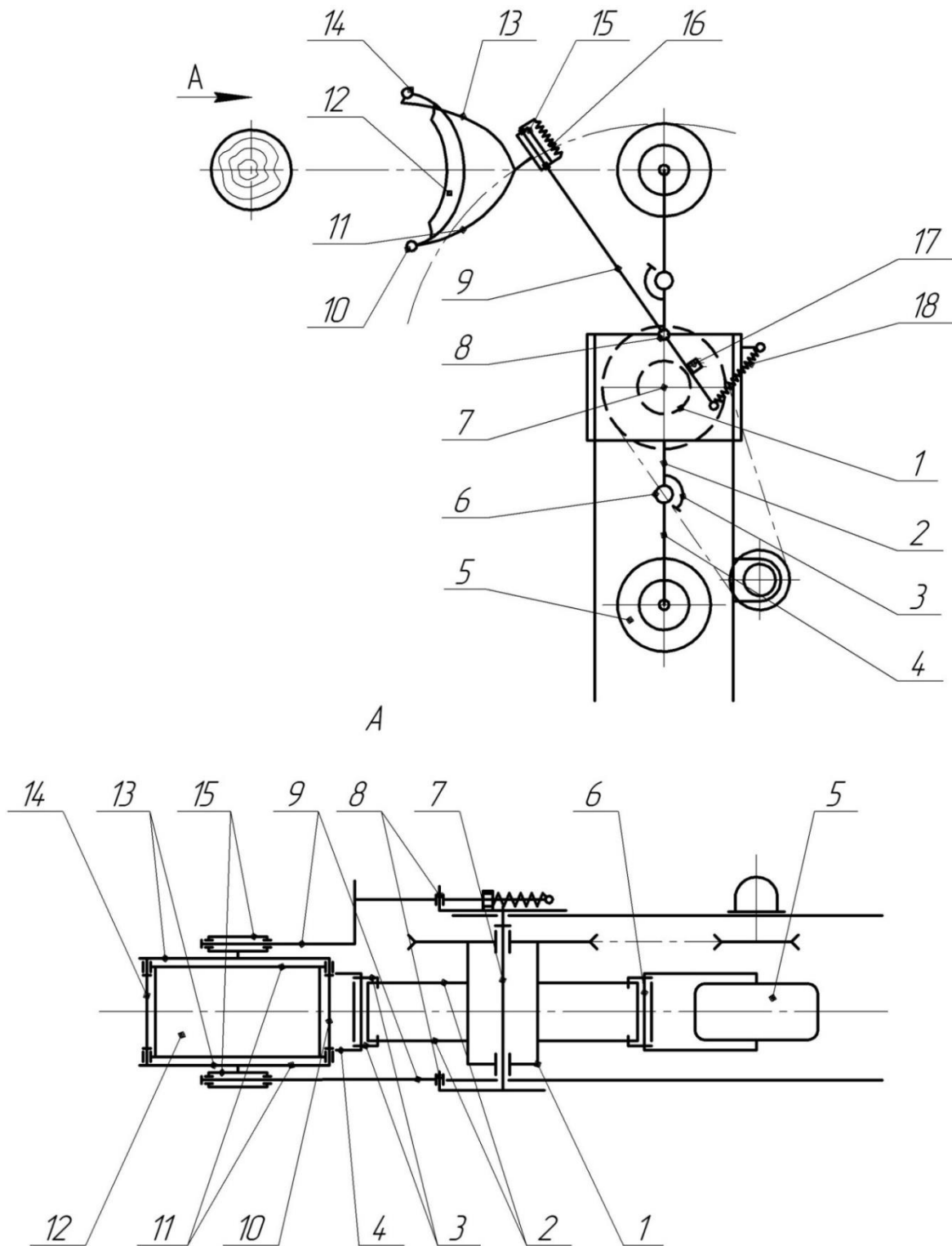
Запропонований струшувач (рис. 2.5) складається з енергетичного засобу 1, струшувача 3 з приводом і копіра 4. Струшувач плодів навішується на енергетичний засіб за допомогою паралелограмної-навіски 2, використовуюваної для регулювання висоти нанесення удару і переведення струшувача в транспортне положення. Як енергетичний засіб можуть використовуватися трактори маса 1,4 (МТЗ-80, МТЗ-82).

Струшувач (рис. 2.6) складається з роторного ударника та захисного фартуха. Ударник містить маточину 1, на якій кріпляться кривошипи 2, на осях 6 яких розміщені повідці 4 із закріпленими на їх кінцях роликами 5. Кутове переміщення повідця обмежується упорами 3. Кожен з роликів



1 – енергетичний засіб; 2 – паралелограмна підвіска; 3 – струшувач;
4 – копір

Рисунок 2.5 – Схема збирального агрегата для знімання плодів



1 – ступиця; 2 – кривошпи; 3 – упори; 4 – повідки; 5 – ролики;
 6,7,10,14 – осі; 8 – піввісь; 9 – направляючі балки; 11,13 – балки
 утримуючі; 12 – фартух захисний; 15 – каретки; 16 і 18 – пружини;
 17 – упор-фіксатор.

Рисунок 2.6 – Конструктивна схема роторного ударного струшувача

представляє маточину з пустотілою гумовою оболонкою, повністю заповненою сипучим матеріалом для зменшення коефіцієнта пружності удару. Ступиця 1 на підшипниках посаджена на вісь 7, яка кріпиться до плити рами струшувача.

Захисний фартух 12 являє собою еластичну порожнисту оболонку, частково заповнену сипучим матеріалом, яка важільним механізмом кріпиться до рами струшувача. Механізм забезпечує введення фартуха в зону завдання ударів і складається з двох напрямних балок 9, виконаних з труби круглого перерізу. Балки одним кінцем шарнірно кріпляться до півосей 8 плит рами струшувача, а іншим з'єднані між собою віссю.

На направляючих балках 9 розміщені каретки 15 із закріпленими на них утримуючими балками 11 і 13. Кінці балок з'єднані між собою осями 10 і 14, до яких чотирма шарнірами прикріплені захисний фартух.

У вихідному положенні каретки 15 утримуються пружинами 16, а направляючі балки притискаються до упору-фіксатора 17 пружиною 18. Привід струшувача здійснюється через клинопасову передачу гідродвигуном, з'єднаним з гідросистемою трактора.

На відміну від раніше згаданих струшувачів, в цьому, до передавання дереву ударного імпульсу до кори притискається захисний фартух 12, штамп, що щільно облягає, в результаті розтікання сипучого матеріалу по незаповненому об'єму фартуха. Подальше переміщення агрегату супроводжується входом штамба до зони взаємодії з ударними роликками. Під дією реакції штамба каретки 15 переміщуються по напрямних балках 9, які провертаються навколо півосей 8 рами струшувача, забезпечуючи притискання фартуха до кори в місці нанесення удару з постійним зусиллям. Ударні імпульси передаються штамбу через фартух, що оберігає кору від ушкоджень внаслідок зменшення нормальних та тангенційних тисків на неї.

Під час знаходження штамба в зоні взаємодії з ударником йому передаються періодичні ударні імпульси, під дією яких дерево струшується, плоди обсипаються і надалі підбираються.

Робочий цикл закінчується виходом важільного механізму контакту зі штаблом і повернення направляючих балок 9 і кареток 15 під дією пружин 17 і 18 у вихідне положення.

Копір 4 (рис. 2.5) призначений для водіння струшувача по штаблах дерев і виконаний у вигляді жорсткої консолі, один кінець якої закріплений на рамі струшувача, а на іншому – за допомогою пружної паралелограмної підвіски, змонтована лижа зі стрілкою-вказівником так, щоб вона була видно трактористу і розміщувалася над шкалою, проградуєваною з урахуванням діаметра штабла.

Описаний струшувач плодів (рис. 2.6) простий у конструкції, надійний в експлуатації, оскільки динамічно врівноважений внаслідок закріплення на повідках ротора дебалансів, енергетичному засобу передаються незначні коливання.

Накладки ударних ріжків, виконані у вигляді шин 200x100 ТУ3810451-91, і оболонки захисного фартуха були заповнені полімерною крихтою, що має при діаметрі гранул 3,5-4,5 мм насипну щільність 0,6 г/см³ і незначний коефіцієнт внутрішнього тертя.

