

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

Андрій ВОЙТІК

“ ” _____ 2023

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній ступінь)

на тему: «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЧИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
МАЛОГАБАРИТНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Ігор БОРЕЙКО

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

м. Умань - 2023

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ ” Андрій ВОЙТІК
“ ” 2023

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Борейко Ігор Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
НЕСУЧИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАЛОГАБАРИТНИХ
ОБПРИСКУВАЧІВ»

керівник роботи Олександр ПУШКА, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від
“ 09 ” листопада 2023 № 01-06/256

2. Строк подання студентом роботи 20.11.2023

3. Вихідні дані до роботи: завдання на дипломну роботу; науково-технічна література з ремонту обприскувачів; авторські свідоцтва і патенти на винаходи; результати досліджень дисертаційних робіт; вимоги охорони праці; методика визначення економічного ефекту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ

1. Аналіз конструкцій малогабаритних обприскувачів та експлуатаційних факторів.

2. Математичне моделювання динаміки руху обприскувача.

3. Польові та експериментальні дослідження динаміки навантаженості малогабаритного обприскувача.

4. Інженерна методика дослідження коливних процесів причіпного малогабаритного обприскувача.

5. Охорона праці.

6. Техніко-економічне обґрунтування ефективності вдосконалення малогабаритного обприскувача

Загальні висновки по роботі

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Актуальність теми роботи та проблема дослідження; мета, об'єкт, предмет дослідження; конструктивні особливості сучасних малогабаритних обприскувачів; характерні поломки типових секцій штанг; динамічна розрахункова модель коливань агрегата у вертикальній площині; загальний вигляд малогабаритного обприскувача; принципова схема малогабаритного обприскувача; розрахункова схема консольної частини секції штанги; розрахункова схема ходової частини обприскувача; показники техніко-економічної ефективності; загальні висновки по роботі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., к.с.-г.н., доцент		
Економічне обґрунтування проекту	Пушка О.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання « » 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ	24.04.2023	
1.	Аналіз конструкцій малогабаритних обприскувачів та експлуатаційних факторів	19.05.2023	
2.	Польові та експериментальні дослідження динаміки навантаженості малогабаритного обприскувача	23.06.2023	
3.	Інженерна методика дослідження коливних процесів причіпного малогабаритного обприскувача	15.09.2023	
4.	Охорона праці	06.10.2023	
5.	Техніко-економічне обґрунтування ефективності вдосконалення малогабаритного обприскувача	03.11.2023	
	Загальні висновки по роботі	17.11.2023	
	Список використаних джерел	17.11.2023	

Студент

(підпис)

Ігор БОРЕЙКО

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ПУШКА

ЗМІСТ

	Стор
Завдання.....	2
Реферат.....	6
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ.....	9
1.1. Огляд існуючих конструкцій малогабаритних сільськогосподарських обприскувачів.....	9
1.2. Вплив динаміки навантаженості на несучі елементи малогабаритних сільськогосподарських обприскувачів і її наслідки.....	23
Висновки і завдання досліджень.....	27
2. ПОЛЬОВІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАВАНТАЖЕНОСТІ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА	29
2.1. Польові випробування малогабаритного обприскувача.....	29
2.2. Планування експерименту.....	36
2.3. Характеристика обладнання експериментальних досліджень малогабаритного обприскувача.....	38
Висновки до третього розділу.....	43
3. ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИЧІПНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА...	44
3.1. Методика розрахунку конструктивних параметрів малогабаритного обприскувача.....	44
3.2. Підбір раціональних параметрів пружних елементів малогабаритного обприскувача.....	45
3.3. Розрахунок на міцність функціонально-несучих елементів штанги обприскувача.....	49
3.4. Розрахунок основного елемента рами причіпного малогабаритного обприскувача.....	52

Висновки до четвертого розділу.....	55
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 71 аркуші формату А4, яка вміщує 5 розділів, 6 таблиць, 21 рисуноків, 18 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 10 аркушах.

У роботі запропонована нова конструкція пружної підвіски рами обприскувача, що дозволяє зменшити коливання розпилюючих органів і тим покращити якість нанесення робочого препарату на поверхні рослин.

Розроблено математичну модель коливань обприскувача у вертикальній та поперечно-вертикальній площинах;

На основі результатів досліджень отримані основні моменти польових випробувань малогабаритного обприскувача, де виявлено його високу технологічну ефективність. Крім того зосереджено увагу на негативному впливі жорсткої підвіски на якість нанесення робочого препарату (обприскування).

Встановлено, що резонансна зона збурюючої сили для жорсткої підвіски обприскувача знаходиться в межах $\omega > 14 \text{ Гц}$, а при пружній $\omega > 10 \text{ Гц}$, що є зонами частот, які практично при експлуатації даного обприскувача не зустрічаються. Підвіски працюють в дорезонансних зонах.

Розрахунковий економічний ефект від запропонованих впроваджень при значному підвищенні якості виконання технологічного процесу становить 777,4 грн. на одну машину.

Мета досліджень - забезпечення надійності несучих і функціональних елементів малогабаритного обприскувача, шляхом розробки моделей впливу експлуатаційних факторів та створення на цій основі ефективної методики їх розрахунку.

Об'єктом дослідження є штанговий малогабаритний обприскувач.

Предметом дослідження є динаміка руху, функціональні і конструктивні параметри малогабаритного обприскувача сільськогосподарського призначення.

ВСТУП

Актуальність теми. Агропромисловий комплекс України, де сільськогосподарське виробництво є основним, потребує впровадження нових моделей машин, зокрема, малогабаритних для фермерських господарств, заходів з подальшого підвищення технічного рівня і якості машин та обладнання і комплексної механізації рільництва. Насамперед це стосується машин для хімічного захисту у рослинництві, тому що шкідники і хвороби сільськогосподарських рослин, а також бур'яни є причиною втрат значної частини врожаю і зниження його якості. Так як агротехнічні і біологічні методи не завжди дають бажані результати, то при вирощуванні сільськогосподарських культур, особливо за інтенсивними технологіями, найефективнішим є хімічний спосіб захисту рослин.

Сьогодні у сільському господарстві України існує проблема забезпеченості ефективною новітньою технікою. Тому науково-технічний процес у сільськогосподарському машинобудуванні повинен бути спрямований на створення і випуск ефективної, надійної, високопродуктивної, маневреної сільськогосподарської техніки. Найбільш суттєві вимоги до новітньої техніки є уніфікація за агрегуванням, оптимізація за конструктивними параметрами, мінімальна маса та низька собівартість.

З переходом України на ринкові відносини і проведення земельної реформи, призвело до перерозподілу сільськогосподарських угідь та формування присадибних фермерських способів господарювання. Така форма господарювання викликає потребу створення малогабаритної високоманевреної сільськогосподарської техніки в тому числі і машин для хімічного захисту у рослинництві. Основними вимогами, що ставляться до малогабаритних обприскувачів, є підвищення технічного рівня, якість виконання технологічних процесів та уніфікація їх агрегування з різними робочими органами для комплексної механізації робіт. Мобільні сільськогосподарські машини, малогабаритні обприскувачі в тому числі, працюють в особливо важких

рельєфних і кліматичних умовах, що призводить до значних динамічних перевантажень їх несучих і функціональних комплектуючих.

Таким чином забезпечення роботоздатності і прогнозування ресурсу роботи таких базових збірних одиниць малогабаритних обприскувачів, як конструкції рам, функціонально несучих секцій штанг, ємностей для транспортування робочих розчинів, елементів приводу і ефективного виконання технологічного процесу, є актуальним завданням.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети визначені такі завдання досліджень:

1. Узагальнити теоретичні засади оцінки ресурсу роботи несучих та функціональних елементів малогабаритного обприскувача.
2. Розробити математичну модель руху обприскувача нерівностями оброблювальних площ.
3. Дослідити вплив реальної динаміки навантаженості на несучу здатність конструктивних елементів обприскувача.
4. Розробити ефективну інженерну методику розрахунку конструктивних параметрів несучої рами та функціонально-несучих елементів штанги обприскувача.
5. Обґрунтувати оптимізацію конструктивних параметрів рами та штанги обприскувача.
6. Провести експериментальні дослідження реальної динаміки навантаженості малогабаритного обприскувача в умовах експлуатації.
7. Спроекувати конструкцію рами та функціонально-несучої штанги малогабаритного обприскувача.

Методи дослідження. Основні теоретичні розрахунки базуються на положеннях теоретичної механіки, теорії автоматичного керування та вищої математики.

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

1.1. Огляд існуючих конструкцій малогабаритних сільськогосподарських обприскувачів

Впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур можливе лише за умов своєчасного і надійного захисту їх від шкідників, хвороб та бур'янів. При їх знищенні важливо використовувати систему захисту рослин, що передбачає комплекс агротехнічних, біологічних, фізичних і хімічних методів. Це зумовлено тим, що, наприклад, за допомогою машин і різного устаткування неможливо знищити бур'яни в рядках або гніздах культурних рослин. Могутня коренева система багаторічних бур'янів не завжди знищується навіть при глибокій оранці. У посівах при суцільній сівбі зернових, технічних, кормових, овочевих культур часто застосування машин і інших знарядь виробництва неможливе, отже їх потрібно прополювати тільки вручну. Але ручне прополювання дуже трудомістке, тому для припинення розвитку і знищення багатьох видів бур'янів використовують хімічні препарати – гербіциди. У боротьбі з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин хімічний метод в наш час є основним, він передбачає вплив хімічних препаратів на шкідників, хвороби та бур'яни. Для його використання створено шлейф машин і різних хімічних препаратів захисту рослин під узагальненою назвою пестициди.

За призначенням хімічні препарати поділяються на: інсектициди – для захисту від шкідників, фунгіциди – від хвороб, гербіциди – від бур'янів, депоненти – для опалого листя, десиканти – для підсушування рослин. Пестициди наносять на насіння, рослини, ґрунт, стінки складських приміщень у вигляді розчинів, суспензій. Машини, які здійснюють нанесення робочих розчинів даних препаратів на оброблювані поверхні, називаються машинами для хімічного захисту. Одне з провідних місць даного типу машин займають штангові або вентиляторні обприскувачі.

За призначенням обприскувачі поділяють на польові, садові, виноградникові, для закритого ґрунту та інші. За способом розпилення робочої рідини розрізняють обприскувачі гідравлічні та пневматичні; за типом приводу робочих органів та габаритними розмірами – ранцеві, тачкові, малогабаритні, тракторні, автомобільні та авіаційні. Тракторні обприскувачі поділяють на причіпні, начіпні та монтовані.

Обприскувачі складаються з робочих і допоміжних органів, кожний з яких виконує свою важливу функцію в залежності від виконання технологічної операції. До робочих органів належать насос, розпилювальні та заправні пристрої, мішалки; до допоміжних – рама, резервуар, фільтри, регулятори тиску, всмоктувальна та нагнітальна магістралі, органи керування і контролю, ходова частина (для причіпних обприскувачів) [9, 11].

На світовому ринку випускається дуже велика кількість обприскувачів, які відрізняються між собою конструктивним виконанням, принципом роботи, габаритами, системами регулювання та контролю, витрати препаратів та іншими ознаками.

В роботі [10] досліджуються конструктивні і технологічні параметри, які впливають на якість обприскування вище зазначених обприскувачів.

Методом обприскування вноситься 75% всіх застосованих в землеробстві препаратів. Окрім цього застосовують ультрамалооб'ємне розпилення, розсіювання, розкидання і протруювання [9].

Для зниження витрати робочої рідини почав широко застосовуватися метод дрібнокраплинного обприскування в Голландії, Бельгії, Скандинавії та інших країнах.

Штангові обприскувачі одержали найбільше поширення через якісні, економічні й ефективні показники. Провідне місце в світі з виробництва обприскувачів займають Англія, Німеччина, Франція, Італія, Голландія, США і Канада.

Вибір відповідного типу машини має велике значення для раціональної організації роботи [9].

На якість обприскування впливають конструктивні і технологічні чинники [6]. Тут до конструктивних чинників відноситься вдала розробка конструкції обприскувача, раціональне розташування його основних конструктивних елементів, вдалий вибір типу підвіски штанги, ємності для робочого препарату, мішалки насоса, фільтрів, контрольно–реєструючої апаратури, пристроїв для забезпечення необхідної дози препарату в залежності від швидкості руху агрегату та контролю за функціями розпилювачів, а також вибір маркера, слідовказівника тощо.

За останній час до обприскувачів ставиться багато вимог із метою зниження ступеня забруднення довкілля і безпечних умов для робітників, що займаються обприскуванням полів. Сюди відносяться точне дозування, запобігання не регулюючому зносу крапель і, по можливості, економічність витрати препарату і води.

Практика свідчить, що четверта частина всіх обприскувачів перевитрачають отрутохімікатів в середньому на 30%. 50 – 70% препарату наноситься на поверхню обробки, інша частина складає втрати. Зазначені втрати призводять не тільки до зниження ефективності обробки, але й до зараження довкілля.

Серед найбільш розповсюджених методів штангового обприскування є:

- 1) населення звичайними розпилювачами (щілинні, конусні, порожнисті, суцільні, дискові тощо);
- 2) переривчасте (імпульсивне) внесення за допомогою магнітного клапана, який швидко вмикається і монтується безпосередньо перед розпиленням;
- 3) населення з використанням електростатичних крапель, малооб'ємне (МО), ультрамалооб'ємне (УМО) і надультрамолооб'ємне (НУМО) обприскування;
- 4) краплинне нанесення регульованого розміру (КІР одержало поширення передусім у США);
- 5) електродинамічне обприскування;
- 6) нанесення за допомогою іонізуючого поля;
- 7) метод електростатичної індукції;

- 8) спосіб контактного нанесення;
- 9) стрічкове обприскування;
- 10) обприскування з обмежниками зносу крапель – аерозольні генератори (аеродинамічної конструкції);
- 11) хімічне прополювання.

У результаті ефективного розпилювання при зменшених обсягах витрати краплинний метод обприскування регульованого розміру виключає з розпилення краплі великих розмірів, які безповоротно губляться, і малих розмірів, що зносяться вітром. Електростатично зарядженим краплям надається визначена сила притягання до поверхні обробітку, у зв'язку з чим поліпшується ступінь осідання крапель.

Обприскування краплями з використанням націпного устаткування одержало значне поширення, головним чином, у США. Останнім часом були прикладенні значні зусилля для створення електростатичних і електродинамічних систем обприскування. Для електростатичного обприскування краплі робочої рідини піддаються електростатичній зарядці коронним, контактним та індуктивним способом (фірма “Roederstein”). Недоліком електростатичного обприскування є використання високої напруги.

Усвідомлення неефективності внесення пестицидів підкреслює: проблеми, що пов'язані із забезпеченням води, необхідність швидшої і своєчасної обробки, збільшення вартості пестицидів, стимулювали розвиток нових методів внесення – малооб'ємне (МО), ультрамалооб'ємне (УМО) і надультрамалооб'ємне (НУМО) обприскування. МО, УМО і НУМО - обприскування необхідно застосовувати в тих місцевостях, де важко добувати воду із сезонних джерел і транспортувати на полях.

Використання методу рециркуляції (американська система Recysling-Sprayer) дає змогу ловити і подавати назад в обприскувач неосаджені краплі препарату, які потім повторно наноситься. Цей метод ефективний для великих норм витрати і крапель великих розмірів.

Кроком вперед у відношенні захисту довкілля і зменшенні зараження ґрунту є метод роздільної подачі препарату і води в залежності від швидкості руху транспортного засобу.

Поряд з удосконаленням обприскувачів, що працюють із зменшеною нормою витрати, велика увага приділяється методу контактного нанесення гербіцидів – контактні обприскувачі. Контактний метод дає змогу скоротити норму витрати отрутохімікату, успішно вирішити проблему зносу препарату і захисту довкілля від забруднення, працювати на підвищених швидкостях і в будь-яку погоду.

