

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСУ РОЗПИЛЮВАЧІВ АГРОХІМІКАТІВ

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІз-1-24

за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Больбот Сергій Вікторович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

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

Больботу Сергію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження ресурсу розпилювачів агрохімікатів

керівник роботи: Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» жовтня 2025 року
№ 3205

2. Строк подання студентом роботи: 6.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Агротехнічні вимоги до хімічного захисту рослин.

3.2. Підвищення продуктивності обприскувача на 5...7%, при зменшенні ризиків забруднення навколишнього середовища.

3.3. Термін окупності вдосконаленої машини не більше 5 років.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: 1. Аналіз існуючих конструкцій розпилювачів пестицидів та досліджень по їх зносостійкості. 2. Теоретичні дослідження гідроабразивного зношування розпилювачів. 3. Програма і методика експериментальних досліджень. Прилади та обладнання. 4. Експериментальні дослідження та їх аналіз. 5. Охорона праці. 6. Економічна ефективність впровадження. Загальні висновки та пропозиції

5. Перелік демонстраційного матеріалу:

1. Аналіз експериментальних та теоретичних досліджень. 2. Теоретичні дослідження процесу розпилення відцентровим розпилювачем. 3. Програма та методика експериментальних досліджень, об'єкт досліджень, прилади та обладнання. 4. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. 5. Охорона праці. 6. Техніко-економічні показники впровадження. Загальні висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Кобець О.М., доцент | | |
| 2 | Кобець О.М., доцент | | |
| 3 | Кобець О.М., доцент | | |
| 4 | Кобець О.М., доцент | | |
| 5 | Кобець О.М., доцент | | |
| нормоконтроль | Лепеть Є.І., асистент | | |

7. Дата видачі завдання: 1.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | до 25.10.2025 р. | |
| 2 | Теоретичний | до 30.10.2025 р. | |
| 3 | Експериментальний | до 10.11.2025 р. | |
| 4 | Охорона праці | до 20.11.2025 р. | |
| 5 | Економічний | до 25.11.2025 р. | |
| 6 | Демонстраційна частина | до 05.12.2025 р. | |

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Большот Сергій Вікторович. Дослідження ресурсу розпилювачів агрохімікатів. Випускна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 - Агроінженерія. – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2025 рік.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 78 сторінок машинописного тексту та 21 слайд демонстраційних матеріалів.

В першому розділі роботи розглянуто сучасні щілинні та відцентрові розпилювачі для хімічного захисту рослин, їх конструкцію та характеристики. За результатами першого розділу були обрані напрямки подальших досліджень.

В другому розділі роботи розглянуто теорію процесу гідроабразивного зношування розпилювачів, приведено аналітичні дослідження.

В третьому розділі розроблено програму та методику проведення експериментальних досліджень. Наведено опис об'єкта дослідження, приладів та устаткування.

В четвертому розділі проведено аналіз результатів експериментальних досліджень та визначено закономірності основних експлуатаційних параметрів відцентрових розпилювачів виготовлених з полімеру та металу.

П'ятий розділ присвячено охороні праці, в якому розроблено головні правила безпеки праці перед роботою, та під час роботи з лабораторним обладнанням.

В шостому розділі проведено розрахунок економічної доцільності впровадження вдосконаленого агрегату для хімічного захисту рослин.

Ключові слова: *обприскувач, відцентровий розпилювач, полімер, гідроабразивне зношування, зносостійкість.*

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СУЧАСНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЯХ | 11 |
| 1.1. Аналіз способів хімічного захисту. | 11 |
| 1.2. Аналіз існуючих розпилюючих пристроїв. | 14 |
| 1.2.1. Класифікація розпилювачів. | 14 |
| 1.3. Сучасні щілинні та відцентрові розпилювачі. | 18 |
| 1.4. Довговічність та надійність існуючих розпилювачів..... | 29 |
| 1.5 Постановка мети та задач дослідження | 31 |
| 1.6. Висновки до розділу..... | 33 |
| 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ РОЗПИЛЮВАЧІВ | 34 |
| 2.1. Види зношування. | 34 |
| 2.2. Гідроабразивне зношування розпилювачів. | 35 |
| 2.3. Гідроерозійне зношування розпилювачів. | 38 |
| 2.4. Механізми абразивного зношування полімерних матеріалів. | 38 |
| 2.5. Висновки до розділу..... | 39 |
| 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ..... | 40 |
| 3.1. Програма ресурсних випробувань..... | 40 |
| 3.2. Методика проведення експериментальних досліджень. | 40 |
| 3.2.1. Загальні вимоги до проведення досліджень. | 40 |
| 3.2.2. Проведення експерименту та визначення основних характеристик. | 41 |
| 3.2.3. Характеристика оксиду алюмінію:..... | 41 |
| 3.2.4. Приготування розчину. | 43 |
| 3.2.5.Випробовувальний тиск. | 44 |
| 3.2.6.Вимірювання витрати рідини відповідно до часу зношування. | 44 |
| 3.2.7. Розміщення розпилювачів. | 45 |

| | |
|---|----|
| 3.2.8. Кут розпилення..... | 45 |
| 3.2.9.Вимірювання..... | 45 |
| 3.2.10. Результати..... | 45 |
| 3.3. Об'єкт дослідження..... | 46 |
| 3.4 Прилади та обладнання, які були використані при проведенні досліджень..... | 47 |
| 3.5. Висновки до розділу | 52 |
| 4. РЕЗУЛЬТАТИ РЕСУРСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ | 53 |
| 4.1 Характеристика об'єкту дослідження..... | 53 |
| 4.2. Дослідження відповідності абразиву технічним умовам..... | 54 |
| 4.3. Результати випробувань..... | 56 |
| 4.3.1. Відхилення витрати рідини..... | 56 |
| 4.3.2. Вплив гідро-абразивного зношення на рівномірність розподілу рідини..... | 59 |
| 4.3.3. Вплив гідроабразивного зношення на факел розпилення..... | 64 |
| 4.4. Висновки до розділу..... | 67 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ | 68 |
| 5.1. Загальні положення | 68 |
| 5.2. Вимоги безпеки праці під час випробувань розпилювачів на лабораторному стенді для досліджень розпилювачів..... | 68 |
| 5.3. Висновки до розділу..... | 70 |
| 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ ОБПРИСКУВАЧА ОБЛАДНАНОГО ВІДЦЕНТРОВИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ..... | 71 |
| 6.1. Вихідні дані | 71 |
| 6.2. Розрахунок показників економічної ефективності..... | 72 |
| 6.3. Висновки до розділу..... | 73 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 74 |
| ЛІТЕРАТУРА | 76 |
| ДОДАТКИ | 79 |

ВСТУП

Світова практика свідчить, що використання машин для захисту рослин може забезпечити приріст урожайності на рівні 50–70%. Обприскування є ключовим елементом технологій хімічного захисту. Підвищення ефективності роботи такої техніки та раціональне використання дороговартісних препаратів не тільки сприятимуть збільшенню валового виробництва сільськогосподарської продукції, а й дозволять істотно скоротити витрати та знизити рівень негативного впливу на довкілля.

Разом з тим застосування хімічних засобів захисту має й низку екологічних ризиків: забруднення ґрунтових та водних ресурсів, погіршення якості повітря, порушення балансу агроєкосистем і природних процесів у біосфері. Крім того, підвищується небезпека для здоров'я людей і корисних організмів, оскільки отруйні речовини впливають не лише на шкідників, а й на весь навколишній простір.

В умовах гострого дефіциту засобів механізації захисту рослин в Україні йдуть процеси зростання виробництва і модернізації існуючої обприскуючої техніки [1]. Цей, здавалося б, позитивний чинник промислового зростання на практиці призводить до негативних результатів. Розробка і виробництво нової техніки для захисту рослин в регіонах України здійснюється без урахування сучасних досягнень вітчизняної і зарубіжної науки, вимог державних і галузевих стандартів, технологічних і екологічних вимог. При зростанні номенклатури технічних засобів в регіонах з'являється безліч однотипних конструкцій, при цьому в умовах жорсткої конкуренції йде боротьба не за якість і високий технічний і технологічний рівень машин для захисту рослин, а за зменшення ціни шляхом використання комплектуючих низької якості і неприпустимого спрощення конструкції в збиток вимогам екологічної безпеки.

Інтегрована технологія захисту рослин передбачає використання різних методів, способів і засобів захисту рослин, але з урахуванням видової

різноманітності шкідників, хвороб, бур'янів і різноманіття культурних рослин, що розрізняються як по біології, так і за технологією обробки. Це визначило значну диференціацію техніки і технологій, розкид значень параметрів внесення хімічних та біологічних засобів захисту.

Сьогодні близько 75% засобів захисту рослин у сільському господарстві вносять шляхом обприскування: 30% – при повнооб'ємному, 45% – при малооб'ємному та 0,5% – при ультрамалооб'ємному. Інші 24,5% препаратів використовують для протруювання насіння, аерозольної обробки, внесення гранул і обпилювання.

Обприскування є складним процесом, що базується на закономірностях утворення та осадження полідисперсних рідинних систем і аерозолів. Технології хімічного захисту розвиваються відносно недовго – трохи більше ста років, починаючи зі створення ранцевих обприскувачів для бордоської рідини. Перші гідравлічні машини подавали понад 3000 л/га розчину, але через великі краплі втрачалось до 90% препарату, що знижувало ефективність і збільшувало забруднення довкілля.

Попри значний прогрес, гідравлічне розпилення й нині вдосконалюють, намагаючись підвищити точність нанесення та зменшити втрати пестицидів. У багатьох країнах впроваджено стандарти безпечного використання техніки. Основним елементом обприскувача є розпилювач, який визначає економічну, біологічну та екологічну ефективність внесення препаратів. Найпоширеніші – щілинні, вихрові та дефлекторні розпилювачі.

Однак жоден тип гідравлічних розпилювачів не формує повністю оптимальний спектр крапель. У потоці завжди присутні надто дрібні краплі (20-80 мкм), що зносяться вітром, і надто великі (360-1000 мкм), які стікають на ґрунт. Ефективно працюють лише краплі розміром 80-360 мкм.

Мета і завдання дослідження. Обґрунтування параметрів та дослідження розпилювачів пестицидів, виготовлених з полімерних та металевих матеріалів.

Основною задачею дипломної роботи є проведення ресурсних досліджень розпилювачів.

Об'єкт дослідження – відцентрові розпилювачі виготовлені з полімеру та металу.

Предмет дослідження – вплив гідроабразивного зношування на характеристики відцентрових розпилювачів та визначення граничного ресурсу.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження гідроабразивного зношування розпилювачів, які виконувалося у лабораторних умовах на стенді.

Особистий внесок здобувача. Проведено огляд сучасних технічних засобів для внесення пестицидів і визначено основні напрями їх подальшого розвитку. Обґрунтовано вибір методів досліджень. Виконано лабораторні дослідження та здійснено опрацювання результатів, за підсумками якого підготовлено узагальнені висновки.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати досліджень доповідалися на кафедрі тракторів і сільськогосподарських машин Дніпровського державного аграрно-економічного університету, (Дніпро, 2025 рік).

Публікації. Результати магістерської роботи відображені у збірнику тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» 21 листопада 2025 року. ДДАЕУ, м. Дніпро.

1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СУЧАСНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЯХ

1.1. Аналіз способів хімічного захисту.

Хімічний метод захисту рослин може бути реалізований наступними способами: обприскування, обпилювання, аерозольний обробіток, фумігація, протруювання.

Обприскування - нанесення пестицидів в краплинно-рідкому стані на рослини за допомогою обприскувачів для боротьби з шкідниками, хворобами і бур'янами с.-г. і лісових культур. Може бути використано також для дефоліації і десикації, при обробці худоби, дезінфекції та дезінсекції тваринницьких приміщень, зерноховищ, теплиць тощо, застосовують розчини препаратів у воді або ін. розчинниках, емульсії, суспензії.

Розрізняють наступні види обприскування:

- звичайне (витрата робочого розчину становить 1000-2000 л/га для садів, 200-400 л/га для польових культур і 600–800 л/га для виноградників);
- малооб'ємне (обсяг рідини зменшується приблизно втричі порівняно зі звичайним, при цьому кількість пестицидів залишається такою ж, а їх концентрація — вища);
- ультрамалооб'ємне (використовують заводські готові препарати без додаткового приготування робочих розчинів. У садах і виноградниках витрата становить 5-25 л/га, а на польових культурах – лише 0,5-3 л/га).

Обпилювання – нанесення порошкоподібних пестицидів в розпорошеному вигляді за допомогою обпилювачів на рослини, ґрунт, тіло комах і т.п. для боротьби з шкідниками, хворобами і бур'янами с.-г. і лісових культур. Використовують пестициди у формі дустов. Вживані препарати повинні мати хорошу розпилюваність, властивість рівномірно осідати на оброблювані поверхні і мінімально зноситися вітром. Обробіток проводять вранці і увечері і лише в прохолодну хмарну погоду — вдень. Терміни призначають залежно від біологічних особливостей шкідників і збудників

хвороб с.-г. рослин, а також від метеорологічних умов. Витрата дусту 10...50 (зазвичай 15...25) кг/га. Використовується в посушливих районах, де обприскування провести важко із-за великої витрати води. Основний недолік - сильне забруднення повітря. Цей спосіб витісняється малооб'ємним обприскуванням, ефективнішим і продуктивнішим.

Аерзольний обробіток - використовується у багатьох галузях сільського господарства і є ефективним способом внесення будь-яких хімічних та біологічних препаратів.

Технологія передбачає застосування спеціального обладнання для розпилення хімічних препаратів методом туману. На сьогодні цей метод є актуальним для використання в агропромисловому секторі. У порівнянні з іншою технологією – розпиленням краплин – вона має переваги. Зокрема, розмір краплин, які розпилюються спеціальним обладнанням, дуже малий – лише 0–50 мікронів. Ці краплини надовго зависають у повітрі і з усіх боків потрапляють на об'єкт обробки. При цьому використовується значно менша кількість препаратів, і витрачаються вони досить ефективно. Крім того, суттєво скорочується час обробки об'єкта і обмежується контакт людей зі шкідливими речовинами.

Застосування такої технології стало можливим внаслідок створення сучасного обладнання, здатного працювати згідно з високими вимогами. Це – туманоутворювачі, або аерозольні генератори холодного туману, пристосовані до використання розчинних у воді препаратів будь-якої концентрації. У порівнянні з обладнанням, у якому використовувалися двигуни внутрішнього згоряння, вони значно продуктивніші і безпечніші. Принцип їх роботи ґрунтується на технології інжекції, тобто розпилення рідини повітряним потоком у пил. Це дозволяє використовувати будь-які препарати, у тому числі ті, що при нагріванні втрачають свої властивості.

Технологія використовується у господарствах, які спеціалізуються на тваринництві, наприклад, для дезінфекції свинарників, корівників і пташників. Також її ефективно застосовують для газациї у зерно та овочесховищах.

Фумігація – це метод знищення шкідників і збудників хвороб шляхом їх ураження токсичними газами або парами, які називають фумігантами. При цьому використовують спеціальні пристрої – фумігатори.

Суть фумігації полягає у внесенні швидколетких пестицидів, що ефективно діють проти небезпечних патогенів кореневої системи виноградників, а також шкідників чайних та цитрусових насаджень. Найчастіше цей метод застосовують для знезараження ґрунту.

Фумігатори можуть бути ручними або навісними/причіпними тракторними. За принципом роботи їх поділяють на агрегати безперервної та порційної дії, а за сферою використання – на ґрунтові та наземно-наметні.

Протруювання – обробка насіння с.-г. культур пестицидами для знезараження від збудників грибкових і бактеріальних хвороб, а також для захисту сходів від ґрунтових шкідників.

Існує три основні способи протруювання насіння:

- сухе – насіння обробляють порошковими препаратами шляхом обпилювання;
- напівсухе – його зволожують мінімальною кількістю розчину або густою суспензією;
- мокре – насіння рясно змочують робочим розчином або повністю занурюють у нього на короткий час.

Протруювання є важливим етапом у вирощуванні культур, оскільки захищає насіння від хвороб і шкідників та запобігає появі інфекцій на початкових фазах росту.