Висновки

1. Знімання плодів з дерева без пошкодження кори штабла дозволяє здійснювати штабловий ударний струшувач безперервної дії, який складається з роторного ударного механізму та захисного фартуха з важільним механізмом кріплення до рами струшувача за рахунок формування зони контакту струшувача зі штаблом до моменту завдання удару.

2. Захисний фартух доцільно виконати у вигляді еластичної пустотілої оболонки частково заповненої сипучим матеріалом

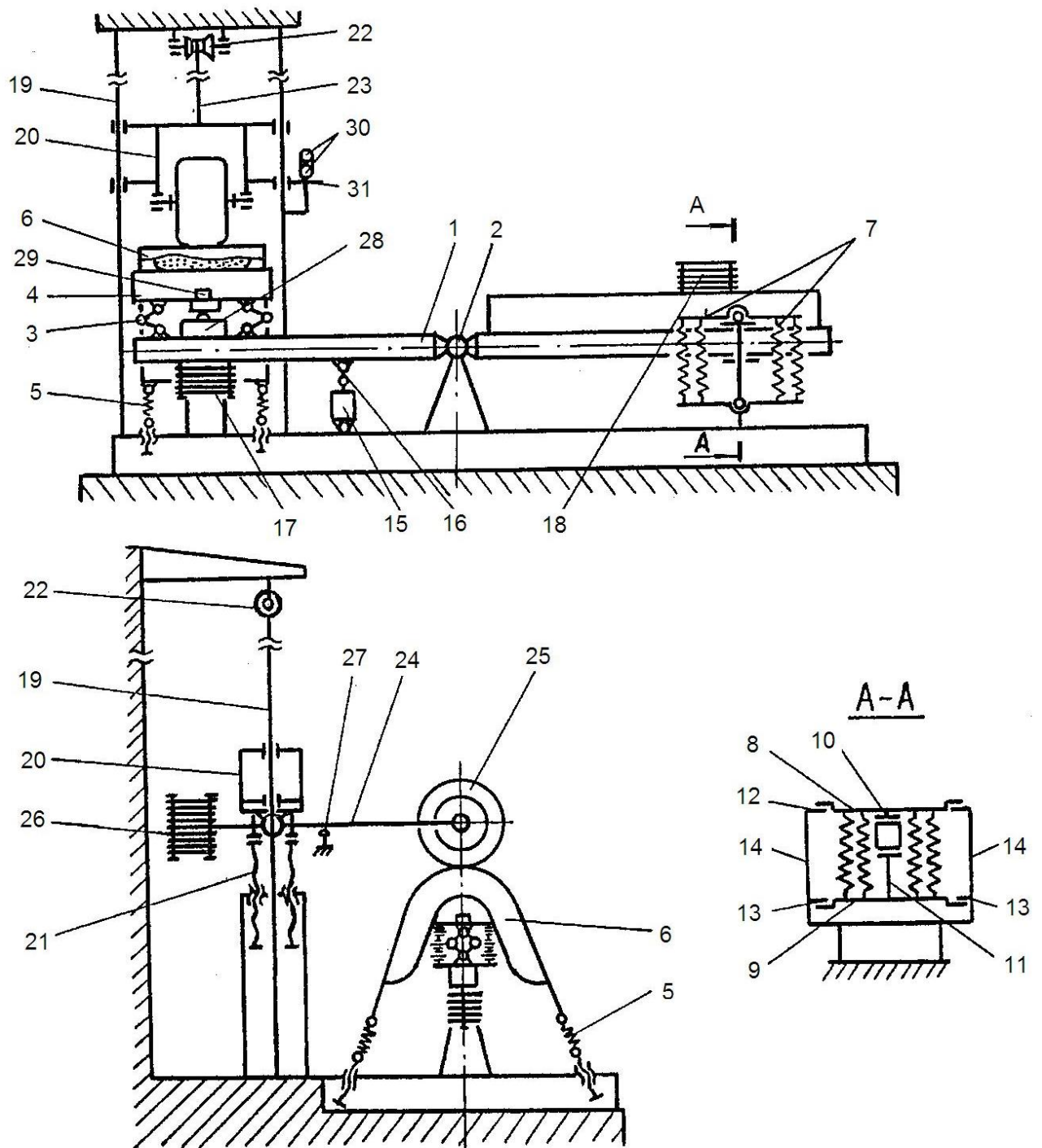
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Опис лабораторної установки для експериментальних досліджень

Лабораторні випробування із визначення режимів та параметрів процесу взаємодії ударного ролика із штамбом дерева через захисний фартух механізму захисту кори від ударів виконувалися із використанням лабораторної випробувальної установки (рисунок 3.1 і 3.2), що складається з випробувального стенду та обладнання для вимірювання [17, 20].

Випробувальний стенд містить (рисунок 3.1) фізичну модель (імітаційний зразок) плодового дерева, яка зроблена у вигляді важеля 1, що обертається навколо осі 2. На кінці важеля 1 зафіксовано імітаційний зразок 4 штамба плодового дерева, за допомогою паралелограмного механізму 3, який зроблений у вигляді труби, що має круглий поперечний переріз із діаметром, який наближений до діаметру штамба досліджуваного плодового дерева. Важільні механізми 3 дозволяють переміщувати імітаційний зразок штамба дерева 4 у вертикальному напрямі. До цих механізмів також може кріпитися частина зразка штамба плодового дерева. До імітаційного зразка притиснений захисний фартух 6 за допомогою регулювальних пружин 5 із певним зусиллям [17, 20].

Вільне переміщення важеля 1 навколо осі 2 обмежене блоком 7 регулювальних пружин розтягу, які створюють жорсткий опір кутовому переміщенню. Плити 8 і 9 притискаються блоком пружин 7 та обмежені у переміщенні упорами 10 і 11 відповідно до пів осі 12 і 13. В'язкий опір переміщенню пів осі важеля 1 виникає завдяки демпферу 15, який з'єднаний із важелем за допомогою шатуна 16. Вантажі 17 і 18, що закріплені на важелі 1 є змінними і дають змогу регулювати зусилля притискання. Горизонтальне положення важелі 1 вказує на те, що сили опору (жорсткості і в'язкості) переміщенню дорівнюють нулю і сума моментів сил відносно осі 2 також рівна нулю [17, 20].



- 1 – важіль; 2 – вісь; 3 – важільний механізм; 4 – імітаційний зразок штамба;
 5 – пружини; 6 захисний фартух; 7 – блок пружин; 8, 9 – плити;
 10, 11 – упори; 12, 13 – півосі; 14 – стійки; 15 – демпфер; 16 – шатун;
 14, 18, 26 – вантажі; 19 – направляючі; 20 – падаюча рамка; 21 – упор;
 22 – блок; 23 – канат; 24 – балка; 25 – ударний ролик; 27 – опора;
 28 – мес доза; 29 – акселерометр; 30 – фоторезисторні датчики;
 31 – прапорець

