

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІ ІМЕНІ С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ САМОЗАТИСКНОЇ ПЕТЛІ-
ЗАХВАТУ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61

спеціальності 208. Агроінженерія
(шифр і назва)

Мар'ян ЧЕДРИК
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Ярослав СЕМЕН
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Ростислав ПАСЛАВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

завдання

УДК 631.358:634.22

Мар'ян Чедрик. Дослідження параметрів самозатискної петлі-захвату плодозбиральної машини. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

56 с. текст. част., 18 рис., 4 табл., 30 джерел

Проведено аналіз сучасного стану способів і засобів для збирання плодів, на основі чого обґрунтовано необхідність дослідження пристроїв для охоплення штаблів плодових дерев.

Розроблена гіпотеза щодо роботоздатності самозатискної петлі-захвата тросового плодознімального засобу під час позиціювання біля чотирьох дерев, проведені теоретичні дослідження взаємодії петлі-захвату струшувача з деревом. Вибрано тип та основні параметри сипкого наповнювача оболонок петлі-захвата.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення жорсткісно-демпфувальних властивостей петель-захватів та характеристик сипкого наповнювача оболонок петлі-захвата.

Розроблена карта умов праці на плодознімальному засобі та логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час його технічного обслуговування. Розглянуті питання охорони довкілля під час вирощування плодової продукції.

Виконана енергетична оцінка використання запропонованого плодознімального засобу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ОБЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Аналіз способів збирання плодів.....	8
1.2. Аналіз засобів для механізованого збирання плодів.....	9
1.3. Аналіз засобів для захисту штамбів плодових дерев.....	12
Висновки.....	20
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ САМОЗАТИСКНОЇ ПЕТЛІ-ЗАХВАТУ З ШТАМБОМ ДЕРЕВА.....	21
2.1. Теоретичні передумови взаємодії петлі-захвату з штабом дерева.....	21
2.2. Геометрична модель системи „ петля захват–штамб дерева”.....	24
2.3. Дослідження властивостей оболонки і сипкого наповнювача петлі-захвата.....	27
Висновки.....	30
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
3.1. Мета і програма експериментальних досліджень.....	31
3.2. Передумови проведення дослідів	31
3.3. Методика визначення коефіцієнта жорсткості та демпфірування коливань петлі-захвата.....	32
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
4.1. Коефіцієнти жорсткого та в'язкого опорів деформуванню петель-захватів тросового плодознімального засобу.....	35
Висновки.....	36
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	38
5.1 Складання карти умов праці під час механізованого збирання плодів.....	38
5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	41

5.3 Основні чинники негативного впливу на довкілля під час вирощування і збирання плодів.....	45
6 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРОСОВОГО ПЛОДОЗНІМАЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....	47
Висновки.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	54

ВСТУП

Вирішити проблему комплексної механізації та автоматизації всіх виробничих процесів під час вирощування і збирання плодових культур дозволяє застосування високопродуктивних машин та агрегатів. Але якщо операції з підготовки ґрунту й догляду за насадженнями вдається механізувати майже на сто відсотків, то проблемним залишається питання механізації збиральних робіт.

В технологічному процесі виробництва плодів на збирання врожаю припадає від 15 до 40% загальних затрат. Застосування збиральних машин дозволяє в залежності від умов і організації роботи підвищити продуктивність праці під час збирання в 3,7–12,6 рази, вивільнивши при цьому в середньому 50 чоловік в день під час використання однієї машини і знизити експлуатаційні затрати на 30–50% в порівнянні з ручним збиранням [11].

Разом з цим, створені й використовувані на сьогоднішній день машини для збирання й лінії для товарної обробки плодоовочевої продукції, машини та пристрої для обрізування крон плодових дерев [13, 18] не відповідають вимогам ресурсозбереження, відзначаються досить низькою продуктивністю та обмеженими технологічними можливостями. Особливо дана проблема прослідковується під час збирання врожаю, а тому плодоовочева продукція після механізованого збирання годиться переважно для термінової реалізації у свіжому вигляді або технічної переробки.

Актуальність теми. Відомі плодозбиральні машини під час роботи можуть викликати пошкодження штамбів дерев у місцях передачі збурювальних зусиль, генерованих струшувачем і розподілених за площею контакту подушок захватів зі штамбом. Основна причина пошкоджень штамбів при механізованому збиранні – перевищення допустимих контактних тисків і дотичних зусиль на кору, що передаються через захват.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження, спрямоване на розробку і створення нових пристосувань для охоплення штамбів, здатних за мінімальних

пошкоджень передавати деревам зусилля, необхідні для високопродуктивного знімання врожаю плодових культур.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності роботи плодозімального засобу шляхом адаптації його обладнання для охоплення штаблів до розмірних показників дерев, є актуальними.

Мета досліджень: підвищення ефективності процесу взаємодії самозатяжної петлі-захвату тросового струшувача зі штаблом плодового дерева та обґрунтування його параметрів.

Задачі дослідження:

1. Провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки засобів та обладнання для охоплення штаблів плодових дерев;
2. Провести теоретичні дослідження взаємодії петлі-захвату тросового струшувача з деревом та обґрунтувати тип сипкого наповнювача її оболонки;
3. Розробити карту умов праці під час механізованого збирання плодів;
4. Провести експериментальні дослідження запропонованої конструкції петлі-захвату з використанням лабораторно-польової установки;
5. Визначити енергетичну ефективність використання тросового струшувача плодів.

Об'єкт дослідження – адаптивні захвати плодозімальних машин і технологічний процес їх взаємодії зі штаблом дерева під час віброударного знімання плодів.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників взаємодії тросового плодозімального засобу з деревом від параметрів його адаптивних захватів.

1 АНАЛІЗ ОБЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз способів збирання плодів

Збирають плоди переважно трьома способами: ручним – із застосуванням допоміжного реманенту для полегшення ручної праці; частково механізованим – із використанням платформ та плодозбиральних агрегатів, в яких ручна праця на окремих (допоміжних) операціях замінена на механізований процес; механізованим – плодозбиральними машинами (комбайнами) [2, 11, 13, 18].

Під час ручного збирання плоди вручну накопичуються в плодозбірну або плодознімальну тару. При цьому способі часто використовується дрібний реманент: садові драбини, столи й підставки, відра, кошики, плодознімачі й плодопускачі тощо. І хоча якість зібраних плодів є високою, продуктивність праці збирачів є доволі низькою.

За частково механізованого способу збирання плодів застосовують різноманітні засоби механізації хоча б однієї основної чи допоміжної операції, але безпосереднє знімання плодів проводиться вручну. Реалізують даний спосіб двома технологіями [17]: за першої тара (контейнери) розміщують у міжряддях саду, а після заповнення її транспортують до місця призначення; за другої тара (контейнери або ящики) розміщуються на спеціальних агрегатах (платформах (рисунок 1.1), вишках тощо), що рухаються у міжряддях.



а)



б)

Рисунок 1 – Самохідні платформи PS-5 (а) та Zip 30 (б) фірми Blosi (Італія)

Збирачі (ланка з 20-30 чоловік) знімають з дерев плоди і складають в тару, яка після заповнення транспортується до місця зберігання чи реалізації.

Під час механізованого способу урожай плодів збирається одночасно з усього об'єму крони дерев. Механізоване збирання можна реалізувати двома технологіями: однофазною (потоковою) та двофазною (роздільною) [5, 6].

Під час однофазної технології використовуються плодозбиральні машини (комбайни), які за один прохід знімають з дерев плоди і затарюють їх у контейнери. За двофазної технології зняті плоди накопичуються на уловлювальних поверхнях або безпосередньо на ґрунті до повного збору урожаю з дерева (перша фаза), а потім плоди перевантажують в тару для транспортування спеціальними машинами або вручну.

1.2 Аналіз засобів для механізованого збирання плодів

Для механізованого збирання плодів використовуються серійні машини і комбайни, зокрема: ВУМ-15, ВУМ-15А, МПУ-1, МПУ-1А [2, 5, 6, 18].

Машини позиційної дії ВУМ-15 та ВУМ-15А (рисунок 1.2) призначені для збирання черешень, вишень та ін. плодів з низькорослих дерев з діаметром штамба до 150мм і його висотою до 0,7 м. Вільний просвіт має становити 1,2-1,4м, а діаметр крони – не перевищувати 3,5-4м.

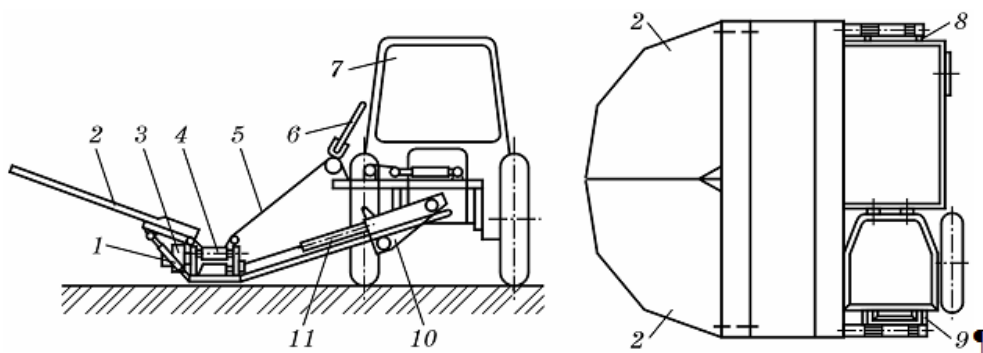


Рисунок 1.2 — Схема плодозбиральної машини ВУМ-15А: ¶

1 — гідроциліндр для розкривання та закривання націпного уловлювача; 2 — уловлювач; 3 — штамбовий струпувач; 4 — поздовжній конвеєр; 5 — частина уловлювача, що намотується на барабан; 6 — екран; 7 — самохідне шасі Т-16М; 8 — передня рама; 9 — задня рама; 10 — блок роликів; 11 — напрямна. ¶

Плодозбиральні машини МПУ-1, МПУ-1А (рисунок 1.3) використовуються для збирання плодів кісточкових (сливи, вишні, черешні) і зерняткових (яблука, груші) культур, які йдуть на технічну переробку або споживання у свіжому вигляді.

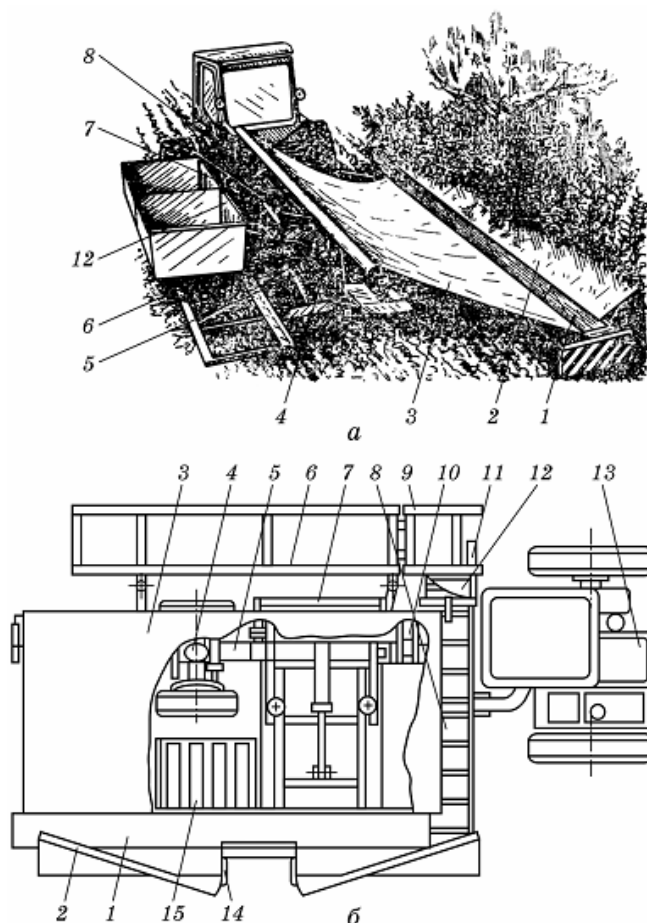


Рисунок 1.3 – Схема плодозбирального комбайна МПУ-1А:

а – загальний вигляд; б – вигляд зверху; 1 – поздовжній конвеєр; 2 – розкривний уловлювач; 3 – на-
чіпний уловлювач; 4 – передній міст; 5 – рама шасі; 6 – площадка для контейнерів; 7 – маніпулятор; 8 – поперечний конвеєр; 9 – площадка для розвантаження наповнених контейнерів; 10 – насосна станція; 11 – копір; 12 – вентилятор; 13 – двигун; 14 – затискач струшувача; 15 – екран.