Розрізняють хімічне протруювання – сухим або рідким способом, яке виконують перед посівом чи заздалегідь, та термічне знезараження. Термальний метод здійснюють у двох варіантах:

- однофазний – витримування насіння у гарячій воді (45-47 °С) близько 2 годин з подальшим охолодженням і сушінням;

- двофазний – попереднє замочування у теплій воді (28-30 °С) протягом 4 годин, після чого насіння прогрівають 8 хвилин у воді 50-53 °С, а потім охолоджують і висушують.

1.2. Аналіз існуючих розпилюючих пристроїв.

Ключовим фактором ефективного застосування пестицидів є якість їх нанесення. У дослідженнях [3] показано, що за умови забезпечення високого рівня обприскування норму витрати препаратів у багатьох випадках вдалося зменшити наполовину. Основні показники якості включають норму подачі робочої рідини, ступінь дроблення струменя, щільність покриття краплями та рівномірність їх розподілу по поверхні. Усі ці параметри значною мірою визначаються конструкцією, технічними характеристиками та режимами роботи розпилювачів.

1.2.1. Класифікація розпилювачів.

Розпилювальні пристрої слугують для дозування та остаточного дроблення робочих препаратів, тому їх робота визначає кількість, якість і загальну ефективність обробки.

Розпилювачі поділяють за двома ознаками: за принципом дії та за призначенням.

Відповідно до принципу роботи їх розрізняють чотири основні групи: відцентрові, струменеві, пневматичні та обертальні.

Найбільш поширеними є відцентрові розпилювачі — вони прості у виготовленні, надійні та зручні в експлуатації. Існує багато їх конструктивних варіантів. За способом підведення рідини їх поділяють на два типи: із осердям та тангенційні. Відцентрові моделі зі змінними осердями відомі як польові (рис. 1.1).

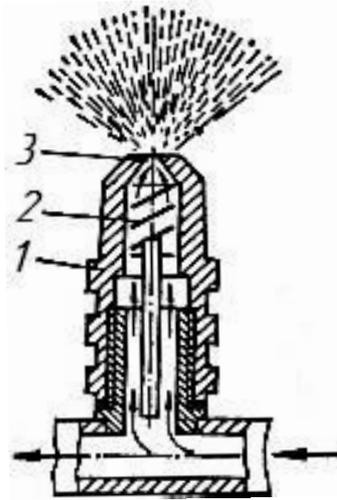


Рис. 1.1 – Відцентровий розпилювач зі змінним осердям:
1 – корпус; 2 – осердя; 3 – вихідний отвір.

Робочий тиск таких розпилювачів становить 0,3–0,8 МПа, при цьому формується дрібнодисперсний конусоподібний факел завдовжки 1-2 м з кутом розпилення 80–100°.

Принцип їх роботи ґрунтується на наданні рідині обертального руху – за допомогою осердя або тангенційного підведення потоку. Під дією відцентрових сил рідина на виході перетворюється на тонку плівку, яка, виходячи із сопла у вигляді порожнистого конуса, розпадається на дрібні краплі.

Тангенційні розпилювачі (рис. 1.2) мають складнішу конструкцію та дещо гіршу якість розпилення порівняно з осердними, проте вони менш чутливі до забивання.

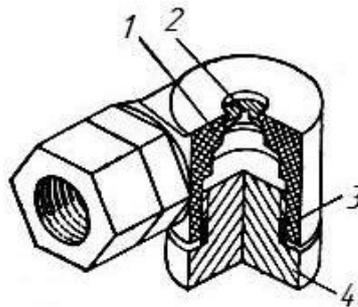


Рис. 1.2 – Тангенційний розпилювач:
1- корпус; 2 – сопло; 3 – ущільнюоче кільце; 4 – заглушка.

Струменеві розпилювачі поділяють на два основні типи: щілинні та дефлекторні.

Найпоширенішими є щілинні розпилювачі (рис. 1.3). Вони відзначаються простою конструкцією, однак формують відносно крупні краплі – близько 300 мкм. Попри це, такі розпилювачі забезпечують хорошу рівномірність покриття по ширині захвату (похибка близько $\pm 15\%$). Більшість сучасних імпорتنих обприскувачів оснащуються саме щілинними форсунками виробництва TeeJet (США).

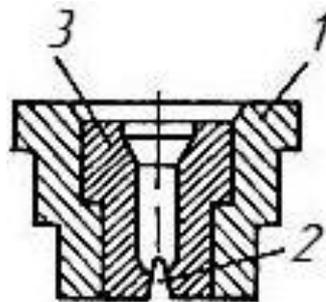


Рис. 1.3 – Щілинний розпилювач: 1 – корпус; 2 – сопло;
3 – мінералокерамічна вставка.

Дефлекторний розпилювач (рис. 1.4) формує плоский факел крапель, що робить його особливо ефективним для смугового обприскування. Розпилювання відбувається внаслідок удару швидкісного струменя рідини об пластину, розташовану перпендикулярно або під заданим кутом до потоку.



Рис.1.4 – Дефлекторний розпилювач:
1 – корпус; 2 – сопло; 3 – мінералокерамічна вставка.

Пневматичні розпилювачі (рис. 1.5) працюють завдяки енергії повітряного потоку. Вони конструктивно складніші за раніше описані типи, проте дозволяють регулювати якість розпилювання шляхом зміни взаємного положення повітряного струменя та потоку робочої рідини. Рідина, що виходить із розпилювального наконечника 3, під дією повітряного потоку з сопла 1 подрібнюється та транспортується на оброблювану поверхню. Положення наконечника регулюється прокладками 4.

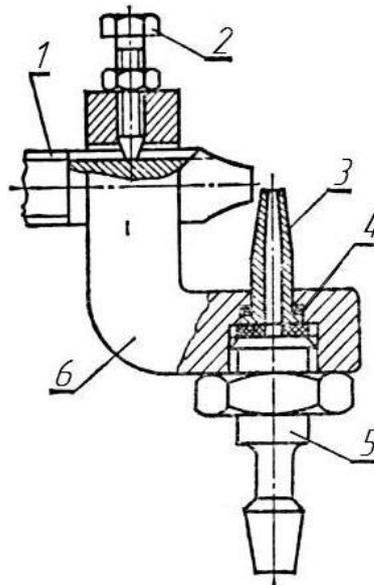


Рис. 1.5. – Пневматичний розпилювач: 1 – сопло для подачі повітря; 2 – стопорний болт; 3 – розпилюючий наконечник; 4 – регулювальна прокладка; 5 – штуцер; 6 – кронштейн.

Обертальні розпилювачі (рис. 1.6) складаються з сітчастого циліндра 4 та крильчатки 3, що приводиться в рух повітряним потоком. Робоча рідина подається через штуцер 1 всередину циліндра, де під дією відцентрових сил потрапляє на сітчасту поверхню, що забезпечує дрібнодисперсне розпилення та подальше транспортування препарату на об'єкт обробки. Ці розпилювачі використовуються в ультрамалооб'ємних обприскувачах.

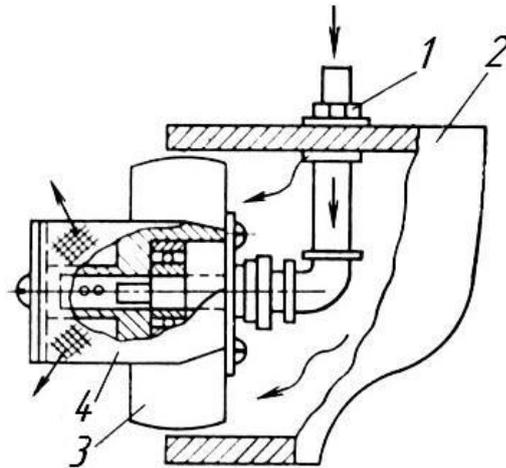


Рис. 1.6. Обертальний розпилювач: 1 – штуцер; 2 – повітропровід;
3 – крильчатка; 4 – сітчастий циліндр.

1.3. Сучасні щілинні та відцентрові розпилювачі.

Сьогодні існує велика різноманітність розпилювачів, тому важливо обирати оптимальний тип під конкретні умови. Більшість сучасних обприскувачів оснащуються гідравлічними форсунками різних типів. Наприклад, розпилювачі компаній Albus (Франція), Delavan і Lurmark (Великобританія), Agrotop і Lechler (Німеччина), Spraying Systems (США) широко застосовуються у світовій практиці. Щілинний розпилювач TeeJet від Spraying Systems використовується понад 50 років, а Lechler пропонує всі сучасні типи і модифікації форсунок.

Найпоширенішими є гідравлічні щілинні плоскоструминні розпилювачі, які поділяються на звичайні зі зниженим дрейфом, подвійні, стрічкові та для обприскування «під листя».

Конструктивно щілинний розпилювач (рис. 1.7) має циліндричний канал, що закінчується куполоподібною порожниною з клиноподібним прорізом. Рідина, проходячи канал і порожнину, набуває форми плоскої плівки, яка розпадається на дрібні краплі. Завдяки універсальності ці форсунки ефективні при всіх видах суцільного обприскування [4].

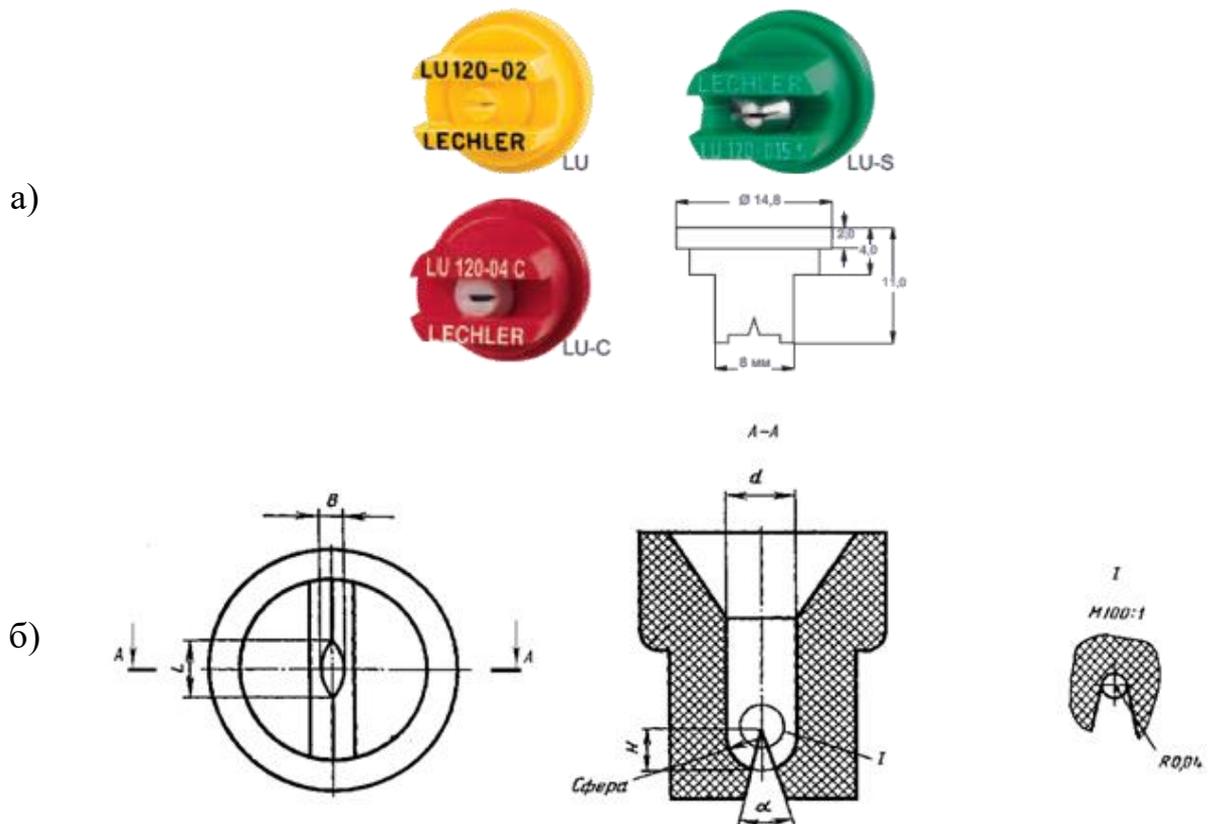


Рис. 1.7 – Загальний вид (а), та схема (б) щілинного розпилювача фірми «Lechler» марки «LU».

Рідина в щілинних розпилювачах проходить через циліндричний канал і куполоподібну порожнину, формуючи плоску плівку, яка розпадається на дрібні краплі. Ці форсунки є універсальними та забезпечують високу дисперсність розпилювання. Розпилювачі типів LU та ST відрізняються кутом факела (LU – 90° і 120° , ST – 80° і 110°) та стійкістю до знесення краплин вітром (LU більш стабільні).

Дрібні краплі забезпечують кращий розподіл препарату, утримання на листках, проникнення у тканини та ефективність дії на шкідників. Однак підвищена дисперсність збільшує знесення препарату вітром, що знижує густоту покриття і ефективність. Через це LU та ST використовують лише при невеликому вітрі – до 3-4 м/с і тиску до 0,3 МПа.

Для розширення умов безпечного обприскування, наприклад при внесенні системних препаратів або ґрунтових гербіцидів із великою нормою

рідини (200-300 л/га), застосовують форсунки «зі зниженим дрейфом» (марка AD, рис. 1.8), що формують більші краплі та зменшують знесення вітром.

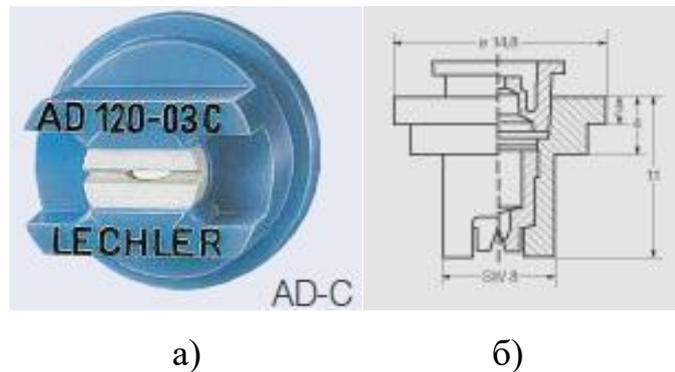


Рис.1.8 – Загальний вид (а), та схема (б) щілинного розпилювача фірми «Lechler» марки «AD».

У розпилювачах типу AD процес розпилювання відбувається в дві стадії: на вході та на виході, що дозволяє формувати більш грубі краплі при зниженому тиску рідини порівняно зі звичайними плоскоструминними розпилювачами. Це зменшує знесення препаратів вітром, робить їх менш чутливими до засмічення завдяки більшому діаметру вихідного отвору і підвищує зносостійкість завдяки оптимальному розподілу потоку між двома отворами. Кут факела становить 120° , а безпечна робота забезпечується при швидкості вітру до 5 м/с.

Розпилювачі LU, ST та AD мають однакову систему цифрового маркування, що відображає кут факела та типорозмір, а також забезпечують однакову щохвилинну витрату рідини. Використання трипозиційних відсічних пристроїв дозволяє під час обприскування швидко змінювати режим роботи залежно від норми внесення, дисперсності розпилювання та умов вітру, що сприяє економії пестицидів.

Подвійні плоскоструминні розпилювачі DF (рис. 1.9) завдяки різним кутам факела забезпечують краще проникнення в рослинний покрив, рівномірніше покриття краплями та більше осідання на вертикальних частинах рослин.



Рис.1.9 – Загальний вид (а), та схема (б) щілинного розпилювача фірми «Lechler» марки «DF».

Особливістю цих розпилювачів є формування дрібних крапель порівняно з попередніми типами. Їх доцільно застосовувати за безвітряної погоди для внесення контактних інсектицидів, гербіцидів під час післясходових обробок та фунгіцидів, особливо при захисті колосу від хвороб. Для стрічкового внесення пестицидів використовують плоскоструминні форсунки типу ES (рис. 1.10), для обробки «під листя» — розпилювачі ОС (рис. 1.11), а також типу TR (рис. 1.12).