Рисунок 3.1 – Схема лабораторного стенда

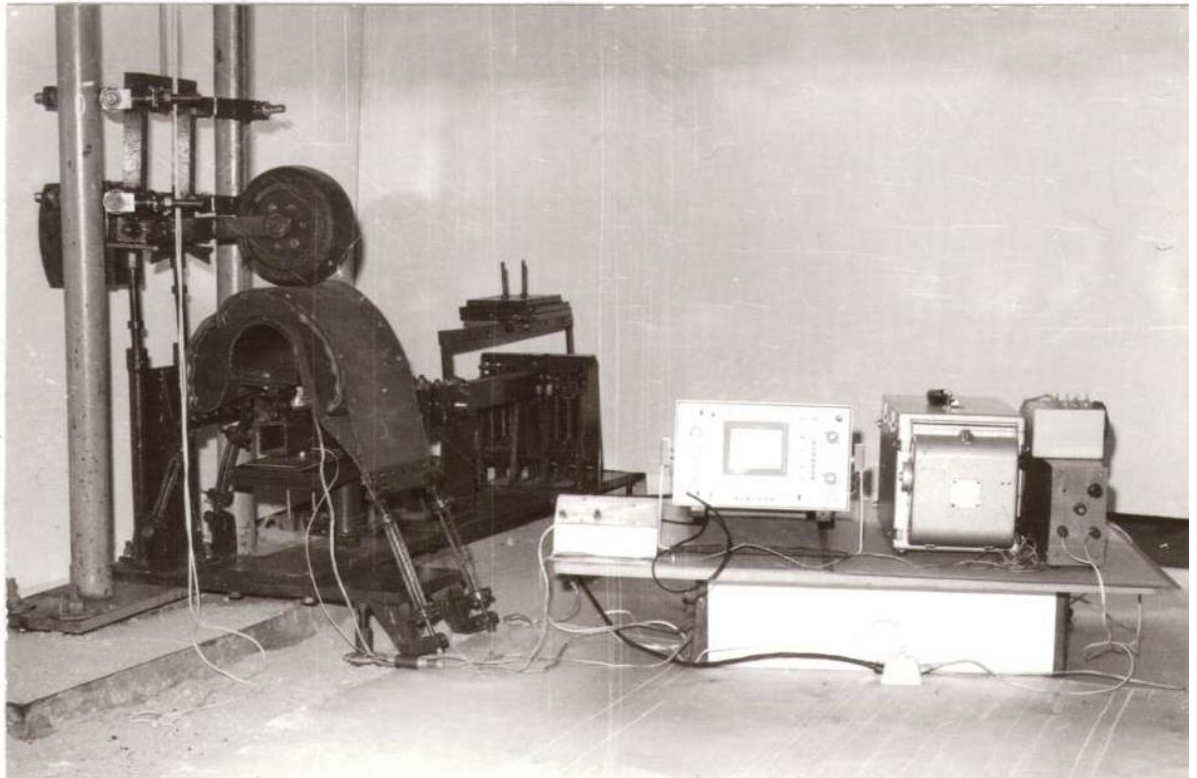


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд випробувального стенда для дослідження ударної взаємодії ролика зі штаблом через захисний фартух

Випробувальний стенд (рисунок 3.2) оснащений ударним роликом (копіром) для створення ударної взаємодії по імітаційному зразку штабла дерева через захисний фартух.

Стенд складається із падаючої рамки 20, яка вільно переміщується у направляючих стояках 19, упору 21 рамки, із можливістю регулювання, підйимального механізму. Цей механізм містить блок 22 та канат 23, який одним кінцем з'єднаний із рамкою, а до іншим прикладається зусилля [17, 20].

Ударний ролик 25 закріплений до рамки 20 шарнірно за допомогою балки 24. До цієї балки закріплені вантажі 26, які дають змогу регулювати приведену масу ролика для імітації умов роботи струшувача, для забезпечення реальних умов знімання плодів. Упор 27 забезпечує

перпендикулярне розміщення балки з ударним роликом відносно осі направляючих стояків 19.

Вимірювальна частина стенда має месдозу 28, яка приймає зусилля удару по імітаційному зразку штамба 4, п'єзоелектричний акселерометр 29 та фото резисторні давачі 30, що фіксують розташування рамки. Давач 30 має вигляд розташованих один навпроти на одній осі іншого джерела світла та фото резистора. Цей фото резистор сприймає випромінювання від джерела світла, яке може перекриватися за допомогою прапорця 31, що закрплений на падаючій рамці 20. Двоканальний електронний осцилограф реєструє електричний сигнал (рисунки 3.2.), а також сигнали від фоторезисторних датчиків 30 (рисунок 3.2), в напрямі нанесення удару роликом [20].



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд акселерометра та месدوزи

Перед виконанням експериментальних досліджень на даній лабораторній установці було проведено перевірку адекватності фізичної моделі імітаційного зразка та реального плодового дерева. Критерієм адекватності були прискорення імітаційного зразка штамба дерева в місці контакту ударного ролика та штамба через захисний фартух, на яке впливають розмірні показники дерева та параметри струшувача.

3.2 Методика проведення досліджень щільності заповнення накладки захисного фартуха

Щільність заповнення пустотілої оболонки захисного фартуха (накладки) полімерною крихтою впливає на ефективність його застосування. Тому для визначення показника щільності залежно від сорту та віку дерева, необхідно здійснити аналіз процесу взаємодії ударного ролика із штаблом плодового дерева через захисний фартух. Цей процес можна поділити на три етапи.

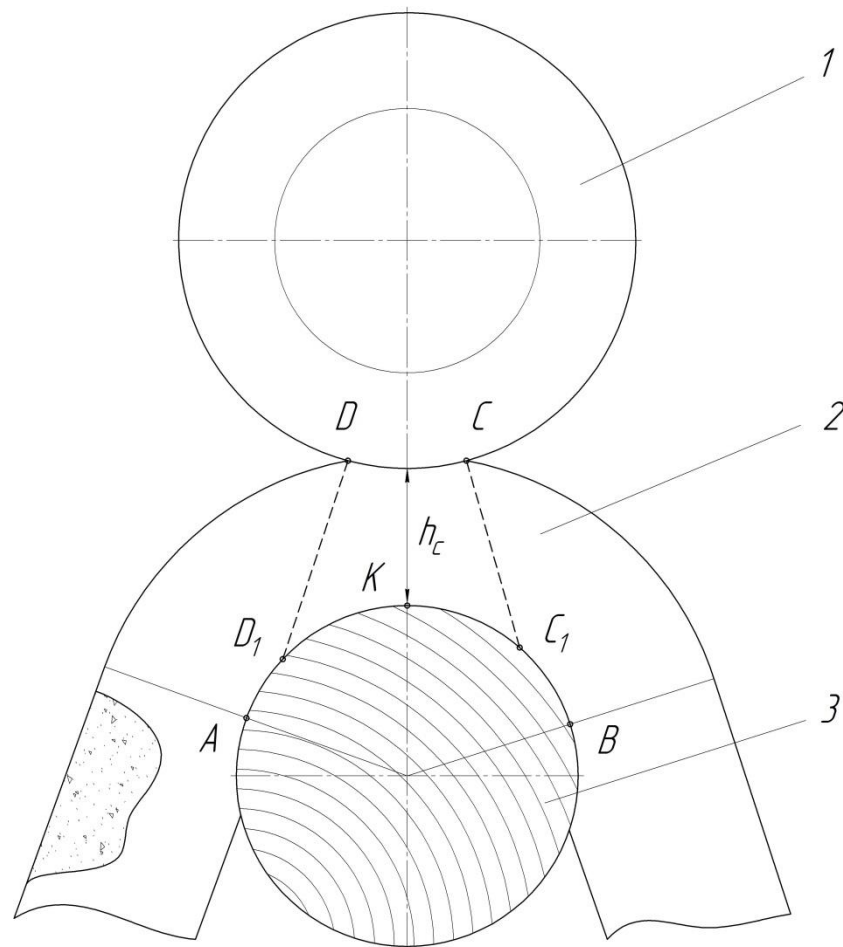
Перший етап передбачає першопочаткове ущільнення полімерної крихти до моменту удару під дією зусилля пружин важільного механізму кріплення фартуха до рами струшувача. Внаслідок дії цих зусиль між оболонкою і штаблом виникає площа охоплення S_o (див. дуга АВ на рисунку 3.4).

Другий етап – це виникнення додаткового ущільнення сипучого матеріалу в момент нанесення удару роликом та утворення площі контакту S_k ролика із зовнішньою поверхнею оболонки захисного фартуха (див. дуга DC на рисунку 3.4).

На третьому етапі відбувається передача ударного імпульсу штабму дерева через фартух, на площі $S_{уд}$ (див. дуга D_1C_1 на рисунку 3.4).

На площі охоплення S_o впливають діаметр штамба дерева, а на площі S_k і $S_{уд}$ – фізичні властивості та товщина шару сипучого матеріалу

(полімерної крихти) h_c в момент удару, тобто повного ущільнення між ударним роликком і штаблом дерева (рисунок 3.4).



1 – ролик; 2 – захисний фартух; 3 – штабл

Рисунок 3.4 – Схема взаємодії ролика із штаблом дерева через захисний фартух в момент удару

Збільшення товщини шару сипучого матеріалу (полімерної крихти) h_c веде до збільшення площі контакту S_k та площа, якій передається ударний імпульс $S_{уд}$, що в свою чергу веде до зменшення тиск на кору дерева. Значення площі, якій передається ударний імпульс $S_{уд}$ обмежене площею охоплення S_o , яка залежить від діаметру штабла дерева. Тому найбільше використання площі охоплення штабла плодового дерева захисним фартухом та найменше навантаження на кору дерева ($S_{уд} = S_o$) досягається за певної товщини сипучого матеріалу (крихти). Наступне збільшення товщини шару

крихти h_c є недоцільним, оскільки збільшується гасіння енергії удару ролика по штамбу в момент передачі її через шар гуми та сипучого матеріалу.