Частина препаратів при обприскуванні не потрапляє на оброблювані поверхні із-за конструктивної недосконалості розпилюючих пристроїв. Неправильна чи недостатня відлагодженість роботи розпилювачів, а також внаслідок впливу вітру, дощу, високої температури та інших чинників знижується ефективність нанесення препаратів на рослини. Тому особливу увагу слід звертати на дотримання агротехнічних вимог щодо обприскування.

У світовій практиці спостерігається тенденція до поліпшення використання техніки для нанесення засобів захисту. При цьому найважливішою умовою є рівномірний розподіл препарату, що дає можливість уникнути шкідливих впливів на довкілля. Значно коливається швидкість при обробці схилів і при агрегуванні з великовантажними обприскувачами.

Конструкція і вибір тих чи інших розпилювачів повинні відповідати висоті штанги над поверхнею обробки. Тільки в такому випадку буде досягнутий якісний розподіл робочого розчину.

Мінімальна висота установки штанги над оброблюваною поверхнею із щілинними розпилювачами з конусом факела розпилювання повинна бути рівною 0,35м.

Погано відрегульована штанга по висоті і недосконала конструкція начіпної штанги може стати причиною нерівномірного обприскування, що виражається в наявності неопрацьованих ділянок або зон з передозуванням робочої рідини. Тільки використання обприскувачів з добре відрегульованою нормою витрати забезпечує правильну їх експлуатацію.

На якість розподілу препарату суттєво впливає коливання штанги та самого обприскувача. Стабільні штанги не тільки забезпечують більш рівномірне обприскування. Вони підвищують також продуктивність, можуть бути встановленні ближче до поверхні ґрунту, збільшуючи проникнення речовини в рослини і знижуючи ризик здуву струменя.

Причиною коливання штанги є рух обприскувача по нерівній поверхні полів. Коливання штанги у вертикальній площині іноді бувають досить значними. Це викликає концентровану або недостатню щільність струменя й у такий спосіб збільшується відхилення в нормі внесення, що в кінцевому підсумку відбивається на зниженні врожаю, а також може нанести шкоду довкіллю.

Коливання штанг в горизонтальній площині зумовлене коливаннями робочої швидкості обприскувача, викликає зміну моментальної швидкості нанесення препарату, й у напрямку руху виникають надлишково і недостатньо дозуючі ділянки (хвилястість поздовжнього розподілу).

Горизонтальні коливання виникають, як правило, за наявності зазорів у розкладувальних шарнірах, а також у недостатньо жорстких конструкціях. При жорстко закріплених штангах картина розпилення значно поліпшується. Згинання і рух секцій штанги в місцях їх з'єднань не є єдиними чинниками, що викликають посилення коливань при нерівномірному русі обприскувача. З теорії коливань відомо, що вирішальними чинниками посилення коливань є співвідношення власної частоти коливань штанги до частоти збудження обприскувача, зумовленої агрофоном. В міру зближення цих частот зростає амплітуда коливань. Для частоти збурення швидкості обприскувача має дуже велике значення. Помилки в розподілі робочої речовини при обприскуванні помітно зростають вже при амплітуді коливань 0,15 – 0,2м. При інтенсивних коливаннях штанги польового обприскувача можливі удари або зіткнення штанги з ґрунтом, що може призвести до її поломки. Найнижчі гармоніки коливань (нижче 3 гц) найбільше сприяють деформації штанги і, отже, є головним джерелом нерівномірного розподілу розпилу.

Підводячи підсумок викладеного матеріалу, вище було встановлено основні причини зниження якості нанесення робочого препарату та послаблення міцності основних вузлів, а отже і надійності, за рахунок динамічних перевантажень.

На даному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва за утвореною ситуацією розпаювання земель, різко зросла частка дрібних фермерських господарств, де земельні наділи становлять приблизно 4 – 15га. Хімічний захист – це невід’ємна технологічна операція, яка входить в будь-яку технологію вирощування сільськогосподарської продукції. Такі технологічні операції виконуються обприскувачами, але оскільки земельні ділянки відносно малої площі, то обробляти їх великими тракторами обприскувачами недоцільно. Це пов’язано із їх високою продуктивністю, великими габаритами, та й, звичайно, високою вартістю. Завантаженість таких обприскувачів буде далекою до 100%, тобто це нераціональне завантаження машини. Для того щоб цього уникнути, а з іншого боку можливість придбати необхідно використовувати малогабаритні обприскувачі, які мають за своїми технічними характеристиками меншу продуктивність, порівняно малі габарити, та й, звичайно, нижчу вартість.

Тому увагу зосереджено саме на таких обприскувачах. Завдання необхідно ставити таким чином, щоб спроектувати або вдосконалити такий обприскувач, який би був універсальним при виконанні технологічних операцій та надійний в експлуатації. Цих параметрів можна досягти за рахунок вдалої конструкції через відповідні теоретичні моделі розрахунку.

Основну функцію при цьому виконують розпилюючі пристрої та їх підвіска, тобто шасі та штанга (якщо розглядати штангові обприскувачі) обприскувача.

В роботі [4] розроблена конструкція універсального малогабаритного обприскувача ОМПШ–150–1, який має можливість виконувати найрізноманітніші технологічні операції хімічного захисту.

На рис.1.1 представлений загальний вигляд даного обприскувача.



Рисунок 1.1 - Обприскувач спеціальний малогабаритний ОМПШ–150–1
(базовий варіант)

Таблиця 1.1 - Коротка технічна характеристика ОМПШ–150–1

Тип обприскувача	причіпний
Місткість бака, л	150
Робоча ширина захвату, м	4
Годинна продуктивність (при $V=6$ км/год), га/год	2.28
Межі регулювання витрати робочої рідини, л/га	50-300
Тип насоса	мембранно-поршневий серії МР 30
Робочий тиск в магістралі, МПа	до 3
Привід насоса	ВВП енергозасобу
Штанга: виконання матеріал	двосекційна базальтопластик
Затрати потужності на приведення в дію насоса, к.с.	не більше 2.3

Проаналізуємо ще ряд існуючих конструкцій таких обприскувачів.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



е)



ж)

Рисунок 1.2 - Конструктивні особливості сучасних малогабаритних обприскувачів

На рисунку 1.2, а представлений малогабаритний обприскувач який призначений для хімічного захисту рослин в теплицях, а також для обприскування водою кущів, клумб, газонів.

Даний малогабаритний обприскувач можна використовувати для вирішення багатьох різних завдань, де звичайний польовий обприскувач не може використовуватися через свої габарити. Обприскувач складається з електричного двигуна, акумулятора 12 В, його продуктивність 8,5 л на хвилину, бак місткістю 45 л виготовлений з поліетилену, маса пустого обприскувача 20 кг. Рама виготовлена у вигляді плоскої ферми з профільної труби, вона жорстко опирається на гумові колеса. Штанга – розпилювач на гнучкому подовжувачі.

На рисунку 1.2, б представлений тепличний малогабаритний обприскувач “ОТ-210” . Тачковий обприскувач призначений для боротьби проти бур’янів, комах і хвороб сільськогосподарських культур в теплицях.

Обприскувач “ОТ-210” складається з мембранно-поршневого насоса, що має регулятор тиску і запобіжний клапан, привід якого здійснюється від електричного двигуна не більше 2,0 кВт; бак місткістю 210 л виготовлений з поліетилену, який кріпиться на сталевій рамі з колесами; брандспойта або іншого розпилюючого пристрою довжина рукава якого становить 50 м.

На рисунку 1.2, в представлена дезінфікуюча установка УД-320. Вона використовується при обробці тваринницьких приміщень, прилеглих до них територій, тваринницьких забійних цехів, м’ясо-переробних підприємств, холодильників, засобів транспортування і завантаження тварин. Установку можна використовувати для дезінфекції зерносховищ, овочесховищ, обробки шкіряного покриття тварин проти паразитів, хімічного захисту сільськогосподарських культур в відкритих і закритих ґрунтах, а також для побілки приміщень і їх санітарної промивки.

На рисунку 1.2, г представлений тачковий обприскувач. Він призначений для обробки рослин в спорудах захищеного ґрунту робочими рідинами пестицидів проти шкідників і хвороб оброблюваних культур, а також внесення рідких добрив в теплицях. Даний обприскувач складається з бака ємністю 220 л, який кріпиться

до рами, насоса, електричного двигуна 2 кВт, двох брендспойтів довжиною рукава 25 м, маса пустого обприскувача 80 кг.

Основа обприскувача (рама) виконана у вигляді жорсткої зварної конструкції, яка опирається на прогумовані колеса малого діаметра.

На рисунку 1.2, д представлено навісний малогабаритний обприскувач, який призначений для обробки водою (хімікатами), клумб, газонів, сільськогосподарських культур. Штанга розкладна (у вигляді двох секцій) кріпиться на двох стійках рами і регулюється по висоті разом із навіскою енергозасобу. Насос (виробництво Італія) розроблений для використання в польових обприскувачах, привід механічний від ВВП – трактора. Форсунки змінні під різні види хімікатів. Баком служить металева бочка об'ємом 80 л, яка змонтована на зварній рамі, що закріплена на навісці трактора.

Далі на рис. 1.2 е, є, ж представлені малогабаритні причіпні сільськогосподарські обприскувачі, які агрегатуються з міні енергозасобами і призначаються для оброблювання сільськогосподарських культур. Характерною особливістю наведених машин є жорстка посадка пластикових баків на зварну раму. Рама, в свою чергу, опирається на високопрофільні (відносно) гумові колеса. Високий профіль відіграє позитивну роль в плані компенсації ґрунтових нерівностей, але достатньо малий діаметр коліс не дозволяє здійснити цю компенсацію в повній мірі.

Високий попит малогабаритних обприскувачів можна пояснити теперішніми змінами в земельному законодавстві – проведенні земельної реформи. Розпаювання земель призвело до утворення великої множини власників земельних паїв, що ведуть своє власне господарство.

На невеликих земельних ділянках раціонально вирощуються польові культури, насаджуються сади, виноградники, ведеться підсобне тваринницьке і тепличне господарство. Для таких розпайованих невеликих земельних господарств є достатньою продуктивність малогабаритних технічних засобів для хімічного захисту. Тому на даний час є надзвичайно актуальним запропонувати багатофункціональну, дешеву та надійну таку машину [4] .

Серед відомих моделей малогабаритних обприскувачів прослідковуються такі ймовірні відмови як руйнування елементів рами та штанги, які спричиняються до виходу машини з ладу, що значно знижує показник надійності. Із аналізу існуючих моделей малогабаритних обприскувачів, видно, що в основному малогабаритні обприскувачі мають жорстку підвіску, тобто раму на гумових колесах та жорстко закріплено штангу.

На рис. 1.3 приведено моделі сучасних малогабаритних обприскувачів.

На рис. 1.3, а, в, г представлені професійні моторні малогабаритні обприскувачі серії CR 50\80\125, які призначені для обробки рослин в спорудах захищеного ґрунту робочими рідинами пестицидів проти шкідників і хвороб оброблюваних культур, а також рідкими добривами при позакореневій підгодівлі. Також можуть використовуватися для хімічних обробок і дезінфекції складських та тваринницьких приміщень, а також миття сільськогосподарської техніки. Їх баки виготовлені з поліпропілену та закріплені до металевої рами. Дані моделі обприскувачів можуть комплектуватися як електричними двигунами, так і двигунами внутрішнього згоряння для приведення в дію насоса, який створює робочий тиск від 2.5 до 4 МПа. В даному випадку штанга має обмежені функціональні можливості, оскільки тут не передбачена основна гама її регулювань. Такий обприскувач агрегатується із міні енергозасобами типу мотоблоків.

Тачковий обприскувач призначений для боротьби проти бур'янів, комах і хвороб сільськогосподарських культур в місцях, де доступ утруднений або незручний, а також відсутнє підведення води або джерело електричного живлення. З його допомогою застосовують пестициди у вигляді розчинів, емульсій або суспензій.

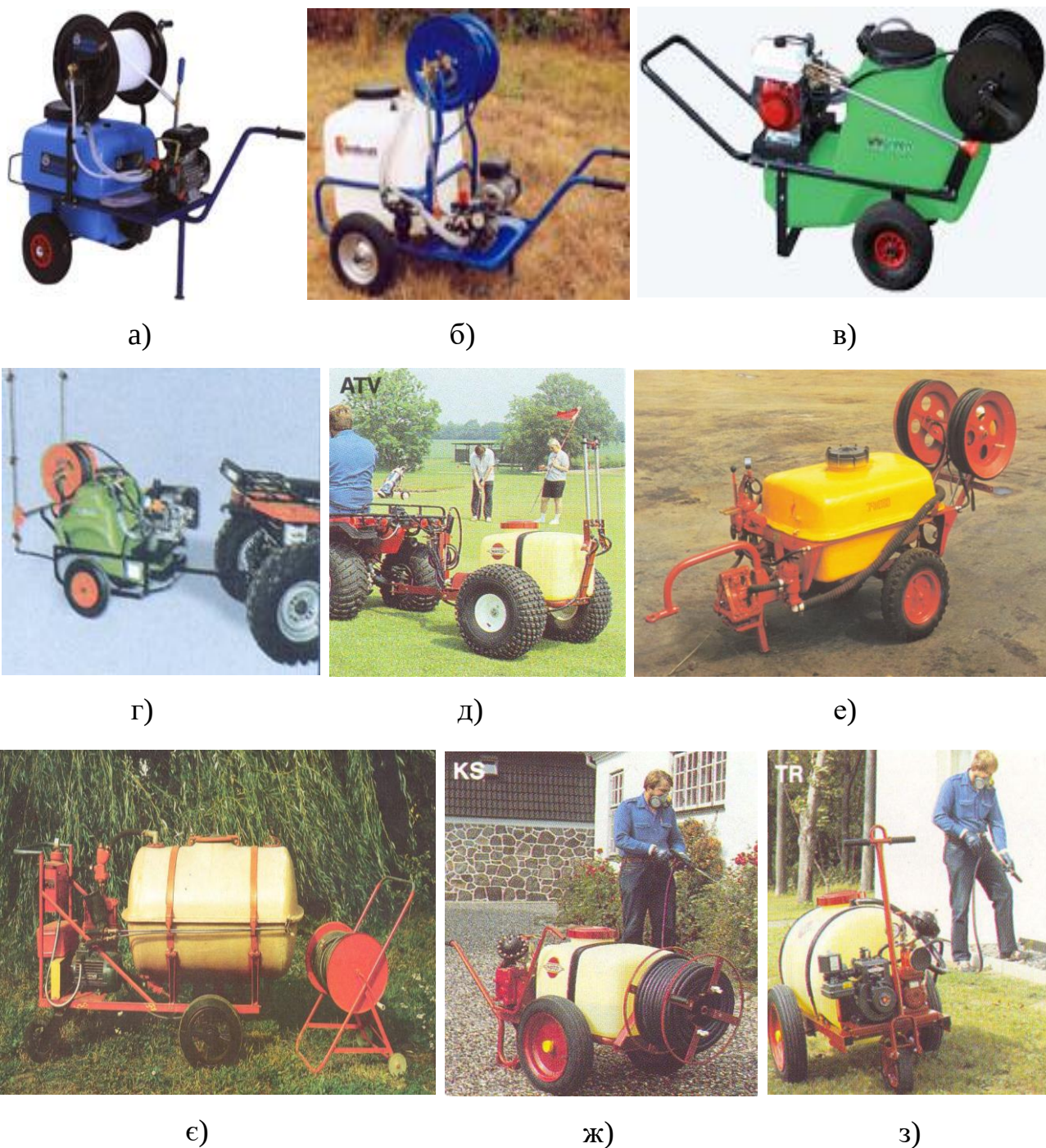


Рисунок 1.3 - Сучасні малогабаритні обприскувачі:

а, в, г – моторні малогабаритні обприскувачі серії CR 50\80\125;

б – обприскувач для закритого ґрунту “SMT – 120”;

д, ж, з - моделі малогабаритних обприскувачів фірми “Hardi”;

е – обприскувач ОМТ-0.3;

є – обприскувач для закритого ґрунту ОЗГ – 120.