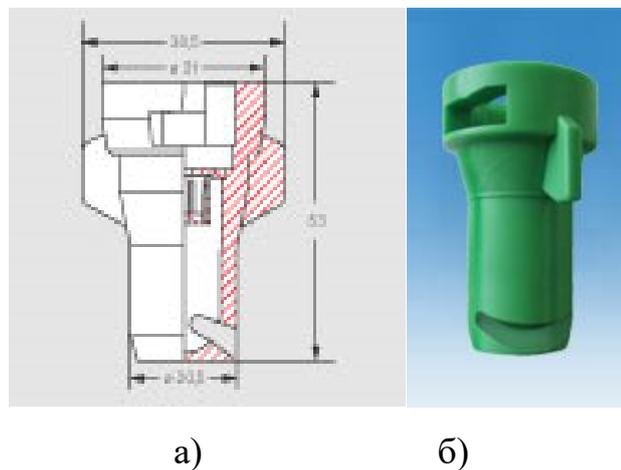
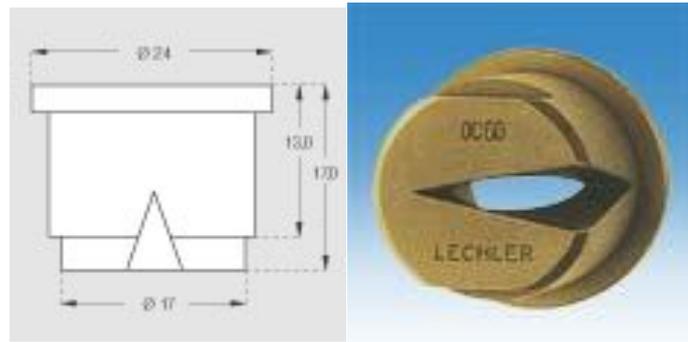


Рис.1.10 – Загальний вид (а), та схема (б) розпилювача фірми «Lechler» марки «ES» (FD).



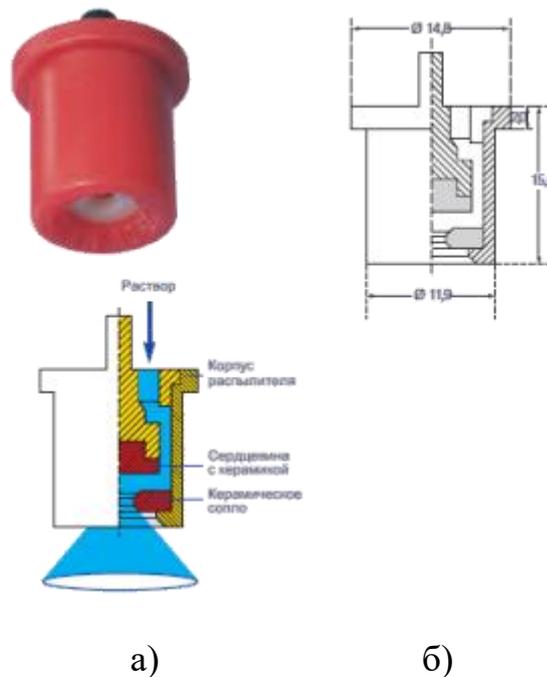
а)

б)

Рис.1.11. Загальний вид (а), та схема (б) розпилювача фірми «Lechler» марки «OC».

Розпилювачі ES з кутом 90° забезпечують рівномірне покриття по ширині стрічки та універсальні для передпосівної, досходової та післясходової обробки; післясходові гербіциди вносять при тиску 0,3-0,4 МПа.

Розпилювачі TR мають кут 80° і підходять для стрічкового обприскування в рядках під час вегетації, забезпечуючи проникнення крапель у рослинний покрив; вони ефективні для контактних препаратів завдяки високій дисперсності.



а)

б)

Рис.1.12. Загальний вид (а), та схема (б) розпилювача фірми «Lechler» марки «TR».

Розпилювачі ОС розпилюють однобічно під кутом 90° і застосовуються попарно для внесення «під листя», наприклад у рядках високостеблових культур із спеціальними підвісками для боротьби з бур'янами.

Нещодавно розроблені пневмогідролічні, або інжекторні, розпилювачі, які були представлені на міжнародній виставці «Агротехніка 2009» у Ганновері.

Головною особливістю інжекторних форсунок (рис. 1.13) є підвищення біологічної ефективності великих крапель: вони заповнені повітрям і після осідання на поверхні рослини розриваються, утворюючи кілька дрібніших краплин, що покращує покриття та ефективність дії препарату.

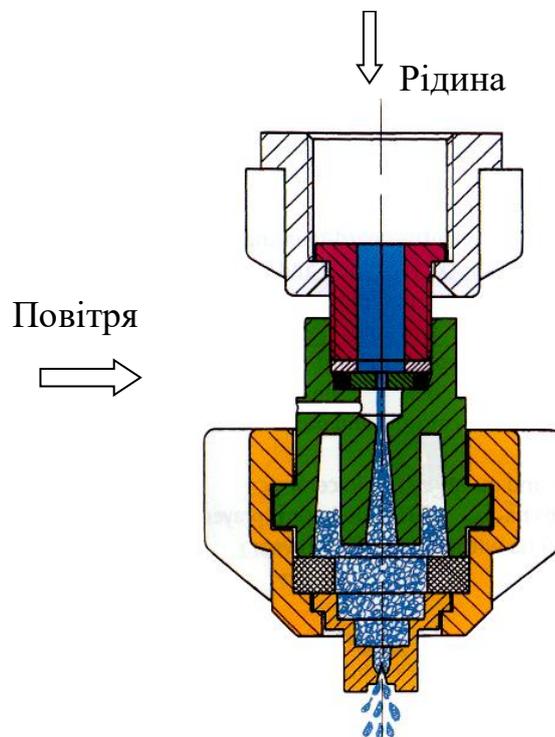


Рис. 1.13 – Схема інжекторного щілинного розпилювача компанії Agrotop

Обприскування інжекторними розпилювачами поєднує великі краплі з високим осіданням і дрібніші краплі для кращої біологічної дії препарату. Ефективна робота досягається при швидкості вітру до 6 м/с. Існують два типи пневмогідролічних форсунок: інжекторні, де краплі насичуються повітрям через інжекцію (модифікації ID та IDK для суцільного обприскування і IS для стрічкового), та з примусовою подачею повітря за допомогою компресора під

тиском 0,034–0,20 МПа. Розпилювачі ID і IDK близькі за якістю, але IDK мають керамічну вставку для підвищеної довговічності.

На семінарі Білоцерківської дослідної станції (серпень 2002) порівняння показало зменшення знесення крапель інжекторними розпилювачами порівняно з гідравлічними ST. Розпилювач Airjet (TeeJet, США) із примусовою подачею повітря також демонструється, проте даних щодо його ефективності наразі недостатньо, і на виставці «Агротехніка 2009» його показували менше, ніж у 1999 році.

Машинами нового покоління включають обприскувачі з пневматичним осадженням крапель, які виготовляють провідні фірми. У цих обприскувачах рідина подрібнюється на дрібні краплі, що осаджуються на рослини повітряним потоком від вентилятора. Дрібніші краплі підвищують біологічну ефективність препарату, але звичайні гідравлічні обприскувачі обмежують їх мінімальний розмір 130-200 мкм через ризик знесення.

У нових машинах штучно створені повітряні потоки дозволяють використовувати менші, ефективніші краплі, покращуючи проникнення у рослинний покрив і рівномірність обробки. Обробка нижньої частини листя при цьому в 2–5 разів ефективніша порівняно зі звичайними обприскувачами.

За даними компанії Hardi (Данія), обприскувачі з примусовим осадженням крапель повітряними потоками зменшують знесення препарату вітром до 90%, що дозволяє працювати за швидкості вітру до 8 м/с. Прискорене осідання крапель також знижує втрати препарату через випаровування. Крім того, частина води замінюється повітрям, що дозволяє зменшити норму внесення рідини в 2-3 рази, скоротивши час на заправку та транспортування води. За даними фірми Rau, робочу швидкість можна підвищити на 50%.

Проте ефективність примусового осадження зберігається лише при високій дисперсності крапель, адже великі краплі (понад 350 мкм) під дією повітряного потоку більше скочуються з листя на ґрунт, втрачаючи препарат.

Оскільки об'єм краплі пропорційний кубу її діаметра, великі краплі призводять до значних втрат засобу захисту.

Наприклад, якщо оптимальний розмір краплі становить 100 мкм, а з листка скочується крапля 500 мкм, то втрачається об'єм рідини, з якого можна було б отримати 125 краплин оптимального розміру. У сучасних обприскувачах з повітряним осадженням використовують гідравлічні форсунки, які формують полідисперсні краплі, тому завжди присутні великі краплі (>350 мкм), що частково обмежує ефективність через їх скочування з листя на ґрунт.

Перспективним є обприскувач ННЦ «ІМЕСГ» з пневмогідравлічною системою дозування та пневмомеханічним розпиленням. У ньому рідина через калібрований отвір дозується не на один розпилювач, а на групу або всі форсунки одночасно. Потім рідина розпилюється, утворює аерозоль і змішується з повітрям, утворюючи повітряно-рідинну суміш, об'єм якої може перевищувати об'єм рідини у кількасот разів, і подається до розпилювачів.

Ця система дозволяє точно дозувати рідину до окремих розпилювачів навіть за низьких норм витрати. У пневмомеханічному розпилювачі рідина розпилюється чашоподібним диском, який обертається повітряно-рідинним струменем із пневмогідравлічного дозатора. Краплі, що формуються на краю диска, примусово осаджуються на рослини повітряним потоком, який виходить кільцевим струменем із кутом розширення 120°.

Дослідження показали, що при мало- та ультрамалооб'ємному обприскуванні (5-50 л/га) цей розпилювач забезпечує регулювання медіанно-масового діаметра крапель у межах 40-00 мкм при полідисперсності 1,68-2,52. Для порівняння: у серійних гідравлічних розпилювачів вона становить 4,16-5, у пневматичних – 5,5-9, у барабанних «Мікронер» – 3,68, а у дискових – 1,78-2,17.

У ННЦ «ІМЕСГ» проведено лабораторно-польові дослідження ефективності внесення пестицидів за допомогою обприскувача з новими розпилювачами на посадках картоплі при високій заселеності колорадським

жуком ($\approx 20\%$, 8-37 личинок на листок, переважно третього віку). Для порівняння використовували серійний обприскувач ОП-2000-2-01: норма витрати рідини – 80 л/га, експериментального – 20 л/га; доза препарату «Децис» (2,5% к.е.) – відповідно 0,075 і 0,0375 л/га (50% і 25% від базової норми 0,150 л/га).

Результати показали, що нові розпилювачі забезпечують обробку всієї листової поверхні: густина покриття верхнього/середнього/нижнього ярусу листків становила 53–170 / 40–50 / 10–130 шт./см² на верхньому боці та 11-14 / 0,5–1,3 / 0,1–20 шт./см² на нижньому. Для серійного обприскувача ці показники були значно нижчими: 35,4 / 7,0 / 3,2 шт./см² зверху та 0 на нижньому боці.

Біологічна ефективність експериментального обприскувача складала 93,7% при 0,075 л/га та 90,5% при 0,0375 л/га, тоді як у базовому варіанті – 84,7% і 83,6% відповідно. Це свідчить про можливість зменшення норми внесення пестицидів до 50% без втрати ефективності.

Дослідження впливу якості розпорошення рідини на якість покриття і потенціал зносу факелу розпилювачів проведені в лабораторії Інституту Сільгосптехніки Університету Hohenheim в Штутгарді. Тестовано розпилювачі з фірми Marian Mikolajczak Agro Technology (ММАТ) з Лешно. З метою порівняння якостей польських розпилювачів, тестовано різні розпилювачі відомих в Польщі фірм Spray Int., а також Tee Jet. Розпилювачі, що позначаються від 02 до 04, найбільш популярні і найчастіше застосовувані з уваги на можливість типових аплікацій доз робочої рідини в добрих та середніх умовах (місцевих і погодних).

Порівняно нерівномірність поперечного розкладу трьох величини щільності (02, 03 і 04) розпилювачів. Тестовано податливість розпилювачів розміру 03, застосовуючи суспензію 1% препарату Martoxid' (оксиду алюмінію), передбаченого нормами ISO. Дослідження тривали 48 годин. В процесі досліджень міряно прирости одиничних тестованих видатків розпилювачів на 2,4,12,24 і 48 годинах тесту.

Перед і по дослідженнях розпилювачів на пробірному (раз канавки 100 мм) столі визначено фактор нерівномірності поперечного розкладу рідини. Однаково тест як і дослідження, що визначають вимірюванні фактори здійснюється при тиску 03 МПа. Методика визначення коефіцієнтів нерівномірності поперечного розкладу була сумісна з інструкцією Igo дослідження параметра в процесі обов'язкової інспекції польових обприскувачів в Польщі. Допустима вартість показника похибки в Польщі становить 10%.

Коливальний фактор поперечного визначений перед початком досліджень, був в межах 2,5% для розпилювача TeeJet XR 11004 VP, а розпилювач RS-MM 11003 (Табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Коефіцієнт варіації поперечного розподілу CV 0,3 МПа.

| Назва розпилювача | До початку досліджу | Після 48 год. |
|---------------------|---------------------|---------------|
| RS-MM 11002 | 6,7 | - |
| XRL 10 02 VI | 2,9 | - |
| 110 02 VP (Tee Jet) | 3,7 | - |
| FI IOSI 02 | 4,6 | - |
| RS-MM 11003 | 9,1 | 9,4 |
| FHOSF 03 | 5.9 | 6.3 |
| XR 11003 VP | 2.9 | 3.2 |
| RS-MM 11004 | 6.1 | - |
| F110SF04 | 4.8 | - |
| XR11 004 VP | 2.5 | - |

Найнижчим показником визначено розпилювачі фірми TeeJet, які мали показники від 2,5 до 3,7%. Розпилювачі фірми Sprays Int. мали показники від 4,6 до 5,9 %. Якість поперечного розкладу тестованих розпилювачів (03) за 48 год. незначно спала. Якість поперечного розкладу для досліджуваних розпилювачів TeeJet становить 3,2%, для Sprays Int. 6,3% та 9,4% для RS-MM 11003. Жоден з вище приведених розпилювачів не перейшов ліміт в 10%.

Однак інші розпилювачі фірм TeeJet і Sprays Int. наведені в таблиці 1.1 збільшили коефіцієнт варіації поперечного розподілу на 10% приблизно на 12 годинах досліду.[26]

Вплив зносу сопла відцентрових розпилювачів від витрати рідини

Таблиця 1.2 показує зміни витрати в часі на кілька розпилювачів з різних матеріалів з номінальною витратою для нових розпилювачів 0,8 л/хв. Аналогічні буи отримані в результаті випробувань для розпилювачів з номінальною потужністю 1,4; 2,2; і 3,0 л/хв. Для всіх латунних розпилювачів швидкість потоків збільшилася більш швидко з моменту використання, ніж у розпилювачів з будь-яких інших матеріалів. Крім того, для всіх випробовуваних потужностей швидкості потоків із загартованої нержавіючої сталі витрата рідини збільшилася найменше з плином часу в порівнянні з розпилювачами з інших матеріалів. У кінці всіх наших випробувань відсоткове збільшення витрати для пластикових розпилювачів були більші ніж у розпилювачів з нержавіючої сталі.

Таблиця 1.2

Відсоткове збільшення швидкості потоку форсунок (л/хв)

| Назва матеріалу | Витрати рідини (л/хв.) | | | |
|------------------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|
| | 0,78 | 1,4 | 2,2 | 3,0 |
| Латунь | 18,0 (10) | 19,4 (40) | 21,0 (80) | 22,4 (100) |
| Пластикові | 8,5 (10) | 8,0 (40) | 8,2 (80) | 12,2 (100) |
| Нержавіюча сталь | 3,5 (10) | 3,7 (40) | 4,1 (80) | 4,3 (100) |
| Загартована нержавіюча сталь | 0,3 (10) | 1,6 (40) | 1,9 (80) | 2,1 (100) |

За даними досліду розпилювачі з нержавіючої сталі були в середньому на 4,8 рази більш зносостійкі, ніж латунні розпилювачі. Порівняння розпилювачів з нержавіючої сталі та пластикових показує, що і з нержавіючої сталі можливо довше використовувати для розпилювачі з витратою 0,78 і 3,0

л/хв., але пластикові більш довговічні для розпилювачів з витратою 1,4 та 2,2 л/хв.[27]

1.4. Довговічність та надійність існуючих розпилювачів.