Для застосування вказаних машин потрібно готувати плодовий сад таким чином, щоб ширина вільного проходу в середині міжряддя не була меншою за 2м, а величина поворотної смуги для таких агрегатів в кінці кожного ряду дерев не повинна бути меншою 10м.

Серед багатьох моделей зарубіжних плодозбиральних машин можна відмітити інерційні дебалансні струшувачі (рисунок 1.4) французької фірми AMB ROUSSET [5].

Струшувачі моделей VNB-D-E, VNP, VNF для агрегатування з тракторами підвішуються на спеціальних ланцюгах. Привід їх виконавчих механізмів здійснюється гідродвигунами від автономних гідросистем [11].



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.4 – Моделі інерційних струшувачів французької фірми AMB ROUSSET: VHB-D-E (а); VHP (б); VHF (в); VHT (г).

Плодозбиральні машини і комбайни, що працюють позиційно, мають ряд недоліків, основними з яких є надмірне пошкодження плодів, кореневої системи й кори штампів дерев. Коренева система пошкоджується через неправильний вибір режимів роботи струшувачів та низького (до 0,6м) місця захвату штамба плодового дерева.

Пошкодження кори штамба дерева можливе у місці взаємодії зі струшувачем. Воно виникає внаслідок надмірної дії на штамп дерева збурювальних сил від робочих органів плодозбиральної машини, особливо на багаторічних насадженнях, у яких природне відхилення центрального провідника від вертикального положення перевищує 8 градусів.

Існують також машини потокової дії, які знімають плоди завдяки дії на них повітряно-водного потоку високого тиску, безпосереднього впливу робочих органів на плоди та завдяки вібраційному або іншому механічному способу за якого плодозбиральний агрегат, безперервно рухаючись у міжрядді забезпе-

чує пошук і захват штамба дерева, струшування плодів переважно на ґрунтову поверхню саду.

Проте, найбільшою перспективністю на сьогоднішній день відзначаються механізований та напівмеханізований способи збирання плодів машинами струшувального типу, робочі органи яких діють на штабб дерева у визначеному місці (зоні). Саме тому в місці контакту слід мати додаткові елементи, які захищатимуть штабб дерева від пошкоджень.

1.3 Аналіз засобів для захисту штаббів плодових дерев

Для зменшення або повного усунення негативних (шкідливих) наслідків дії робочих органів плодозбиральної техніки на штабби плодових дерев під час механізованого збирання створюються різноманітні пристосування, основне призначення яких убезпечити кору і її камбієвий шар від надмірних нормальних зусиль стиску та зусиль сколювання й зминання упоперек і вздовж волокон. Подібні захисні пристосування захищають також кореневу систему дерев від вихитування, а гілок, які плодоносять від обламування в процесі відокремлення від них плодів (рисунок 1.5).

Зменшенню нормальних зусиль стиску кори вдається досягти такими заходами:

- збільшення площі контакту подушок захвата струшувача плодозбиральної машини з корою плодового дерева;
- підвищення рівномірності розподілу тиску подушок на кору дерева в місці захоплення його штабба;
- автоматична фіксація оптимального зусилля затискання штабба плодового дерева подушками захватів;
- попередження (унеможливлення) розкриття захвата безпосередньо в процесі струшування плодів з дерева.

Для збільшення площі контакту захвата з корою й підвищення рівномірності розподілу тиску на штабб плодового дерева необхідно зменшувати жорсткості подушок-захватів.

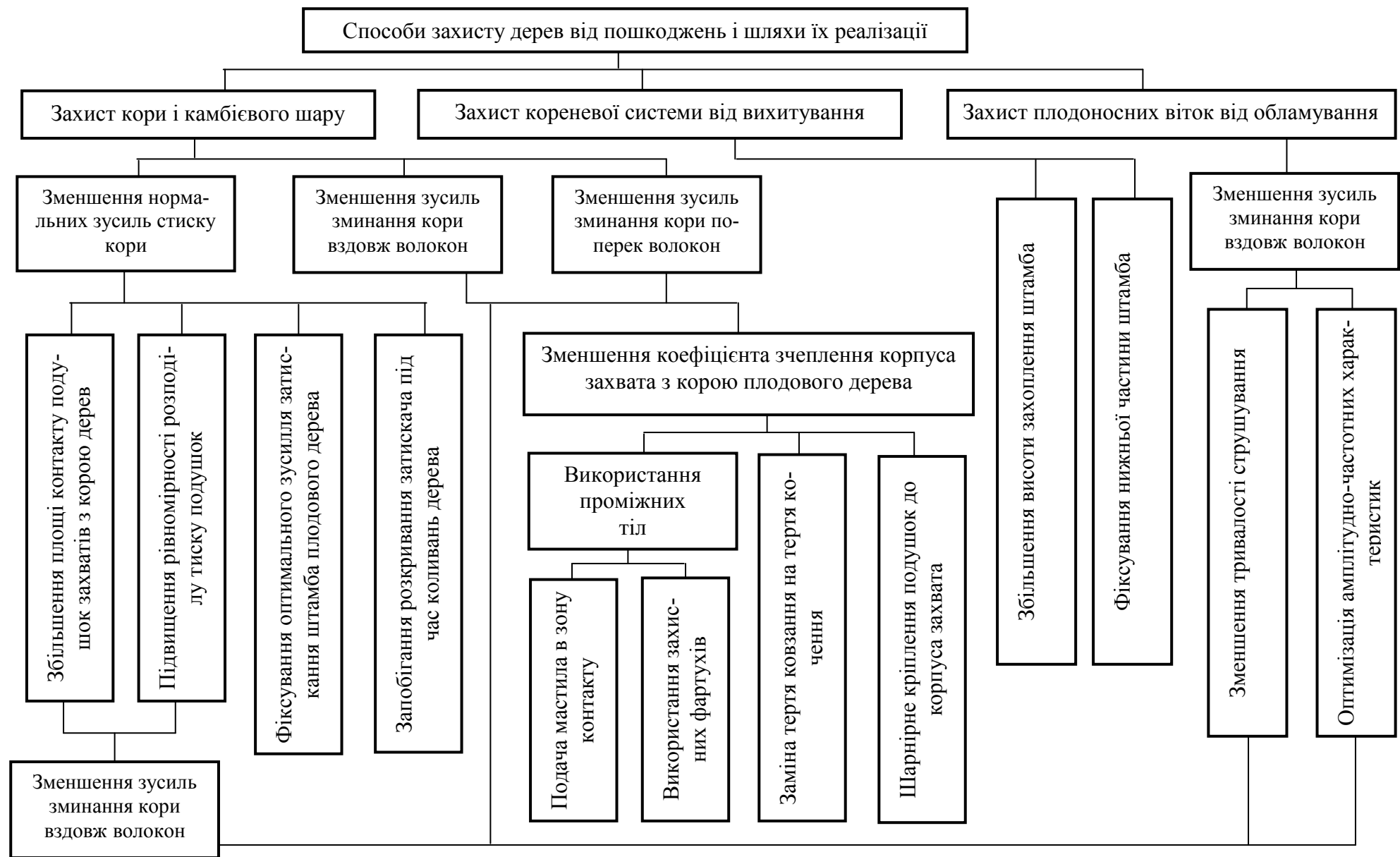


Рисунок 1.5 – Класифікація способів захисту плодових дерев від пошкоджень

Для зменшення пошкоджень кори штамба дерева створено конструкцію захватного пристрою, який має затискачі 4 (рисунок 1.6) у вигляді рулонів гумової стрічки з прогумованим фартухом 3.

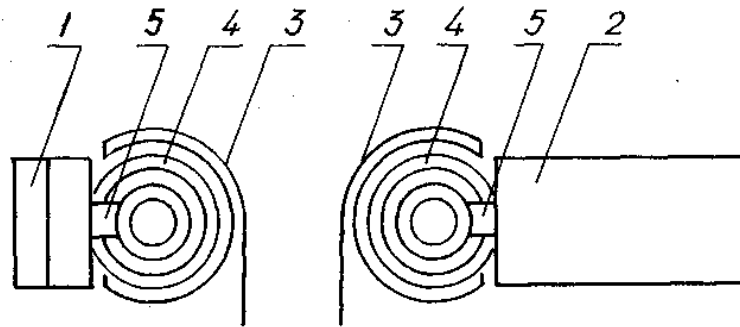


Рисунок 1.6 – Затискне пристосування плодозбиральної машини:

1 – рухома частина; 2 – нерухома частина; 3 – прогумовані фартухи; 4 – затискачі; 5 – обмежувачі.

Діючи на штамб або гілку дерева, затискачі 4 деформуються, а шари рулонів гумової стрічки ковзають один по одному, зменшуючи при цьому зусилля зминання і сколювання кори впоперек і вздовж її волокон.

Для забезпечення рівномірного розподілу тиску подушок на штамб плодового дерева, і одночасно захистити корпус плодозбиральної машини від вібраційних коливань створено струшувач з пневматичною подушкою 3 (рисунок 1.7).

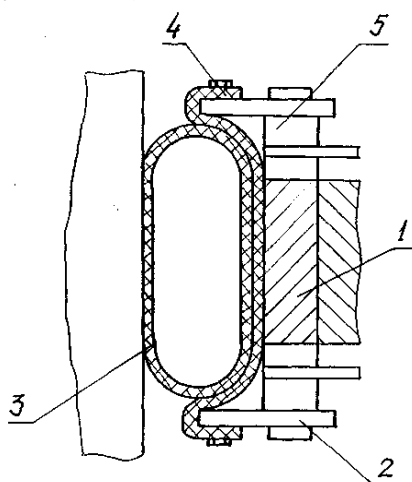


Рисунок 1.7 – Струшувач плодозбиральної машини:

1 – струшуюча пластина; 2 – рамка; 3 – пневматична подушка; 4 – еластичний елемент; 5 – корпус.

Струшуюча пластина 1, коливання від якої передаються штамбу дерева через пневматичну подушку 3, одним кінцем закріплена в корпусі 5. Пневматична подушка 3 коливається на еластичному елементі 4, кінці якого приєд-

нані до відповідних частин рамки 2. Завдяки прогинанню еластичного елемента 4 на рамку 2 і, відповідно, корпус плодозбиральної машини коливання не передаються.

Відома також конструкція плодозбиральної машини потокової дії з робочим органом у вигляді ударного ролика 11 (рисунок 18), що має вигляд пустотілого циліндра з еластичними оболонками 13 і наповнювачем 14 всередині [4].

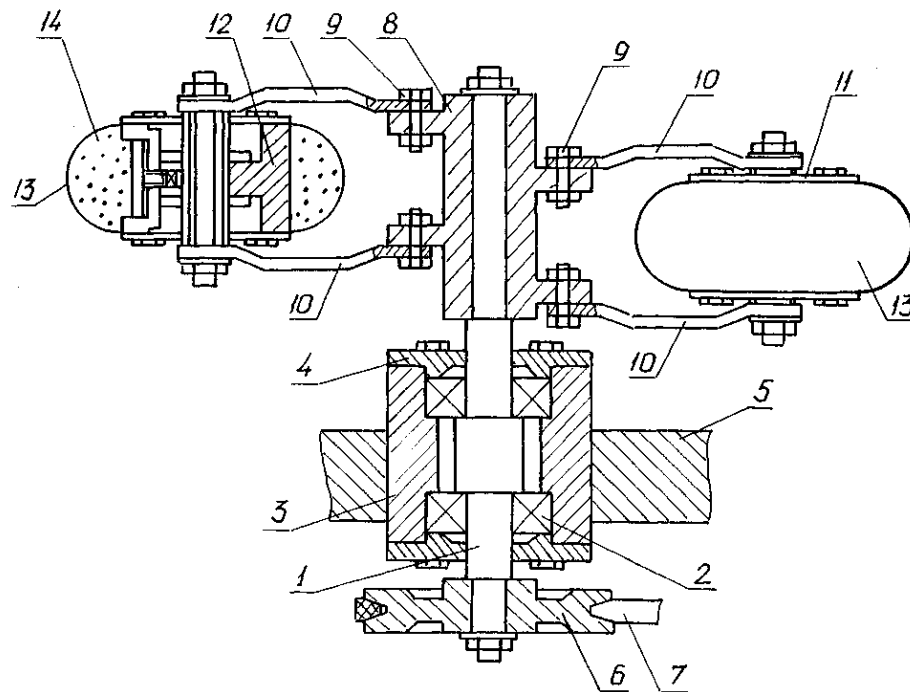


Рисунок 1.8 – Схема ударного ролика струшувача плодозбиральної машини:
1 – вал; 2 – підшипник; 3 – корпус; 4 – кришка; 5 – остов машини; 6 – шків;
7 – клинопасова передача; 8 – ротор; 9 – вісь; 10 – повідці; 11 – ролики; 12 – ступиці; 13 – еластичні оболонки; 14 – наповнювач.