Обприскувач для закритого ґрунту “SMT – 120”, рис. 1.3, б.

Обприскувач може використовуватися для вирішення багатьох різних задач розпилювання, де звичний польовий обприскувач не може використовуватися. Наприклад, і в закритому приміщенні, і на відкритому повітрі: на фермах, клумбах, газонах парків, спортивних майданчиках, а також в оранжереях, садах і поблизу будівель. Обприскувач SMT - 120 складається з мембранно-поршневого насоса, що має регулятор тиску і запобіжний клапан, привід якого здійснюється від бензинового або електричного двигуна; бак місткістю 120 л виготовлений з поліетилену і закріплений на сталевій рамі з колесами; брандспойта або іншого розпилюючого пристрою.

На рис. 1.2 є, є представлені обприскувачі вітчизняного виробництва із чітко вираженими характерними конструкціями рами.

Обприскувач ОМТ-0.3 (рис. 1.3, є) призначений для хімічного захисту рослин. Він виконаний у вигляді одновісного напівпричепа і агрегатується з міні трактором типу “Гольдоні 718”. Складається з шасі, склопластикового бака місткістю 300 л із гідравлічною мішалкою, насоса, регулятора тиску, всмоктувальної та нагнітальної комунікацій, карданної передачі.

Обприскувач ОЗГ – 120 (рис. 1.3, є) призначений для хімічного захисту рослин на закритих ґрунтах. Циліндричний склопластиковий бак об’ємом 120 л кріпиться на ложементях до рами машини. Триплунжерний насос приводиться в дію від електродвигуна, який монтується на рамі. Розпилюючим пристроєм є брандспойт.

На рис. 1.3, д, ж, з представлені моделі малогабаритних обприскувачів фірми “Hardi”, які також вирізняються аналогічними характерними конструкціями рам та розпилюючих пристроїв.

Отже, підвівши підсумок аналізу конструктивних особливостей досліджуваних обприскувачів, можна зробити такі висновки: рама обприскувача виконана у вигляді жорсткої зварної конструкції, що обпирається на гумові колеса відносно малого діаметра; штанга (для моделей, де вона передбачена) кріпиться до рами жорстко, що не дозволяє скомпенсовувати переміщення при динамічних навантаженнях чи перевантаженнях.

1.2. Вплив динаміки навантаженості на несучі елементи малогабаритних сільськогосподарських обприскувачів і її наслідки

Машина для хімічного захисту у рослинництві експлуатуються у досить складних рельєфних умовах. Це пов'язано із тим, що хімічний захист (боротьба із бур'янами, шкідниками та хворобами) проводиться в той момент, коли рослина досягла певної фази свого розвитку. Для руху агрегату за таких умов це відповідає найрізноманітнішому стану поверхні поля: чистий пар, злущена стерня, міжряддя культур і т. д. Виходячи із рельєфно-кліматичних умов описати траєкторію руху мас обприскувача під час виконання ним технологічного процесу в реальних умовах експлуатації є дуже важливо.

Під час руху штангових обприскувачів на горбистих полях спостерігаються удари країв націпної штанги до поверхні ґрунту внаслідок кінематичного збурення, зумовлено рельєфом ґрунту. Тому на сьогодні актуальною залишається проблема удосконалення системи віброзахисту націпних штанг обприскувачів [13].

Основними факторами виникнення динамічних навантажень на основні вузли обприскувача є стан поверхні по якій він рухається та конструкція підвіски цих вузлів разом з ходовою частиною. Всі ці фактори в достатній мірі впливають на ці процеси.

Одним із найперших завдань при проектуванні машини для хімічного захисту у рослинництві необхідно враховувати рух обприскувача по горбистій поверхні, потрібно забезпечити міцність та довговічність таких відповідальних збірних одиниць як рама та штанга обприскувача, від яких безпосередньо залежить надійність та роботоздатність машини в цілому. При проектуванні оптимальних за міцністю, металоємкістю і довговічністю тримких рам причіпних обприскувачів задача зводиться до визначення тріщинотривкості їх матеріалу (в тому числі із структурною зміною від зварювання), котрі є основними елементами цих конструкцій. Оцінка міцності з позиції тріщинотривкості матеріалу рами (яка дозволяє враховувати можливу дефектність її виготовлення)

базується на методах лінійної механіки руйнування [1]. Практична реалізація цієї методики включає наступні операції: визначення напружено-деформованого стану конструкції при дії статичного навантаження; заміри прискорень і динамічних реакцій при експлуатації і визначення робочих навантажень.



Рисунок 1.4 - Характерні поломки типових секцій штанг сільськогосподарських обприскувачів: 1 – крайня секція є підсилена косинцями; 2 – підсилення проміжної секції.

З рисунка 1.4 добре видно, що від невідповідності напружень, що виникають в характерних перетинах утворюються тріщини, які розвиваючись руйнують штангу. Великий спектр напружень виник в наслідок достатньої ваги крайніх секцій штанг та динамічних напружень при русі обприскувача.

По різному таку проблему можна вирішити: на рис. 1.4 показано, що в польових умовах просто підсилили небезпечні перетини; звичайно, проблему потрібно викорінювати ще на етапі проектування. Достатньо ефективне рішення розвинуто в роботах професора Рибака Т.І., де автор пішов шляхом зниження ваги крайньої секції, що звичайно, призвело до суттєвого зниження інерційних сил, а отже і напружень. На рис. 1.5 представлено штангу причіпного обприскувача ОПШ-15 з крайніми секціями з базальтопластику.



Рисунок 1.5 - Вдосконалена штанга причіпного обприскувача ОПШ-15: 1- функціонально-несучі крайні секції штанги з базальтопластику; 2 – проміжна секція; 3 – центральна секція.

Звичайно рішення є достатньо ефективним, але навіть тут існує небезпека руйнування, оскільки спостерігаються великі плечі, які утворюють моменти. Тому проблему необхідно розглядати більш широко. Суть розгляду повинна полягати у достатньо точному моделюванні руху обприскувача польовими нерівностями та розробці компенсаторів при виникненні динамічних перевантажень.

Машини для заправки, приготування робочих розчинів чи для транспортування або ж обприскувачі різних габаритних розмірів знаходяться в достатньо рівних умовах, тобто підходи до їх розрахунку будуть аналогічними. В [12] наведено приклад руйнування лонжеронів рами машини ЗЖВ-1.8.

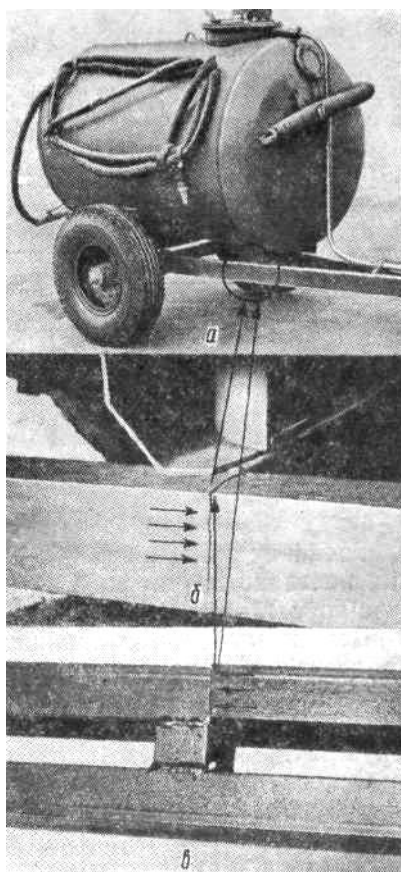


Рисунок 1.6 - Руйнування від втомленості лонжеронів рами машини ЗЖВ-1.8:

а — місце руйнування; б і в — руйнування в умовах експлуатації і на випробувальному обладнанні.

Характер таких руйнувань може бути спричинений рядом факторів, серед яких можна виділити наступні: невідповідність режимів експлуатування машини, технологічні дефекти, що закладені ще на стадії виготовлення, не цілковита відповідність теоретичних розрахунків до вимог реальних умов експлуатації, тобто наближеність даних розрахунків.

Розрахунки на міцність деталей машин і елементів конструкцій при одноразовому (статичному чи динамічному) навантаженні основні на допустимих напруженнях, які встановлюються за характеристиками механічних властивостей матеріалу (межа текучості, межа міцності). Запаси міцності, які використовуються у цих розрахунках, відображають вплив на характеристики руйнування деталей

основних конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів, а їх величини призначаються з врахуванням практики експлуатації.

Така оцінка тримкої здатності при інженерних розрахунках достатня, якщо в процесі експлуатації не враховуються умови виникнення крихких станів. Однак при наявності в елементах конструкцій початкових металургійних та технологічних дефектів (тріщини, пустоти, включення, непровари), а також при утворенні в них тріщин внаслідок накопичення експлуатаційних пошкоджень (циклічних, корозійних, від деформації стержня), як показують дослідження, руйнуючі напруження можуть виявитись суттєво (в 1,5 – 4 рази) нижчі межі текучості.

Тримкі елементи рамних конструкцій сільськогосподарських машин включають різні концентратори напружень: зварні з'єднання, різні накладки, отвори. Це є причиною того, що в умовах експлуатації руйнування проходить шляхом утворення і подальшого розвитку тріщин. Тому при проектуванні рам сільськогосподарських машин необхідно врахувати, по-перше, можливість втрати тримкої здатності конструкції внаслідок утворення тріщин, по-друге, утворення тріщини не завжди призводить до повного руйнування конструкції рами, тобто проходить деякий час, поки тріщина не підросте до критичної величини, що призведе до руйнування конструкції.

Отже, з проведеного аналізу видно, що невідповідність експлуатаційних факторів в реальних умовах до розрахункових та конструктивні дефекти елементів є основними причинами зниження надійності машини в цілому. Тобто ставиться задача усунути ці невідповідності та вдосконалити існуючу конструкцію обприскувача.

Висновки і завдання досліджень

1. На основі проведеного огляду і теоретичних досліджень роботоздатності та функціональної відповідності до виконання технологічного процесу малогабаритними обприскувачами визначено причини відмов машин даного типу через руйнування тримкої рами та штанги.

2. На підставі проведеного аналізу конструктивних особливостей досліджуваних обприскувачів, приходимо до висновку: рама обприскувача виконана у вигляді жорсткої зварної конструкції, що обпирається на гумові колеса відносно малого діаметра; штанга (для моделей, де вона передбачена) кріпиться до рами жорстко, що не дозволяє скомпенсовувати переміщення при динамічних навантаженнях чи перевантаженнях.

3. Необхідним є вирішення науково-технічної задачі підвищення експлуатаційних характеристик конструктивних і функціональних елементів малогабаритних обприскувачів з розробкою методики розрахунку конструктивних параметрів тримкої рами та функціонально-несучих елементів

В зв'язку з викладеним, у даній роботі поставлені наступні завдання досліджень:

1. Узагальнити теоретичні засади оцінки ресурсу роботи несучих та функціональних елементів малогабаритного обприскувача.

2. Розробити математичну модель руху обприскувача нерівностями оброблювальних площ.

3. Дослідити вплив реальної динаміки навантаженості на несучу здатність конструктивних елементів обприскувача.

4. Розробити ефективну інженерну методику розрахунку конструктивних параметрів несучої рами та функціонально-несучих елементів штанги обприскувача.

5. Обґрунтувати оптимізацію конструктивних параметрів рами та штанги обприскувача.

6. Провести експериментальні дослідження реальної динаміки навантаженості малогабаритного обприскувача в умовах експлуатації.

7. Спроекувати конструкцію рами та функціонально-несучої штанги малогабаритного обприскувача.

2. ПОЛЬОВІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАВАНТАЖЕНОСТІ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА

2.1. Польові випробування малогабаритного обприскувача

Проблема створення ефективної сільськогосподарської техніки є надзвичайно актуальна. Крім того, наявність відносно дешевих багатофункціональних малогабаритних машин для хімічного захисту у рослинництві користуються великим попитом на ринку. Їх споживачами передбачаються, переважно, дрібні землевласники. Сучасні варіанти такого типу машин вимагають суттєвих конструкторських доробок, суть яких полягає у можливості забезпечення даною машиною цілої гами технологічних операцій з хімічного захисту у рослинництві.

Така умова дала поштовх для створення малогабаритного обприскувача, який вирізняється з поміж своїх аналогів розширеними функціональними можливостями при виконанні технологічних процесів хімічного захисту рослин та при збереженні високих показників надійності і довговічності [36]. На рис. 2.1 представлений загальний вигляд малогабаритного обприскувача.



Рисунок 2.1 - Обприскувач малогабаритний

Особливість запропонованої моделі полягає, перш за все, в її універсальності. Машина обладнана штангою зі спеціальною підвіскою, що у широкому діапазоні збільшує функціональні її можливості в цілому.

На рис. 2.2, а показано малогабаритний обприскувач з розгорнутою штангою і спеціальною підвіскою. Характерною особливістю підвіски штанги є різні комбінації виконання технологічних операцій, тобто дана конструкція дозволяє регулювати робоче положення штанги за висотою, встановлення незалежно одна від одної її секцій, а також забезпечує зміну кута факелу робочої рідини у двох взаємо перпендикулярних площинах. Дане нововведення дозволяє якісніше наносити препарат на поверхню рослин у міжряддях. Особливо позитивний ефект спостерігається для широколистяних просапних культур, які зазнали впливу шквальних вітрів в момент обробітку їх препаратом, а також для низькорослих рослин - уточнення міжрядкової віддалі завдяки зміні кута встановлення секції штанги відносно перпендикуляра до поздовжньої осі агрегату.

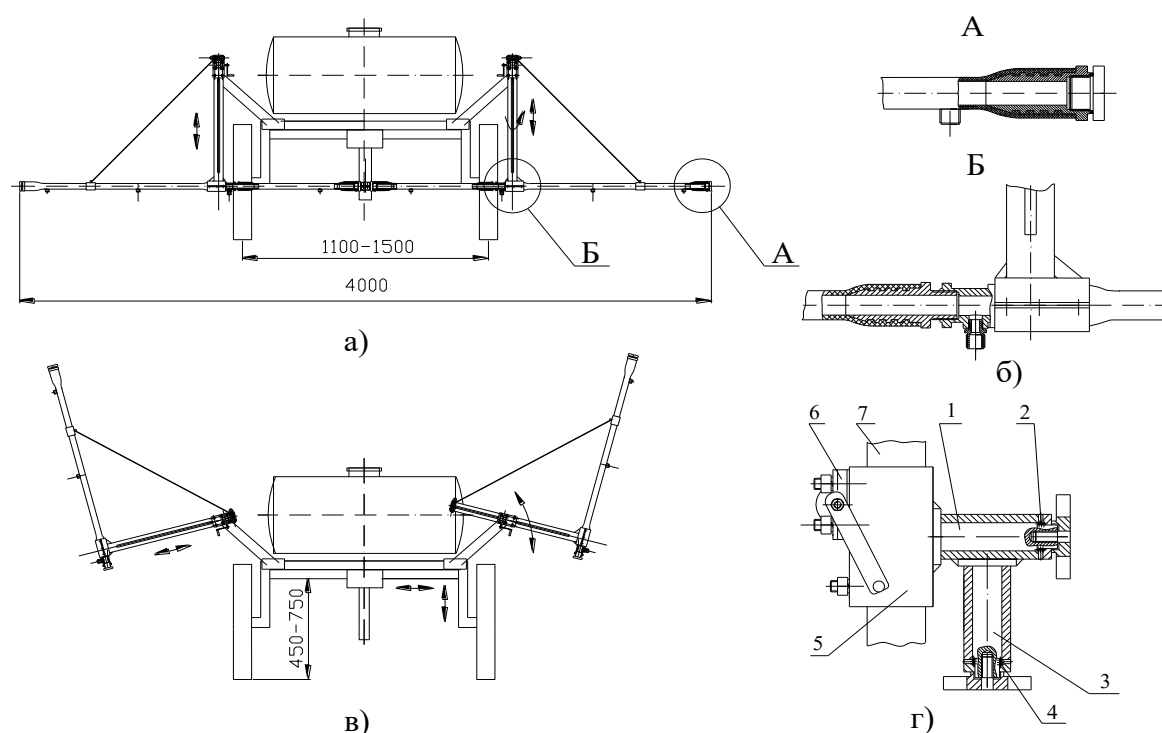


Рисунок 2.2 - Принципова схема малогабаритного обприскувача

Такі операції виконуються завдяки розробленому поворотно-фіксуєчому механізму (рис. 2.2,г), який забезпечує необхідну кількість ступеней вільності окремих секцій штанги. Даний механізм складається з двох взаємо перпендикулярних тримких валів 1, 3, які фіксуються у потрібному положенні механізмами 2, 4 та направляючої 5 при механізмові регулювання 6 вильоту стійки 7 секції штанги.