Визначення величин всіх цих площ є складним, тому для спрощення розрахунків вводимо узагальнений показник – $S_{ум}$ умовна площа контакту. Визначається вона за залежністю:

$$S_{ум} = \frac{10^6 F_i}{\sigma_i}, \quad (3.1)$$

де $S_{ум}$ – умовна площа контакту, м²;

F_i – зусилля удару, яке передається штамбу дерева за деякої i -ої товщини сипучого матеріалу, Н;

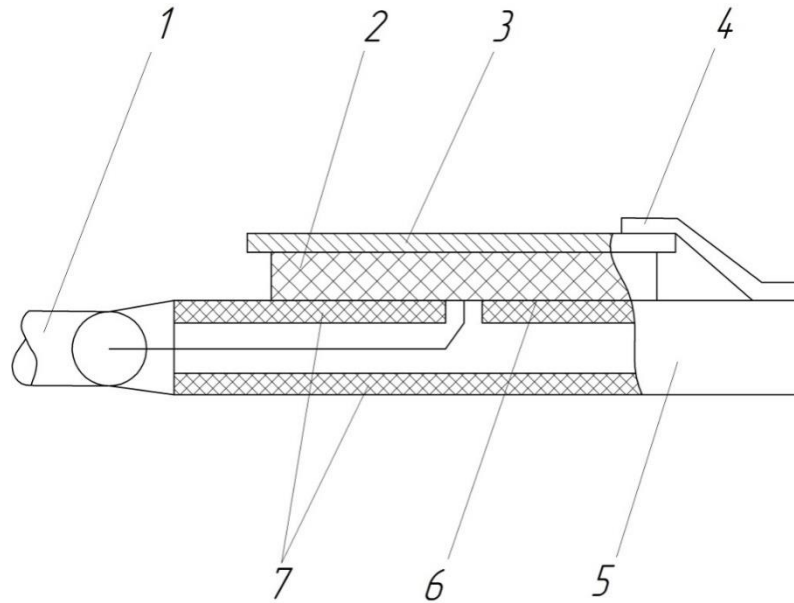
σ_i – тиск, який виникає на поверхні штамба дерева за певної i -ої товщини сипучого матеріалу в найбільш навантаженій точці (точка К, див рисунок 3.4), МПа.

Показник умовної площі контакту дозволить здійснити аналіз процесу взаємодії ударного ролика зі штабом дерева через захисний фартух та розрахувати раціональну товщину сипучого матеріалу (полімерної крихти) h_c .

Досліди виконувалися із використанням лабораторної установки (рисунки 3.1 і 3.2). Двоплечевий важіль 1 встановлювали на максимальну жорсткість за допомогою пружин 7. Захисний фартух із пустотілою оболонкою, яку заповнили полімерною крихтою, встановлювали на частину штамба дерева із датчиком тиску. Це все розміщували на одному з кінців двоплечевого важеля. За допомогою копіра наносився удар по штамбу із захисним фартухом. Копір являє собою рамку із ударним роликом 20, яка під вагою опускалася із певної висоти.

Тиск в найбільш навантаженій точці К (рисунок 3.4) записувався за допомогою ємнісного датчика, який підключається через детектор, підсилювач і блок регулювання до осцилографа [20]. Ємнісний датчик тиску фіксувався на імітаційний зразок штамба дерева та містить (рисунок 3.5) прозору текстолітову пластину 5, поверхні якої покриті фольгою 7. Робоча верхня поверхня пластини 5 вирізана та ізольована квадратна ділянка

фольгою 6. До датчика в середині пластини 5 під'єднано коаксіальний кабель 1, а його обплетення приєднане до верхньої та нижньої поверхонь фольги пластини 7. До робочих поверхонь пластини 5 симетрично ізольованій ділянці 6 приклеєна жорстка провідна накладка 3, з'єднана з верхньою фольгою 7 пружною пластинкою 4.



1 – кабель; 2 – прокладка; 3 – накладка; 4 – пластинка; 5 – пластина;
6 – ізольована ділянка фольги; 7 – поверхня із фольгою

Рисунок 3.5 – Принципова схема датчика тиску

Під дією тиску на робочу поверхню датчика, пружна прокладка 2 деформується, це приводить до зміни високочастотної напруги на детекторі. Напруга в детекторі також змінюється та підсилюється диференціальним підсилювачем і далі подається на блок регулювання та на нього – на осцилограф.

Тиск, який діє на датчик, визначається за формулою:

$$p = \frac{h_p \mu_p}{10^6 S_n}, \quad (3.2)$$

де p – тиск, МПа;

h_p, μ_p – відповідно висота (мм) та масштаб (Н/мм) осцилограми;

S_n – робоча площа поверхні датчика, м².

Силу удару F вимірювали месдозою, яку під'єднали до осцилографа через блок регулювань. Визначали за формулою:

$$F = h_F \mu_F, \quad (3.3)$$

де h_F μ_F – відповідно висота (в поділках) і масштаб (Н/поділ) осцилограми.

Перше удар наносився роликком по імітаційному зразку штамба через захисний фартух із не заповненою оболонкою. Далі виконувалася досліди в яких кількість крихти змінювали для отримання товщини h_c шару між ударним роликком та зразком штамба в точці K , із кроком 10 мм, від 10 мм до 90 мм.

Досліди виконували із імітаційними зразками штампів діаметром 100 мм, 150 мм і 200 мм. Висота падіння клітки рамки з роликком складала 2,5 м.

3.3 Результати досліджень щільності заповнення накладки захисного фартуха сипучим матеріалом

Для отримання результатів досліджень було заплановано і проведено двофакторний планований експеримент на трьох рівнях залежності умовної площі контакту $S_{ум}$ від діаметру штамбу дерева d і товщини сипучого матеріалу між роликком та штабмом h_c .

Діаметр штамбу дерева змінювали в межах 100...200 мм із кроком 50 мм. Значення кодованих величин X_1 : -1 – 100 мм; 0 – 150 мм; +1 – 200 мм.

Товщина сипучого матеріалу (полімерної крихти) між ударним роликком та штабмом дерева змінювали від 10 до 90 мм із кроком 40 мм. Значення кодованих величин X_2 : -1 – 10 мм; 0 – 50 мм; +1 – 90 мм.

Отримані результати записані у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Результати експериментальних досліджень

X ₁	X ₂	d, мм	h _c , мм	Функція відгуку S _{ум}			
				1	2	3	середнє значення
Кодовані значення		Дійсні значення					
-1	-1	100	10	49	55	52	52
0	-1	150	10	98	101	91	97
1	-1	200	10	107	98	109	104
-1	0	100	50	59	66	57	60
0	0	150	50	101	112	114	109
1	0	200	50	117	114	119	116
-1	1	100	90	67	76	67	70
0	1	150	90	124	129	131	128
1	1	200	90	130	146	138	138

Результати досліджень оброблені за допомогою програмного середовища *STATISTICA*.

Отримано рівняння регресії другого порядку та відповідні поверхні відгуку:

в кодованому значенні змінних (рисунок 3.6):

$$Y_s = 109,22 + 29,33 \cdot X_1 + 13,83 \cdot X_2 - 21,33 \cdot X_1^2 + 4 \cdot X_1 \cdot X_2 + 3,16 \cdot X_2^2;$$

в дійсних значеннях:

$$S_{ум} = 41,22 + 1,76 \cdot h_c + 13,83 \cdot d - 0,0133 \cdot h_c^2 + 0,02 \cdot h_c \cdot d + 0,0013 \cdot d^2.$$

Результати досліджень представлені у вигляді графіків (рисунок 3.7) залежності умовної площі контакту $S_{ум}$ від товщини шару сипучого матеріалу (полімерної крихти) під час моменту удару, тобто його найбільшого ущільнення між роликком і штаблом дерева.