Після нанесення роликом 11 першого удару по штамбу дерева в його порожнину подається спеціальна рідина або повітря. В момент удару тиск на кору плодового дерева, як правило, не перевищує допустимих меж її міцності.

Захистити кору штамбу плодового дерева від надмірних ударних зусиль, які виникають під час використання ударних струшувачів можна шля-

хом введення в зону нанесення удару дугоподібного захисного фартуху у вигляді двох транспортерних стрічок, між якими закріплені рукави з сипким матеріалом. Так у плодозбиральній машині «Балкан-4» (Болгарія) затискними елементами в конструкції захвату використовуються гумові подушки, покриті двома стрічками з консистентним мастилом між ними. Таке рішення дозволяє усувати тангенціальні напруження, які викликають обдирання чи сколювання кори плодового дерева [5, 18].

Захватний пристрій плодозбиральних машин позиційної дії додатково обладнуються гофрованими фартухами 7 (рисунок 1.9). Під час охоплення штамба поворотна частина 3 повертається у бік нерухомої частини 1 і гофри фартухів 7 в зоні контакту деформуються і розпрямляються, утворюючи між ними і еластичними затискачами 5 зазор, завдяки якому прокладки 6 затискачів 5 під час вібрації ковзають по фартухах 7, не чинячи негативного впливу на кору дерева.

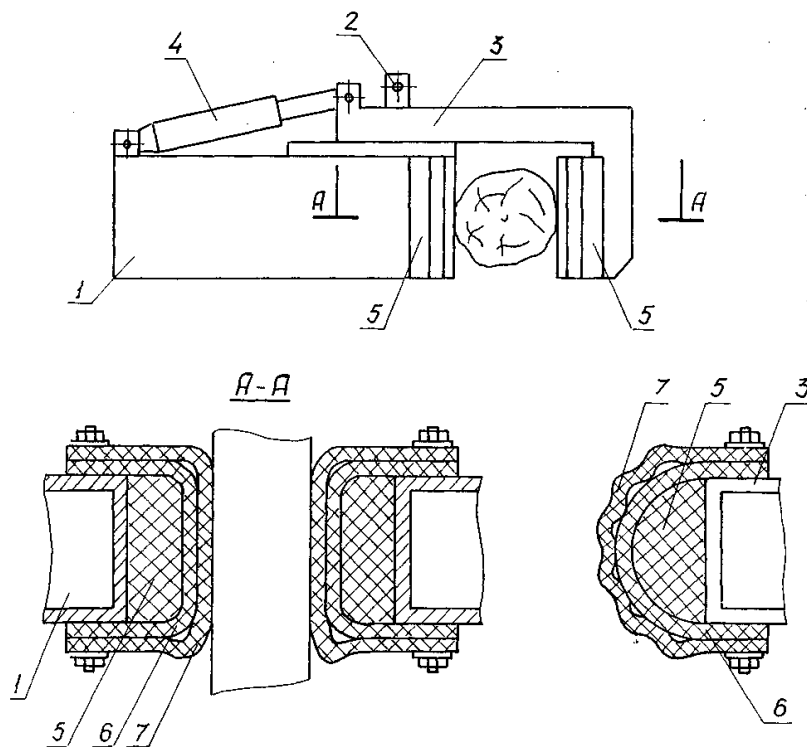


Рисунок 1.9 – Пристосування для охоплення штамба плодозбиральної машини:

1 – нерухома частина; 2 – шарнір; 3 – поворотна частина; 4 – гідроциліндр затискача; 5 – еластичні затискачі; 6 – прокладки; 7 – фартухи гофровані.

Зменшити коефіцієнт зчеплення корпусу затискача 1 (рисунок 1.10) з корою плодового дерева дозволяє захват плодозбиральної машини з подушками у вигляді еластичних роликів 3, що вільно обертаються і замінюють те-

ртя ковзання на тертя кочення. Ролики 3 обладнані розташованими по обидві сторони затискача 1 компенсаторами 4 у вигляді порожнистих циліндрів, поверх яких міститься еластичний фартух 5, вільні кінці яких закріплені на затискачах 1.

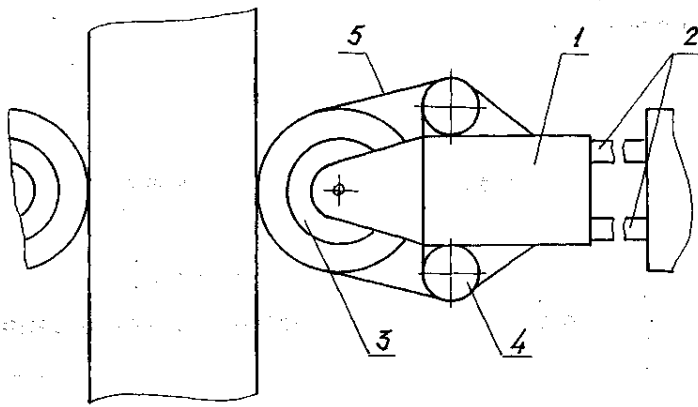


Рисунок 1.10 – Принципова схема захвата плодозбиральної машини:

1 – затискач; 2 – нап'ямні; 3 – ролики; 4 – компенсатори; 5 – фартухи.

Зменшити осьові й тангенціальні зусилля, які викликають зсув або зминання кори плодового дерева вздовж і впоперек волокон дозволяє також шарнірне кріплення подушок захвата 1 (рисунок 1.11) до корпусу затискача 3, які здатні переміщатися одна відносно одної в поздовжньому напрямі в межах зони, обмеженій підпружиненими кульковими підп'ятниками і своєю поздовжньою віссю рухатися навколо кульок 2, внаслідок чого забезпечується прилягання подушки захвата до стовбура по всій площі контакту навіть у випадку відхилення вертикальної осі штамба дерева від вертикалі.

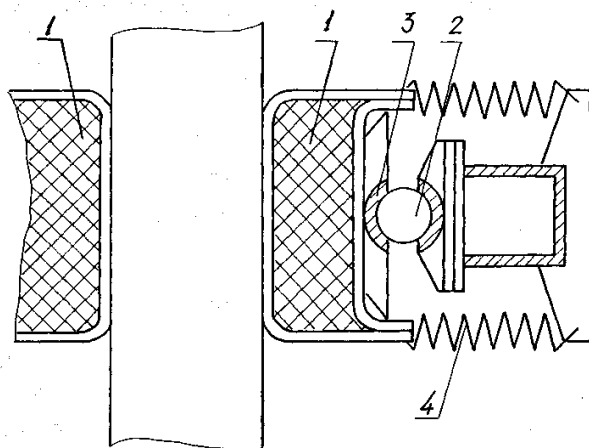


Рисунок 1.11 – Принципова схема захвата плодозбиральної машини:

1 – подушки захвата; 2 – кулькові опори; 3 – корпус захвата; 4 – підтримувальні пружини.

Подушки захватів плодозбиральних машин ВУМ-15А, МПУ-1А виготовлені у вигляді пустотілих гумових циліндрів (рисунок 1.12, б) зовнішній

діаметр яких становить 110мм. У їх внутрішню порожнину запресовано ще один пустотілий циліндр, матеріал якого має підвищену жорсткість (рисунок 1.12, в) та гумові прямокутні паралелепіпеди (рисунок 1.12, а) товщиною 40мм, поверхня яких безпосередньо контактує зі штамбом дерева.



Рисунок 1.12 – Подушки захватів плодозбиральних машин

Такі захвати задовільно охоплюють штамб дерева та передають йому збурювальні зусилля, але не запобігають зминанню і зсуву кори вздовж і поперек волокон.

Для багаторічних насаджень з довільною схемою садіння та способом формування крони ефективно використовуються тросові струшувачі [17, 18, 22, 23, 24]. Їх виконавчий елемент (вібророзбурювач коливань) може взаємодіяти як з центральним провідником, так і з скелетними гілками дерева.

Струшувач має остов 11(рисунок 1.13), на якому встановлено платформу 7 з вібророзбурювачем коливань, який за допомогою троса 17 через еластичну петлю-захват 18 з'єднаний зі штамбом дерева.

Конструктивне виконання петлі-захвату тросової віброударної машини має свої особливості, обумовлені технологічним процесом роботи самої машини – а саме передача збурювальних коливань в односторонньому напрямку. Для зменшення тангенціальних і нормальних напружень, які виникають у зоні контакту петлі-захвату з штамбом дерева, вона додатково містить сипкий наповнювач, заповнений у її оболонки, а сама петля-захват виготовлена самозатискною з двома боковими рукавами, які взаємно охоплюють один одного.

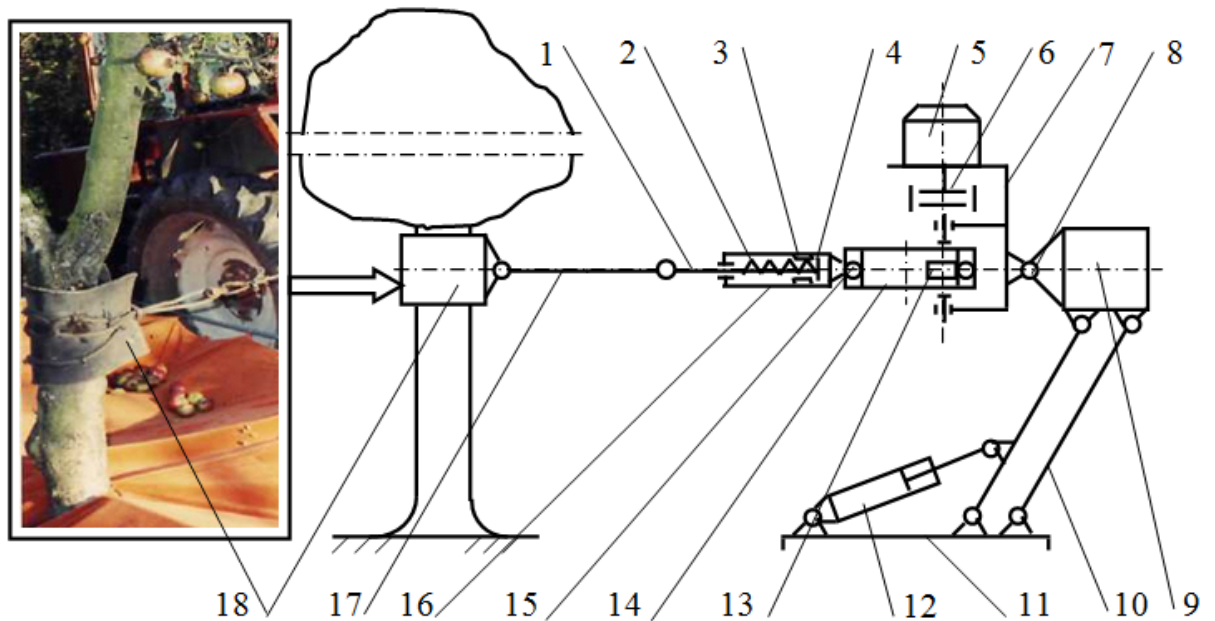


Рисунок 1.13 – Схема тросового струшувача плодів:

1 – шток; 2 – пружина; 3 – упор; 4 – поршень; 5 – гідродвигун; 6 – ланцюгова муфта; 7 – платформа; 8 – вісь; 9 – скоба; 10 – паралелограмний механізм; 11 – остов; 12 – гідроциліндр; 13 – ексцентрик; 14 – обойма; 15 – підшипник; 16 – циліндр; 17 – трос; 18 – петля-захват.