На рис. 3.2,в показано варіант обробки кущів у садах. Тут варто відзначити, що запропонована конструкція має можливість встановлювати секції на задану ширину міжрядь кущів чи дерев за допомогою стійок 7 функціонально-тримких трубопроводів та механізму регулювання 6 (рис. 2.2,г). Подібні регулятори для встановлення робочого положення штанги не спостерігаються на інших моделях аналогічного типу машин, що доводить новизну запропонованої розробки. Крім того, функціонально-несучі трубопроводи є збірними та з'єднуються за допомогою спеціальних штуцерів (рис. 2.2,б, поз. Б). Такий варіант дозволяє покращити основні показники технологічного встановлення секцій штанги при роботі у вертикальному положенні. Наприклад, при оброблюванні низькорослих дерев, ми викручуємо заглушки (рис. 2.2,б, поз. А) та вкручуємо спеціальні подовжувачі-насадки, які спрямовуватимуть струмінь робочого препарату в крону дерева, перед тим встановивши решту розпилювачів у неробоче положення. Для обробітку кущів, що є значно нижчі від дерев, слід застосовувати спеціальні насадки або залишати в роботі по одному чи по два розпилювачі потрібного типу та змінюючи кут площини факелів можна забезпечити оптимальний варіант нанесення робочого препарату на поверхню рослин. Крім того, дана машина є універсальною в плані встановлення ширини колії в залежності від оброблюваної культури. Межі безступеневого регулювання ширини колії - 1100÷1500 мм. Кліренс є також змінним, він змінюється в межах 450-750 мм. Ці технічні характеристики забезпечуються завдяки розробленій новій конструкції рами.

В основу запропонованої розробки поставлено завдання збільшення функціональних можливостей причіпного обприскувача, забезпечуючи безступеневу зміну ширини колії, регулювання дорожнього просвіту (кліренсу) та

адаптивне приєднання його до енергозасобу шляхом виконання рами причіпного обприскувача, що складається із поперечного бруса-направляючої 1 (рис. 2.3), до якої приєднано дві півосі ходових коліс 2 із підшипниковими вузлами 3 та поздовжні лонжерони 4 з причіпом 5. Кожна з півосей ходових коліс 2 виконана у вигляді вертикальної 6 та горизонтальної 7 консолей, причому горизонтальна консоль 7 має можливість прямолінійного руху та фіксування в пазу поперечного бруса-направляючої 1, а також вона обладнана на вільному кінці вертикальною направляючою 8 для прямолінійного руху вертикальної консолі 6, що безпосередньо зв'язана з підшипниковим вузлом 3 ходового колеса.

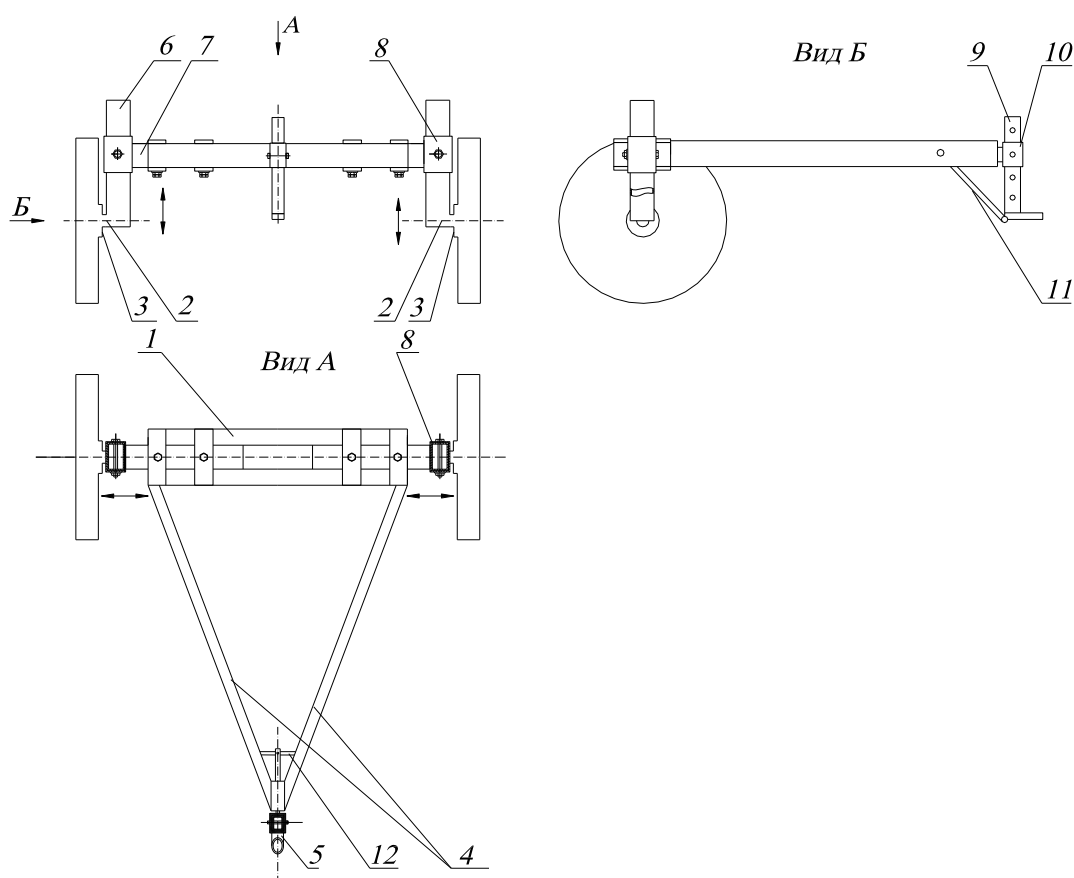


Рисунок 2.3 - Несуча рама малогабаритного обприскувача

Прилаштовані до поперечного бруса-направляючої 1 поздовжні лонжерони 4, що обладнані причіпом 5, який виконаний у вигляді Г-подібного елемента приєднання 9 із можливістю встановлення та фіксування більшою стороною у потрібному положенні вертикальної площини в направляючій 10, що шарнірно приєднана до кінців лонжеронів 4 та має можливість вільного обертання навколо

осі у вертикальній площині, а менша його сторона виконана у вигляді причіпного кільця, до того ж, на перехресті більшої та меншої сторін Г-подібного елементу приєднання 9 шарнірно закріплена розтяжка 11, яка іншим кінцем шарнірно встановлена на планці 12 поздовжніх лонжеронів 4.

Як бачимо, пропонована конструкція малогабаритного обприскувача з розробленою спеціальною підвіскою штанги та універсальною рамою у широкому діапазоні збільшує функціональні можливості машини в цілому. Величину цього діапазону, крім функціональних можливостей, можна розширити багатоваріантністю положень транспортування штанги. При цьому збільшується кількість точок опори функціонально-тримких трубопроводів і тим самим знижуються напруження в характерних перетинах, які виникають при дії динамічних сил, що значно підвищує термін їх експлуатації.

Проведення польових випробувань підтвердили високу ефективність пропонованих нововведень. Так, наприклад, при обробітку просапних культур з різними міжряддями та висотою росту рослин високоефективним виявилися безступенева зміна ширини колії та змінний кліренс.

Енергозасобом для такого малогабаритного обприскувача служить міні трактор або мотоблок, оскільки визначення його опору на перекочування за методикою показало, що опір не перевищує 0,6 кН.

Таким чином, створена конструкція універсального малогабаритного обприскувача повністю задовольняє у хімічному захисті невеликі фермерські чи підсобні господарства.

Як бачимо, пропонована конструкція малогабаритного обприскувача із розробленою спеціальною підвіскою штанги та універсальною рамою у широкому діапазоні збільшує функціональні можливості машини в цілому. Величину цього діапазону, крім функціональних можливостей, можна розширити багатоваріантністю положень транспортування штанги.

Проведення польових випробувань підтвердили високу ефективність пропонованих нововведень. Так, при обробітку просапних культур, наприклад, цукрового буряка і картоплі у підсобному господарстві високоефективним

виявилися безступенева зміна ширини колії та змінний кліренс, рис. 2.4, 2.5.



Рисунок 2.4 - Фрагмент роботи малогабаритним обприскувачем на буряковій плантації

Відомо, що цукрові буряки є посіяними з міжряддями 45 см на відміну від картоплі, яка в приватному господарстві є висадженої в міжряддя 60 см, тому зміна ширини колії виявила свою ефективність. Крім того, змінний кліренс дозволяє максимально ефективно провести хімічний захист рослин.



Рисунок 2.5 - Фрагмент роботи малогабаритним обприскувачем на картоплі

Висока ефективність спостерігається і при обробі багаторічних трав, коли зміна встановлення секцій штанг дозволяє максимально ефективно нанести препарат на їх поверхні (рис. 3.6).



Рисунок 2.6 - Фрагмент роботи малогабаритним обприскувачем на багаторічних травах

Крім того, обприскувач можна використовувати стаціонарно як машину для нагнітання рідини і розпилення її через брандспойти при виконанні різного роду робіт. До таких операцій можна віднести оброблювання хімічним препаратом окремих рослин, куди, наприклад, утруднений під'їзд або протруювання різних приміщень, зокрема, складських [4].

Крім перерахованих тут операцій технологічного процесу нанесення робочих розчинів об'єкти обробки, даний обприскувач можна використовувати для внесення рідких комплексних добрив, змінивши розпилюючі органи.

Таким чином, створена конструкція малогабаритного обприскувача повністю задовольняє у хімічному захисті невеликі фермерські чи підсобні господарства.

Дослідження технологічних характеристик такої конструкції обприскувача є достатньо задовільними. Але по при позитивні сторони спостерігаються деякі негативні моменти, зокрема: при нанесенні препарату під час руху польовими нерівностями міжрядь спостерігаються значні коливання штанги, а як наслідок погіршення якості нанесення препарату на поверхні рослин.

2.2. Планування експерименту

Хоча цілі експерименту і об'єкти дослідження на різних етапах різні, проте завжди можна виділити деякі загальні завдання. Так, у будь-якому випадку потрібно знати, наскільки загальними є висновки про ефекти тих або інших факторів, як повно відображається думка експериментатора про вплив ефекту взаємодії кожної незалежної змінної на кожну з властивостей об'єкту, чи знаходять достатні підтвердження про стійкість ефектів в широкій області варіювання факторів і т.д. Можна виділити деякі стандартні етапи рішення задачі побудови математичних моделей об'єктів. До таких етапів належать [3, 23]: 1) постановка задачі; 2) збір апіорної інформації про досліджуваний об'єкт; 3) вибір способу рішення задачі; 4) перевірка вибраного способу рішення задачі; 5) реалізація даного способу рішення задачі; 6) аналіз і інтерпретація результатів.

Науковою основою для раціонального дослідження і ефективного управління різними системами служить системний підхід. Системний підхід в проектуванні техніки (або дослідженні технічних систем) є сукупністю методологічних принципів і положень, що дозволяють розглядати систему як єдине ціле з узгодженням діяльності всіх її підсистем. Він припускає вивчення кожного елемента системи в його зв'язку і у взаємодії з іншими елементами, дозволяє спостерігати зміни, що відбуваються в системі, виявляти специфічні системні властивості, висувати обґрунтовані припущення щодо закономірностей розвитку систем і визначати оптимальний режим її функціонування. Тому досягти загальних цілей організації можна тільки в тому випадку, якщо розглядати її як єдину систему, прагнучи для цього зрозуміти і оцінити взаємодію всіх її частин і об'єднати їх на необхідній основі.

Суть планування експерименту полягає в тому, що при проведенні досліджень експеримент, керований за допомогою математичних методів за деяким певним планом, ведеться в декілька послідовних етапів, після кожного з яких розглядається питання про зміну стратегії експерименту.

Це полегшує вирішення багатьох екстремальних завдань, оскільки для

Використання математичних методів планування експерименту в роботах дослідження технічних систем дозволяє вирішити наступні завдання, що мають наукове і практичне значення:

- 1) побудова математичних моделей різної складності технічних пристроїв і знаходження оптимальних значень їх параметрів;
- 2) проведення різних видів випробувань технічних систем з метою виявлення помилок, допущених при проектуванні системи, виробничих дефектів і конструктивних відмов і доробка відповідно до цього апаратури;
- 3) проведення різних видів випробувань технічних систем з метою оцінки істинних значень показників, досягнутих у певний момент дослідження, і прогнозування зміни цих показників в процесі експлуатації;
- 4) дослідження людино-машинних систем і визначення їх оптимальних технічних характеристик (завантаження операторів, режими і тривалості роботи, кількість органів управління і т. д.);
- 5) проведення промислових експериментів і знаходження раціонального завантаження ділянок підприємств (оцінка ступеня впливу керованих факторів — незалежних змінних на параметри, що визначають ефективність виробництва з технологічної або економічної точки зору);
- 6) уточнення або розробка теоретичних уявлень про процес, що вивчається, або про закономірності, що характеризують зміну властивостей технічної системи.

2.3. Характеристика обладнання експериментальних досліджень малогабаритного обприскувача

Експериментальні методи дослідження деформації, напружень, переміщення і зусиль набувають великого значення для визначення реального навантаження деталей і конструкцій машин на стадіях проектування, випробовування дослідних зразків особливо в реальних умовах експлуатації.

Сільськогосподарські машини, агрегати, комплекси і засоби механізації працюють в складних рельєфних і кліматичних умовах. У сільськогосподарських

машинах. При виконанні технічних процесів і жорсткій підвісці сільськогосподарських машин на базові несучі елементи і збірні одиниці діють значні динамічні навантаження як від перешкод, так і від вібрацій, джерелом збурення яких є високообертові, недостатньо збалансовані маси. Створення нової, модернізація і удосконалення існуючої сільськогосподарської техніки без наявності вірогідних числових даних характеристик динамічного навантаження в реальних умовах експлуатації не відповідає сучасному рівню машин.

Сучасні вимірювальні системи для оцінки статичних та динамічних навантажень вирізняється, в першу чергу, застосуванням нової комп'ютерної техніки, зокрема портативної, та програмного забезпечення для синхронної реєстрації величин та обробки інформації від різнотипових датчиків в реальному масштабі часу. Високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками визначається апаратура зарубіжних фірм “Хоттінгер”, “Брюль і Кьєр”. Так, для статичних випробувань (оцінки напружено – деформованого стану конструкцій при дослідницьких і конструкторських роботах, метрології і автоматизації технологічних процесів) застосовують MGC plus – модульну цифрову універсальну систему. Принципова схема вимірювання показана на рис. 3.7.