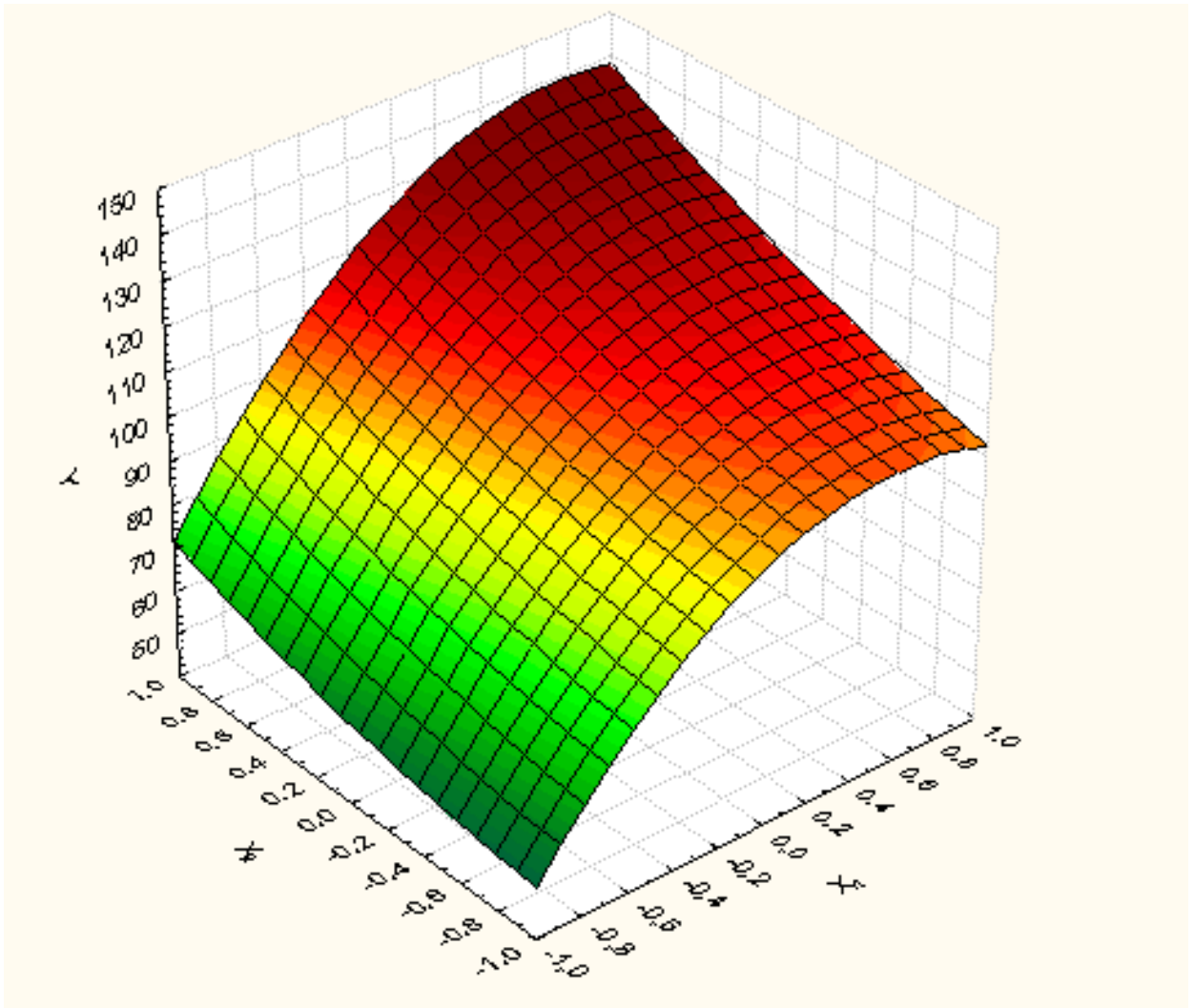


Рисунок 3.6 – Залежність умовної площі контакту Y від товщини сипучого матеріалу (полімерної крихти) між ударним роликком X_1 та штаблом різних діаметрів X_2

Аналіз побудованих графіків показує, що із збільшення товщини шару полімерної крихти значно зростає умовна площа контакту. Це відбувається внаслідок зменшення тиску на кору штамба дерева, також і в найбільше навантаженої точці удару, внаслідок збільшення використання площі охоплення S_o захисного фартуха.

Збільшення умовної площі $S_{ум}$ із зростанням товщини полімерної крихти відбувається до моменту при якому досягається найбільше використання площі S_o , тобто $S_{ум} \approx S_o$. Далі збільшення товщини шару

сипучого матеріалу є недоцільним, тому що відбувається втрата енергії удару в захисному фартуху від додаткового гасіння.

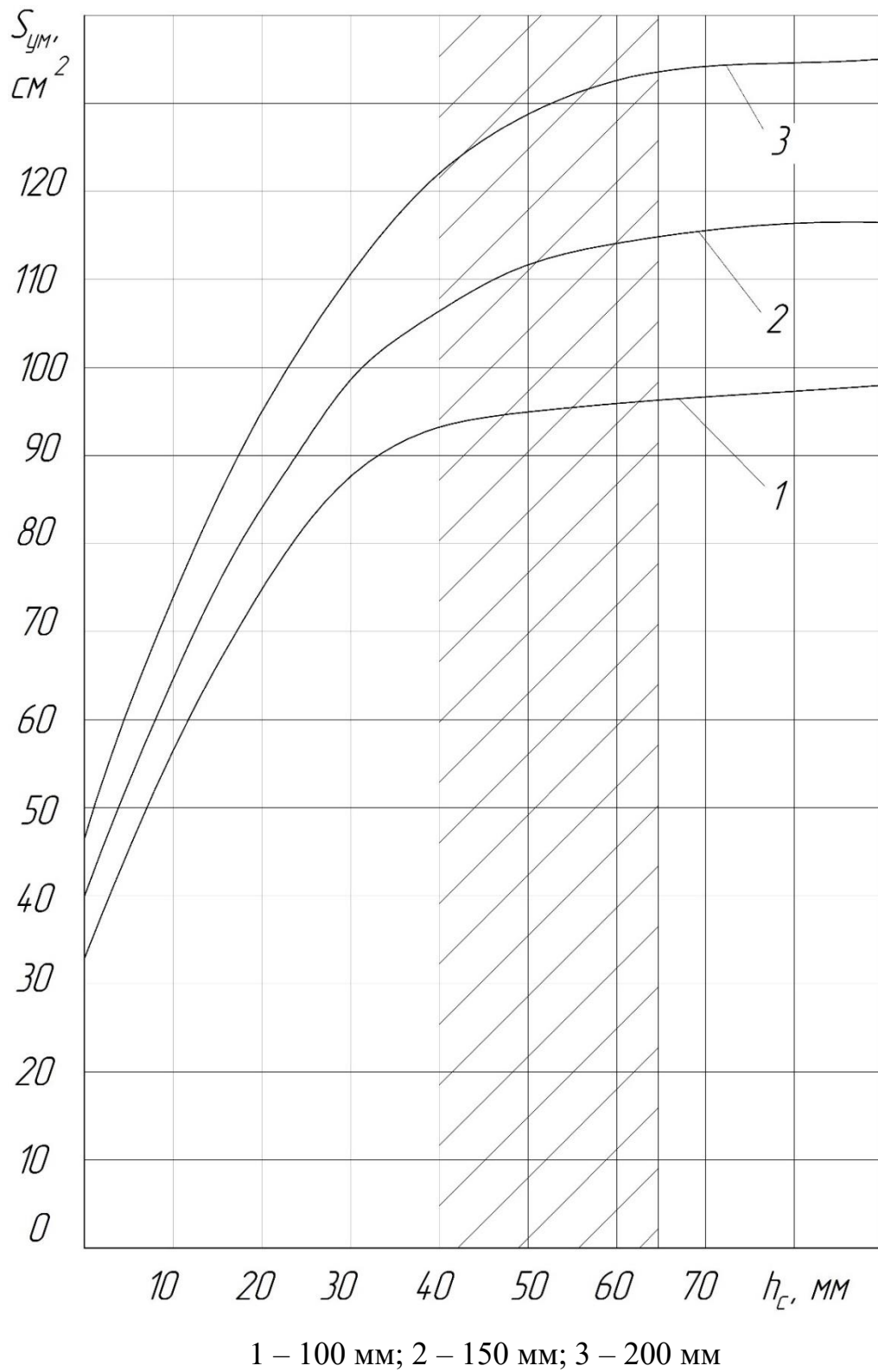


Рисунок 3.7 – Залежність умовної площі контакту від товщини шару сипучого матеріалу між роликком і штаблом дерева за різних діаметрів

Як бачимо із графіків (рисунок 3.7), для діаметрів штабів дерева 100...200 мм товщина шару сипучого матеріалу повністю ущільненого в оболонці під час контакту ролика і захисного фартуха, повинна становити 40...65 мм.