Таким чином, в процесі взаємодії робочих органів плодозбиральних машин з штамбом дерева можливе пошкодження їх кори, кореневої системи та плодоносних гілок через надмірні зусилля, які йому передаються. Захисні пристосування, які при цьому використовуються не завжди запобігають таким пошкодженням, особливо на плодових деревах з надмірно нахиленими штамбами.

Тому покращення процесу знімання плодів можливе завдяки зменшенню пошкоджень кореневої системи та кори дерев у відповідності з агротехнічними вимогами. Для цього слід ввести в конструкцію захватів струшувачів адаптовані подушки змінної жорсткості, які здатні максимально пристосовуватися до форми штамба й ефективно передавати збурювальні зусилля до нього.

Висновки

1. Під час взаємодії захватів плодозбиральних машин з штамбами пло-дових дерев виникають зусилля, які разом з крутними й згинальними момен-тами викликають зминання, зсув та сколювання кори штабів дерев.

2. Одним із ефективних способів захисту штабів плодових дерев від пошкоджень є застосування захватів, які, маючи змінну жорсткість, під час охоплення штаба формують пляму (зону) контакту й одночасно ефективно передають збурювальні зусилля від струшувача до штаба плодового дерева.

3. Одним з шляхів підвищення ефективності роботи тросового струшу-вача є обладнання його адаптивною самозатискною петлею-захватом, яка за-безпечуватиме її надійний контакт з штабом плодового дерева і запобігати-ме пошкодженням його кори.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ САМОЗАТИСКНОЇ ПЕТЛІ-ЗАХВАТУ З ШТАМБОМ ДЕРЕВА

2.1 Теоретичні передумови взаємодії петлі-захвату з штамбом дерева

З попередніх досліджень відомо [18], що віброзбурювач коливань тросового струшувача генерує віброударні коливання, які через трос і петлю-захват передаються штамбу дерева. Коли петля-захват контактує з деревиною плодового дерева, його кора зазнає дії нормального тиску P_n , а також дотичних тисків $P_{\tau\theta}$, що діє вздовж і $P_{\tau\pi}$, що діє поперек волокон, які можна аналітично обчислити за такими формулами:

$$\begin{aligned} P_{\tau\pi} &= \varphi_{зчп} \cdot P_n, \\ P_{\tau\theta} &= \varphi_{зчв} \cdot P_n, \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $\varphi_{зчп}$, $\varphi_{зчв}$ – відповідно, коефіцієнти зчеплення покриття обв'язки петлі із зовнішнім шаром стовбура плодового дерева, що діють перпендикулярно та паралельно до напрямку його волокон.

У випадку, коли зовнішні збурювальні сили прикладені до стовбурів плодових дерев, котрі мають значний нахил, величина нормального тиску P_n на кору стовбура знижується настільки, що стає недостатнім для досягнення агротехнічно-прийнятого рівня збору врожаю з цих дерев, а саме:

$$P_n < [P], \quad (2.2)$$

де $[P]$ – допустимий нормальний тиск на кору стовбура плодового дерева, за якого досягається агротехнічно-прийнятна повнота знімання плодів.

Разом із кутом нахилу стовбура збільшується й та складова тиску, що діє дотично, як поперек, так і вздовж волокон деревини. Це, своєю чергою, спричиняє зминання та руйнування (відколювання) кори дерева. Для того, аби робочі органи машин, призначених для збирання плодів, не мали шкідливого впливу на багаторічні насадження, мають бути дотримані наступні умови:

$$P_{\tau\pi} \leq [\tau_{\pi}],$$

$$P_{\tau_6} \leq [\tau_6] \quad (2.3)$$

де $[\tau_n]$, $[\tau_6]$ – допустимий тиск на кору плодового дерева поперек і вздовж його волокон, відповідно.

Використання модифікованої петлі-захвату на похилих стовбурах дерев, яка додатково має дві еластичні стрічки, чий поверхні контакту змащені густим консистентним мастилом [15, 19, 21], дає змогу під час виникнення збурюючого навантаження передавати це зусилля на стовбур дерева через еластичні стрічки з коефіцієнтом зчеплення φ_{cm} , що є меншим за коефіцієнти зчеплення між поверхнями оболонок петлі-захвата і стрічки та кори стовбура й стрічки. Відтак, нерівність (2.1) набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} P_{\tau_n 1} &= \varphi_{зчп} \cdot \varphi_{ст} \cdot P_n, \\ P_{\tau_6 1} &= \varphi_{зчв} \cdot \varphi_{ст} \cdot P_n. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Самозатискна петля-захват [35] замість троса обладнана прогумованими пасами 8 (рисунок 2.1) та 9, прикріплених до зовнішнього боку суцільної еластичної основи 1 петлі та окремих гілок рукавів 2, 4 та 5 [19, 21].

Взаємодія такої петлі-захвату з корою стовбура (штамба) плодового дерева відбувається послідовно, проходячи декілька елементарних етапів. На першому етапі її зовнішня частина, заповнена сипким наповнювачем, прилягає до кори стовбура, зберігаючи свою первісну форму. Коли трос починають попередньо натягувати, цей сипучий матеріал усередині порожнин оболонки переміщується, заповнюючи увесь наявний об'єм. Завдяки цьому формується ділянка контакту оболонок петлі-захвату з деревом, де тиск розподіляється цілком рівномірно по всій цій поверхні взаємодії.

Після цього активується вібраційний механізм, і під дією динамічного навантаження сипучий матеріал, який вже рівномірно розмістився в оболонках, ущільнюється. Це, в свою чергу, супроводжується розширенням площі контакту й значно підвищує жорсткість (пружність) самої петлі-захвату. Саме ця обставина забезпечує максимальну ефективність передачі вібрацій від джерела збурення коливань до стовбура дерева. Завдяки тому, що збурююче

(вібраційне) навантаження розподіляється більш-менш однаково по всій зоні контакту, питомий тиск на кору знижується, чим запобігається можливості механічного пошкодження кори та чутливого шару камбію штамбів плодового дерева.

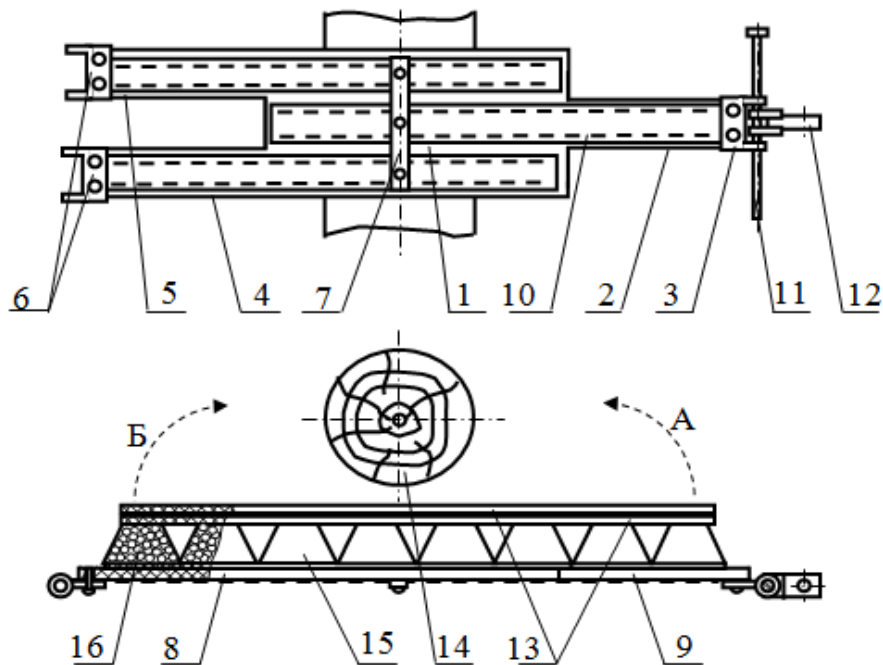


Рисунок 2.1 – Адаптивна самозатискна петля-захват тросового струшувача: А, Б – напрями охоплення штамба рукавами; 1 – еластична основа; 2 – правобічний рукав; 3 – шарнір правобічного рукава; 4 – нижня гілка лівобічного рукава, 5 – верхня гілка лівобічного рукава; 6 – шарніри лівобічних рукавів; 7 – пластина; 8 – прогумований пас лівобічних рукавів; 9 – прогумований пас правобічного рукава; 10 – скоби; 11 – палець; 12 – кронштейн, 13 – еластичні стрічки; 14 – штамб дерева; 15 – оболонка; 16 – сипкий наповнювач.

Таким чином, визначальними параметрами самозатискної петлі-захвата, що охоплює штамб плодового дерева є тип використовуваного наповнювача (дрібнозернистого матеріалу) її оболонки та ступінь заповнення ним еластичної оболонки.

2.2 Геометрична модель системи «петля-захват–штамб дерева»

Відома петля-захват тросового струшувача – це не що інше, як плоска подушка з еластичною основою, на якій закріплено прогумовані стрічки, а простір між ними заповнений консистентним мастилом. Взаємодіючи зі штамбом плодового дерева одна поверхня стрічки контактує з його корою, а інша – з поверхнею еластичних оболонок петлі-захвата, які заповнені сипким наповнювачем у вигляді гранул.

Для розгляду просторової геометричної моделі системи «петля-захват–штамб дерева» вибираємо петлю-захват, форма якої нагадує паралелепіпед товщиною t (рисунок 2.2) і висотою h , а штамб дерева моделюється як циліндр із радіусом $R_{ш}$.

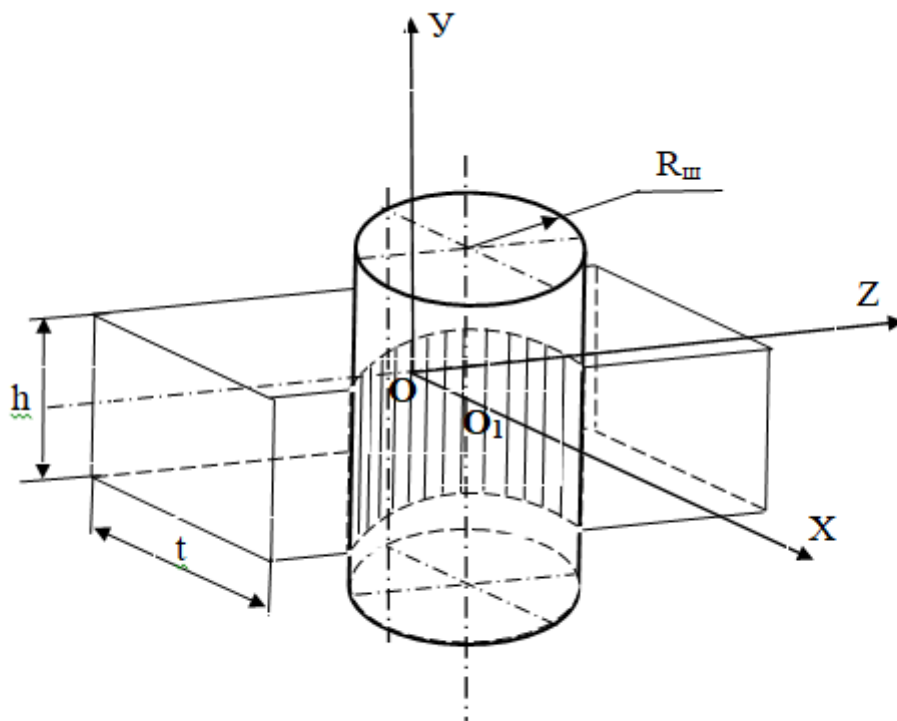


Рисунок – 2.2 Схема взаємодії петлі-захвату зі штамбом дерева

Встановимо початок відліку системи координат у точці O . При цьому вісь OY буде розташована паралельно поздовжній осі циліндра, вісь OX – перпендикулярно до робочої поверхні в точці, що відповідає центру ваги петлі-захвата (подушки), а вісь OZ – у напрямку, що утворює прямий кут із площиною YOX .