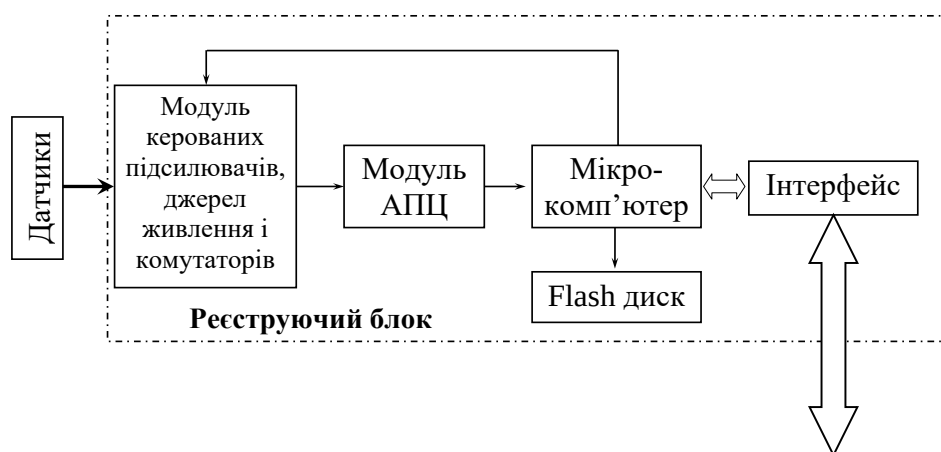


Рисунок 2.7 - Принципова схема універсальної вимірюваної системи експериментальних досліджень

Для проведення експериментальних досліджень динаміки навантаження малогабаритного обприскувача застосовувалася вимірювальна система, яка включає комплект різнотипових датчиків, які безпосередньо кріпляться у вузлах

та конструкціях досліджуваної системи (тензорезистори, датчики кутових швидкостей, акселерометри, динамометричні пристрої) та блоку, що забезпечує підсилення, фільтрацію, реєстрацію статодинамічних сигналів при вимірюванні деформацій, сил, параметрів руху (обведений штриховою лінією). Пристрій має 8 каналів, які працюють з окремими АЦП, що дозволяють здійснювати вимірювання з частотою від 0 до 2000Гц.

Фактично, вказана система перекриває повністю діапазон задач електричних вимірювань механічних величин. АЦП синхронізовані, щоб гарантувати одночасне вимірювання всіма каналами. Процес керування блоком та обробка отриманої інформації виконується комп'ютером за допомогою розробленого пакету прикладних програм.

Сучасна вимірювальна система працює як в режимі безпосереднього керування за допомогою портативного комп'ютера (як і зарубіжні аналоги), так і автономно. Попереднє завдання режимів роботи і зчитування інформації здійснюється через стандартний інтерфейс за допомогою зовнішнього комп'ютера на мікрокомп'ютер, що знаходиться у вимірювальному блоці.

Для комплексних досліджень мобільних машин та окремих елементів і вузлів в польових та лабораторних умовах застосовується універсальна вимірювальна система. Висока чутливість системи (межі вимірюваних входних напруг ± 50 мкВ ... ± 5 В) дозволяє застосовувати стандартизовані тензо- і вібродатчики з низькою чутливістю.

Загальний вигляд реєструючого блоку вимірювальної системи, рис. 2.8.



Рисунок 2.8 - Реєструючий блок вимірювальної системи

Основні характеристики вимірювальної системи

1. Структура вимірювальної системи:

універсальний реєструючий пристрій; набір спеціальних вимірювальних пристроїв: 1. Динамометри трикомпонентних динамічних характеристик; 2. Датчики кутових швидкостей; 3. Датчики віброприскорень; 4. Динамометричні тяги триточкової націпної системи; 5. Тензорезистори; 6. Пристрої для енергетичної оцінки машин;

програмне забезпечення.

2. Основні технічні характеристики реєструючої системи:

загальне число вимірювальних каналів 8;

використання каналів комбіноване;

частота дискретизації на канал 1-2000 Гц;

час реєстрації інформації в автоматичному режимі 52 хв при максимальній частоті дискретизації.

3. Принципова модель реєстрації результатів:

автономний режим: процес роботи з вбудованим внутрішнім мікрокомп'ютером та реєстрація інформації на вмонтований flash-диск;

робота системи з зовнішнім комп'ютером при зв'язку через LPT-порт.

Важливим при експериментальних дослідженнях є тарування датчиків та тензометричних каналів реєструючої системи. На рис. 2.9 представлено установку (універсальний прес), де проводилося тарування апаратури.



Рисунок 2.9 - Схема тарування тензометричних каналів реєструючої апаратури

Експериментальні дослідження проводилися безпосередньо в польових умовах. Для їх проведення було вибрано як нормальні так і екстремальні умови експлуатування обприскувача. На рис. 2.10 показано дослідження коливних процесів основних мас малогабаритного обприскувача при нормальних умовах його експлуатації (щодо рельєфу поля).



Рисунок 2.10 - Підготовка об'єкту для експериментальних досліджень на полі з багаторічними травами

Висновки до другого розділу

1. Внаслідок результатів досліджень отримано основні моменти польових випробувань малогабаритного обприскувача, де виявлено його високу технологічну ефективність. Крім того зосереджено увагу на негативному впливі жорсткої підвіски на якість нанесення робочого препарату (обприскування).
2. Достатньо ґрунтовно викладено теоретичні основи і планування експерименту.
3. Описано обладнання для проведення експериментальних досліджень динаміки малогабаритного обприскувача: характеристика вимірювальної апаратури, методика безпосередніх вимірювань; тарування апаратури.
4. При проведенні експериментальних досліджень коливних процесів малогабаритного обприскувача було встановлено, що частоти збурюючих сил лежать в межах $\omega = 0 \dots 10 \text{ Гц}$ при амплітудах $y = 0 \dots 0,15 \text{ м}$.
5. Максимальні значення коефіцієнтів динамічності в центрі маси обприскувача на основних режимах роботи ($5 \div 7 \text{ км/год}$) для: пружної підвіски $k_{\partial} = 2.5$; жорсткої підвіски $k_{\partial} = 6$. Також відповідно отримані коефіцієнти динамічності на краю секції штанги для: пружної підвіски $k_{\partial} = 7$; жорсткої підвіски $k_{\partial} = 14$.

3. ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИЧІПНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА

3.1. Методика розрахунку конструктивних параметрів малогабаритного обприскувача

Важливим етапом будь-якої роботи є її практичне застосування. З цією метою теоретичні викладки дипломної роботи приводяться до рівня інженерних розрахунків, що обумовлюється застосуванням розробленої інженерної методики для проектування нових, модернізації та удосконалення існуючих сільськогосподарських машин.

Малогабаритний обприскувач розглядається у вигляді одновісного причіпа, який шарнірно з'єднується з трактором за допомогою серги. Вважаємо, що при русі агрегату в горизонтальному напрямку на колеса передається кінематичне збурення, яке описується за допомогою функцій $\xi_1(t)$, $\xi_2(t)$. Крім того вважаємо, що жорсткості коліс k_1, k_2 , пружин амортизаторів c_1, c_2 і коефіцієнти в'язкості демпферів обох коліс b_1, b_2 однакові, позначимо їх k, c, b .

Нехай висота шини колеса (жорсткістю k) до деформації l , пружини (жорсткістю c) – L .

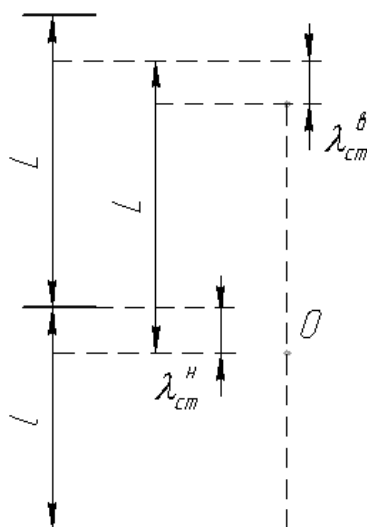


Рисунок 3.1 - Схема деформацій пружних елементів обприскувача

$$\lambda_{cm}^b = \frac{Mg}{2c}. \quad (3.1)$$

Розглядаючи статичну рівновагу рами обприскувача, матимемо (рис. 3.2)

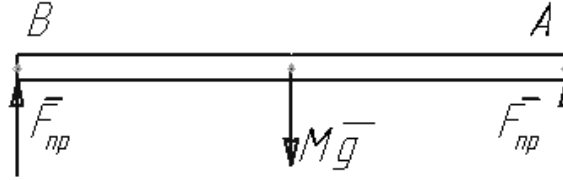


Рисунок 3.2 - Схема рами обприскувача в статичній рівновазі

$$mg + c\lambda_{cm}^b = k\lambda_{cm}^u;$$

$$mg + \frac{Mg}{2} = k\lambda_{cm}^u,$$

звідки

$$\frac{(2m + M)g}{2} = k\lambda_{cm}^u,$$

$$\lambda_{cm}^u = \frac{(2m + M)g}{2k}. \quad (3.2)$$

В узагальнених координатах: y_1 і y_2 - вертикальні переміщення коліс (відповідно правого і лівого), y_c - вертикальне переміщення центра мас. Всі переміщення вважаємо, що відраховуються від положення статичної рівноваги і вважаються додатні, якщо направлені вгору; φ - кут повороту рами навколо центра мас в поперечно-вертикальній площині; ψ - кут повороту рами навколо центра мас в поздовжньо-вертикальній площині.

3.2. Підбір раціональних параметрів пружних елементів малогабаритного обприскувача

За результатами теоретичних досліджень другого розділу та інженерної методики як кінцеві характеристики для вибору (обґрунтування) раціональних параметрів пружних елементів малогабаритного обприскувача було отримано амплітудно-частотні та фазово-частотні характеристики коливань мас обприскувача.

Тут для нас є необхідність проаналізувати множину отриманих графіків при варіюванні жорсткостями підвіски обприскувача та виявлення при цьому резонансних зон.

При виконанні додаткових досліджень було встановлено наступне:

- жорсткість шин коліс можна змінювати в межах $k = (2...10) \cdot 10^4 \text{ Н / м}$;
- коефіцієнт в'язкості амортизатора $b = 90...600 \frac{\text{Нс}}{\text{м}}$;
- жорсткість пружин амортизаторів $c = (20...50) \cdot 10^3 \text{ Н / м}$.
- маса колеса в зборі $m = 7.5 \text{ кг}$;
- маса обприскувача основна $M = 250 \text{ кг}$;
- пів ширини колії $d = 0,55 \text{ м}$.

Розглядаємо отримані результати за двома випадками: перший – збурююча сила на двох колесах є однаковою ($\xi_1(t) = \xi_2(t)$); другий - збурююча сила на двох колесах є неоднаковою (більш критичний випадок, коли $\xi_1(t) = -\xi_2(t)$).

При варіюванні значень жорсткостей в першому випадку отримано наступні результати, рис. 3.3 - 3.7.

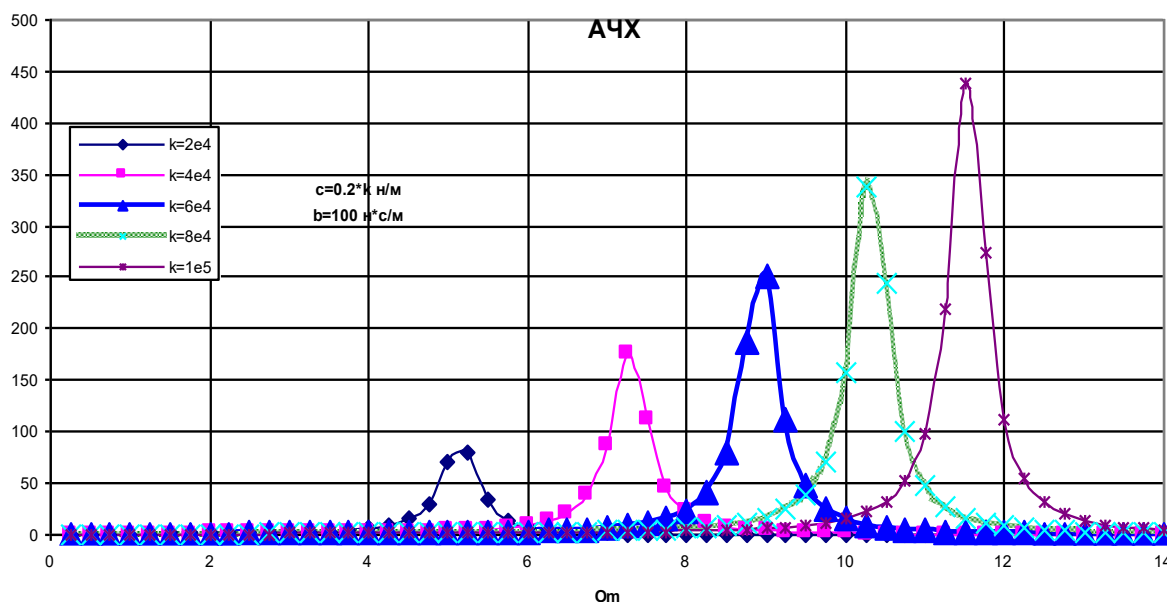


Рисунок 3.3 - Амплітуди коливань центра мас обприскувача при зміні жорсткості шини колеса

Звідси видно, що підвищення жорсткості шин коліс сприяє у відведенні резонансної зони у більш високочастотне поле.

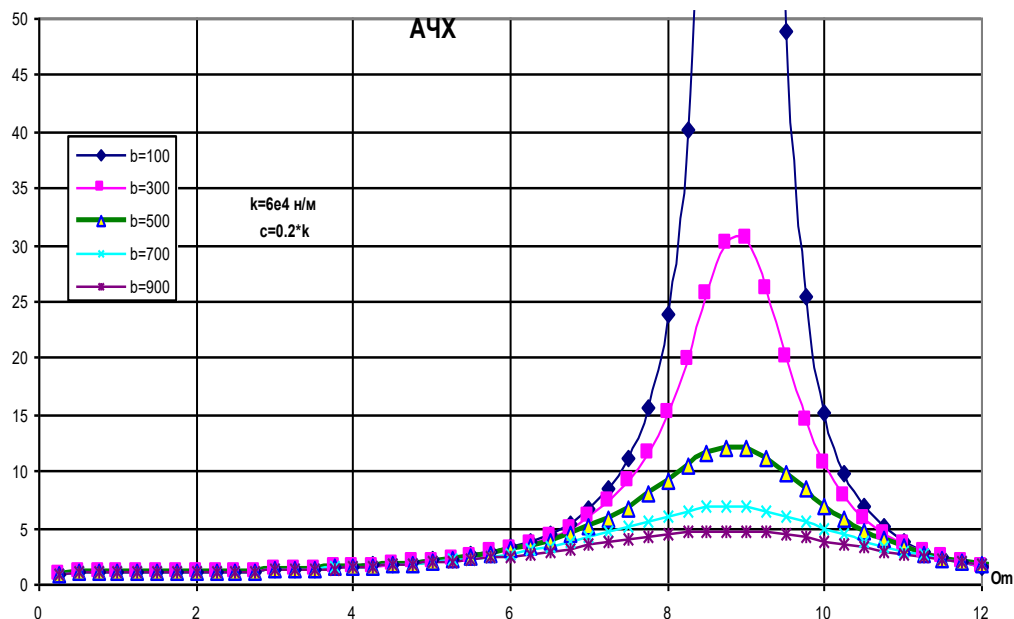


Рисунок 3.4 - Амплітуди коливань центра мас обприскувача при зміні коефіцієнта в'язкого опору демпфера підвіски

Тут із збільшенням коефіцієнта в'язкого опору демпфера підвіски амплітуди коливань мас обприскувача значно зменшуються.