Довговічність. Міжнародні стандарти не встановлюють конкретного строку служби розпилювачів, що дозволяє виготовляти їх із різних матеріалів. Водночас існують чіткі вимоги до їхніх робочих характеристик. На рис. 1.14, показано [5] зношення соплового отвору щілинного розпилювача та зумовлена цим нерівномірність розподілу рідини по поверхні зношення.

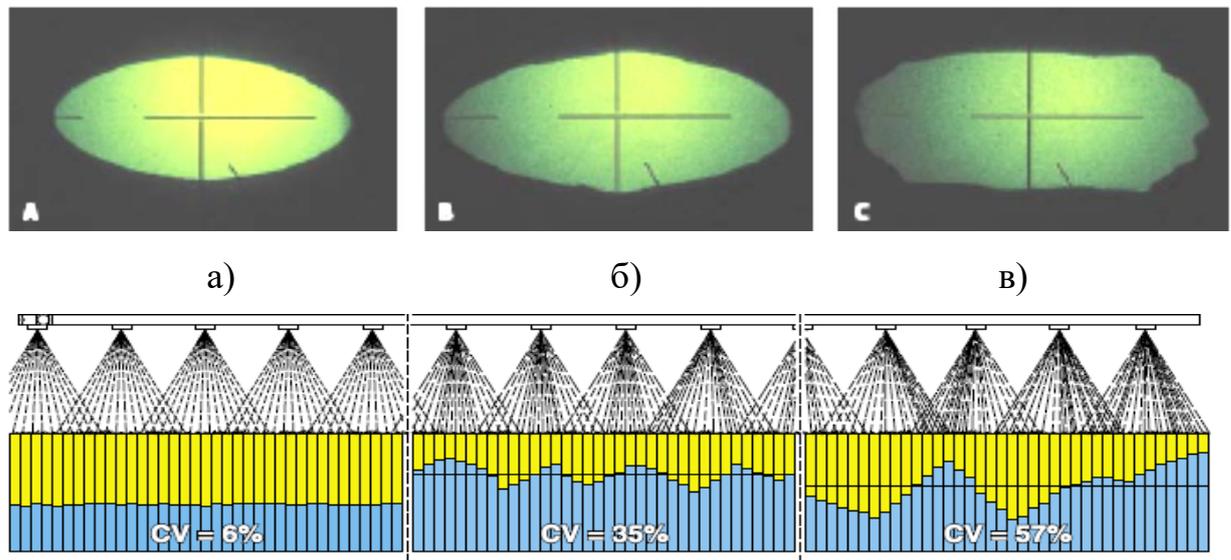


Рис. 1.14. Сопловий отвір щілинного розпилювача і рівномірність розподілу розпиленої рідини: а – нового, б – зношеного, в – пошкодженого.

Наприклад, відповідно до [4], норма витрати рідини для кожного розпилювача, визначена за [6], не повинна відхилитися більш ніж на 5 % від табличних значень. Виробники щілинних розпилювачів у каталогах [5], [7] зазначають, що соплові отвори піддаються зносу, тому рекомендують регулярно контролювати витрату рідини кожного розпилювача та замінювати зношені або пошкоджені елементи.

На рис. 1.15 показано, як збільшується витрата рідини щілинними розпилювачами з різних матеріалів [8]. Випробування проводили водою з 2,5

% каоліну при тиску 0,27 МПа. За 60 годин витрата рідини через сопла з латуні зросла на 26 %, з корозійностійкої сталі – на 15 %, з полівінілденфториду – на 12 %, з поліацеталу – на 8 %.

За даними [9], строк служби шнекового розпилювача становить 150 годин для ковпачка і сердечника з корозійностійкої сталі та 100 годин для елементів з кольорових металів і пластмас, при цьому збільшення витрати рідини не повинно перевищувати 20 % за тиску 0,3 МПа.

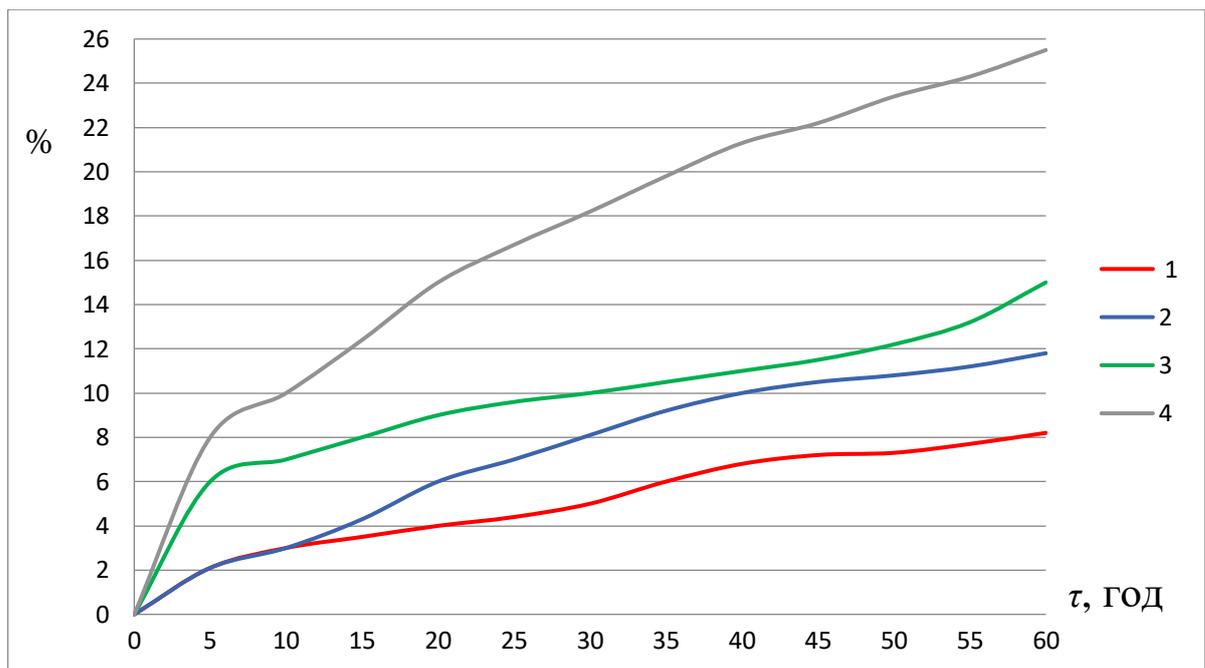


Рис. 1.15. Витрата рідини при зношенні соплового отвору щілинного розпилювача з: 1 – поліацеталу, 2 – полівінілденфториду, 3 – сталі корозійностійкої, 4 – латуні.

Зношування соплового отвору розпилювача пестицидів залишається актуальною проблемою технології обприскування.

Надійність. Досвід використання щілинних розпилювачів показує, що отвори легко засмічуються механічними домішками робочої рідини. Для їх очищення, як радять у рекламних матеріалах [5], застосовують щітки. Крім того, для захисту від засмічення встановлюють фільтри: на нагнітаючому та всмоктувальному трубопроводі – з сітками 590, 297 та 177 мкм, а перед кожним щілинним розпилювачем – індивідуальні фільтри 149 мкм.

Відцентрові розпилювачі зі шнековим або дисковим завихрювачем також потребують подібної фільтрації. Засмічування фільтрів збільшує гідравлічний опір і знижує тиск перед розпилювачем. Оскільки контролюється лише тиск у нагнітаючому трубопроводі, непомітне зменшення тиску після індивідуального фільтра знижує витрату рідини та підвищує нерівномірність її розподілу по оброблюваній поверхні. Таким чином, індивідуальні фільтри захищають розпилювач від зносу та засмічення, але одночасно зменшують якість обприскування.

1.5 Постановка мети та задач дослідження

Матеріали з яких виготовляються розпилювальні наконечники є однією з основних передумов надійності їх роботи. Нижче наведені матеріали фірми HYPRO, що демонструють довговічність якісної роботи розпилювальних наконечників, що виготовлені з різних матеріалів.

Поліацетал. Забезпечує хорошу стійкість до дії більшості сільськогосподарських хімічних речовин і підвищеним опором до зносу. Витримує дію сильних мінеральних кислот і ряду органічних розчинників. Відмінна стійкість до впливу більшості лугів. Органічні розчинники, як правило спричиняють набухання без будь яких шкідливих наслідків. Обмежений діапазон робочого тиску.

Кераміка. Висока стійкість до абразивних і корозійних матеріалів і забезпечує високий опір зносу але чутливий до високого тиску.

Полівініліденфторид (PVDF). Хороша стійкість до зносу. Чинить опір багатьом реагентам при температурі до 150 °C. Сприйнятливі до високої температури вище (100 °C) в середовищі концентрованої сірчаної і азотної кислот. Широко застосовуються в промисловості.

Неіржавіюча сталь. Забезпечує хорошу стійкість до хімічних речовин і середню зносостійкість. Відмінні результати при роботі з високими рівнями тиску.

Латунь. Середня зносостійкість. Низька стійкість до корозії, особливо при роботі з добривами. Висока стійкість до підвищеного тиску.

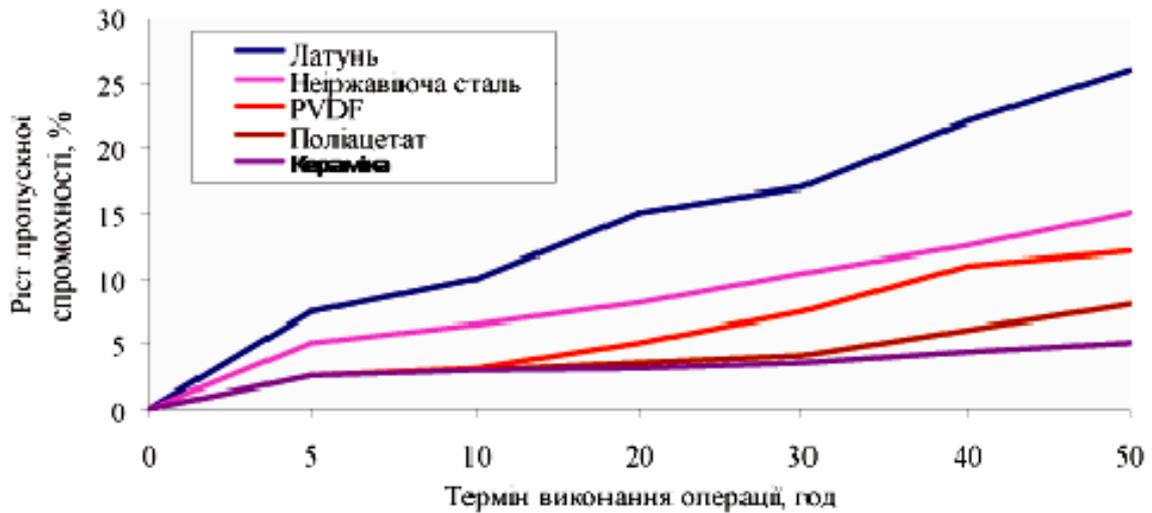


Рис. 1.16 – Стійкість до зношення розпилювальних насадок, виготовлених з різних матеріалів. За результатами досліджень фірми HYPRO. Дослідження проводились з розчином каоліну (2,5%) при робочому тиску в 2,7 бар.

Зношення соплового отвору розпилювача пестицидів – актуальна проблема технології обприскування. Розробці програми, методики, приладів і обладнання та проведення досліджень по визначенню відносної зносостійкості відцентрових розпилювачів, які виготовлені з різних матеріалів, присвячено даний звіт.

Задачі досліджень:

1. Розробити математичну модель гідроабразивного зношування розпилювачів та аналітично визначити параметри та режими процесу.
2. Розробити програму та методику експериментальних досліджень, а також виготовити необхідне лабораторне обладнання.
3. Провести лабораторні дослідження експлуатаційних показників сучасних розпилювачів, які виготовлені із полімерних матеріалів.

4. Провести математичну обробку отриманих експериментальних даних, а також узагальнення результатів аналітичних розрахунків та дослідних даних.

5. Провести обґрунтування економічної ефективності використання розпилювачів із полімерних матеріалів на сучасних обприскувачах.

1.6. Висновки до розділу

1. Основним способом хімічного захисту рослин на сьогодні є малооб'ємне обприскування.

2. Ефективність малооб'ємного обприскування визначається дисперсністю розпилювання та довговічністю і надійністю розпилюючих пристроїв.

3. Базовим розпилювачем в сучасних агротехнологіях є щілинний розпилювач який на сьогодні має багато модифікацій для різноманітних умов роботи.

4. Аналіз конструктивних та експлуатаційних показників щілинних розпилювачів доводить, що на сьогодні є чітка тенденція до підвищення їх довговічності за рахунок використання сучасних полімерних матеріалів.

5. Ґрунтовні дослідження процесу гідроабразивного зношування розпилювачів в літературних джерелах не виявлені, у зв'язку з чим дослідження цього явища є актуальними.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ РОЗПИЛЮВАЧІВ

Зношення соплового отвору розпилювача пестицидів – актуальна проблема технології обприскування.

Абразивна рідина містить речовини, часто мінеральні або неорганічні, які твердіші, ніж матеріал, з яким вони контактують. Ці абразивні матеріали призводять до зносу і пошкодженню більш м'яких матеріалів. Абразивні включення, що містяться в стічних водах, можуть бути піском, камінням, карбонатом кальцію або оксидом заліза.

Абразивні рідини прискорюють процес корозії розпилювачів і безпосередньо беруть участь у ерозійній корозії. У загальному випадку, чим більше навантаження, тим швидше відбувається абразивний знос. Всі провідні фірми виготовляють більшість розпилювачів з полімерів, це значно зменшує вплив корозії, та полегшує масове виробництво.

2.1. Види зношування.

За умовами впливу на поверхневий шар матеріалу виділяють такі типи зношування:

- Механічне зношування – руйнування матеріалу під дією механічних сил тертя.
- Абразивне зношування – пошкодження поверхні твердими частинками або тілами, які дряпають чи ріжуть матеріал; поділяється на зношування закріпленим абразивом та незакріпленим, до якого відносять гідроабразивне та газоабразивне зношування, що виникають під дією частинок у потоці рідини або газу.
- Гідроерозійне (газоерозійне) зношування – руйнування матеріалу під впливом потоку рідини чи газу.

- Кавітаційне зношування – руйнування поверхні металу через локальні гідроудари при мікровибухах бульбашок газу у високошвидкісному потоці рідини за змінного тиску.
- Втомне зношування – виникає через багаторазове циклічне деформування матеріалу; з'являються мікротріщини, які згодом об'єднуються, що призводить до відділення тонких шарів металу.
- Фретингове зношування – пошкодження матеріалу при контакті тіл із малими коливальними відносними переміщеннями.
- Адгезійне зношування – руйнування поверхні внаслідок локальної адгезії двох тертьових тіл і виривання матеріалу з поверхневих шарів.

2.2. Гідраабразивне зношування розпилювачів.

Зношення проточного тракту розпилювача зумовлює зміну витрати рідини і зростання нерівномірності розподілу робочої рідини по довжині штанги обприскувача, що призводить до втрат пестициду.

Сопловий отвір щілинного розпилювача зношується внаслідок гідроерозії (рис. 2.1.) і ресурс розпилювача, у залежності від матеріалу сопла, сягає кілька десятків годин див. рис. 1.15.