Відстань від осі циліндра до осі ОУ позначимо як d , причому $d = OO_1$. Якщо $d > R_{uw} + t$, то умовний паралелепіпед та циліндр (що моделює штамп дерева) не матимуть спільних точок дотику. Натомість, за умови $d \leq R_{uw} + t$, контакт між ними відбудеться. У зоні цього контакту формується профіль перетину (див. рисунок 2.3), основа якого представляє собою сегмент із висотою h , якщо виконується співвідношення $R_{uw} \leq d \leq R_{uw} + t$.

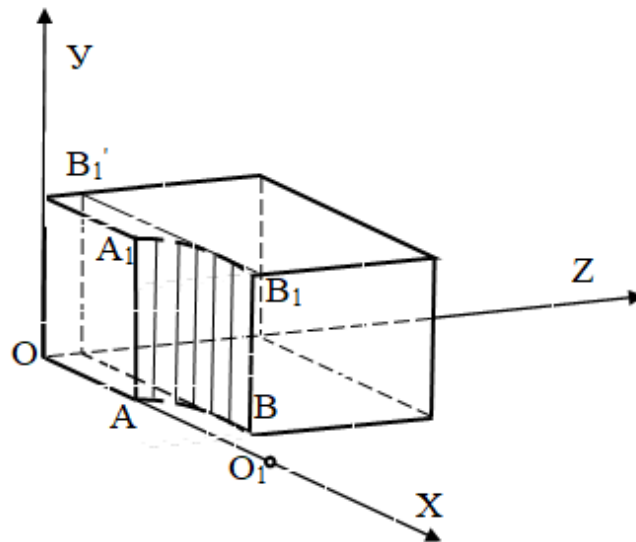


Рисунок 2.3 – Поверхня перетину циліндра з паралелепіпедом в першому октанті

Припустимо, що площа зони (плями) контакту є симетричною відносно площин ОУХ та ОZХ. Отже, загальна площа S цієї зони складатиметься з чотирьох однакових площ плям контактів, розташованих у першому октанті вказаної системи координат, а саме:

$$S = 4 \cdot S_1, \quad (2.5)$$

де S_1 – площа поверхні перетину ABB_1A_1 (див. рисунок 2.3).

Рівняння утвореної поверхні перетину ABB_1A_1 має такий вигляд:

$$z^2 + (x - d)^2 = R_{uw}^2. \quad (2.6)$$

Площу поверхні контакту петлі-захвата й штамба плодового дерева можна наближено виразити подвійним інтегралом:

$$S_1 = \iint_p f(x, y) dx dy = \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{z_1}^{z_2} \sqrt{1 + p'^2 + q'^2} dz, \quad (2.7)$$

де p' та q' – відповідно, часткові похідні від функції $f(y, z)$, що наближено описують циліндричну поверхню площі (плями) контакту.

Області інтегрування задаються такими співвідношеннями:

$$q' = \frac{\partial f}{\partial y} = 0, \quad (2.8)$$

$$p' = \frac{\partial f}{\partial z} = \frac{z}{\sqrt{R_u^2 - z^2}}. \quad (2.9)$$

Таким чином, шукана площа плями (зони) контакту становить:

$$S_1 = \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{z_1}^{z_2} \frac{R_u}{R_u^2 - z^2} dz. \quad (2.10)$$

В отриманому виразі (2.10) нижньою межею інтегрування по y є значення $y_1 = 0$, а верхньою – $y_2 = h/2$. Межі інтегрування по z відповідають координатам точок А і В, тобто: $z_1 = z_A$ і $z_2 = z_B$.

Координату точки В визначаємо з такої системи рівнянь:

$$\begin{aligned} z^2 + (x - d)^2 &= R_u^2; \\ x &= t. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Зважаючи на це, гранична верхня межа для інтегрування вздовж осі z буде такою:

$$z_2 = \sqrt{R_u^2 - (t - d)^2}, \quad (2.12)$$

а нижня $z_1 = 0$.

З огляду на вищенаведене, інтеграл, позначений як (2.10), набуде такого вигляду:

$$S_1 = \int_0^{h/2} dy \int_0^{\sqrt{R_u^2 - (t-d)^2}} \frac{R_u}{R_u^2 - z^2} dz. \quad (2.13)$$

Вирішивши (2.13), отримаємо:

$$S_1 = R_u \frac{h}{2} \arcsin \frac{\sqrt{R_u^2 - (t-d)^2}}{R_u}. \quad (2.14)$$

Тоді загальна площа плями (зони) контакту з врахуванням (2.5) становитиме

$$S = 2hR_u \arcsin \frac{\sqrt{R_u^2 - (t-d)^2}}{R_u}. \quad (2.15)$$

Таким чином, під час взаємодії самозатискної петлі-захвату з штамбом плодового дерева виникає пляма контакту, площа котрої залежить від її товщини і та радіуса штамба плодового дерева

Отже, під час взаємодії самозатискної петлі-захвату з стовбуром (штамбом) плодового дерева, утворюється зона (пляма) контакту. Її площа буде визначатися товщиною t , висотою h , а також діаметром (або радіусом R_u) стовбура (штамба) плодового дерева.

2.3 Дослідження властивостей оболонки і сипкого наповнювача петлі-захвата

Ковзання сипкого наповнювача по матеріалу оболонки петлі-захвата або усередині шарів самого наповнювача можливе у випадку її взаємодії з штамбом плодового дерева, коли кут γ відхилення від нормалі повного тиску відповідає куту φ тертя крупинок самого наповнювача об матеріал оболонки петлі-захвата або куту φ_0 внутрішнього тертя самих крупинок наповнювача.

Якщо припустити, що φ_0 перевищує φ (тобто $\varphi_0 > \varphi$), то з умови

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \gamma \quad (2.16)$$

отримаємо:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\xi - \operatorname{tg} \beta}{1 + \xi \operatorname{tg} \beta}, \quad (2.17)$$

а звідси

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\xi - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \xi \operatorname{tg} \varphi}. \quad (2.18)$$

На основі аналізу вказаного процесу робимо висновок, що кут β може змінюватися в межах $0 \leq \beta \leq \pi/2$ для окремої оболонки петлі-захвату.

За $\beta > \pi/2$ вдавлювання штамба в оболонку петлі-захвату може відбутися на величину $\Delta > R_{ш}$, що неможливе з технологічних міркувань, бо штамп плодового дерева треба повністю охопити усіма оболонками, що містяться на еластичній основі петлі. Тому $tg\beta > 0$, а це значить, що в рівнянні (2.18) має виконуватись умова, що $\xi - tg\varphi \geq 0$ або $tg\varphi \leq \xi$.

Якщо $\varphi > \varphi_0$, то нерівність (2.18) матиме такий вигляд

$$tg\varphi_0 \leq tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{2}\right). \quad (2.19)$$

Обґрунтування меж пошуку коренів для нерівності, наведеної вище, ґрунтується на реальних значеннях кута тертя, з огляду на це нерівність (2.19) буде справедлива лише за умови, що $\varphi_0 \geq 0,406$ рад.

Якщо ж умова $tg\varphi \leq \xi$ та похідні від неї нерівності не виконуватимуться, то під час втискання штамп в оболонку самозатискної петлі-захвату відбудеться перерозподіл сипкої речовини. Це спричинене взаємним зміщенням шарів, а також тертям об стінки оболонки у напрямку, протилежному до напрямку прикладеної стискаючої сили. У такому разі, окрім нормального тиску на розглянутий вище елемент сипучого матеріалу, діятимуть і дотичні сили. Хоча це сприяє вирівнюванню значень відносного стискання та нормального тиску по висоті шару, водночас виникає тертя всередині маси сипучої речовини. Це, своєю чергою, під час динамічного навантаження на оболонки петлі негативно вплине на енергетику процесу (частина енергії перетвориться на теплову та розсіється в оболонці). У підсумку, існує ризик втрати сипким матеріалом своїх пружних характеристик.

Таким чином, при виборі наповнювача та матеріалу оболонки петлі-захвату слід керуватися такими міркуваннями:

1. Ключовою вимогою є припущення, що кут тертя сипучого матеріалу об оболонку самозатискної петлі-захвату перевищує кут внутрішнього тертя часточок сипучого матеріалу наповнювача ($\varphi_0 \geq 0,406$ рад).

2. Якщо технічно неможливо реалізувати вищенаведену умову, необхідно вибирати матеріал оболонки таким чином, аби коефіцієнт тертя сипучого матеріалу по ньому не був вищим за коефіцієнт бокового розпору сипучого наповнювача.

З огляду на викладені міркування, як сипучий наповнювач для оболонок самозатискної петлі-захоплення варто застосовувати гранули з фізико-механічними властивостями, що зазначені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фрикційні властивості сипких матеріалів

Назва матеріалу	Кут φ_0 внутрішнього тертя, рад. (коэф. тертя)	Кут φ тертя об оболонку, рад. (коэф. тертя)	Коефіцієнт бокового розпору ζ	φ^*_0 , рад.
1	2	3	4	5
Поліметил-метакрилат ЛПТ	0,77 (0,96)	0,70 (0,85)	0,188	0,406
Полістироли ПСМД і МСМ	0,37 (0,389)	0,53 (0,589)	0,449	0,406
Фторопласт 3	0,52 (0,577)	0,58 (0,660)	0,318	0,406

З інформації, представленої в таблиці 2.1, видно, що полістироли ПСМД та МСМ не зовсім підходять як сипучий матеріал для адаптивних оболонок самозатискної петлі-захвату, оскільки їхні фізико-механічні параметри не задовольняють головну умову за кутом внутрішнього тертя: $\varphi_0 = 0,37$ рад., що менше $\varphi^*_0 = 0,406$ рад. [17, 18, 22].

Щодо поліметилметакрилату ЛПТ, то його початковий кут φ_0 становить 0,76рад. Таким чином, перша умова дотримана. Однак, кут тертя ($\varphi=0,70$ рад) цього матеріалу при взаємодії з оболонкою є меншим, ніж його кут внутрішнього тертя ($\varphi_0=0,76$ рад.). Натомість, фторопласт 3 цілком задовольняє усі попередні вимоги, що дає підстави рекомендувати його як сипучий наповнювач для оболонок самозатискної петлі-захвату тросового струшувача плодів.

Одним із найбільш придатних матеріалів для наповнення оболонок самозатискної петлі-захвату вважається ізопренова стереорегулярна гума, армована на базі СКІ-30. Наповнювачем для них слугують гранули фторопласту 3, розмір яких коливається в межах 1,5–3,5мм, а коефіцієнт внутрішнього тертя становить $\varphi_0=0,52$ рад.

Висновки

1. На основі проведеного геометричного аналізу отримано рівняння (2.10), (2.14) та (2.15), призначені для розрахунку площі зони контакту та її зміни в залежності від конструктивних характеристик петлі-захвату струшувача та розмірів штамба.

2. Теоретичні дослідження продемонстрували, що при доборі матеріалів наповнювача та оболонки самозатискної петлі-захвата необхідно брати до уваги те, що кут тертя сипучого матеріалу об поверхню оболонки мусить перевищувати кут внутрішнього тертя самого сипучого матеріалу, як виняток, коли останній перевищує 0,406рад.

3. Теоретичні дослідження показали, що оптимальним матеріалом для виготовлення оболонок петлі-захвату є ізопренова стереорегулярна армована гума на основі СКІ-30, а в якості наповнювача слід використовувати гранули фторопласту 3 з діаметром 1,5–3,5 мм та коефіцієнтом внутрішнього тертя $\varphi_0=0,52$ рад.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень ставилося визначення жорсткісно-демпфувальних властивостей самозатискної петлі-захвату тросового струшувача плодів, підтвердження та доповнення теоретичних досліджень системи “петля-захват – штабл дерева”.

Для досягнення сформульованої мети розроблена програмою експериментальних досліджень, яка складалась із наступних етапів:

- 1). Визначення конструктивних та геометричних параметрів самозатискної петлі-захвату тросового струшувача плодів;
- 2). Встановлення жорсткісно-демпфувальних властивостей самозатискної петлі-захвату тросового струшувача плодів.