Висновки

Використання роторного ударного струшувача для знімання плодів із механізмом захисту кори дерев від пошкоджень забезпечує повне відокремлення плодів від гілок дерева за допустимих пошкоджень кори штаба і відповідає агротехнічним вимогам. Механізм захисту кори від пошкоджень містить захисний фартух, що закріплений до рами струшувача важільним механізмом та має оболонку заповнену полімерною крихтою.

Рекомендується встановлювати на плодозбиральну машину захисний фартух виконаний у вигляді еластичної пустотілої оболонки, яку частково заповнено полімерною крихтою (гранули діаметром 3,5...4,5 мм та насипною щільністю 0,55 г/см³). Товщина шару між ударним роликом та штабом дерева при найбільшому ущільненні повинна складати 40...65 мм (для штабів дерев діаметром 100–200 мм).

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

4.1 Моделювання процесів виникнення травм, аварій і катастроф

Для аналізу потенційних чи існуючих травмонебезпечних чи аварійних ситуацій, що виявлені при обстеженні робочих місць, машин чи агрегатів, доцільно застосовувати метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій. Проте метод логічного моделювання не може бути використаний для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій і катастроф, оскільки будь-яка аварія чи катастрофа може виникнути внаслідок однієї з багатьох потенційно небезпечних ситуацій [22].

Для проведення аналізу складних систем використовують метод «дерева відказів та помилок оператора». Такий метод дає можливість провести математичну обробку моделі для обчислення ймовірності виникнення аварій, травм та катастроф [22].

Головними принципами побудови моделі є [22]:

- аналізується виробництво в якому можливе виникнення аварій, травм або катастроф;
- приймають головну подію (аварію, травму або катастрофу);
- шляхом логічного аналізу пов'язують головну подію з наступною, що зумовлює її виникнення, покроково приходячи до кінцевих подій з яких починає формуватися головна подія.

Для того щоб запровадити на виробництві оцінку рівня безпеки певного об'єкта або явища, потрібно мати простий і доступний метод розрахунку значень ймовірності випадкового явища [22].

На основі огляду робочого місця чи технологічної машини (обладнання) виявляють можливі ризики, що можуть призвести до аварійної чи травмонебезпечної ситуації. Під час оцінки небезпечних ситуацій

визначають події, із яких вибирають головну випадкову що використовують для виконання побудови логіко-імітаційної моделі.

Обирають головну випадкову подію керуючись оцінкою відповідного об'єкта виробництва та змісту його найнебезпечнішого явища, що може з'явитися на виробництві за виникнення певних умов.

Відібравши головну подію виконують побудову логіко-імітаційної моделі. Визначають перелік ситуацій, які можуть спричинити до виникнення головної події та об'єднують їх з головною подією за допомогою операторів «І» та «АБО» [22].

Після визначення аварійних або травмонебезпечних ситуацій і їх кількості, методом логічного аналізу визначають інші події, які входять до кожної такої ситуації також використовуючи оператори «І» та «АБО». Виконання побудови триває доти, поки повністю будуть знайдені всі базові події [22].

Оператор «І» також застосовують, коли вихідна подія відбувається, якщо водночас реалізуються всі вхідні події [22].

Вихідна подія оператора «АБО» виконується, якщо має місце хоча б одна з вхідних подій [22].

Як правило оператори логіко-імітаційних моделей зображують у вигляді символів. Вони з'єднують події відповідно до причинних співвідношень між ними і обов'язково повинні мати вхід і вихід. Оператор може мати кілька входів, проте вихід повинен бути тільки один [22].

Побудована модель піддається математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, починаючи з базових і закінчуючи головною. Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва.

Математичні обчислення ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули [22].

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора «І» входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2, \quad (4.1)$$

2. За допомогою оператора «І» три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3, \quad (4.2)$$

3. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора «АБО» входять до третьої події. Тоді її ймовірність P_3 буде:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2, \quad (4.3)$$

4. Оператор «АБО» об'єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 , які за допомогою нього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1P_2 - P_1P_3 - P_2P_3 + P_1P_2P_3, \quad (4.4)$$

Поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, визначають ймовірність виникнення головної події.

Для обчислення ймовірності виникнення травми при роботі з установкою для активного вентилявання сіна, використаємо логіко-імітаційну модель процесу її процесу (рисунок 4.1).

Ймовірності базових подій прийmemo умовно:

- стан контролю (P_1) – 0,3;
- професійний рівень працівників (P_5) – 0,5;
- ізоляція відсутня (P_2) – 0,4;
- несправна мережа (P_7) – 0,3;
- заземлення не відводить електричний струм (P_{24}) – 0,1;
- до обладнання доторкався працівник (P_{24}) – 0,1.

Відповідно до логіко-імітаційної моделі проводимо розрахунки ймовірностей подій за формулами (4.1)...(4.4).

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2$$

$$P_3 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,65.$$

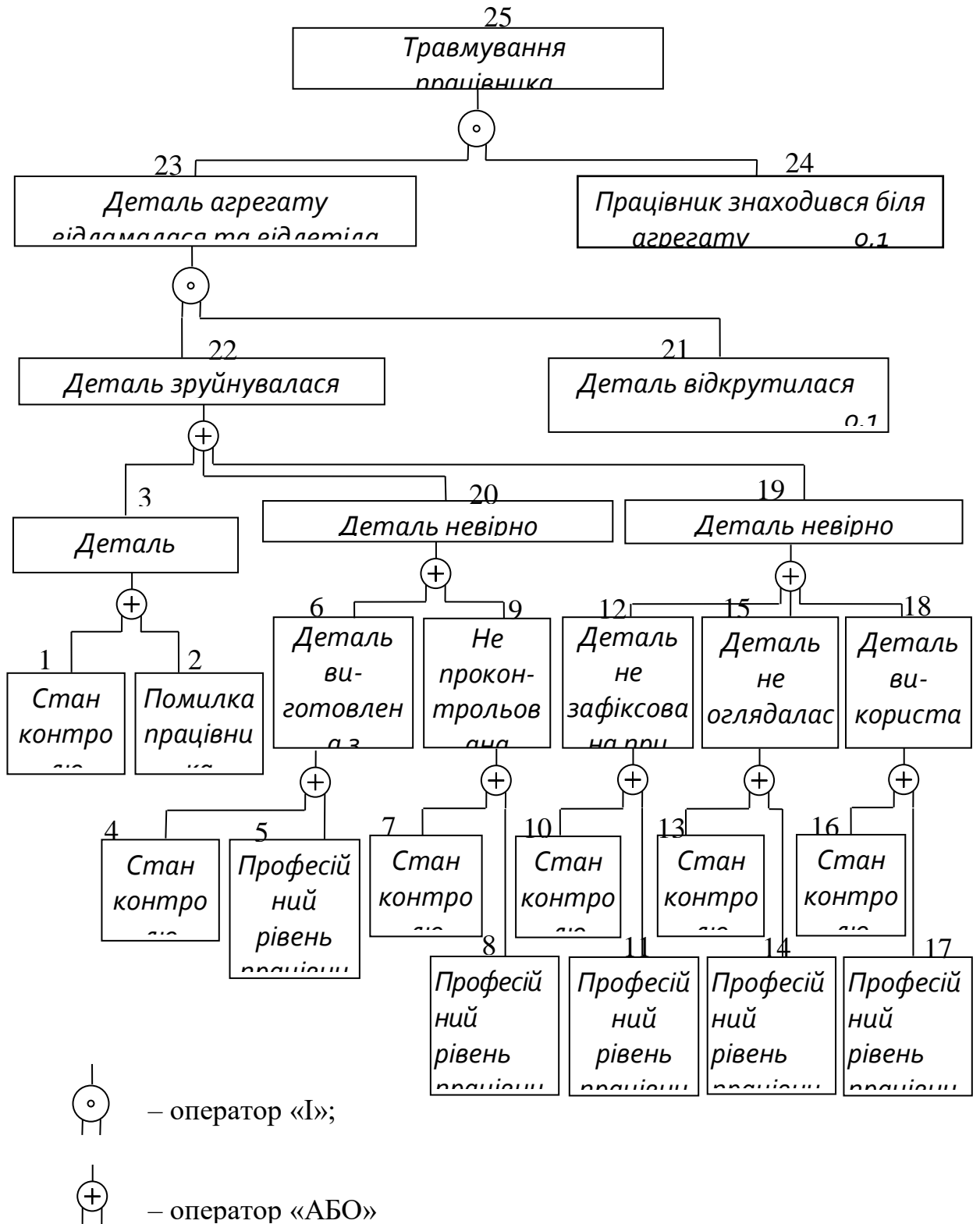


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми під час роботі роторного ударного струшувача плодів