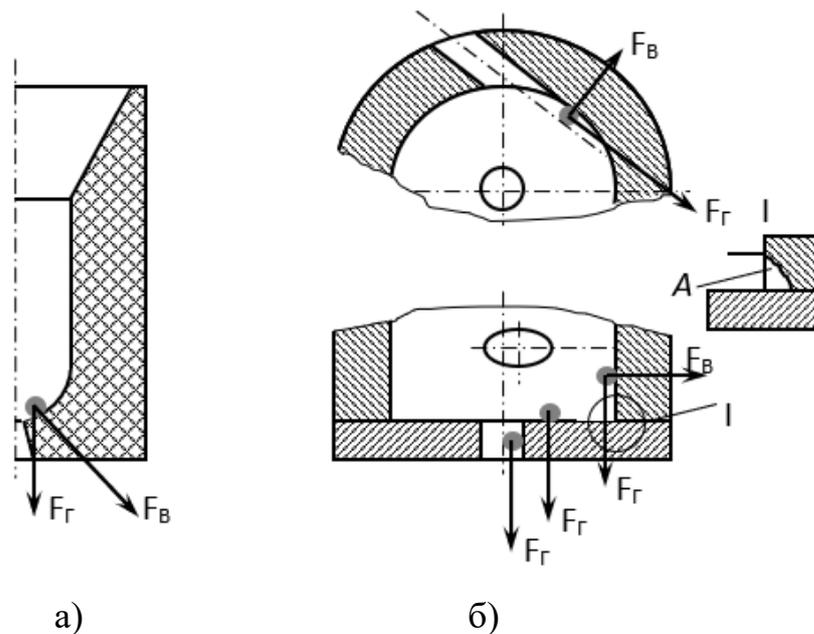


Рис. 2.1 – Схема дії твердих домішок робочої рідини на канали розпилювача: а – щілинний, б – відцентровий.

Найкращій ресурс досягається, якщо сопловий отвір розпилювача не зношується або зношення не впливає на його характеристики.

Ерозійне зношення зумовлене дією на сопловий отвір твердих домішок з робочої рідини. У відомих щільових розпилювачах найбільш вразливим до такого зношення є сопловий отвір.

Згідно з [10] втрата об'єму пластичного матеріалу внаслідок ерозії визначається залежністю:

$$V = Kd^3U_0^3\sqrt{\left(\frac{\rho}{H}\right)^3}, \quad (2.1)$$

де K – відношення складових нормальної F_B та дотичної F_T сили дії частинки на поверхню; d – діаметр частинки; U_0 – швидкість частинки; ρ – густина частинки; H – твердість за Віккерсом поверхні, що піддається ерозії.

На відміну від щілинного розпилювача (рис. 2.1, а), у якого для соплового отвору:

$$K = \frac{F_B}{F_T} \approx 1, \quad (2.2)$$

У відцентрового розпилювача з плоским соплом – $K \approx 0$, оскільки відцентрова сила F_B напрямлена горизонтально (рис. 2.1, б) і на порядки більша за масову силу $F_T = mg$.

Під дією масової сили у відцентрового розпилювача буде зношуватися лише торець сопла. Сопловий отвір при такому виконанні сопла захищений від зношення твердими домішками робочої рідини. Для вхідних каналів завихрювача $K \approx 0$. Циліндрична стінка камери закручування під дією відцентрової сили ($K \approx 1$) буде зношуватися частинками, але таке зношення не впливає на витрату рідини. Зношуватиметься поверхня біля сопла, куди зносяться частинки з циліндричної стінки. Виїмка A глибиною до 0,5 мм може з'являтися на стінці завихрювача, але на характеристики розпилювача вона не впливає. У щілинного розпилювача найбільше буде зношуватись внутрішня

поверхня сопла, куди зносяться частинки з каналу. З'являються виїмки глибиною 0,1...0,5мм, це значно впливає на характеристики розпилювача.

Вирішальне значення для зношення має швидкість частинки. Тому проточний тракт повинен мати розміри, при яких швидкість мінімальна. Якщо у щілинному розпилювачі швидкість рідини у сопловому отворі сягає ≈ 17 м/с, то у відцентровому швидкість у вхідних каналах $\approx 4,1$ м/с, а об'єм матеріалу, який зноситься з поверхні, менший у ≈ 70 разів. У сопловому отворі осьова швидкість рідини досягає 12 м/с, але для нього $K \approx 0$. Обертальна швидкість рідини біля циліндричної стінки камери закручування – на рівні 4 м/с, що суттєво зменшує її зношення. Залежність зношення соплового отвору щілинного розпилювача з $K \approx 1$ від діаметра частинок $\sim d^3$ вимагає обов'язкової фільтрації робочої рідини. Так за умови фільтрації з рідини домішок розміром від 300 мкм до 100 мкм зношення зменшується у 9 разів.

Вимоги до фільтрації робочої рідини для відцентрового розпилювача значно нижчі, тому при вибраних розмірах отворів проточного тракту встановлювати індивідуальні фільтри перед кожним розпилювачем Ф.03.1.0 недоцільно, достатньо мати фільтр обприскувача з сіткою 500 мкм.

Кавітація у відцентровому розпилювачі [11], може виникати внаслідок зростання обертової швидкості та зниження тиску до тиску насиченої пари. При цьому з'являються бульбашки водяної пари, які потім сплющуються і пошкоджують стінку камери закручування, протилежну соплу. Кавітація можлива за умови, якщо:

$$\frac{\rho W_*^2}{2} > P_a - P_s, \quad (2.3)$$

де ρ – густина води; W_* – обертальна швидкість; P_a – атмосферний тиск; P_s – тиск насиченої пари води.

За умови, що при температурі води $t = 20$ °С $P_s = 2331,8$ Па, $\rho = 998,2$ кг/м³ і атмосферний тиск $P_a = 101325$ Па, отримаємо максимальну допустиму обертальну швидкість $W_* = 14,08$ м/с. В розпилювачі Ф.03.1.0 обертальна

швидкість менша за W_* і становить 11 м/с. Захист від кавітаційної ерозії досягається матеріалом завихрювача. Стійкі до кавітації матеріали мартенситного класу, а також бронза БрАЖ9-4. Досвід засвідчив про можливість застосування латуні ЛС59-1.

2.3. Гідроерозійне зношування розпилювачів.

Ерозійне зношування виникає під дією високошвидкісного потоку рідини, газу або пари без твердих домішок, коли тертя та удари потоку по поверхні матеріалу призводять до розхитування та вимивання окремих фрагментів. У випадку роботи розпилювачів швидкість зношування зазвичай значна.

Динамічний вплив потоку є особливо ефективним: залежно від властивостей матеріалу можливе виривання окремих об'ємів або груп частинок. У пластичних матеріалів, схильних до наклепу, спочатку накопичуються мікрODEформації, а при вичерпанні здатності матеріалу до зміцнення утворюються мікротріщини. Потік рідини, діючи як клин, розсуває стінки тріщин та вимиває матеріал.

На гладких поверхнях ерозія на початковому етапі розвивається повільно, але після утворення уражених ділянок процес прискорюється через зростання крихкості шару, накопичення мікротріщин, розклинювальний ефект потоку та посилення динамічного впливу через вихрові течії біля поверхні.

Зазвичай ерозійне зношування супроводжується гідроабразивним або газоабразивним впливом: потік руйнує оксидну плівку матеріалу, а тверді частки в ньому значно підвищують інтенсивність зношування. Швидкість ерозійно-абразивного зношування залежить від характеристик твердих частинок, їх концентрації, швидкості потоку та агресивності середовища.

2.4. Механізми абразивного зношування полімерних матеріалів.

Механізм абразивного зношування полімерів залежить від їх еластичності. У високоеластичних матеріалів, таких як гума, вулканан або

поліуретановий вулканіза́т, абразивні частинки легко вдавлюються в поверхню без виникнення пластичної деформації навіть при глибокому контакті. Частинки переміщуються по поверхні, при цьому сили тертя спереду зерна стискають матеріал, а позаду — розтягують. Під дією повторюваних напружень у зоні розтягування виникають мікротріщини, і частина матеріалу знімається, формуючи хвилеподібний рельєф з виступів і впадин, орієнтований перпендикулярно до напрямку руху абразиву.

2.5. Висновки до розділу.

1. Аналіз процесу гідравлічного зношування розпилювачів свідчить про те, що цей процес є достатньо складним та залежним перш за все від наявності в рідині абразивних часток.

2. При гідравлічному зношуванні головним чинником є швидкість потоку гідроабразиву, у відповідності до цього необхідно зменшувати цей параметр при розробці нових розпилюючих пристроїв.

3. Гідроабразивне зношування розпилювачів, які виготовленні із сучасних полімерних матеріалів має свої особливості, які залежать перш за все від властивості полімеру. У зв'язку із відсутністю загальноприйнятої методики аналітичного визначення параметрів цього процесу, основним методом на сьогодні залишається експериментальне визначення ресурсних характеристик відомих та нових розпилювачів.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

3.1. Програма ресурсних випробувань.

Визначення ресурсу щільного розпилювача який виготовлений з полімеру.

Дослідження впливу наробітку розпилювача на його експлуатаційні показники: хвилинну витрату; розподіл по ширині захвату.

Експериментальне випробування гідравлічних розпилювачів проводять як у лабораторії на спеціальних стендах, так і в польових умовах безпосередньо на обприскувачах.

3.2. Методика проведення експериментальних досліджень.

3.2.1. Загальні вимоги до проведення досліджень.

При проведенні ресурсних випробувань використовуються чиста вода, без наявності твердих часток.

Робочою рідиною є чиста вода з домішкою 20 г/л мікрозернистого оксиду алюмінію, яку треба замінити після 50 проходжень через розпилювач.

При необхідності використовується чиста вода з домішкою розчинної речовини, такої як темний аніліновий барвник або подібний йому. Поверхневий натяг суміші повинен бути 35 ± 5 Н/м за температури 20 °С.

Температура і відносна вологість. Для проведення випробувань температура рідини та повітря в приміщенні повинна підтримуватися в межах 10–25 °С протягом усього експерименту. Відносна вологість повітря має бути не менше 50 %. Значення температури та вологості слід контролювати перед початком і після завершення кожного випробування.

Тиск робочої рідини. Під час випробувань тиск повинен підтримуватися з відхиленням не більше $\pm 2,5$ % від заданого значення.

Фіксоване значення тиску слід зазначати в таблиці випробувань. Вимірювання проводять у штанзі перед розпилювачем без встановлених фільтрів.

3.2.2. Проведення експерименту та визначення основних характеристик.

Для кожного випробовування умови випробовування повинні відповідати загальним вимогам.

Для випробувань використовують довільно відібрані розпилювачі відповідного типу. У вихідних даних зазначають усі технічні параметри розпилювача, при цьому виробник не вказується, а кожному розпилювачу присвоюється індивідуальний номер.

Відхилення витрати та розпилювання залежно від зношування сопла розпилювача(прискорені випробовування на зношування).

Такі випробовування не можуть визначити довговічність розпилювача щодо його використання у робочих умовах, але їх можна застосовувати, щоб порівняти опір розпилювача зношуванню і впливу зношеного сопла на розпилення рідини та розподіл по довжині штанги. Випробовування потрібно проводити не менше чим на трьох розпилювачах, які за витратами близькі до середнього значення.

Випробувальна рідина. Для випробовування використовують рідину, з вмістом оксиду алюмінію характеристика якого подано нижче. Температура рідини повинна становити 20 ± 6 °C на весь час випробовування.

3.2.3. Характеристика оксиду алюмінію:

Опис:

- хімічна характеристика: оксид алюмінію (Al_2O_3)
- форма: порошок
- колір: білий
- запах: відсутній

Фізичні властивості та особливості для дотримання правил безпеки.

Фазові переходи:

Критична температура твердого стану: 2050°C, температура кипіння: 2700 °C.

Щільність:

За температури 25 °C: ~ 3,9 г/см³ (пікнометр).

Об'ємна густина: ~ 600 кг/м³ (циліндр 1 л). Маса оксиду у рідинній суміші: ~ 0,9 г/м³

Питома площа часток (ВЕТ метод): від 0,3 м²/г до 0,7 м²/г), оливо-поглинання: від 420 г/кг до 520 г/кг

Розчинність у воді: не розчинюється

Водневий показник: для 100 г/л (H₂O) за температури 25 °C водневий показник перебуває між 8 і 9.

- Піроліз: втрачає під час червоного розжарювання приблизно 0,2 % (H₂O) за температури 1200 °C;

- Небезпечні піролізні речовини: відсутні;

- Небезпечні реакції: відсутні;

- Додаткові особливості: відсутні.

Аналіз вмісту компонентів.

Дослідження за середньоарифметичними показниками:

Al₂O₃: 99,5 %

SiO₂: від 0,01 % до 0,03 %

Fe₂O₃: від 0,01 % до 0,03 %

N₂O: від 0,2 % до 0,4 %

α— Al₂O₃: більше 90 %

Розподіл часток по величині:

Розмір:

> 63 мкм

від 63 мкм до 45 мкм

від 45 мкм до 10 мкм

Кількість:

від 0 до 2 %

від 5 % до 15 %

від 60 % до 75 %

< 10 мкм

від 10 % до 30%

Середній розмір основних кристалів: 20 мкм.

Інструкції

Спеціальних заходів що до безпеки не передбачено.

Заходи що до безпеки, зберігання і робота:

Технічні заходи щодо безпеки: сухе зберігання для запобігання агломерації;

Індивідуальні засоби захисту:

- дихальні апарати – не потрібні;
- засоби захисту очей – не потрібні;
- засоби захисту рук – не потрібні;
- інші – за потреби захист від пилу та рідини.

Робоча гігієна: звичайна, спеціальні вимоги відсутні.

Захист від пожежі та вибухів: не потрібен.

3.2.4. Приготування розчину.

Необхідно забезпечити однорідність суміші (наприклад, приладом для скидання стиснутого повітря з тиском, який забезпечує після 5 хв., дії відсутність осаду на дні бака). Переконаються, за необхідності, у тому, що випробувальна рідина зберігає абразивні властивості відносно матеріалу насадки за весь час випробовування. Якщо це не так, замінюють абразивну рідину так часто, як того потребують умови.

Примітка. Попередні випробовування можна проводити з використанням ідентичних розпилювачів із тієї самої серії, виготовлених із матеріалу аналогічного тому, з якого виготовлені розпилювачі для основних випробовувань, із вимірюванням збільшення витрат після проходження через розпилювачі відповідної кількості рідини під зазначеним тиском.

3.2.5. Випробувальний тиск.

Випробування проводять при максимальному та мінімальному тисках, зазначених виробником, а також при не менше ніж двох проміжних значеннях тиску. Різниця між двома послідовними тисками не повинна перевищувати 0,5 МПа (5 атм).

Випробувальний тиск P обирають залежно від максимального тиску P_5 , рекомендованого виробником:

- якщо $0,05 < P_5 < 0,3$ МПа $\rightarrow P = 0,1$ МПа;
- якщо $0,3 < P_5 < 0,5$ МПа $\rightarrow P = 0,3$ МПа;
- якщо $0,5 < P_5 < 1,0$ МПа $\rightarrow P = 0,5$ МПа.

3.2.6. Вимірювання витрати рідини відповідно до часу зношування.

Вимірюють витрати кожного з чотирьох насадок, відповідно до часу зношування, вибраного із наступного ряду, залежно від функціональних характеристик матеріалу сопла розпилювача:

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 (хв.)

1 – 1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 7,5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 40 – 50 – 75 – 100 (год.)

Випробування закінчують, коли збільшення витрати досягає не менше 15 % або час вимірювання досягає 100 год.

Випробовують розподіл розпилювання спочатку і в кінці випробування, після того, коли витрати рідини перевищують початкові показники на 5 %, 10%, 15 %. Обов'язково виконують фото факелу розпилення та розподілу.

Розподіл розпилювання

Показують розподіл розприскування, отриманий на різних ступенях зношування. За допомогою оптично-цифрового мікроскопу досліджують зношення соплового отвору, проводять фото-фіксацію геометричних параметрів сопла.

3.2.7. Розміщення розпилювачів.

Під час випробувань розпилювач слід розташовувати вертикально над виступом стенда у нормальному робочому положенні, щоб розпилення спрямовувалося на стенд. Якщо виробник вказує особливе положення, тестування проводять саме в ньому.

Якщо виробник визначив оптимальну висоту для використання розпилювачів, необхідно провести випробування на висоті нижчій на 150 мм і вищій на 150 мм від указаної виробником. Якщо виробник не вказав оптимальної висоти положення розпилювачів, випробування необхідно проводити на висоті з такою відстанню: 400 мм, 500 мм, 600 мм, 700 мм і, якщо є необхідність, на висоті 300 мм і 800 мм. Висоту потрібно вимірювати між крайкою виступу та соплом розпилювача.