3.2 Передумови проведення дослідів

Фізико-механічні, розмірні, жорсткісно-демпфувальні характеристики плодових дерев та адаптованих пристроїв для їх охоплення мають суттєвий вплив на обґрунтування параметрів робочих органів тросових струшувачів та процес механізованого (напівмеханізованого) збирання врожаю плодів.

Тому об’єктом досліджень була самозатискна петля-захват тросового струшувача з еластичною основою до якої приєднано два рукави, а на самій еластичній основі містяться оболонки з сипким наповнювачем у вигляді гранул, діаметром 1,5-3,5мм. Експерименти проводились з використанням лабораторного обладнання і установок кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича Львівського НУВМБ ім. С.З. Гжицького.

Дослідження проводились згідно загальноприйнятих методик [25, 26], а для визначення окремого конкретного розмірного показника і фізико-механічних і демпфувальних властивостей самозатискної петлі-захвата розроблені часткові методики. Експериментальні дані оброблялись методами

математичної статистики і теорії ймовірності [18, 25, 26] з визначення середнього арифметичного $\bar{X}$, середніх квадратичних відхилень окремого вимірювання σ і кінцевого результату m , коефіцієнта варіації v , відносного статистичного відхилення p середнього арифметичного.

Вказана методика використовувалась під час обробки результатів усіх проведених експериментальних досліджень. Підбір емпіричних формул, що відповідають експериментально отриманим закономірностям, полягав у виборі типу формули та визначенні її коефіцієнтів за методом найменших квадратів [5, 12, 18, 25].

3.3 Методика визначення коефіцієнта жорсткості та демпфірування коливань петлі-захвата

Жорсткісно-демпфувальні властивості еластичних елементів, що безпосередньо охоплюють штабб дерева має суттєвий вплив на параметри коливань плодкових дерев за вібраційних та віброударних режимів роботи струшувачів плодозбиральних машин [19, 21, 30]. Особливістю тросового струшувача є передача збурювальних коливань, згенерованих привідними механізмами, штамбу дерева через петлю-захват в односторонньому порядку [12, 15], а тому важливим є встановлення жорсткісно-демпфувальних властивостей як матеріалу оболонок петлі захвата, так і їх сипкого наповнювача.

Методика визначення жорсткісно-демпфувальних властивостей петель-захватів базувалась на реєстрації згасаючих коливань певної, сукупної з еластичним елементом маси вантажу, що виводився з положенням рівноваги короткочасним силовим імпульсом [16].

Дослідження проводились на лабораторній установці у вигляді ударного копра [18], спеціально переобладнаного для визначення жорсткісно-демпфувальних властивостей (характеристик) петель-захватів тросового струшувача плодів.

Основою стенда є чотири вертикальні напрямні 9 (рисунок 3.1) у нижній частині яких закріплені упори 14.

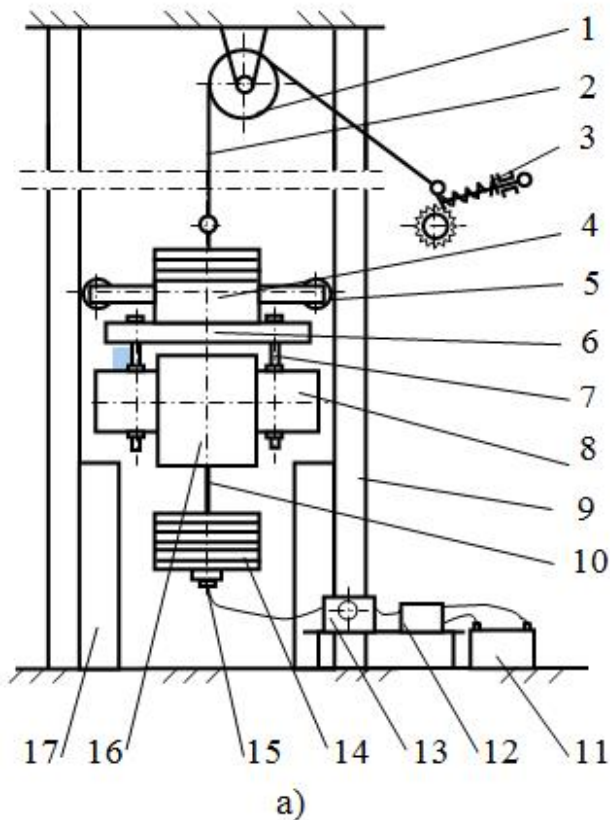


Рисунок 3.1 – Установка для визначення коефіцієнта демпфірування петлі-захвата:

а) схема (1 – блок; 2 – канат; 3 – блокувальний механізм; 4 – падаюча клітка; 5 – ролик; 6 – рамка; 7 – гвинт; 8 – дерев'яний брусок; 9 – напрямна; 10 – трос; 11 – акумуляторна батарея; 12 – перетворювач напруги; 13 – осцилограф; 14 – змінний вантаж; 15 – датчик; 16 – петля-захват; 17 – упор);
б) загальний вигляд.

За допомогою роликів 5 напрямними 9 у вертикальній площині переміщується рамка 6 у якій в горизонтальній площині жорстко закріплювався відрізок (дерев'яний брусок 8) штамба дерева.

Відрізок штамба відповідного діаметра охоплювався самозатискною петлею-захватом 16 тросового струшувача, до якої приєднувався трос 10 із змінним вантажем 14, маса якого була набагато більшою за масу троса і самозатискної петлі-захвата. Гвинтові стяжки забезпечували жорсткість системи в цілому і дозволяли усунути можливі власні коливання пружного елемента, розміщеного всередині поршня віброзбудювача коливань тросового струшувача.

Вимірювання згасаючих коливань в часі проведення кожного досліду здійснювалось закріпленим у нижній частині троса 10 датчиком-акселерометром 15, вісь чутливості якого спрямовувалась вертикально за напрямком переміщення рамки 6. Акселерометр 15 підключався до електронного осцилографа 13, під'єднаного до джерела постійного струму (акумуляторна батарея 11) через перетворювач напруги 12.

Під час кожного досліду рамка 6 піднімалась разом із закріпленими на ній елементами за допомогою каната 2 через блок 1 на певну висоту і звільнялась, здійснюючи падіння вертикально вниз. Після її опускання і контакту з упорами 17 відрізок штамба 8 не відривався від них.

Коефіцієнт $c_{\delta 1}$ (кНс/м) в'язкого опору деформування самозатискної петлі-захвата тросового струшувача визначався на підставі отриманих осцилограм прискорень згасаючих коливань, а саме

$$c_{\delta 1} = -\frac{4m_{\delta}}{T_1} \ln \frac{a_{i+1}}{a_1} = 2n_1 m_{\delta}, \quad (3.1)$$

де T_1 – період згасаючих коливань, послідовні значення амплітуди яких a_i та a_{i+1} ;

n_1 – коефіцієнт демпфірування;

m_1 – маса змінного вантажу, кг.

Коефіцієнт c_1 (кН/м) жорсткого опору деформуванню петлі-захвата становив:

$$c_1 = \left(\frac{4\pi^2}{T_1^2} + n_1^2 \right) m_{\delta}. \quad (3.2)$$

Для дослідження вибирались петлі-захвати з сипучим наповнювачем, стрічкового типу, стрічкового типу з тросом охоплення. Досліди проводились у трикратній повторності на циліндричних відрізках штабів дерев діаметром 80, 120 та 160мм. Маса вантажу m_{δ} , якою навантажувались досліджувані елементи коливалась від 15 до 45кг.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Коефіцієнти жорсткого та в'язкого опорів деформуванню петель-захватів тросового плодознімального засобу

Отримані результати експериментальних досліджень підтверджують залежність жорсткісно-демпфувальних властивостей петель-захватів тросового плодознімального засобу від їх конструктивних особливостей, розмірних показників та матеріалів, з яких вони виготовлені.

На підставі проведених експериментів встановлено, що для петель-захватів мінімальні значення коефіцієнтів в'язкого c_{61} (таблиця 4.1) та жорсткого c_1 опорів їх деформуванню коливаються в межах 0,291-0,348кНс/м та 6988,2-9012,4кН/м, що відповідають умовам взаємодії зі штаблами (стовбурами) дерев діаметром 80мм, а максимальні – 160мм.

Таблиця 4.1–Жорсткісно-демпфувальні властивості петель-захватів тросового струшувача

Показники властивостей	Еластичні елементи		
	Петля-захват з сипучим наповнювачем	Петля-захват у вигляді двох прогумованих стрічок	Петля-захват у вигляді прогумованої стрічки з тросом охоплення
Коефіцієнт жорсткого c_1 опору деформуванню, кН/м	7819,6 – 9012,4	6988,2 – 8099,25	7422,2 – 8665,2
Коефіцієнт в'язкого c_{61} опору деформуванню, кНс/м	0,291 – 0,332	0,317 – 0,373	0,306 – 0,348

Найвищий коефіцієнт в'язкого опору деформуванню (0,317-0,373кНс/м) притаманний петлі-захвату, яка виготовлена з двох прогумованих еластичних стрічок товщиною 10мм кожна. Для цієї петлі характерною особливістю є найнижчий діапазон значень коефіцієнта жорсткого опору деформуванню (6899,2-8099,25кН/м). Такі властивості петлі-захвата даного типу сприяють значним втратам енергії в еластичних стрічках, не забезпечують

належного контакту зі штамбом дерева в місці його захоплення, особливо якщо їх діаметр перевищує 160мм. В цьому випадку може відбуватися надмірне пошкодження кори через її зсув.

У петлі-захвата, що виготовлена з прогумованої стрічки товщиною 12мм і охоплена тросом діаметром 14мм коефіцієнт в'язкого опору деформуванню має межі 0,306 – 0,348кНс/м, а жорсткого – 7422,2-8665,2кН/м. Даний тип петлі забезпечує кращий контакт з штамбом дерева, але характеризується втратами енергії в охоплювальних витках троса й місці з'єднання з віброударним збудовувачем коливань струшувача. Її доцільно використовувати на деревах з діаметром штамба 100-140мм.

Жорсткий опір деформуванню петлі-захвата, що має основу, виготовлену з цупкої прогумованої тканини до якої з зовнішньої сторони кріпляться дві вітки троса діаметром 8мм, а з внутрішньої – оболонки з сипучим наповнювачем (гранули фторопласту 3) найвищий серед досліджуваних і має межі 7819,6 – 9012,4Н/м. Поряд з цим у петлі-захвату даного типу спостерігається найнижчий коефіцієнт в'язкого опору деформуванню, що змінюється в межах 0,291 – 0,332кНс/м. Такі властивості дозволяють використовувати петлю-захват на деревах з широким діапазоном зміни діаметра штамба – 80-160мм незважаючи на втрати енергії у місці з'єднання з віброзбудовувачем коливань.

Таким чином, жорсткісно-демпфувальні властивості досліджуваних петель-захватів тросового струшувача залежать від їх конструктивних особливостей, причому із збільшенням діаметра штамба дерева коефіцієнти жорсткого та в'язкого опорів деформуванню зростають.

Висновки

1. Експериментами встановлено, що серед досліджуваних захисних еластичних елементів штабів плодових дерев найвищий діапазон коефіцієнта в'язкого (0,317–0,373кНс/м) та найнижчий коефіцієнта жорсткого (6899,2–8099,25кН/м) опорів деформуванню має петля-захват у вигляді дох прогумо-

ваних еластичних стрічок, товщина яких 10мм кожна; її доцільно використовувати на штамбах дерев, діаметр яких не перевищує 140мм.

2. Відповідно, вищенаведені коефіцієнти мають мінімальні (0,291–0,332кНс/м) та максимальні (7819,6–9012,4кН/м) границі значень у петлі-захвата, обладнаної оболонками з сипким наповнювачем у вигляді гранул до 3мм в діаметрі; її доцільно застосовувати на штамбах дерев, діаметр яких лежить в межах 80-160мм.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1. Складання карти умов праці під час механізованого збирання плодів

Для сучасного сільськогосподарського виробництва характерним є вплив на організм людини різних технічних, біологічних та інших факторів. З метою прогнозування цих факторів необхідно провести паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів небезпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному.

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці.

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої ділянки (бригади, майстерні, ферми тощо).