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера:

$$P_6 = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58;$$

$$P_9 = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58;$$

$$P_{12} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58;$$

$$P_{15} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58;$$

$$P_{18} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4 = 0,58;$$

$$P_{20} = 0,58 + 0,58 - 0,58 \cdot 0,58 = 0,82;$$

$$P_{19} = 0,58 + 0,58 + 0,58 - 0,58 \cdot 0,58 - 0,58 \cdot 0,58 - 0,58 \cdot 0,58 + \\ + 0,58 \cdot 0,58 \cdot 0,58 = 0,46;$$

$$P_{20} = 0,58 + 0,58 - 0,58 \cdot 0,58 = 0,82;$$

$$P_{22} = 0,65 + 0,82 + 0,46 - 0,65 \cdot 0,82 - 0,82 \cdot 0,46 - 0,65 \cdot 0,46 + \\ + 0,65 \cdot 0,82 \cdot 0,46 = 0,69;$$

$$P_{23} = 0,69 \cdot 0,1 = 0,069;$$

$$P_{25} = 0,0069 \cdot 0,1 = 0,00069.$$

Отже, як показали розрахунки ймовірність виникнення аварії (травмування працівника) становить 0,69. Ймовірність виникнення травми є значно нижчою від ймовірності виникнення аварії і становить 0,0069, а це означає, що на кожні 1000 таких робочих місць, при наявності таких подій, можна очікувати 6,9 травм.

Логіко імітаційні моделі аварій та травм дають можливість спрогнозувати і, ти самим, зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Таким чином, для оцінки рівня небезпеки робочого місця необхідно побудувати логіко-імітаційну модель потенційно небезпечних ситуацій та обчислити ймовірність виникнення травми.

4.2 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення

Одним з найважливіших завдань служби охорони праці є забезпечення захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій [21,22].

Адже, актуальність проблеми природно-техногенної безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невідомо зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Відповідальність за організацію цивільної оборони згідно із Законом “Про цивільну оборону України” лягає на керівника господарства. Керівництво господарства повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [21].

Найбільш повне та організоване виконання заходів цивільної оборони на об’єкті досягається завчасною розробкою плану заходів, які необхідні проводити при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій [21]:

- оповіщення та інформуванні, яке досягається утриманням в постійній готовності систем оповіщення, які переважно інформують про прогноз погоди;
- спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою, забезпечується створенням та підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості;
- укриття в захисних спорудах, якому підлягає працююча зміна та усе населення, досягається створенням фонду захисних споруд;
- евакуаційні заходи, які проводяться на території господарства та за його межами переважно під час виникнення пожеж;

- медичний захист проводиться для зменшення ступеня зараження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим;
- біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно – господарських, спеціальних протиепідемічних та медичних заходів;
- радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, засобами індивідуального захисту.

Одним із основних завдань цивільної оборони є навчання населення вмінню застосування засоби індивідуального захисту та дій у надзвичайних ситуаціях [21].

Тому заходи щодо зниження ступеня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою завчасної підготовки підприємств від надзвичайних ситуацій та створення умов для підвищення стійкості їх роботи, проведення своєчасних робіт щодо рятувальних заходів [21].

4.3 Вплив технології на стан довкілля

З розвитком аграрного виробництва значно зріс у негативному напрямку вплив людини на природу. Розвиток сільськогосподарського виробництва спричинив перехід людини від споживання продуктів природного походження до вжитку природних умов та ресурсів, для вирощування рослин та тварин.

На теперішній час аграрне виробництво характеризується середнім ступенем контакту із навколишнім середовищем та є одним із основних.

Інтенсивне сільськогосподарське виробництво передбачає використання великої кількості тракторів, самохідних машин, добрив і

отрутохімікатів. Їх неправильне використання може негативно вплинути на рослинний та тваринний світ і принести шкоду навколишньому середовищу.

Із підвищенням рівня інтенсивності виробництва в сільському господарстві одночасно значно зростає його виснажлива дія на навколишнє природне середовище. Така ступінь інтенсифікації сільськогосподарського виробництва призвела до цілої низки небажаних наслідків: деградації ґрунтів, забруднення навколишнього природного середовища мінеральними добривами та пестицидами, заболоченню, опустеленню та ін. Ці негативні фактори супроводжуються низьким рівнем культури землеробства, застосуванням неефективних та застарілих технологій виробництва сільськогосподарської продукції.

Запропонована технологія збирання плодів передбачає використання важких сільськогосподарських машин та великої кількості проходів тракторів та сільськогосподарської техніки поверхнею садів, що значно впливає на щільність та структуру ґрунту.

Найбільш значної шкоди навколишньому природному середовищу завдають засоби хімічного захисту рослин та мінеральні добрива, які вносяться із порушенням агротехнічних вимог. Оскільки в інтенсивних садах застосування засобів хімічного захисту є неодмінним, то потрібно чітко та неухильно дотримуватися норм внесення отрутохімікатів і дотримання правил техніки безпеки поводження.

Знімання плодів з дерев виконується машинами ударної дії, тому потрібно звернути увагу на процес взаємодії робочих органів (ударних роликів, механізму захисту) із корою дерева. Зважаючи на те, що по штамбу дерева наносяться ударні навантаження, то існує ймовірність пошкодження кори, що, в свою чергу, може негативно вплинути на плодоношення дерева. Необхідно провести ретельніші дослідження впливу робочих органів ударної дії та механізму захисту кори від пошкодження машини для струшування плодів на її вплив на дерева, та його наслідки.

Також, слід зауважити, що під час передачі вібраційних зусиль від робочих органів до штамба дерева, вони передаються кореневій системі. Тому недотримання допустимих коливань може призвести до порушення зв'язку кореневої системи дерева, а це в свою чергу може негативно вплинути на зменшення родючості або взагалі загибелі дерева. Тому потрібно дотримуватись агротехнічних вимог під час виконання операції струшування плодів роторним ударним струшувачем.

Висновки

Розглянуто методику моделювання процесів виникнення травмо-небезпечних або аварійних ситуацій. Здійснено моделювання процесу виникнення травматичної ситуації і виконано оцінку рівня небезпеки під час операції знімання плодів роторним ударним струшувачем.

Також проаналізовано вплив операції струшування плодів роторним ударним струшувачем потокової дії на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОТОРНОГО УДАРНОГО СТРУШУВАЧА ПЛОДІВ

Економічний аналіз проводиться з метою визначення ефективності застосування роторного ударного струшувача плодів із механізмом захисту кори штаблів дерев від пошкоджень під час збиранні плодів. На основі результатів досліджень під час польових випробувань зразка струшувача плодів, який виконував знімання плодів з дерев на підготовлену поверхню в міжрядді саду, були визначені експлуатаційні показники.

Запропонований роторний ударний струшувач порівнювався із струшувачем плодозбирального комбайну «GASEK» польської компанії Jagoda. Під час розрахунків використовувалися основні, нормативно-довідкові матеріали, прайс листи цін на трактори і сільськогосподарську техніку, а також типові норми виробітку і тарифні ставки робітників, що діють на теперішній час при цьому враховуючи, що розвиток сільськогосподарського виробництва характеризується значною нестабільністю цін на техніку та сільськогосподарську продукцію.

Для розрахунку використовувалися вихідні дані станом на 01.09.2023 року (таблиця 5.1). У вихідних даних для розрахунку економічної ефективності роторного ударного струшувача плодів потокової дії, взяті тільки ті показники, що відносяться до технологічного процесу струшування плодів та мають вплив на економічний ефект.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності роторного ударного струшувача плодів

Показники	машина	
	«GASEK»	Запропонований
1	2	3
Продуктивність агрегату за годину змінного часу: га/год	0,12	0,24
Балансова вартість, грн :		
машини	680000	580000
енергетичного засобу	820000	820000

продовження таблиці 5.1.