Розпилювач слід розташовувати так, щоб найбільший розмір факела розпилення був перпендикулярний до жолобів стенда.

3.2.8. Кут розпилення

Кут розпилювання визначають за допомогою спеціального устаткування, проводячи вимірювання при максимальному та мінімальному тисках, рекомендованих виробником, на розпилювачах, у яких витрата рідини близька до середнього значення.

3.2.9. Вимірювання.

Хвилину витрату рідини визначають для кожного встановленого розпилювача, вимірюючи об'єм, що пройшов через нього за 1 хвилину, при випробувальному тиску 0,3 МПа (3 атм.) з похибкою менше 1 %. Тривалість вимірювання фіксують секундоміром з похибкою менше 1 с і не менше 60 с.

3.2.10. Результати

Усі вимірювання викладають у таблицях:

— витрати щодо кожного розпилювача, у літрах за хвилину;

— відхилення витрати кожного розпилювача, які виражені у відсотковому відношенні, до початкового рівня витрат.

Виконують графік відхилення витрат як функцію залежності від часу зношування.

Результати вимірювань подають у вигляді графіків або таблиць. Витрати рідини кожним розпилювачем відображають у відсотках від середнього значення для всіх випробовуваних розпилювачів. Також фіксують відхилення витрат рідини при заданому випробувальному тиску.

Ці випробовування проводять на тих розпилювачах, значення витрат яких ближчі до середніх значень.

3.3. Об'єкт дослідження.

Об'єктом дослідження були обрані відцентрові розпилювачі виготовленні з полімеру та металу (рис.3.1)



Рис. 3.1. Загальний вид відцентрових розпилювачів:

а) полімерний; б) металевий розпилювачі фірми «Агромодуль».

1 – завихрювач; 2 – корпус; 3 – гумове кільце;

3.4 Прилади та обладнання, які були використані при проведенні досліджень.

Стенд розпилювачів розроблено та виготовлено на кафедрі сільськогосподарських машин ДДАЕУ. Принципова схема стенду приведена на рис. 3.2, загальний вид на рис. 3.3. Даний стенд складається з місткості 1, об'ємом 28 л; забірника 2; гумового рукава 3; насоса 4 фірми «Flotek» марка «Gardenjet 750» ($Q=45\text{л/хв.}$); регулятора тиску 5; манометра 6 фірми «Hardi»; штанги 7 виготовленої з полімеру діаметром 32 мм; розпилюючої головки 8; розпилювача 9; лійки 10; рами 11; тримача 12, що фіксує положення штанги.

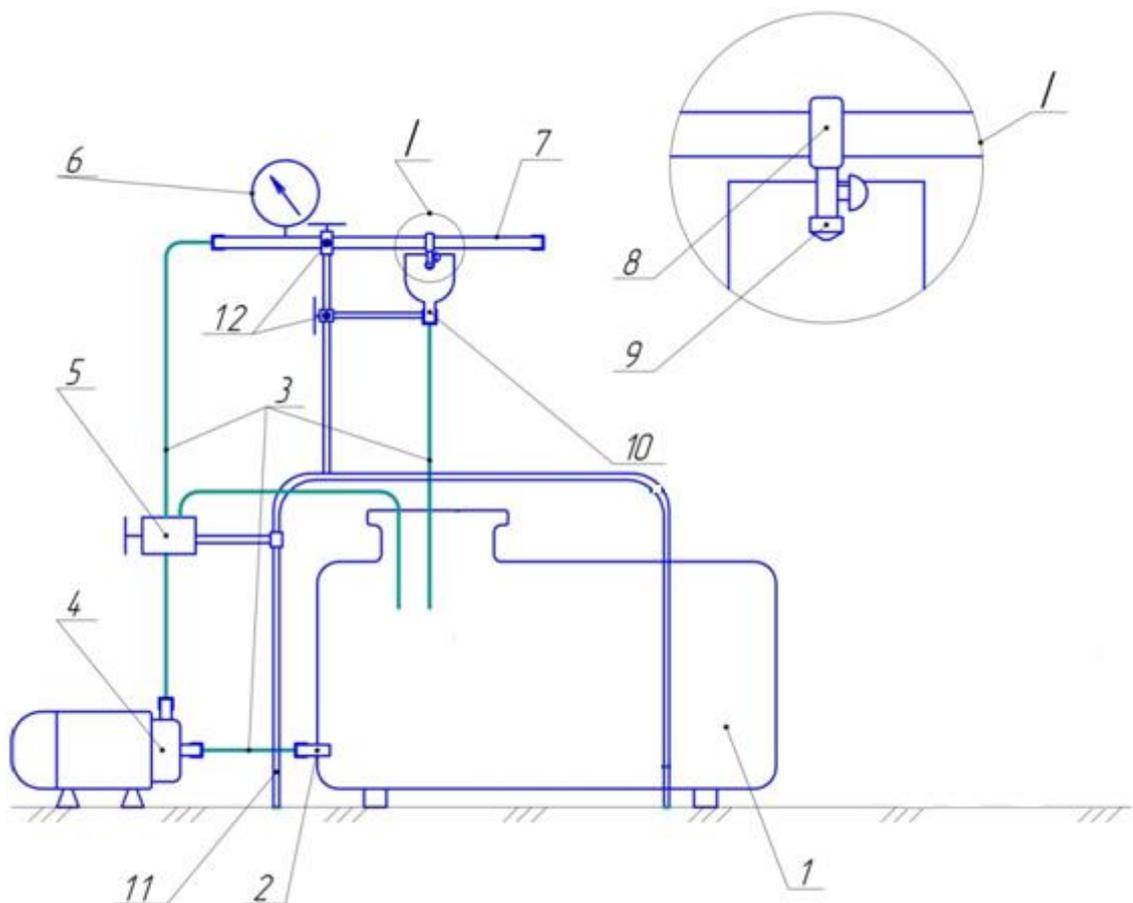


Рис. 3.2 – Принципова схема стенда для ресурсних випробувань розпилювачів: 1 – бак; 2 – забірник; 3 – рукав; 4 – насос; 5 – регулятор тиску; 6 – манометр; 7 – штанга; 8 – розпилююча головка; 9 – розпилювач; 10 – лійка; 11 – рама; 12 – тримач.

Стенд працює циклічно. Насос 4 всмоктує робочий розчин із бака 1 і подає його на регулятор тиску 5, який підтримує заданий тиск у штанзі 7. Контроль тиску здійснюється манометром 6. Рідина рухається штангою до розпилюючої головки і розпилюється розпилювачем 9. Лійка 10 збирає рідину, яка повертається через рукав 3 назад у бак.



Рис. 3.3. Загальний вид стенду для ресурсних випробувань:

1 – бак; 2 – забірник; 3 – рукав; 4 – насос; 5 – регулятор тиску; 6 – манометр;
7 – штанга; 8 – розпилююча головка; 9 – розпилювач; 10 – лійка; 11 – рама;
12 – тримач; 13 – радіатор; 14 – перетворювач.

Стенд для дослідження розпилювачів (рис. 3.4) призначений для визначення їх параметрів. Він складається з бака 1 (400 л), відцентрового насоса 2 з електродвигуном 3, фільтрів 4, гумових рукавів 5, регулятора тиску

6, манометра 7 (за ГОСТ 6521-71), полімерних штанг 8 діаметром 32 мм, розпилюючої головки з розпилювачем 9, розподілювачів рідини 10, жолобів 11, мірних колб 12, механізму перевертоту колб 13, рами 14 для кріплення всіх елементів та тримача 15.

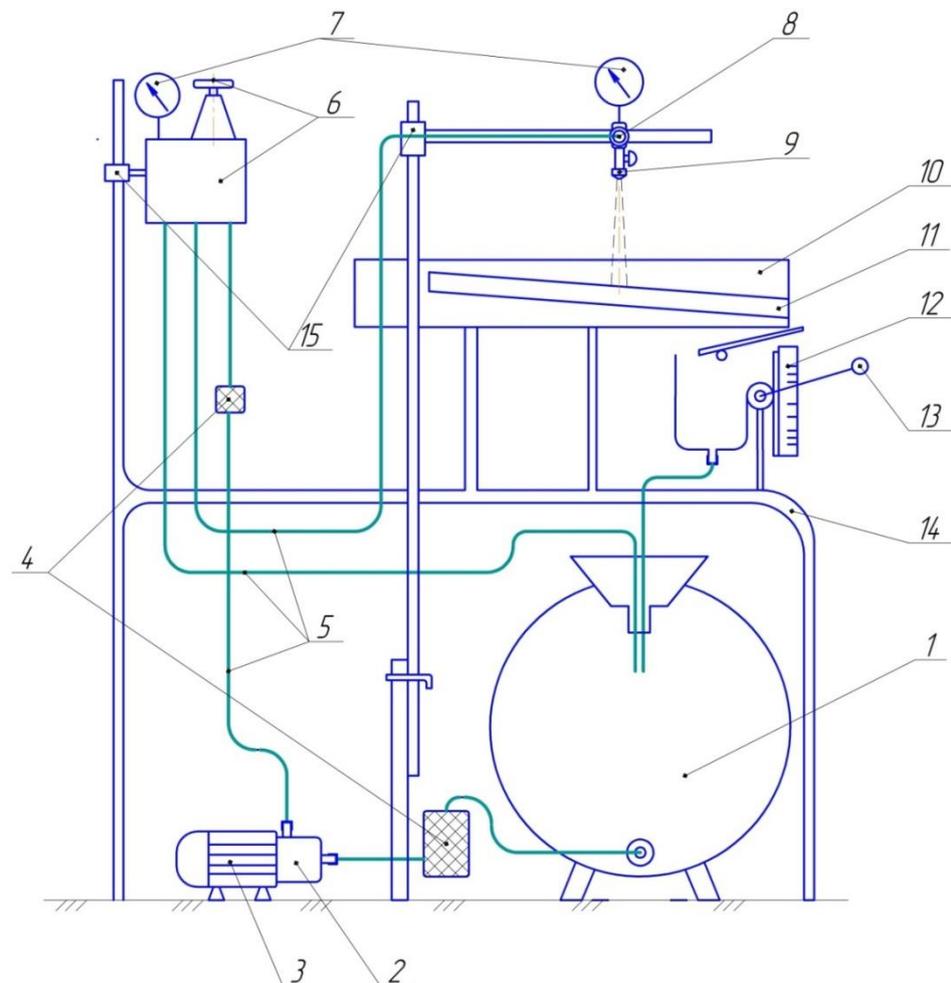


Рис. 3.4 – Принципова схема гідравлічного стенду для дослідження розпилювачів: 1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – фільтр; 5 – рукав; 6 – регулятор тиску; 7 – манометр; 8 – штанга; 9 – розпилююча головка з розпилювачем; 10 – розподілювачі ; 11 – жолоб; 12 – мірні колби; 13 – поворотний механізм; 14 – рама; 15 – тримач.

Стенд працює циклічно. Насос 2 всмоктує робочий розчин з бака 1 і подає його на регулятор тиску 6, який підтримує необхідний тиск у штанзі 8, рідина проходить через фільтри 4. Контроль тиску здійснюється манометром 6. Потім рідина рухається по штанзі до розпилюючої головки та розпилюється

розпилювачем 9. Розпилена рідина потрапляє на розподільвачі 10 і стікає по жолобах 11 до мірних колб. За допомогою механізму перевертоту колб 13 рідина зливається назад у бак. Загальний вигляд стенду наведено на рис. 3.5.

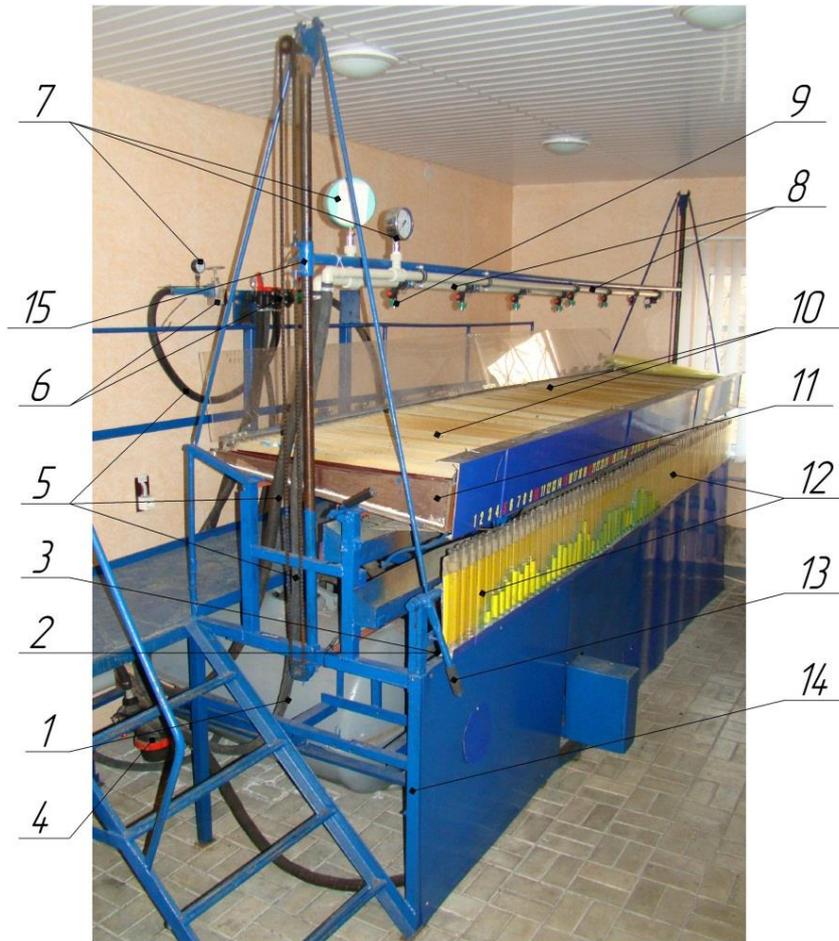


Рис. 3.5 – Загальний вид гідравлічного стенду для вимірювання параметрів розпилювачів: 1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – фільтр; 5 – рукав; 6 – регулятор тиску; 7 – манометр; 8 – штанга; 9 – розпилююча головка з розпилювачем; 10 – розподільвачі ; 11 – жолоб; 12 – мірні колби; 13 – поворотний механізм; 14 – рама; 15 – тримач.

Прилади для проведення досліду

Манометр з точністю $\pm 1\%$ дії робочого тиску, марка «Hardi».

Мірний циліндр на 2000 мл., з ціною поділки 10 мл., (рис. 3.6).



Рис. 3.6 – Загальний вид мірного циліндра на 2000 мл., (ГОСТ 1770-74)

Секундомір з точністю $\pm 0,5$ с., (рис. 3.7).



Рис. 3.7 – Загальний вид секундоміра.

Лінійка з точністю ± 1 мм.

Фотоапарат марки «Nikon»

Мікроскоп LCD Micro 40x-1600x марки «Bresser» (рис. 3.8).



Рис. 3.8 – Мікроскоп «Bresser» LCD Micro 40x-1600x

3.5. Висновки до розділу

1. Висвітлено загальні вимоги до проведення експериментальних досліджень та розроблено програму й методику стендових випробувань розпилювачів.
2. Розроблені та виготовлені лабораторні стенди дозволяють здійснювати ресурсні випробування розпилювачів відповідно до чинних вимог і запропонованої методики.

4. РЕЗУЛЬТАТИ РЕСУРСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оскільки зношування залежить від багатьох факторів (тиск, абразивність розчину, матеріал розпилювача, утворення нальоту за рахунок кристалізації компонентів розчину), точно визначити ресурс розпилювача неможливо.

Теоретично ресурс полімерного розпилювача може доходити до 10 000 га, але при цьому мається на увазі своєчасна промивка всього обприскувача та розпилювачів лужним розчином. У реальності, коли такий інтенсивний догляд найчастіше не проводиться, ресурс знижується до 50 годин роботи (тиждень) через утворення нальоту, який роз'їдає матеріал і змінює геометрію камери розпилу (швидкість утворення плівки не залежить від матеріалу розпилювачів і однаково швидко відбувається у полімерах різних видів).

Випробування проводяться паралельно на двох стендах, на ресурсному стенді виконують досліди по гідро-абразивному зношенню, на гідравлічному стенді досліджуються характеристики розпилювача.