Паспорт господарства складається з паспортів діляниць і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки і підпорядковані їй йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (табл. 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час механізованого знімання плодів, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_e - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_e – фактичне значення умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\phi} = K_n \cdot T_{\phi}, \quad (5.2)$$

де T_{ϕ} – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\phi}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;

– ДНАОП 0.00-1* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Таблиця 5.1– Карта умов праці під час механізованого збирання плодів тросовим струшувачем

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_v	Коефіцієнт нормозабезпечення, K_n	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або концентрація (ГРД, ГДК), A_n	Нормативний докument			В годинах	Частках довготривалості зміни, $T_{пф}$	Від дії фактора, $K_{дф}$	Від усіх факторів, K
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,85	
2. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ДСТУ 23.00-93	0,72 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	1,1	8	0,8	0,88	
3. Температура повітря (серпень-жовтень)	Відкриті території, +25,8°C	ДНАОП 0.00-1*	+22°C	0,85	8	0,8	0,68	
4. Пари нафтопродуктів	100 мг/м ³	ДСТУ 12.1.005-86	107 мг/м ³	1,1	8	0,8	0,88	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНАОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,88	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНАОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,96	
6. Робоча поза	Вільна	ДНАОП 0.00-1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу	0,5	8	0,8	0,8	
Всього								0,85

На підставі аналізу даних табл. 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці механізатора під час струшування плодів дещо пе-

ревищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом взаємодії струшувача з деревом, під час якого штамбу передаються віброударні коливання від віброзбурювача коливань та троса.

Шкідливими є також пари нафтопродуктів (дизельного палива, оливи гідросистеми та гідроприводу). Для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек механізатору необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5–10 хв., вимкнувши при цьому двигун та покинувши кабінку енергетичного засобу

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища [7, 10]. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмо-небезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

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 за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

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

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людини – машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко – імітаційну модель процесу її формування

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

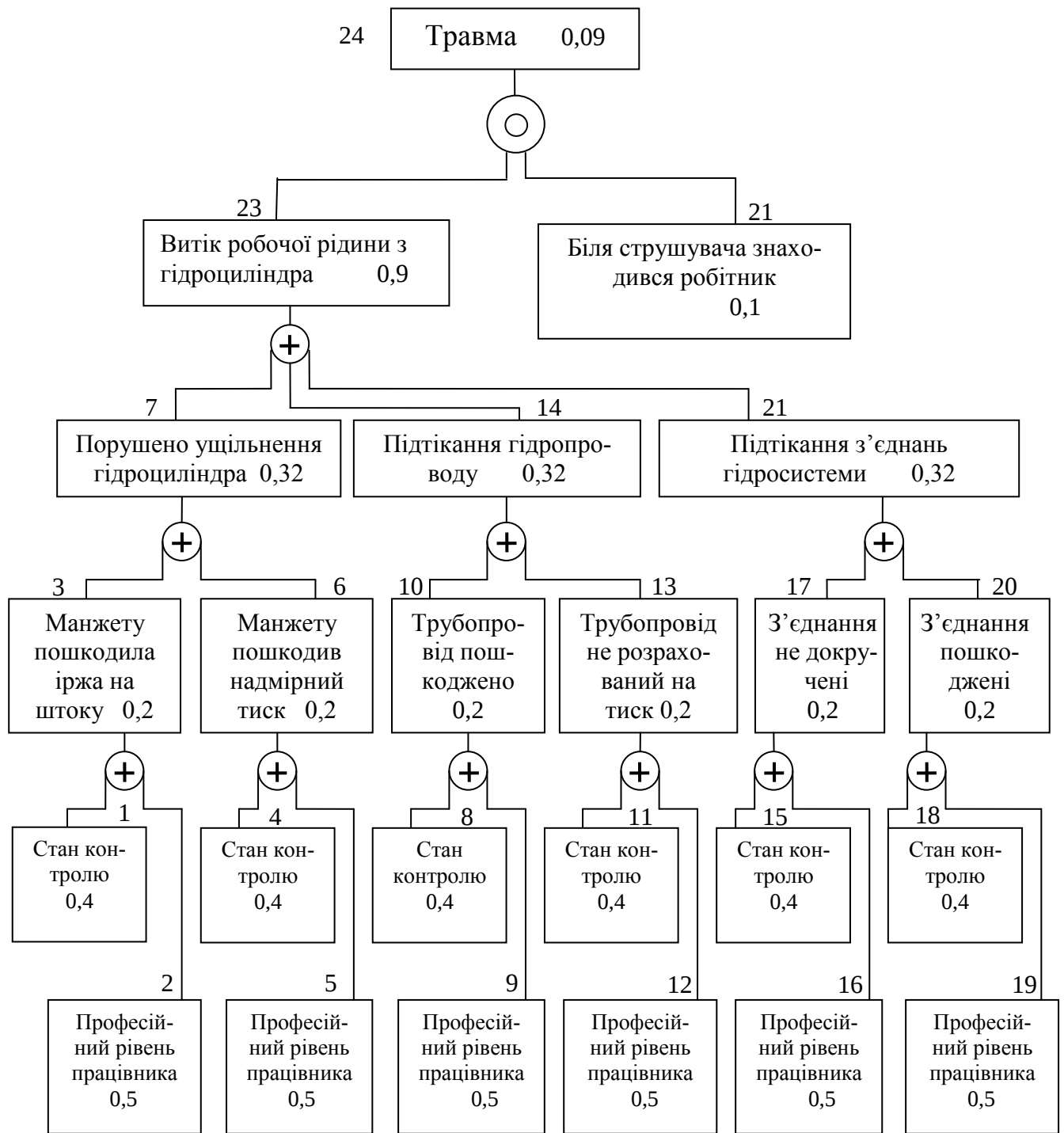
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:



Рисунок 5.1 Схема логіко–імітаційної моделі процесу виникнення травм при технічному обслуговуванні струшувача плодознімального засобу:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, на робочому місці під час технічного обслуговування тросового плодозбирального агрегату за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин [7].

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку механізатора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

5.3 Основні чинники негативного впливу на довкілля під час вирощування і збирання плодів

Використання енергетичних засобів на окремих механізованих операціях під час вирощування і збирання плодових культур, особливо під час внесення добрив у міжряддях саду та механізованому збиранню врожаю призводить до надмірного ущільнення поверхневого шару ґрунту. Ходові системи енергетичних засобів негативно діють на ґрунт, рухаючись міжряддям, що призводить до зниження їх родючості та зменшення гумусового шару, утруднюється доступ води, повітря та поживних речовин до кореневих систем багаторічних насаджень.

Шкідливого впливу завдає нерозумне використання пестицидів. Пестициди – хімічні засоби захисту рослин від шкідників і хвороби, діють вони швидко і ефективно, проте їх застосування має також негативні наслідки для

довкілля і здоров'я людини. Під час вирощування плодів широко використовуються отрутохімікати, тому слід вжити заходів щодо їх раціонального застосування, особливо в період цвітіння дерев.

Значних збитків сільському господарству завдає ерозія. Тому, одним з найважливіших природоохоронних засобів є боротьба з ерозією. Ерозія – руйнування ґрунту потоками води або вітру, а також технічними засобами [1]. Найбільш ефективним заходом щодо недопущення ерозійних проявів в часі виконання окремих механізованих операцій під час вирощування і збирання яблук є правильна організація використання МТА, особливо на схилах з доцільним для цих умов вибором їх способу руху. За необхідності доцільно використовувати розширювачі колісних рушіїв і спарювання опорних коліс, щоб зменшити їх негативний вплив на ґрунт.

Під багаторічні насадження доцільно вносити органічні та мінеральні добрива методом поверхневого розподілу або прикореневим підживленням. Проте сільськогосподарські тварини є серйозними забруднювачами навколишнього середовища. Гній, гноївка, які утворюються при їх утриманні та стічні води забруднюють ґрунт та водойми, а аміак та сірководень надходять до атмосфери. Тому, щоб забезпечити екологічну чистоту атмосферного повітря, біля тваринницьких ферм і відгодівельних комплексів, для утилізації рідкого та підстилкового гною, треба будувати гноєсховища, виділити територію на яких можна зберігати і підготовляти гній до використання.

6 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРОСОВОГО ПЛОДОЗНІМАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Енергетичну оцінку використання тросового струшувача проводимо на основі нормативного документу К.Д.46.16.02.02-93 [8], з метою визначення й порівняльного аналізу [14, 20] рівня необхідних затрат енергії під час збирання продукції за різних умов експлуатації плодознімального засобу.

Домогтись зниження енергозатрат в процесі збирання врожаю можна введенням у технологічний потік надійних у роботі високопродуктивних малогабаритних плодознімальних засобів тросового типу, обладнаних системою акумулювання енергії і сформованих на базі тракторів класу 0,6. Для з'єднання струшувача з деревом застосовуємо адаптовану петлю-захват, що дозволяє використовувати її на широкому діапазоні розмірних показників плодових дерев.

Під час холостих переїздів між деревами пневмогідроаккумулятори накопичують енергію, а в процесі відокремлення плодів віддають її, короткочасно підвищивши потужність гідроприводу струшувача. Рівень зменшення енергозатрат і збільшення продуктивності та якості продукції залежить також від вмілого керування обслуговуючим персоналом окремими технологічними операціями і процесами загалом. Використовуємо дві петлі-захвати, які переносить один допоміжний працівник – одна петля-захват знаходиться на дереві, що підлягає струшуванню, а інша – компонується на наступному за технологічним процесом струшування дереві.

Для визначення кількості енергії, яка необхідна на виконання операції збирання плодів використовувався енергетичний еквівалент, що виражає кількість непоновленої енергії, яка витрачається на одержання 1 кг маси і визначається в калоріях або Джоулях. Він дає змогу всі види праці й матеріально-технічні засоби привести до одного показника та порівняти окремі технологічні операції за їх енергоємністю.

Енергетична оцінка процесу збирання плодів базується на визначенні коефіцієнта енергетичної ефективності R , що міститься у вирощеній продукції (E_k , МДж/га) до кількості непоновлюваної енергії, затраченої на формування даного урожаю (E_3 , МДж/га), тобто:

$$R = E_k / E_3 \quad (6.1)$$

Складові рівняння (5.1) визначаються за наступними залежностями:

$$E_k = B \times \alpha_b ; \quad (6.2)$$

$$E_3 = E_{\Pi} + E_{\text{ж}} + E_{\text{т}} + E_{\text{м}} + E_{\text{зч}} , \quad (6.3)$$

де B – кількість отриманої продукції, кг/га;

α_b – енергетичний еквівалент плодів (для яблук $\alpha_b = 2,2$ МДж/кг);

E_{Π} – прямі затрати енергії у використаному паливі, МДж/га;

$E_{\text{ж}}$ – енергія живої праці, МДж/га;

$E_{\text{т}}$ – енергоємність силового агрегату без врахування палива, МДж/га;

$E_{\text{м}}$, $E_{\text{зч}}$ – відповідно енергоємність машини та зчіпки, МДж/га.

Прямі затрати енергії у використаному паливі визначаються за формулою

$$E_{\Pi} = H_{\Pi} \times \alpha_{\Pi} ; \quad (6.4)$$

де H_{Π} – витрата палива, кг/га;

α_{Π} – енергетичний еквівалент палива (для дизельного палива $\alpha_{\Pi} = 42,7$ МДж/кг).

Енергія живої праці робітників, зайнятих на обслуговуванні агрегату, визначається за формулою

$$E_{\text{ж}} = (n_o \alpha_o + n_d \alpha_d) / W_{\text{год}} , \quad (6.5)$$

де n_o , n_d – кількість основних і допоміжних робітників;

α_o , α_d – енергетичний еквівалент основних і допоміжних робітників (для трактористів $\alpha_o = 1,3$, допоміжного персоналу $\alpha_d = 0,9$ МДж/год);

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Енергоємність силового агрегату:

$$E_{\tau} = \frac{M_m \alpha_m}{100W_{\text{зод}}} \left(\frac{a_m}{T_{mn}} + \frac{a_{mk} + a_{mn}}{T_{mz}} \right), \quad (6.6)$$

де M_m – маса трактора, кг;

α_m – енергетичний еквівалент трактора, $\alpha_m = 86,4$ МДж/кг;

a_m, a_{mk}, a_{mn} – відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонти трактора, %;

T_{mn}, T_{mz} – нормативне і зональне річне завантаження трактора, год.