1	2	3
Річне завантаження, год.: енергетичного засобу машини	210 210	210 210
Чисельність виробничого персоналу, чол.: основного допоміжного персоналу	1 2	1 2
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного Персоналу	95	95
допоміжного персоналу	80	80
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного персоналу	1,1	1,1
допоміжного персоналу	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:		
енергетичного засобу (трактора)	0,142	0,142
машини	0,125	0,125
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		
енергетичного засобу (трактора)	0,22	0,22
машини	0,16	0,16
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:		
енергетичного засобу (трактора)	0,04	0,04
машини	0	0
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	50,73	50,73
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	50	50
Коефіцієнти затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування енергетичного засобу (трактора)	0,065	0,065
машини	0,065	0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень		0,15
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту		0,95
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову		1,1

Розрахунок економічної ефективності запропонованого струшувача проводиться на ПК з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Вихідні дані з таблиці 5.1 заносилися в розроблену програму. Показники економічної ефективності розраховувалися за відомими формулами та отримані результати виводяться у таблицю 5.2 результатів розрахунку економічної ефективності.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку економічної ефективності струшувача плодів

Показники	машина	
	Базова	Удосконалена
1. Річне напрацювання, га	25,2	50,4
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	2337	1168,75
– паливо-мастильні матеріали	2536	2536,5
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	12777	6071,43
– реновацію	7993	3748,81
– інші прямі затрати	830	394,64
– всього прямих затрат	26476	13920,13
3. Капітальні вкладення, грн/га	59524	27778
4. Зведені затрати, грн/га	35405	18087
5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	872815
6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	3173873
7. Верхня межа ціни нової машини, грн	—	3412612
8. Лімітна ціна нової машини, грн	—	3241981
9. Затрати праці, люд.-год/га	25	12,5
10. Річна економія праці, люд.-год.	—	630
11. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	50
– прямих затрат	—	47,42
– зведених затрат	—	48,91
– капіталовкладень	—	53,33

Як бачимо з таблиці 5.2 відсоток зменшення затрат праці складає 50 % за рахунок підвищення продуктивності запропонованого агрегату. Також досягнуто зменшення прямих затрат на 47,42 %, зведених на 48,91 % та капіталовкладень на 53,33 %. Річний економічний ефект від експлуатації роторного ударного струшувача плодів потокової дії із механізмом захисту кори від пошкоджень порівняно з струшувачем плодів «GASEK» буде становити 872815 гривень (в цінах на 01.09.2023 р.) за умови річного навантаження 50,4 гектарів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Розглянуто існуючі конструкції струшувачів плодозбиральних машин, їх особливості. Описано та проаналізовано існуючі механізми та пристрої для захоплення штамба плодового дерева чи скелетної гілки.

Обґрунтовано доцільність та актуальність проблеми знімання плодів ударними машинами потокової дії із механізмами захисту кори від пошкоджень.

Знімання плодів з дерева без пошкодження кори штамба дозволяє здійснювати штаббовий ударний струшувач безперервної дії, який складається з роторного ударного механізму та захисного фартуха з важільним механізмом кріплення до рами струшувача за рахунок формування зони контакту струшувача зі штаббом до моменту завдання удару.

Захисний фартух доцільно виконати у вигляді еластичної пустотілої оболонки частково заповненої сипучим матеріалом.

Використання роторного ударного струшувача для знімання плодів із механізмом захисту кори дерев від пошкоджень забезпечує повне відокремлення плодів від гілок дерева за допустимих пошкоджень кори штамба і відповідає агротехнічним вимогам. Механізм захисту кори від пошкоджень містить захисний фартух, що закріплений до рами струшувача важільним механізмом та має оболонку заповнену полімерною крихтою.

Рекомендується встановлювати на плодозбиральну машину захисний фартух виконаний у вигляді еластичної пустотілої оболонки, яку частково заповнено полімерною крихтою (гранули діаметром 3,5...4,5 мм та насипною щільністю 0,55 г/см³). Товщина шару між ударним роликком та штаббом дерева при найбільшому ущільненні повинна складати 40...65 мм (для штаббів дерев діаметром 100–200 мм).

Розглянуто методика моделювання процесів виникнення травмо-небезпечних або аварійних ситуацій. Здійснено моделювання процесу

виникнення травматичної ситуації і виконано оцінку рівня небезпеки під час операції знімання плодів роторним ударним струшувачем. Також проаналізовано вплив операції струшування плодів роторним ударним струшувачем потокової дії на навколишнє середовище.

Річний економічний ефект від експлуатації роторного ударного струшувача плодів потокової дії із механізмом захисту кори від пошкоджень порівняно з струшувачем плодів «GACEK» буде становити 872815 гривень (в цінах на 01.09.2023 р.) за умови річного навантаження 50,4 гектарів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. А.с. 1454304. Струшувач плодів. Шевчук Р.С., Шестопад С.Я., Крунич О.М. Заявл. 25.12.86, опубл. в бюл. №24, 1989.
2. А.с. 1544258. Струшувач плодів. Шевчук Р.С., Крунич О.М., Цимбал А.А. Заявл. 06.05.88, опубл. в бюл. №7, 1990.
3. А.с. 1535444. Струшувач плодозбиральної машини. Зиков А.В., Лазарєв В.І., Парашуков А.І. Заявл. 07.04.88., опубл. бюл. №2 1990.
4. А.с. 1279561. Струшувач плодів. Шевчук Р.С., Варламов Г.П., Цимбал А.А. Заявл. 14.05.85, опубл. в бюл. №48, 1986.
5. Захват плодозбиральної машини. А.с. 933036. Азейбарджанський НДІ. Мамедов Р.М., Кулібеков Г.М., Алієв Р.А. Заявл. 06.01.86. опубл. в бюл. №21 1991.
6. Pellerin R.A. Apple harvesting with a double impact trunk shaker. TRANS ASAE, 1989, vol. 25 №6, p.1567-1574.
7. Dellerin R.A., Millier W.F., Lakso A.N. Apple harvesting with an inertial vs impulse trunk on open-center and central-leader trees. TRANS ASAE, 1989, vol. 22 №5, p.983-988.
8. Pat. USA №42008861, кл. 56-328. Mechanical shaker assembly for continuous harvesting of fruit. Tennes B.R., Brown G.K.
9. А.с. 1329666. Захоплюючий пристрій плодозбиральної машини. Круду К.Ф., Бичков В.В., Негрескул В.С. Заявл. 08.04.85, опубл. в бюл. №30 1991.
10. А.с. 1329667. Штамбовий струшувач плодів. Шорохова В.Н., Мрав'ян М.Є., Ушков О.В. Заявл. 28.12.89., опубл. в бюл. №30 1990.
11. А.с. 1301347. Ударний ролик струшувача плодозбиральної машини. Шевчук Р.С., Шолудько В.П., Фоменко Н.Ф. Заявл. 10.07.84, опубл. в бюл. №13, 1997.
12. Ударний струшувач плодів. / Рибарук В.Я., Шевчук Р.С., Ельгурт Я.Б. Інформ аркуш. Львов, ЦНТІ, №63-86. 3с.

13. Tim E.J., Drown G.K., Segerling L.J. Slip – belt and lubrication systems for trunk shakers. TRANS ASAE. 1998, vol. 31 №1 p. 40-46, 51.
14. Режим доступу: <https://www.gasenginemagazine.com/equipment/>.
15. Режим доступу: <https://www.ambrousset.com/ru/%d0%b2%d1%81%d1%82%d1%80%d1%8f%d1%85%d0%b8%d0%b2%d0%b0%d1%82%d0%b5%d0%bb%d0%b8/>.
16. Шевчук Р.С., Крупич О.М. Підвищення продуктивності машин для збирання плодів / Тези доповідей науково-виробничої конференції. Львів: АГРОПРОМ УРСР, 1990. С.154-155.
17. Крупич О.М. Підвищення ефективності знімання плодів роторним струшувачем / Науковці виробництву. Львів. ЛСГІ. М., 1993. С.48-53.
18. Струшувач плодів / Крупич О.М., Шевчук Р.С., Рибарук В.Я., Цимбал А.А. Інформ. листок. Львів, ЦНТІ, 1990. №265.
19. Шевчук Р.С, Драний О.В. Нові конструкції захватів для плодозбиральних машин. // К.: Трактори і с.г. машини. 1995, № 11. с. 34-35.
20. Гнатів О.П. Обґрунтування параметрів роторного ударного струшувача для струшування грецького горіха. Дипломна робота. Дубляни: Львівський національний аграрний університет, 2017, 69 с.
21. Житецький В. Ц., Джигерей В.С. Основи охорони праці. Підручник. Вид. 5-те, доповнене. Львів: Афіша, 2000. 350с.
22. Лахман С. Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. К.: Урожай, 1993. 272с.