Такі випробування не можуть визначити довговічність розпилювача щодо його використання у робочих умовах, але їх можна застосовувати, щоб порівняти опір розпилювача зношуванню і впливу зношеного сопла на розпилення рідини та розподіл по довжині штанги.

Перед початком експерименту перевіряються загальні вимоги, які наведені у п.3.2.1.

4.1 Характеристика об'єкту дослідження.

Об'єктом дослідження були відцентрові розпилювачі фірми «Агромодуль» виготовлені з полімерних матеріалів та металеві. Загальний вид розпилювачів показано на рис. 3.1.

Було обрано два відцентрових розпилювача, яким було присвоєно номери. Об'єкт №1 полімерний відцентровий розпилювач, та №2 металевий відцентровий розпилювач. Геометрія соплового отвору відцентрового

розпилювача, до початку проведення ресурсних випробувань. На рис. 4.1. зображено фото соплового отвору нового розпилювача.

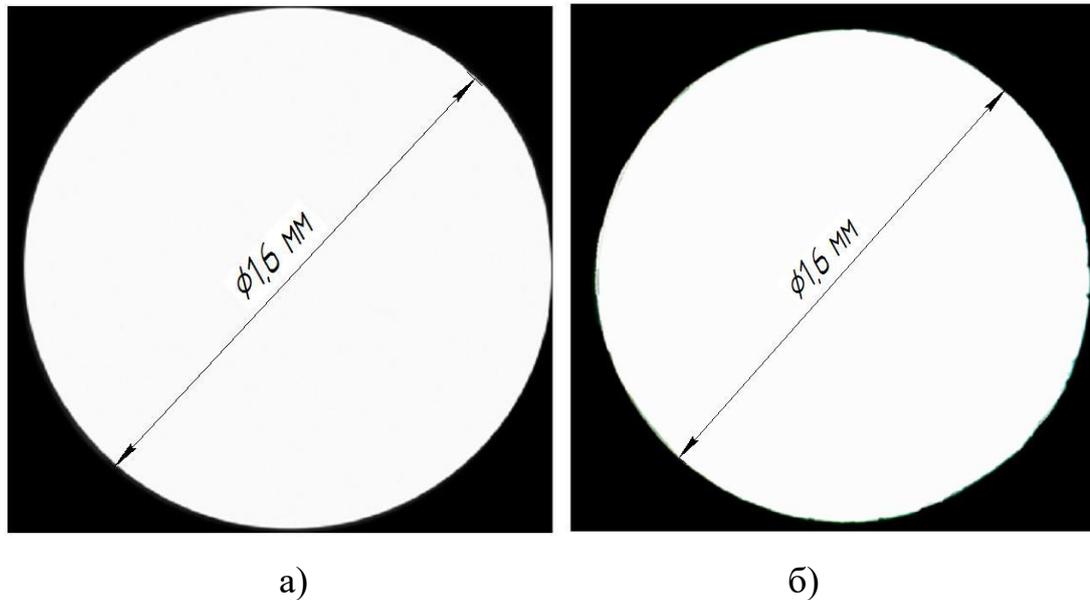


Рис. 4.1. Фото соплового отвору відцентрового розпилювача(х40)

а) виготовленого з полімеру; б) виготовленого з металу

4.2. Дослідження відповідності абразиву технічним умовам.

За допомогою оптично-цифрового мікроскопу типу LCD Micro 40х-1600х марки «Bresser», дослідили зразки оксиду алюмінію. Спочатку фіксувалися поодинокі частинки та визначалися їх розміри за допомогою заздалегідь підготовлених пробників заданого діаметру, для цього в одному масштабі прикладаємо пробник найбільш схожий за діаметром до частинки оксиду алюмінію робимо фото фіксацію і накладаємо сітку (рис.4.2).

За допомогою сітки встановлюємо розміри 20-30 частинок, та знаходимо найбільший, середній, та найменший розмір частинок. Із загальної фотографії оксиду алюмінію вираховуємо кількість у відсотковому відношенні. Загальний вид оксиду алюмінію приведено на рис.4.3.

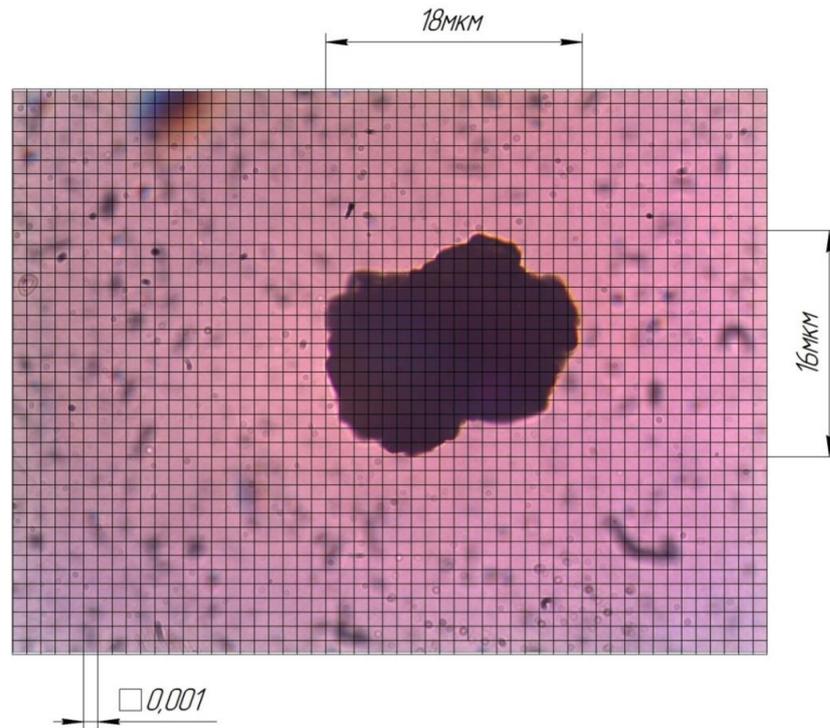


Рис. 4.2 – Середній розмір частинки оксиду алюмінію в розмірній сітці.

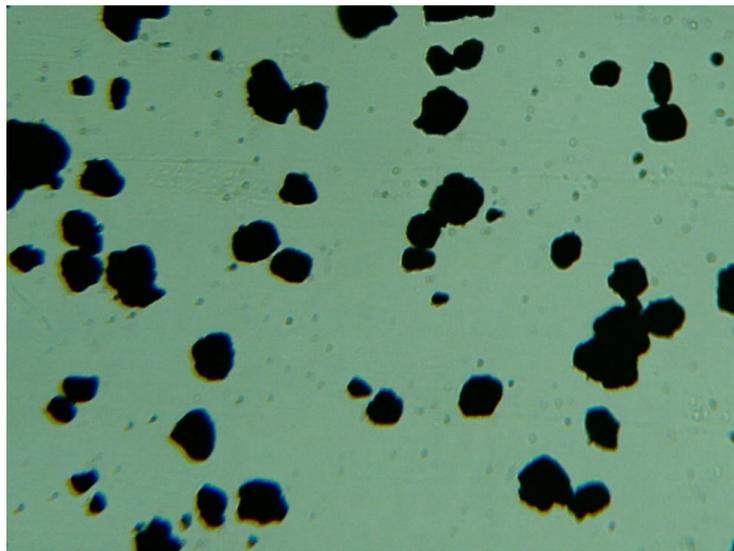


Рис. 4.3 – Загальний вид частинок оксиду алюмінію.

При дослідженні були отримані дані які занесені до таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

| Розмір: | Кількість: |
|----------------------|---------------------|
| > 63 мкм | від 0 до 2,4 % |
| від 63 мкм до 45 мкм | від 4,5 % до 15,8 % |
| від 45 мкм до 10 мкм | від 58 % до 76 % |
| < 10 мкм | від 10 % до 28,5 % |

При досліджах абразивного матеріалу, встановлено що характеристики оксиду алюмінію повністю задовольняють умови експерименту і ми можемо використовувати його як безпечний абразивний матеріал для отримання робочої рідини, а саме 2% розчину мікрозернистого оксиду алюмінію.

4.3. Результати випробувань.

Початкова хвилинна витрата рідини становить при тиску 0,3 МПа:

№1(полімер) Експериментальна - 0,601 л/хв., встановлена виробником - 0,6 л/хв.

№2 (метал) Експериментальна - 0,6 л/хв., встановлена виробником - 0,6 л/хв.

Тиск 0,3 МПа встановлений виробником як оптимальний. Дослідження були припинені після 80 годин 20 хвилин випробувань кожного розпилювача, тому що один з розпилювачів дійшов до зносу при якому витрата рідини збільшиться на 15%.

Результати досліджень наведено у додатку:

Додаток 1 – витрати рідини розпилювача, л/хв.

4.3.1. Відхилення витрати рідини.

За результатами ресурсних випробувань були проведені розрахунки відсоткового відхилення витрати рідини від норми за формулою 4.1.

$$y_{1,2,\dots,n} = x_{1,2,\dots,n} \cdot 100 / x_{const} - 100, \quad (4.1)$$

де $y_{1,2,\dots,n}$ - відхилення від норми, %,

$x_{1,2,\dots,n}$ - хвилинна витрата л/хв.,

x_{const} - нормативна витрата л/хв.

Підраховуємо відсоткове відхилення від норми розпилювача №1 при 80 год. 20 хв., за формулою (4.1)

$U_{26} = 0,656 \cdot 100 / 0,601 - 100 = 9,15$ (%), аналогічно розраховали для всіх таблиць, розрахунки проводилися за допомогою «Microsoft Excel». Результати заносяться в таблицю (додаток 2).

За даними таблиць (додаток 1 і 2) побудовано три графіки рис. 4.4, 4.5, 4.6 які відображають залежність відсоткового відхилення витрати рідини від часу зношення. Графік (рис 4.4), показує режим припрацювання, період входу в характеристики, які визначені виробником, це пояснюється тим що при виготовленні (лиття під тиском) внутрішня поверхня розпилювача має певну шорсткість поверхні розпилювача. Період гідроабразивного зношування продовжується 10 хв. На графіку рис.4.5, (а) показано період зношування 10 хв.-5 год., період стабільної роботи. За даний період розпилювачі характеризуються стабільністю показників. Період в 5 год. – 80 год. 20хв. показує графік (б), стан роботи розпилювача від стабільної роботи до граничного стану зношування.

У відцентрового розпилювача зношення відбувається по всій поверхні соплового отвору, в наслідок цього зростає витрата рідини, змінюється кут розпилення та дисперсність, але зростання витрат рідини значно менше в порівнянні з іншими типами розпилювачів. З відхиленням витрати рідини від табличної більше ніж 15 % розпилювач до подальшого використання вважається непридатним.

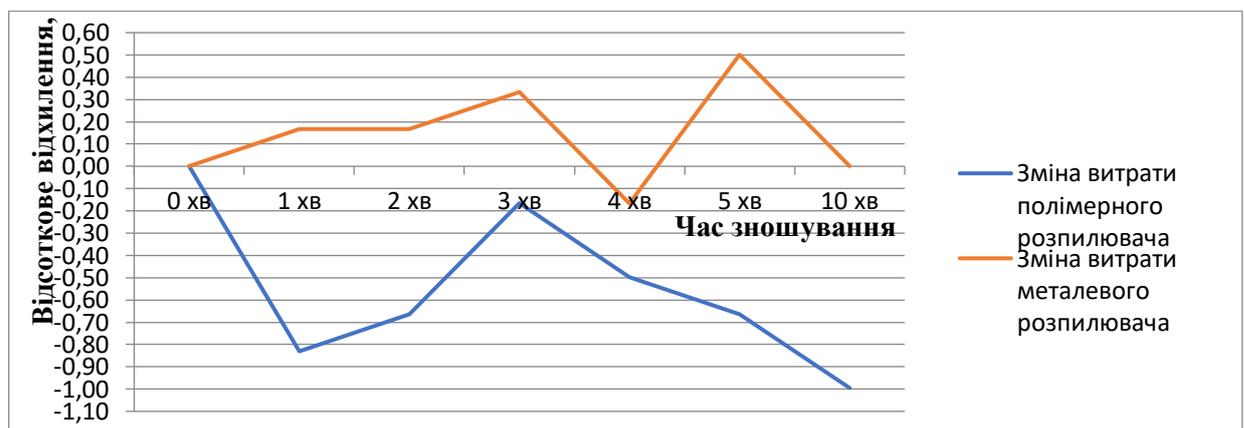
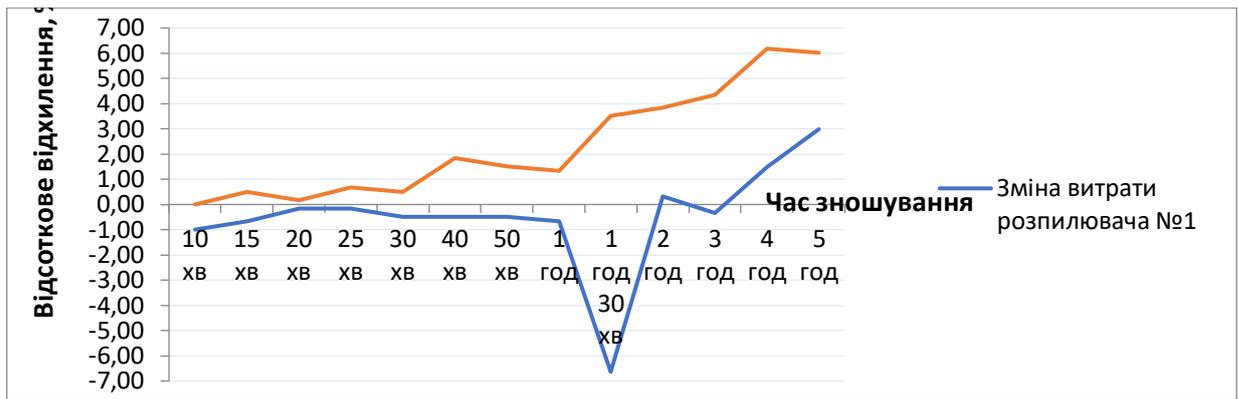
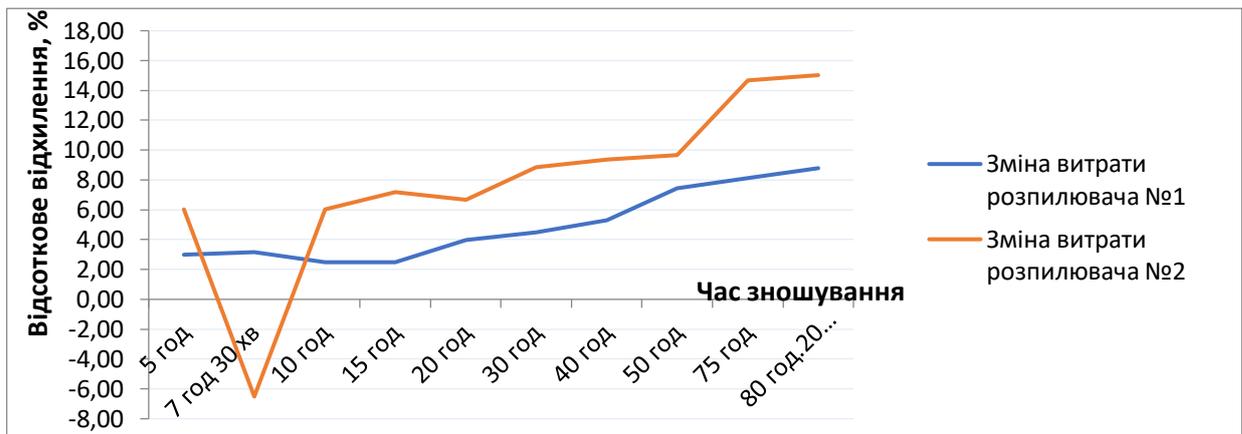


Рис. 4.4 – Залежність відсоткового відхилення витрати від часу зношення за період 0-10хв.



а)



б)

Рис. 4.5 – Залежність відсоткового відхилення витрати від часу зношення

а) 10 хв.- 5 годин; б) 5 годин – 80 годин 20 хвилин.

На рис. 4.6. наведено графік залежності відхилення витрати розпилювачів від часу гідроабразивного зношування, який становить 0 - 80 год. 20хв.