Детальніше розглянемо другий випадок, коли є неоднакова дія збурюючих сил.

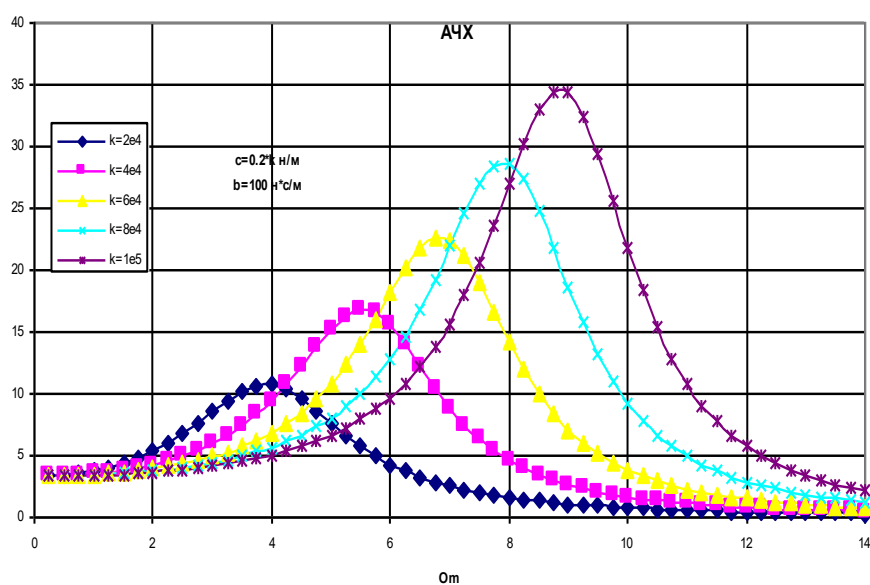


Рисунок 3.5 - Амплітуди коливань обприскувача навколо центра мас при зміні жорсткості шини колеса

Тут відповідно маємо, що при підвищенні жорсткості колеса амплітуди зростають.

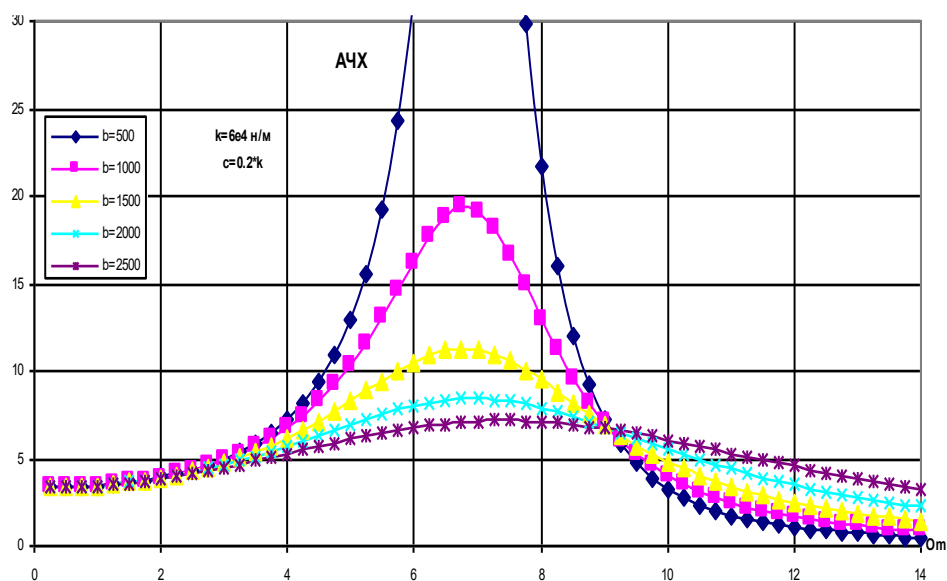


Рисунок 3.6 - Амплітуди коливань обприскувача навколо центра мас при зміні коефіцієнта в'язкого опору демпфера підвіски

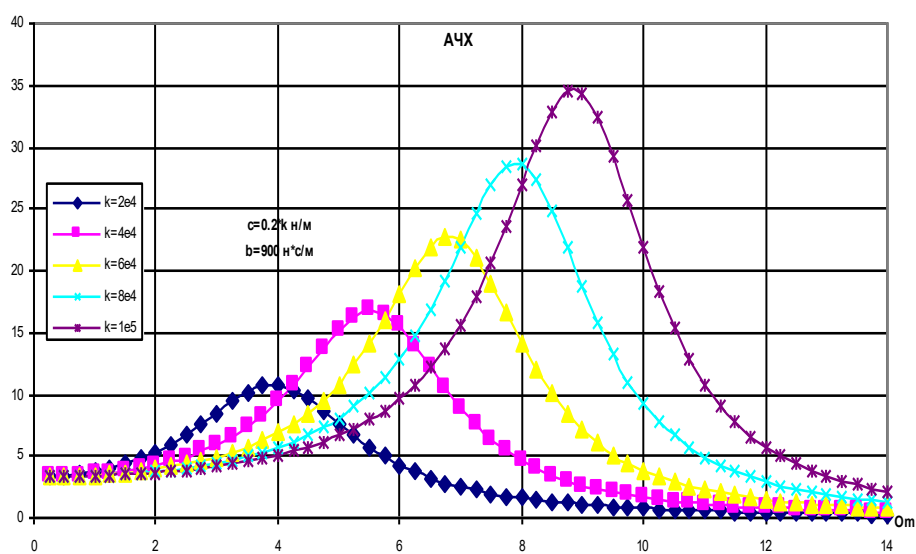


Рисунок 3.7 - Амплітуди коливань обприскувача навколо центра мас при зміні жорсткості шини колеса і збільшенні коефіцієнта в'язкого опору демпфера підвіски

Отже, підводячи підсумок отриманих результатів маємо, що використання описаної інженерної методики дозволяє варіювати параметрами жорсткості і в'язкості елементів підвіски на різних експлуатаційних режимах роботи обприскувача та вибирати їх найбільш раціональні значення.

3.3. Розрахунок на міцність функціонально-несучих елементів штанги обприскувача

Штанга розглядуваного малогабаритного обприскувача складається з трьох секцій центральної і двох крайніх. Крайні секції виконані у вигляді труби з отворами для розміщення розпилювачів. Геометричні параметри поперечного перетину функціонально-несучого трубопроводу $D = 26\text{мм}$, $d = 22\text{мм}$, матеріал Ст.3, його стінка повинна становити більше однієї десятої середнього радіуса циліндра [28]. Отже, в нашому випадку умова приналежності трубопроводу штанги до групи оболонок – товстостінні циліндри повністю виконується.

Вище викладене доведення дає нам можливість застосувати для міцнісного розрахунку теорію товстостінного циліндра.

Будемо розглядати циліндр (загальний випадок) із внутрішнім радіусом r_1 та зовнішнім r_2 , що знаходиться під дією внутрішнього тиску p_1 та зовнішнього p_2 . Внаслідок осьової симетрії циліндра та навантажень напруження і деформації також симетричні відносно його осі.

Двома площинами, що перпендикулярні до осі циліндра і знаходяться одна від одної на відстані, рівній одиниці, виріжемо кільце (рис. 4.8).

В цьому кільці виділимо елемент $abcd$ двома площинами, що проходять через вісь циліндра і утворюють між собою кут $d\theta$ (рис. 3.8, а), і двома співвісними циліндричними поверхнями з радіусами r і $r+dr$ (рис. 3.8, б).

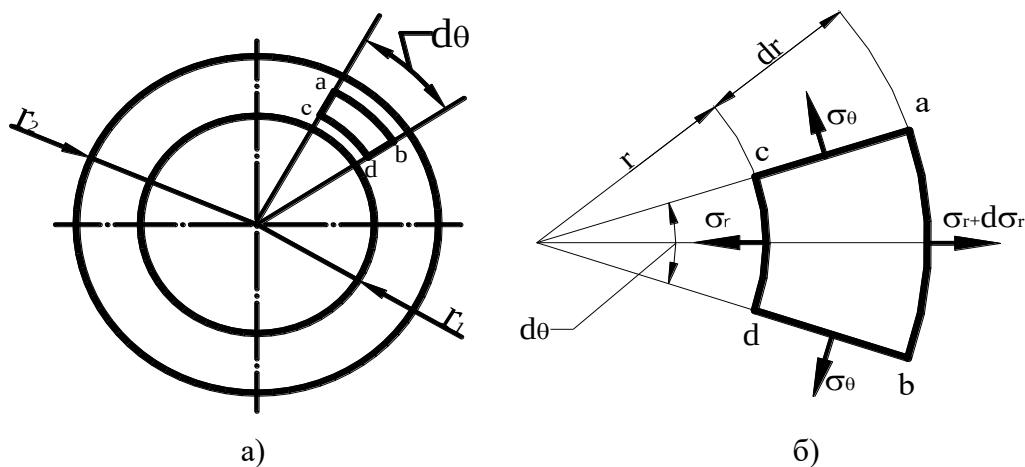


Рисунок 3.8 - Вирізані елементарні частинки циліндра

Нормальні напруження на циліндричній поверхні елемента, що мають радіус r (радіальні напруження), позначимо через σ_r ; на радіусі $r+dr$ нормальні напруження отримають приріст і будуть рівні $\sigma_r+d\sigma_r$. Нормальні напруження на плоских гранях (тангенційні або колові) позначимо через σ_θ . Вказані на рис. 3.8, б напрямки напружень вважаються додатними і відповідають розтягові елемента за двома взаємно перпендикулярними напрямками.

Внаслідок осьової симетрії циліндра та навантажень перекошування елемента не буде і дотичні напруження не виникатимуть. Тому напруження σ_r і σ_θ будуть головними напруженнями.

Викреслюємо розрахункову схему рис. 3.9.

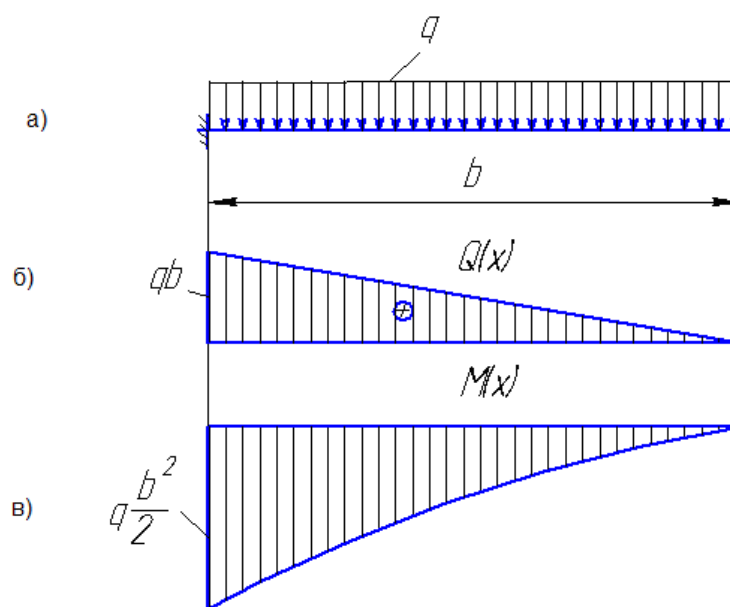


Рисунок 3.9 - Розрахункова схема консольної частини секції штанги

Фактично, якщо не розглядати міцності утримуючої стінки секції штанги, то секцію-балку можна представити як дві консольні балки, що защемлені в утримуючому хомуті.

Навантаження для випадку однакового і одночасного наїзду коліс обприскувача на перешкоди $\xi_1(t) = \xi_2(t)$, буде рівномірно розподіленим по всій довжині секції штанги, для даного випадку колювання здійснюються тільки при плоскопаралельному русі центра мас (y_c) обприскувача.

На цьому етапі дослідження, коли коефіцієнт динамічності $k_d = 2.5$, матимемо.

Підрахуємо значення питомого навантаження на секцію-балку штанги

$$q = \left(\frac{\pi d^2}{4} \rho_p + \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \rho_m \right) \nu, \quad (3.3)$$

де ρ_p, ρ_m - відповідно густина рідини і матеріалу трубопроводу штанги;

$\nu = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує збільшення ваги секції штанги за рахунок приєднувальних штуцерів;

D - зовнішній діаметр трубопроводу штанги, $D = 0.026 \text{ м}$.

Розглядаючи більшу частину консолі секції штанги (див. рис.3.9), запишемо, використовуючи метод перерізів [28], вирази внутрішніх силових факторів, а саме:

- перерізує сила (справа-наліво $0 \leq x \leq b = 1.2 \text{ м}$)

$$Q(x) = qx, \quad (3.4)$$

Тоді

$$Q(0) = 0; \quad Q(b) = k_d qb = 2.5 \cdot 15.8 \cdot 1.2 = 47.4 \text{ Н}$$

- згинаючі моменти на цій же ділянці

$$M(x) = k_d q \frac{x^2}{2}, \quad (4.5)$$

$$M(b = 1.2) = 2,5 \cdot 15,8 \frac{1,2^2}{2} = 28,44 \text{ Нм}$$

Отже, за отриманими даними будуюмо епюри внутрішніх силових факторів рис. 3.9 (б, в).

За максимальним згинаючим моментом у небезпечному перетині визначаємо нормальні напруження за формулою:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32 \max}}{W_0} \leq [\sigma_{32}], \quad (3.6)$$

де W_0 - осьовий момент опору перетину

$$W_0 = \frac{\pi D^3 \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.026^3 \left(1 - \left(\frac{0.022}{0.026}\right)^4\right)}{32} = 8.41 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Тоді напруження становитиме

$$\sigma = \frac{28,4}{8,41 \cdot 10^{-7}} = 33,8 \text{ МПа}$$

Знайдені тут напруження задовольняють умову міцності при згині такого трубопроводу. Крім міцності, для прольоту секції штанги, який консольно кріпиться в основному утримуючому хомуті стійки, не слід забувати про відповідну жорсткість цього функціонально несучого трубопроводу.

3.4 Розрахунок основного елемента рами причіпного малогабаритного обприскувача

Викреслюємо реальну раму при максимальній ширині колії (з одного боку) обприскувача. Аналізуючи її можна бачити, що навантаження основної ваги (бака) сприймає елемент 1, до якого приєднані висувні консолі 3, що через стійки 2 обперті на колеса. За конструктивної особливості існуючої конструкції рами обприскувача елемент 1 має достатній запас міцності, а от висувні консолі 3, в перетині приєднання до елемента 1, сприймають максимальні навантаження від діючих сил зі сторони колеса. Їх міцність варто перевірити. З цього приводу розглядаємо раму обприскувача в поперечно-вертикальній площині та викреслюємо розрахункову схему, рис.3.10.