Енергоємність сільськогосподарської машини:

$$E_m = \frac{M_c \alpha_c}{100W_{\text{зод}}} \left(\frac{a_c}{T_{cn}} + \frac{a_{cn}}{T_{cz}} \right), \quad (6.7)$$

де M_c – маса машини, кг;

α_c – енергетичний еквівалент машини, $\alpha_c = 75$ МДж/кг;

a_c, a_{cn} – відрахування на реновацію і поточний ремонт машини, %;

T_{cn}, T_{cz} – нормативне та зональне річне завантаження машини, год.

Продуктивність тросового плодознімального засобу, агрегатованого з трактором Т-25А за різних схем його позиціювання визначалась на підставі хронометражних спостережень процесу знімання плодів з використанням двох пар уловлюваних полотен.

Після виконання хронометражу та аналітичних розрахунків зроблено порівняльний аналіз використання тросового струшувача з тракторами різних класів (таблиця 5.1). Для порівняння прийнято результати господарських випробувань тросового струшувача [14, 22], агрегатованого з трактором МТЗ-82.

Таблиця 51– Енергетична оцінка механізованого знімання плодів тросовим струшувачем

Показники	Плодознімальні засоби		
	MT3-80+ ТВУС	T-25A+ ТВУС*	T-25A+ ТВУС**
Прямі затрати енергії у використаному паливі, МДж/га	5023,53	1985,12	1812,50
Енергія живої праці, МДж/га	113,73	92,98	84,89
Енергоємність силового агрегату, МДж/га	1577,47	1151,4	1039,60
Енергоємність машини, МДж/га	480,83	386,62	349,08
Кількість непоновлюваної енергії, МДж/га	7195,56	3616,12	3286,07
Кількість енергії, що міститься у вирощеній продукції, МДж/га	58660,8	58660,8	58660,8
Коефіцієнт енергетичної ефективності	8,15	16,22	17,85

Очевидним є зниження на 49,75% кількості непоновлюваної енергії при використанні тросового струшувача з тракторами класу 0,6 в порівнянні з таким же агрегатом на базі тракторів класу 1,4, а найбільш суттєвим її показником стало зниження на 60,48% прямих затрат енергії у витраченому паливі. Характерним виявилось зменшення показника енергоємності удосконаленого струшувача на 19,59%, внаслідок розширення його технологічних можливостей, які полягають у збільшенні продуктивності та річного завантаження плодозбирального засобу, особливо при запровадженні запропонованого способу збирання врожаю з використанням адаптивної петлі-захвату.

Висновки

1. Проведені розрахунки підтверджують ефективність застосування тросового плодознімального засобу з адаптивною петлею-захватом завдяки підвищенню продуктивності та розширенню його технологічних можливостей.

2. Під час збирання врожаю тросовим струшувачем в саду зі схемою садіння 3×5 м з його позиціюванням біля двох дерев середня тривалість знімання плодів з одного дерева становила 0,98 хв., а продуктивність в цілому – 0,063 га/год. За умови позиціювання плодознімального засобу біля чотирьох дерев спостерігається скорочення середньої тривалості знімання плодів з одного дерева до 0,91 хв. і збільшення експлуатаційної продуктивності агрегату до 46 дерев/год. (0,069 га/год.) змінного часу.

3. Енергетичні витрати запропонованого способу збирання плодів із використанням тросового струшувача з адаптивною петлею-захватом і агрегатованого з тракторами класу 0,6 знижені на 49,75%, що становить 3909,49 МДж/га в порівнянні з аналогічним струшувачем, начепленим на трактор класу 1,4. В сукупності зі зменшенням кількості переїздів у міжряддях саду досягнуто високої екологічності запропонованої конструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Під час взаємодії захватів плодозбиральних машин з штамбами пло-дових дерев виникають зусилля, які разом з крутними й згинальними момен-тами викликають зминання, зсув та сколювання кори штабів дерев.

2. Одним із ефективних способів захисту штабів плодових дерев від пошкоджень є застосування захватів, які, маючи змінну жорсткість, під час охоплення штаба формують пляму (зону) контакту й одночасно ефективно передають збурювальні зусилля від струшувача до штаба плодового дерева.

3. Одним з шляхів підвищення ефективності роботи тросового струшу-вача є обладнання його адаптивною самозатискною петлею-захватом, яка за-безпечуватиме її надійний контакт з штабом плодового дерева і запобігатиме пошкодженням його кори.

4. На основі проведеного геометричного аналізу отримано рівняння (2.10), (2.14) та (2.15), призначені для розрахунку площі зони контакту та її зміни в залежності від конструктивних характеристик петлі-захвату струшу-вача та розмірів штаба.

5. Теоретичні дослідження продемонстрували, що при доборі матеріа-лів наповнювача та оболонки самозатискної петлі-захвата необхідно брати до уваги те, що кут тертя сипучого матеріалу об поверхню оболонки мусить пе-ревищувати кут внутрішнього тертя самого сипучого матеріалу, як виняток, коли останній перевищує $0,406\text{рад}$.

6. Теоретичні дослідження показали, що оптимальним матеріалом для виготовлення оболонок петлі-захвату є ізопренова стереорегулярна армована гума на основі СКІ-30, а в якості наповнювача слід використовувати гранули фторопласту 3 з діаметром $1,5\text{--}3,5\text{ мм}$ та коефіцієнтом внутрішнього тертя $\varphi_0=0,52\text{рад}$.

7. Експериментами встановлено, що серед досліджуваних захисних еластичних елементів штабів плодових дерев найвищий діапазон коефіцієн-та в'язкого ($0,317\text{--}0,373\text{кНс/м}$) та найнижчий коефіцієнта жорсткого ($6899,2\text{--}8099,25\text{кН/м}$) опорів деформуванню має петля-захват у вигляді дох прогумо-

ваних еластичних стрічок, товщина яких 10мм кожна; її доцільно використовувати на штамбах дерев, діаметр яких не перевищує 140мм.

8. Відповідно, вищенаведені коефіцієнти мають мінімальні (0,291–0,332кНс/м) та максимальні (7819,6–9012,4кН/м) границі значень у петлі-захвата, обладнаної оболонками з сипким наповнювачем у вигляді гранул до 3мм в діаметрі; її доцільно застосовувати на штамбах дерев, діаметр яких лежить в межах 80-160мм.

9. Проведені розрахунки підтверджують ефективність застосування тросового плодознімального засобу з адаптивною петлею-захватом завдяки підвищенню продуктивності та розширенню його технологічних можливостей.

10. Під час збирання врожаю тросовим струшувачем в саду зі схемою садіння 3×5 м з його позиціюванням біля двох дерев середня тривалість знімання плодів з одного дерева становила 0,98 хв., а продуктивність в цілому – 0,063 га/год. За умови позиціювання плодознімального засобу біля чотирьох дерев спостерігається скорочення середньої тривалості знімання плодів з одного дерева до 0,91 хв. і збільшення експлуатаційної продуктивності агрегату до 46 дерев/год. (0,069 га/год.) змінного часу.

11. Енергетичні витрати запропонованого способу збирання плодів із використанням тросового струшувача з адаптивною петлею-захватом і агрегатованого з тракторами класу 0,6 знижені на 49,75%, що становить 3909,49 МДж/га в порівнянні з аналогічним струшувачем, начепленим на трактор класу 1,4. В сукупності зі зменшенням кількості переїздів у міжряддях саду досягнуто високої екологічності запропонованої конструкції.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
4. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга». 2008. 543 с.
5. Гошко З.О. Дослідження технологічного процесу збирання плодів тросовим струшувачем віброударної дії: Автореф. дис. ... кандидата технічних наук: 05.20.01. Луцьк, 1995. 21 с.
6. Довідник з механізації садівництва / [Демидко М.О., Бабенко А.Є., Бабій В.П. та ін.]; за заг. ред. М.О. Демидка. Київ.: Урожай, 1988. 233 с.
7. Жидецький В.І. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / В.І. Жидецький., В.С. Джигерей., В.М. Сторожук та ін; За ред. Жидецького В.І. Львів : Афіша, 2000. 352 с.
8. КД 46.16.02.02.-93. Енергетична оцінка сільськогосподарської техніки. Київ.: 1993.
9. Комбінований агрегат для збирання і транспортування плодів у тарі Пат. 20580 А, Україна, МКИ А 01 D 46/24. №97020635; заявл. 13.02.97; опубл. 15.07.97.
10. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2000. 416 с.
11. Миронюк О.С. Удосконалення плодознімального засобу: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 Луцьк, 2001. 141 с.

12. Ніщенко І.О., Семен Я.В. Аналітична модель підсистеми “гідродвигун – вібробурювач коливань”. *Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження*. 2005. №9. С. 222-227.
13. Паславський Р.І. Обґрунтування параметрів комбінованого агрегату для потокового збирання яблук: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Львів: Львівський державний аграрний університет, 1999. 167 с.
14. Рибарук В.Я., Паславський Р.І., Шевчук Р.С. Енергетичний аналіз поточної технології збирання плодів. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. Волинського обласного відділення ІАУ*, вип. 2. Луцьк, 1996. С. 48–53.
15. Самозатискна петля-захват тросового струшувача. Пат. 64537 Україна, МПК А01D 46/26 (2006.01). –№ и 201104710; заявл. 18.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
16. Семен Я.В., Гошко З.О., Ріпка І.І., Семен О.Я. Дослідження фрикційних властивостей петлі-захвата тросової плодознімальної машини. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.* Вип. 22. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2012, С. 162-168.
17. Семен Я.В., Рибарук В.Я., Крупич О.М. Обґрунтування структурної схеми плодознімального засобу струшувального типу. *Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження*. 2001. №5. С. 110–116.
18. Семен Я.В. Обґрунтування параметрів і режимів роботи плодознімального агрегату з акумулятором енергії. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Львів: Львівський державний аграрний університет, 2007. 202 с.
19. Семен Я.В., Крупич О.М., Пришляк О.Ф. Петля-захват плодозбиральної машини. *Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 10ⁱⁱⁱ річниці Конференції ООН з питань охорони навколишнього середовища та розвитку “Еколого-економічні проблеми розвитку АПК”*. Тези доп. Львів, 2002. С. 299-302.
20. Семен Я.В. Енергетичний аналіз процесу знімання плодів тросовим струшувачем. *Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження*. 2002. №6. С. 131-135;

21. Семен Я.В., Ріпка І.І., Семен О.Я. Пристрій для охоплення штамба плодового дерева . *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок ЛНАУ* / за заг. ред. В.В. Снітинського. –Вип. 13 –Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2013 С. 52.
22. Семен Я.В. Параметри й режими процесу знімання плодів струшуванням. *Вісн. Львів. нац. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження*. 2008. №12. Т.2. С. 282-286;
23. Струшувач плодів. Пат. 39698 А Україна МПК 7A01D 46/26. №2000127503; заявл. 26.12.2000, опубл. 15.06.2001, Бюл. №5.
24. Тросовий віброударний струшувач. Пат. 32324 А Україна МПК 6 А 01D 46/24, 51/00. №99041940; заявл. 6.04.99. опубл. 7.03.2000, Бюл. №7-ІІ.
25. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. Посібник. Київ.: Видавництво УСГА, 1992. 240 с.
26. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ.: НМК ВО, 1992. 320с.
27. Шевчук Р.С., Ріпка І.І., Семен Я.В. Удосконалення тросового струшувача плодів. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. Луцького ДТУ*. Луцьк, 2000. №6. С. 208-211.
28. Шевчук Р.С. Модель системи „тросовий віброударний струшувач плодів – дерево” *Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження*. 2004. №8. С. 230-236.
29. Шевчук Р.С., Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: *Метод. рекомендації* Львів. ДАУ. Львів, 1994. 27 с.
30. Jaroslav Semen. Device for enclosing of trees' stems during mechanized removing fruits / Jaroslav Semen, Oleg Semen // 9-а міжнародна научна практична конференція “Ключови въпроси в съвременната наука”. Том 32. Селско стопанство. Ветеринарна наука. София. „Бял ГРАД-БД” ООД. 2013. С. 3-6.