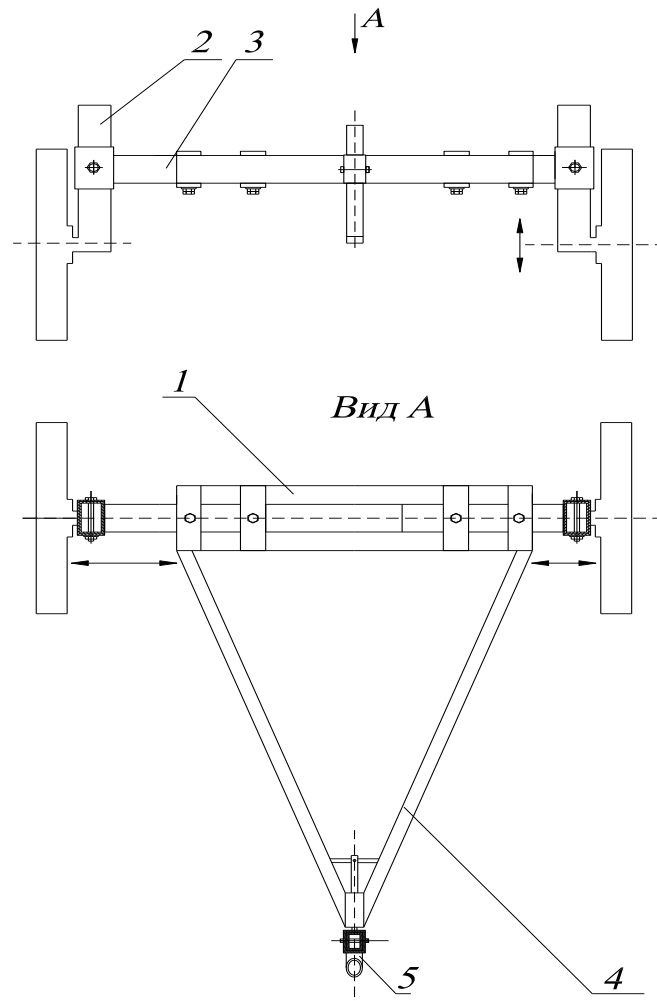


Рисунок 3.10 - Рама обприскувача

Схема представляє собою брус змінної жорсткості, причому його середню частину можна розглядати як перетин високої жорсткості і його міцність розглядати не будемо, а також вважатимемо, що дія причепа 4 є незначною. До розгляду будуть представлені дві консолі, які служать для зміни ширини колії обприскувача.

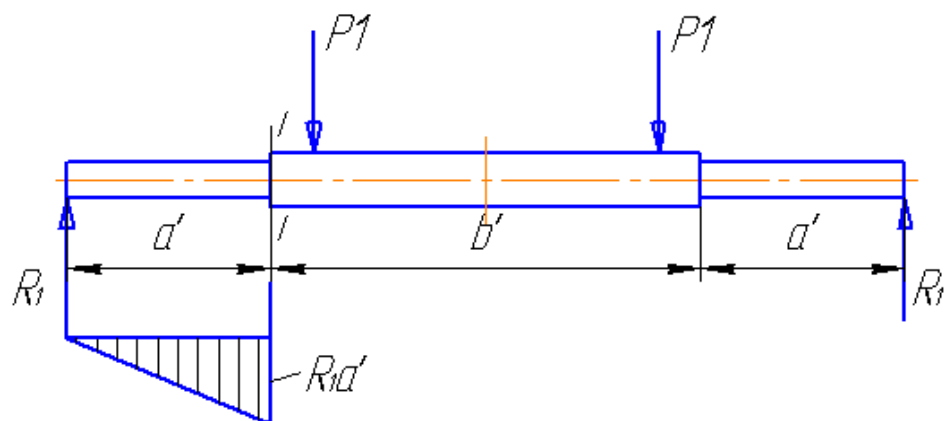


Рисунок 3.11 - Розрахункова схема ходової частини обприскувача

Оскільки схема симетрична, то можна розглядати її половину. Із симетричності навантаження маємо, що

$$P_1 = R_1,$$

де P_1 - зовнішнє навантаження, що складається з повної ваги обприскувача із врахуванням коефіцієнта динамічності $k_d = 2.5$ при першому варіанті навантаження та пружній підвісці обприскувача;

R_1 - опорна реакція.

Для нас буде представляти інтерес перетин I-I переходу (приєднання) консолі в середню частину рами. Тут буде діяти максимальний згинаючий момент на цій ділянці

$$M_{32} = R_1 \cdot a' = 3375 \cdot 0.22 = 742.5 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.7)$$

де a' - відстань від дій опорної реакції до розглядуваного перетину, $a' = 0.22$ м.

Напруження в цьому перетині становитиме

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_0} \leq [\sigma_{32}], \quad (3.8)$$

$$\text{де } W_0 = \frac{4}{3} H^2 \delta = \frac{4}{3} \cdot 0.04^2 \cdot 0.002 = 5.33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

тоді напруження

$$\sigma_{32} = \frac{742.5}{5.33 \cdot 10^{-6}} = 1.39 \cdot 10^8 \text{ Па} = 139 \text{ МПа}.$$

При жорсткій підвісці ($k_d = 6$)

$$M_{32} = R_1 \cdot a' = 8100 \cdot 0.22 = 1782 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\sigma_{32} = \frac{1782}{5.33 \cdot 10^{-6}} = 3.341 \cdot 10^8 \text{ Па} = 334.1 \text{ МПа}.$$

Як видно із проведеного дослідження, що напруження при встановленому коефіцієнті динамічності $k_d = 2.5$ не перевищують допустимі. Але експлуатування обприскувача на інших підвищених режимах призведе до збільшення коефіцієнта динамічності ($k_d = 6$) і тоді міцність не забезпечується.

Цю проблему можна виправити кількома шляхами: один з них це підсилення поперечного перетину консолі, що призводить до збільшення маси конструкції; або ж знизити допустимі навантаження за рахунок введення пружних елементів в систему підвіски обприскувача. Другий шлях є більш прийнятним, оскільки буде зменшення впливу динамічних сил на всі елементи обприскувача.

Висновки до третього розділу

1. В результаті розробки інженерної методики розрахунку конструктивних параметрів елементів підвіски малогабаритного обприскувача отримано кінцеві вирази амплітудно- і фазово-частотних характеристик при реальних умовах експлуатування обприскувача.

2. Встановлена резонансна зона збурюючої сили для жорсткої підвіски обприскувача, яка знаходиться в межах $\omega > 14 \text{ Гц}$, а у випадку пружної підвіски $\omega > 10 \text{ Гц}$, що є зонами частот, які при експлуатації даного обприскувача не зустрічаються. Підвіски працюють в дорезонансних зонах. Частотою збурюючої сили, що відповідає основним технологічним процесам є $\omega = 8 \text{ Гц}$.

3. За результатами числових розв'язків системи диференціальних рівнянь руху малогабаритного обприскувача встановлено значення коефіцієнтів динамічності в характерних точках: в центрі мас обприскувача для пружної підвіски $k_0 = 2.5$; жорсткої підвіски $k_0 = 6$. При виконанні розрахунків на міцність елементів конструкції встановлено: поперечний перетин функціонально-несучого трубопроводу секції штанги - внутрішній діаметр $d = 22 \text{ мм}$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

З точки зору охорони праці основними вимогами до устаткування є безпечність для здоров'я і життя людей, надійність і зручність під час експлуатації.

Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- вибором безпечних принципів дій, конструктивних схем, елементів конструкції;
- використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування;
- застосуванням в конструкції засобів захисту;
- дотриманням ергономічних вимог;
- включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту та транспортування і зберігання обладнання;
- застосуванням в конструкції відповідних безпечних матеріалів.

При проектуванні машин і механізмів обов'язково повинні враховуватися ергономічні вимоги: розміщення механізмів керування на робочому місці, зусилля для приведення в дію механізмів керування тощо.

При конструюванні устаткування частини, що обертаються, рухаються, комунікації (трубопроводи, кабелі тощо) необхідно розміщувати у корпусі машини, щоб виключити можливість доступу до них працюючих. Устаткування має відповідати вимогам електробезпеки і гарантувати захист працюючих від ураження електричним струмом.

У конструкції устаткування повинні передбачатися вбудовані (місцеві) відсмоктувачі, необхідні для видалення пожежо- і вибухонебезпечних сумішей, небезпечних і шкідливих хімічних речовин, пилу тощо безпосередньо з місця їх виникнення.

Щоб уникнути шуму та вібрації або знизити їх до регламентованих рівнів, необхідно застосовувати звукопоглинаючі матеріали, кожухи тощо.

Механізми керування технологічним обладнанням повинні мати безпечні та зручні форми і поверхню, встановлюватися у безпечному для працюючих місці, приводитись у дію зусиллями, що встановлені відповідними нормами, мати напис про призначення, інструкцію з експлуатації тощо.

При монтажі всі стаціонарні машини, апарати тощо мають бути встановлені й закріплені таким чином, щоб вилучити можливість їхнього зсуву під час роботи.

Під час експлуатації все технологічне устаткування має утримуватися у справному стані й використовуватися лише за призначенням. Крім того, необхідно усунути можливість випадкового дотику працюючих до устаткування, що має температуру понад 45°C. Якщо цього зробити неможливо, поверхня устаткування повинна мати теплоізоляцію або огороження.

Технологічне устаткування, обслуговування якого пов'язане з переміщеннями працюючого на висоті, повинне мати безпечні й зручні за конструкцією і розмірами робочі майданчики, переходи та драбини. Майданчики та драбини заввишки понад 1,3 м від підлоги обладнуються поручнями.

Устаткування має підлягати періодичному профілактичному оглядові, ремонтам за графіками.

Щойно встановлене устаткування приймається комісією за участю представників органів державного нагляду за охороною праці.

Дотримання цих вимог в повному обсязі можливе лише на стадії проектування. Тому в усіх випадках проектної документації передбачаються вимоги безпеки. Вони містяться в спеціальному розділі технічного завдання, технічних умов та стандартів на обладнання, що випускається.

Безпечність виробничих процесів досягається комплексом проектних та організаційних рішень. Це — вибір технологічного процесу, робочих операцій, черговості обслуговування обладнання тощо.

Безпечність виробничих процесів полягає у запобіганні впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючих. Забезпечується це завдяки організаційним заходам (навчання, інструктажі, виконання вимог інструкцій з охорони праці) та технічним засобам безпеки.

Дія технічних засобів захисту повинна забезпечити безпеку працюючих від початку робочого процесу до його закінчення і не має припинитися раніше за дію небезпечного або шкідливого виробничого фактора.

Основними технічними засобами безпеки для запобігання виробничого травматизму є огорожувальні та запобіжні пристрої, блокування, профілактичні випробування машин.

Основні вимоги, що висуваються до технічних засобів безпеки - це підвищення продуктивності праці, зниження небезпеки та шкідливості при обслуговуванні обладнання та виконанні технологічних операцій, надійність і міцність, зручність під час обслуговування устаткування та засобів захисту, виконання вимог технічної естетики.

Загальні вимоги до виробничих процесів передбачають:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, які чинять небезпечну дію;

- заміну технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих факторів, процесами та операціями, при виконанні яких ці фактори відсутні або мають меншу інтенсивність;

- комплексну механізацію та автоматизацію виробництва;

- застосування дистанційного керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

- герметизацію обладнання;

- застосування засобів колективного захисту працівників;

- раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики, а також зниження важкості праці;

- запровадження системи керування технологічними процесами, які забезпечують захист працівників та аварійне вимкнення виробничого обладнання;

- забезпечення пожежо- та вибухобезпеки.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА

Порівняльний аналіз значень якості виробу проводиться для всіх конструктивних варіантів і має два етапи: експертний та розрахунковий [20].

Експертний етап передбачає порівняння значень показників якості нового виробу за варіантами з показниками базового виробу і приводить до наступних результатів:

а) всі показники даного варіанту перевищують базові більше, ніж на 5 %. Даний варіант вважається проектом і піддається подальшій розробці, в тому числі і економічному обґрунтуванню;

б) всі показники даного варіанту гірші базових більше, ніж на 3 %. Даний варіант виключається із подальшої розробки;

в) деякі показники варіантів кращі, деякі гірші від базових. Тут необхідний наступний розрахунковий етап.

Розрахунковий етап передбачає визначення значень відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно до формул:

- для бажаних показників:

$$q_i = \frac{k_{2i}}{k_{1i}}, \quad (5.1)$$

- для небажаних показників:

$$q_i = \frac{k_{1i}}{k_{2i}}, \quad (5.2)$$

де k_{2i} - показник якості нового виробу;

k_{1i} - показник якості базового виробу;

$i = 1...n$ - номенклатура показників якості.

Карта технічного рівня і якості продукції:

1. Найменування виробу: малогабаритний обприскувач.
2. Область застосування: хімічних захист в с.г.

3. Коротка характеристика виробу:

- продуктивність за годину основного часу 2.7 га/год;
- робоча швидкість 7.2 км/год;
- ширина захвату 4 м.
- споживана потужність приводу 3.0 кВт.

4. Річний економічний ефект визначається аналітичним шляхом.

5. Орієнтована вартість машини: 7900 грн.

Визначаємо значення відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно формул:

$$q_1 = \frac{2.7}{2.28} = 1.18; \quad q_2 = \frac{4}{4} = 1;$$

$$q_3 = \frac{7.2}{6} = 1.2; \quad q_4 = \frac{1200}{1000} = 1.20;$$

$$q_5 = \frac{3.0}{3.0} = 1; \quad q_6 = \frac{80}{100} = 0.80;$$

$$q_7 = \frac{90}{90} = 1.00; \quad q_8 = \frac{60}{50} = 1.2.$$

Розраховуємо узагальнений показник за формулою:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5.3)$$

де Q – узагальнений показник якості продукції;

n – кількість показників, що складають номенклатуру.

$$Q = \frac{1}{8} (1.18 + 1 + 1.2 + 1.2 + 1 + 0.8 + 1 + 1.2) = 1.073$$

Проектом вважається варіант нового виробу, у якого $Q > 1.05$.

Результати розрахунків заносимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Карта технічного рівня і якості продукції

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність “+”, “-”	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, k_1	Нового виробу	
			k_2	q
1. Призначення				
Продуктивність: га/год	+	2.28	2.7	1.18
Ширина захвату, м	+	4	4	1.0
Робоча швидкість, км/год	+	6	7.2	1.0
2. Надійність				
Термін напрацювання до відмови, год	+	1000	1200	1.20
3. Використання ресурсів				
Споживана потужність приводу, кВт	+	3.0	3.0	1.0
Витрати на виготовлення, %	-	80	100	0.80
4. Обмеження шкідливих дій				
Простота експлуатування, %	+	90	90	1.0
5. Стандартизація і уніфікація				
Відношення уніфікованих вузлів до не уніфікованих, %	+	50	60	1.2

При розрахунку показників економічної ефективності основними є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонти, технічне обслуговування, оплату праці, затрати на паливно-мастильні матеріали, а також якість та кількість продукції, яку одержують від порівнювальних машин.

Економічна ефективність малогабаритного обприскувача досягається за рахунок заміни жорсткої підвіски обприскувача на пружну.

Базова конструкція підвіски обприскувача складалася з коліс на гумових шинах, яку запропоновано замінити пружною із використанням пружних

елементів із демпфера ефективнішого в плані зменшення дії динамічних сил і зрівноваження коливань.

Економічну оцінку ефективності внесених змін машини виконуємо згідно стандарту, шляхом порівняння затрат на базову та модернізовану машину.

Приведені затрати на одиницю наробітку (на 1 га) визначаються за формулою:

$$П = I + KE, \quad (5.4)$$

де I - прямі експлуатаційні затрати на одиницю наробітку;

K - капітальні вкладення на одинцю наробітку;

E - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Прямі експлуатаційні затрати на одинцю наробітку

$$I = З + Г + Р + А + Ф, \quad (5.5)$$

де $З$ - затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу;

$Г$ - затрати на паливно-мастильні матеріали;

$Р$ - затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт;

$А$ - затрати на реновацію;

$Ф$ - інші затрати (при наявності).

Необхідні характеристики для розрахунку економічної ефективності базової і удосконаленої машини наведені у таблиці 5.2.

Затрати праці у людино-годинах на одиницю наробітку при виконанні машиною виробничого процесу визначаємо за формулою

$$T = \frac{Л}{W}, \quad (5.6)$$

де $Л$ - кількість виробничого персоналу на обслуговуванні техніки;

W - продуктивність машини.

Таблиця 5.2 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності базової та удосконаленої машин

Показники	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3
1. Характеристики машини	Обприскувача малогабаритний	ОМПШ-150-1
1.1 Машини, які порівнюються		
1.2 Оптова ціна машини, грн.	75000	79000
1.3 Продуктивність за годину основного часу, га/год	2.28	2.7
1.4 Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
1.5 Витрати пального, кг/га	0.8	0.7
1.6 Марка трактора	Міні-трактор	
1.7 Ціна трактора, грн.	250000	
1.8 Нормативне річне завантаження, год.:		
- трактора	800	800
- с/г машини	100	150
2 Інші показники		
2.1 Коефіцієнт переводу оптової ціни в балансову	1.1	1.1
2.2 Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	0.15	0.15
2.3 Процент відчислень на реновацію по основній роботі:		
- на сільськогосподарську техніку;	14.3	14.3
- на трактор	12.5	12.5
2.4 Процент відрахувань на:		
- поточний ремонт і техогляд для основної роботи с/г машини;	10	10
- на капітальний ремонт;	2	2
- поточний ремонт і техогляд для основної роботи трактора	14.9	14.9
2.5 Розряд обслуговуючого персоналу на основній роботі	V	V
2.6 Погодинна ставка тракториста (з врахуванням всіх видів доплат) грн.	8.85	8.85
2.7 Тарифна ставка тракториста, грн.	36.75	36.75
2.8 Ціна 1кг пального, грн.	24.1	24.1

Затрати на реновацію машини на одиницю наробітку

$$A = \frac{B \cdot a}{W \cdot T_3}, \quad (5.7)$$

де a - коефіцієнт відчислення на реновацію;

T_3 - річне завантаження технічних засобів;

B - балансова ціна машини.

Капітальні вкладення на машину на одиницю наробітку визначаємо за формулою

$$K = \frac{B}{W \cdot T_3}, \quad (5.8)$$

Затрати на технічне обслуговування і ремонти поточний і капітальний визначаємо за формулою:

$$P = \frac{B(\chi_T + \chi_K)}{W_{\text{експ}} \cdot T_3}, \quad (5.9)$$

де χ_T - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування;

χ_K - коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$W_{\text{експ}}$ - продуктивність агрегату за 1 годину експлуатаційного часу.

Затрати на паливно-мастильні матеріали на одиницю наробітку визначаємо за формулою:

$$\Gamma = q \cdot \Pi, \quad (5.10)$$

де q - розхід паливно-змащувальних матеріалів на одиницю наробітку;

Π - ціна 1 кг палива.

Балансова ціна машини

$$B = \Pi \cdot K, \quad (5.11)$$

де Π - оптова ціна машини;

K - коефіцієнт переводу з оптової ціни на балансову.

Розрахунок затрат праці, експлуатаційних витрат і приведених витрат на базову і нову машину та енергетичний засіб подано у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок затрат праці, приведених і експлуатаційних витрат

Базовий варіант – ОМПШ-150	Новий варіант – ОМПШ-150-1	Різниця показників
$T_B = \frac{1}{2.28} = 0.44$ люд/га	$T_H = \frac{1}{2.7} = 0.37$ люд/га	0.07
$З_B = \frac{8.85}{1} = 8.85$ грн/год	$З_H = \frac{8.85}{1} = 8.85$ грн/год	0
$A_B = \frac{1.1 \cdot 7500 \cdot 0.143}{2.27 \cdot 100} = 5.17$ грн/га	$A_H = \frac{1.1 \cdot 7900 \cdot 0.143}{2.7 \cdot 150} = 3.07$ грн/га	2.1
$A_T = \frac{1.1 \cdot 25000 \cdot 0.125}{2.28 \cdot 800} = 1.89$ грн/га	$A_T = \frac{1.1 \cdot 25000 \cdot 0.125}{2.7 \cdot 800} = 1.59$ грн/га	0.3
$P_B = \frac{1.1 \cdot 7500 \cdot (0.1 + 0.02)}{2.28 \cdot 100} = 4.34$ грн/га	$P_H = \frac{1.1 \cdot 7900 \cdot (0.1 + 0.02)}{2.7 \cdot 150} = 2.44$ грн/га	1.9
$P_T = \frac{1.1 \cdot 25000 \cdot 0.149}{2.28 \cdot 800} = 2.25$ грн/га	$P_T = \frac{1.1 \cdot 25000 \cdot 0.149}{2.7 \cdot 800} = 1.9$ грн/га	0.35
$P_{П.Б} = P_B + P_T =$ $= 4.34 + 2.25 = 6.59$ грн/га	$P_{П.Н} = P_H + P_T =$ $= 2.44 + 1.9 = 4.34$ грн/га	2.25
$\Gamma_T = 0.8 \cdot 4.1 = 3.28$ грн/га	$\Gamma_T = 0.7 \cdot 4.1 = 2.87$ грн/га	0.41
$I_B = A_B + P_B =$ $= 5.17 + 4.34 = 9.51$ грн/га	$I_H = A_H + P_H =$ $= 3.07 + 2.44 = 5.51$ грн/га	4.0
$I_T = A_T + P_T + \Gamma_T + З_B =$ $= 1.89 + 2.25 + 3.28 + 8.85 = 16.27$ грн/га	$I_T = A_T + P_T + \Gamma_T + З_H =$ $= 1.59 + 1.9 + 2.87 + 8.85 = 15.21$ грн/га	1.06
$I_{П.Б} = I_B + I_T =$ $= 9.51 + 16.27 = 25.78$ грн/га	$I_{П.Н} = I_H + I_T =$ $= 5.51 + 15.21 = 20.72$ грн/га	5.06
$K_B = \frac{1.1 \cdot 7500}{2.28 \cdot 100} = 36.18$ грн/га	$K_H = \frac{1.1 \cdot 7900}{2.7 \cdot 150} = 21.46$ грн/га	14.72
$K_T = \frac{1.1 \cdot 25000}{2.28 \cdot 800} = 15.08$ грн/га	$K_T = \frac{1.1 \cdot 25000}{2.7 \cdot 800} = 12.73$ грн/га	2.35
$K_{П.Б} = K_B + K_T =$ $= 36.18 + 15.08 = 51.26$ грн/га	$K_{П.Н} = K_H + K_T =$ $= 21.46 + 12.73 = 34.19$ грн/га	17.07
$\Pi_B = I_{П.Б} + K_{П.Б} E =$ $= 25.78 + 51.26 \cdot 0.15 =$ $= 33.47$ грн/га	$\Pi_H = I_{П.Н} + K_{П.Н} E =$ $= 20.72 + 34.19 \cdot 0.15 = 25.85$ грн/га	7.62

Розрахунок річного економічного ефекту від виробництва і використання нової техніки, винаходів і рацпропозицій у сільськогосподарському машинобудуванні та нових засобів праці довгочасного використання з кращими якісними характеристиками здійснюється розробниками і виробниками цих засобів праці за формулою:

$$E_{\phi} = \left[\Pi_B \cdot \frac{B_H}{B_B} \cdot \frac{P_{\Pi.B} + E_H}{P_{\Pi.H} + E_H} + \frac{(I'_B - I'_H) - E_H (K'_H - K'_B)}{P_{\Pi.H} + E_H} - \Pi_H \right] \cdot A_2, \quad (5.12)$$

де Π_B - приведені затрати на одиницю базового комплексу;

Π_H - приведені затрати на одиницю нового комплексу;

B_H і B_B - відповідно річні об'єми роботи, виконувані при використанні одиниці базового і нового засобу праці, у натуральних одиницях:

$B_B \approx 228$ га; $B_H = 405$ га.

$\frac{B_H}{B_B}$ - коефіцієнт обліку росту продуктивності одиниці нового засобу

порівняно з базовим; $\frac{B_H}{B_B} = \frac{405}{228} = 1.78$;

A_2 - річний обсяг виробництва нових знарядь праці в розрахунковому році, в натуральних одиницях, $A_2 = 10$ шт.

$\frac{P_{\Pi.B} + E_H}{P_{\Pi.H} + E_H}$ - коефіцієнт врахування зміни строку служби нового засобу праці

порівняно з базовим;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності, $E_H = 0.15$;

I'_B і I'_H - річні експлуатаційні витрати споживача при використанні ним базового і нового засобу праці у розрахунку на об'єми робіт, які виконуються з допомогою нового засобу праці. У цих затратах враховується тільки частина амортизації, яка призначена на капітальний ремонт засобів праці, тобто без врахування витрат на їх відновлення.

Ці показники визначаються за формулами:

$$I'_B = I_{П.Б} \cdot B_H = 25.78 \cdot 405 = 10440 \text{ грн};$$

$$I'_H = I_{П.Н} \cdot B_H = 20.72 \cdot 405 = 8392 \text{ грн};$$

K'_B і K'_H - річні капітальні вкладення споживача на машину (одиницю напрацювання) при використанні ним базового і нового комплексів, визначаються за формулами:

$$K'_B = K_{П.Б} \cdot B_H = 51.26 \cdot 405 = 20760 \text{ грн};$$

$$K'_H = K_{П.Н} \cdot B_H = 34.19 \cdot 405 = 13850 \text{ грн};$$

Підставимо отримані значення у формулу (4.56)

$$E_\phi = \left[\Pi_B \cdot \frac{B_H}{B_B} \cdot \frac{P_{П.Б} + E_H}{P_{П.Н} + E_H} + \frac{(I'_B - I'_H) - E_H(K'_H - K'_B)}{P_{П.Н} + E_H} - \Pi_H \right] \cdot A_2$$

$$E_\phi = \left[33.47 \cdot 1.78 \cdot \frac{6.59 + 0.15}{4.34 + 0.15} + \right.$$

$$\left. + \frac{(10440 - 8392) - 0.15 \cdot (13760 - 20760)}{4.30 + 0.15} - 25.85 \right] \cdot 10 = 7774.06 \text{ грн.}$$

Економічний ефект, порівняно з базовим варіантом, від використання за строк служби машини визначаємо за формулою

$$\varepsilon_{C.C} = \frac{E}{a + E_H}, \quad (5.13)$$

отже,

$$\varepsilon_{C.C} = \frac{777.4}{0.143 + 0.15} = 2653.2 \text{ грн.}$$

Отже, розрахунок річного економічного ефекту від вдосконалення конструкції малогабаритного обприскувача складає 777,4 грн. Даний показник враховує тільки ефект від зміни конструкції елементів підвіски і не враховує підвищення ефективності нанесення робочого препарату на поверхні рослин, де при цьому в кращій мірі виконується хімічний захист рослин, а від того і збільшення врожайності або зменшення втрат культурних рослин.

Показники техніко-економічної ефективності представлені в табл. 5.4

Таблиця 5.4 - Показники техніко-економічної ефективності

Показники	Значення показника	
	Базовий варіант	Новий варіант
1.Продуктивність, га/год	2,28	2,7
2.Ширина захвату, м	4	4
3.Робоча швидкість, км/год	6	7,2
4.Річні експлуатаційні витрати споживача, грн	10440	8392
5. Річні капітальні вкладення споживача на машину, грн	20760	13850
6. Річний економічний ефект, грн.	-	777,4

Розрахунковий економічний ефект від запропонованих впроваджень при значному підвищенні якості виконання технологічного процесу становить 777,4 грн. на одну машину.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі приведено нове вирішення науково-технічної задачі підвищення експлуатаційних характеристик несучих і функціональних елементів малогабаритного сільськогосподарського обприскувача на підставі розробленої аналітичної моделі сукупного впливу експлуатаційних факторів з урахуванням конструктивних і кінематичних параметрів обприскувача та стану оброблювальних площ.

2. Запропонована нова конструкція пружної підвіски рами обприскувача дозволяє зменшити коливання розпилюючих органів і тим покращити якість нанесення робочого препарату на поверхні рослин.

3. Розроблена математична модель руху малогабаритного обприскувача дозволяє аналітичним шляхом визначати коефіцієнти динамічності в довільній розглядуваній точці обприскувача та виявити резонансні зони частот збурюючої сили, що відповідає заданому режиму експлуатування обприскувача.

4. На підставі розробленої інженерної методики обґрунтовано наступні експлуатаційні параметри конструктивних елементів: жорсткість шин коліс обприскувача $k = 7 \cdot 10^4 \text{ Н / м}$; жорсткість пружного елемента підвіски $c = 4 \cdot 10^4 \text{ Н / м}$; коефіцієнт в'язкості демпфера $b = 10^2 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$.

5. В результаті аналітичних досліджень виявлено, що частоти збурюючих сил для основних технологічних процесів лежать в межах $\omega = 0 \dots 10 \text{ Гц}$ при амплітудах $y = 0 \dots 0.15 \text{ м}$.

6. Обґрунтовано геометричні параметри поперечного перетину функціонально-несучого трубопроводу секції штанги, які повинні відповідати: внутрішній діаметр $d = 22 \text{ мм}$; зовнішній $D \geq 26 \text{ мм}$.

7. Розрахунковий економічний ефект від запропонованих впроваджень при значному підвищенні якості виконання технологічного процесу становить 777,4 грн. на одну машину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов Б.М. Колебания шарнирных механизмов. - Харьков: Вища шк., 1997.-167с.
2. Агейкин Я.С. Определение деформации и параметров контакта шины с мягким грунтом. Автомобильная промышленность, 1989, №5.-С. 31-33.
3. Бабій А.В. Оптимізація конструктивних параметрів опор бака спеціального малогабаритного обприскувача: Дис... канд. тех. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2005. – 171с.
4. Бондаренко А.А., Дубінін О.О., Переяславцев О.М. Теоретична механіка : Підручник: У 2 ч.: Динаміка: - К.: Знання, 2004. - 332с
5. Вікович І.А. Штангові обприскувачі для хімічного захисту рослин. - Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2003.- 480с.
6. Вікович І.А. Моделі і методи розрахунку коливальних процесів у мобільних машинах з начіпними функціональними елементами: Дис... док. тех. наук: 05.02.09. – Львів, 2004. – 382с.
7. Гопоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини та їх використання; 4-те вид., доп. і перероб.-К.: Урожай, 1982. – 312с.
8. Матвіїшин А.Й. Розрахунково-експериментальна модель роботоздатності функціональних елементів малогабаритного обприскувача // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ, 2006, - №1 – С.87-91.
9. Матвіїшин А.Й., Костюк В.І Вплив нерівномірностей поля на динаміку малогабаритного обприскувача // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ, 2007, - №2 – С.92-96.
10. Опрыскиватель вентиляторный тракторный ОВТ-1В. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Львов, “Львовхимсельхозмаш”, 1978. – 96с.
11. Рибак Т.И. Методи оцінки несучої здатності та довговічності машин для хімічного захисту в рослинництві. - К.: Наукова думка, 1995.-232с.

12. Рибак Т.І., Бабій А.В., Матвійшин А.Й. Дослідження динамічних характеристик малогабаритного обприскувача ОМПШ-150-1 // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ, 2006. - №4. – С.64-69.
13. Опір матеріалів / Під ред. акад. АН УРСР Писаренко Г.С. – К.: Вища шк. Головное вид-во, 1990. – 775 с..
14. Улітко А.Т. Про однорідний розв’язок для визначення напружень // Прикл. Механіка. – 1992. – Т. 8, №3. – С. 282-285.
15. Gunter Uhl. Mehr Umweltschutz-mehr Sicherheit//Lohnunternehmen.-1986.-N1.-S.52-54.
16. Lyon R. Statistical energy analysis Umweltschutz-mehr Sicherheit//Lohnunternehmen. – 1996. – N1. – S. 52-54.
17. Sanders T.L. Singular solutions to the shallow shell equations // Journal of Applied Mechanics. – 1990. – V. 37, N2. – P. 361-366.
18. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль, Збруч, 2002. – 300с.