Розпилювач №1 після 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 8,88%, це на 0,0545 л/хв., більше від норми.

Розпилювач №2 після 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 14,73%, це на 0,0883 л/хв., більше від норми.

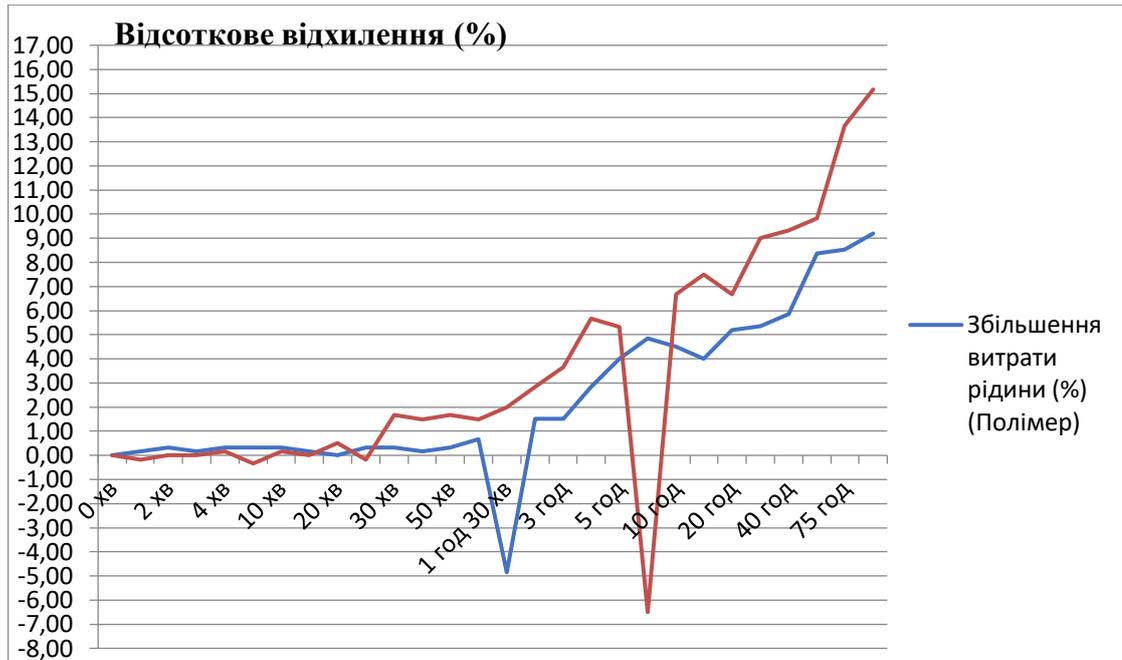


Рис. 4.6 – Графік залежності відхилення витрати розпилювачів від часу гідроабразивного зношування

4.3.2. Вплив гідро-абразивного зношення на рівномірність розподілу рідини.

Розподіл рідини по довжині представлений до гідроабразивного зношування та після, при відхиленнях від норми витрати рідини $\geq 4\%$, та більше 10%. Загальний вид розподілу рідини по довжині факелу представлений на рис. 4.7.

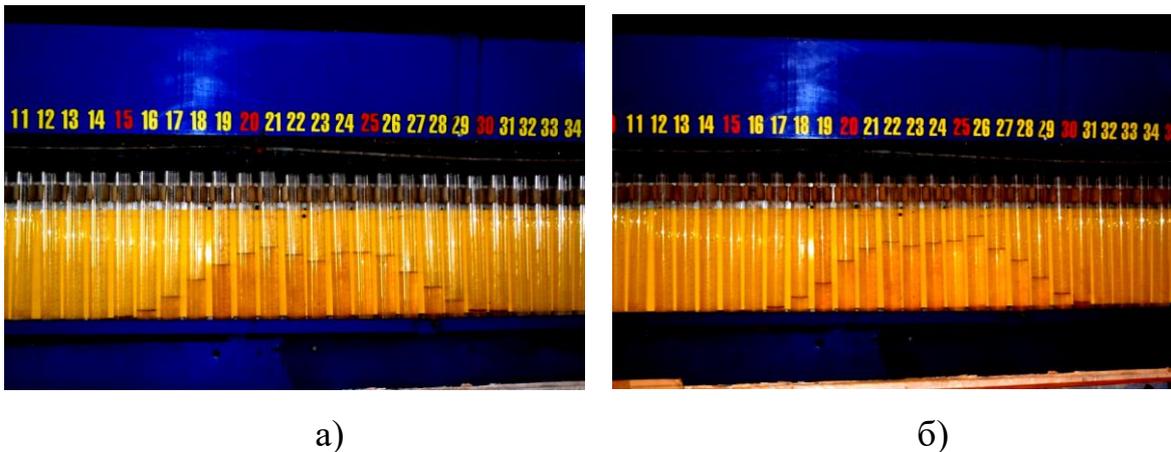
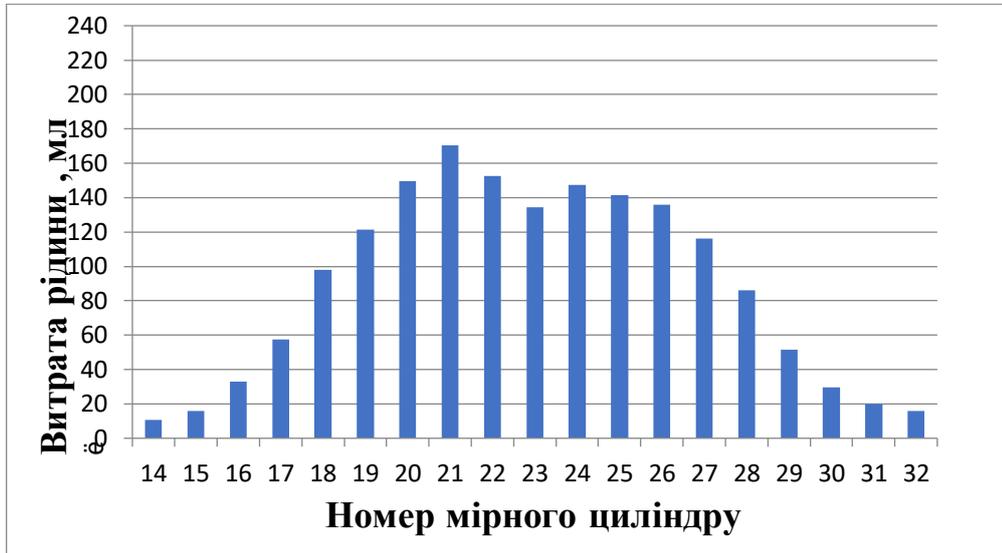


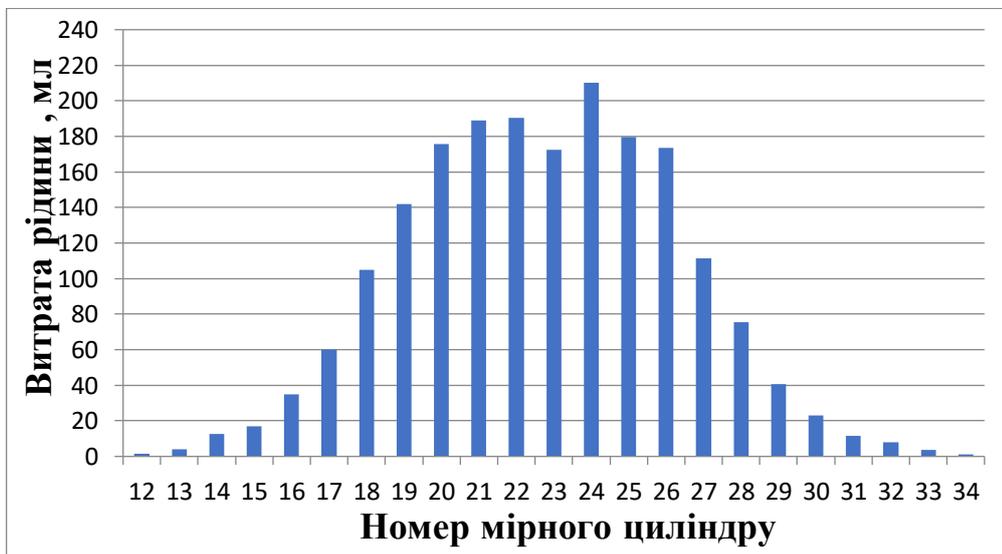
Рис. 4.7 – Загальний вид розподілу рідини по довжині факелу
 а) Розподіл рідини по довжині факелу полімерного розпилювача
 б) Розподіл рідини по довжині факелу металевого розпилювача

Результати розподілу рідини по довжині штанги представлені на діаграмах:

Розпилювач №1 при відхиленні від норми витрати рідини 0%, 9,08%, діаграми представлені на рис. 4.8, (а), (б). Для порівняння розподілу рідини по ширині факелу представлена порівняльна діаграма на рис. 4.9.



а)



б)

Рис. 4.8 – Діаграми розподілу рідини по довжині факелу:

а) розподіл рідини нового розпилювача №1;

б) розподіл рідини після 80 год. 20 хв. розпилювача №1.

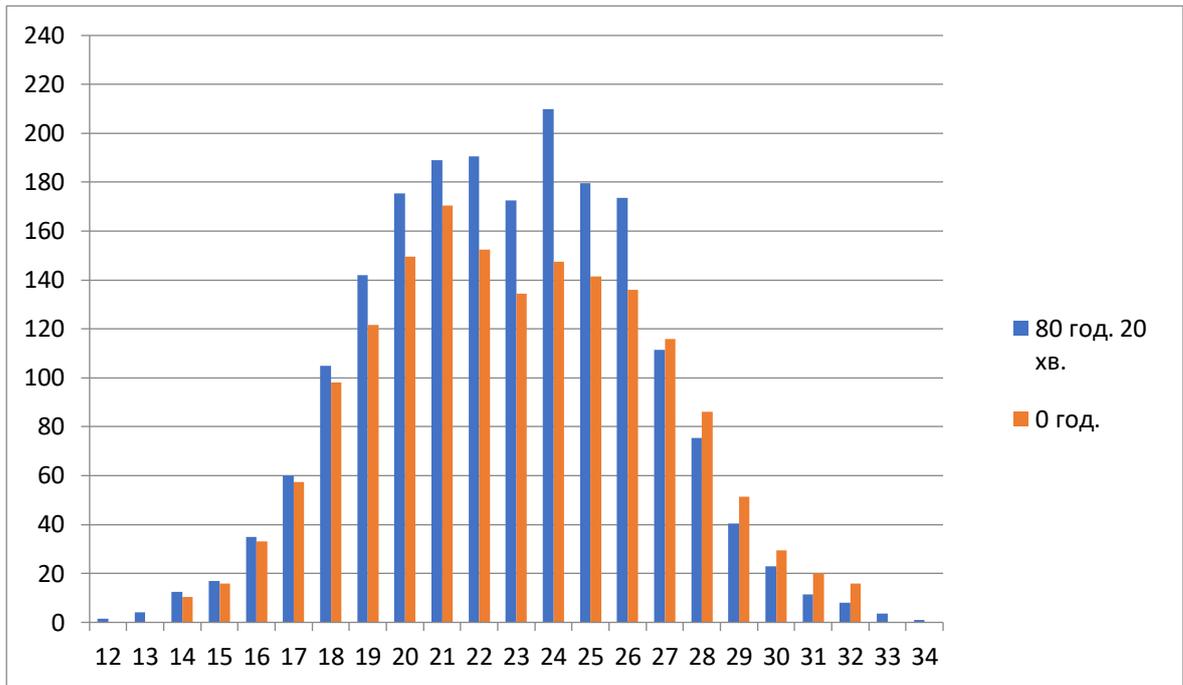
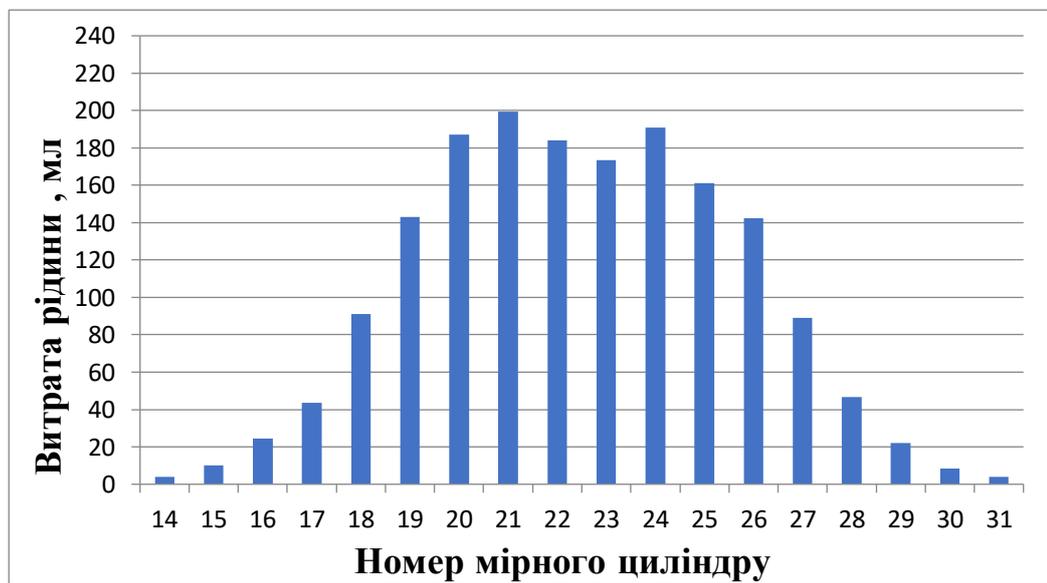
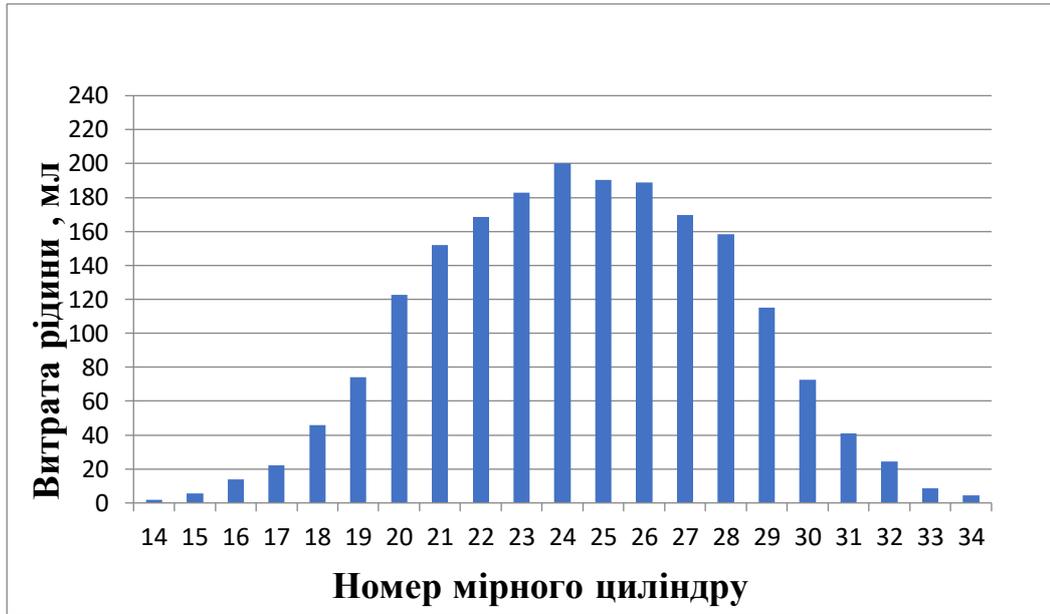


Рис. 4.9 – Порівняльна діаграма розподілу рідини по довжині факелу розпилювача №1

Розпилювач №2 при відхиленні від норми 0%, 15% діаграма рис. 4.10 (а), (б), порівняльна діаграма представлена на рис.4.11.



а)



б)

Рис. 4.10 – Діаграма розподілу рідини по довжині факелу:

а) розподіл рідини нового розпилювача №2;

б) розподіл рідини після 80 год. 20 хв. розпилювача №2.

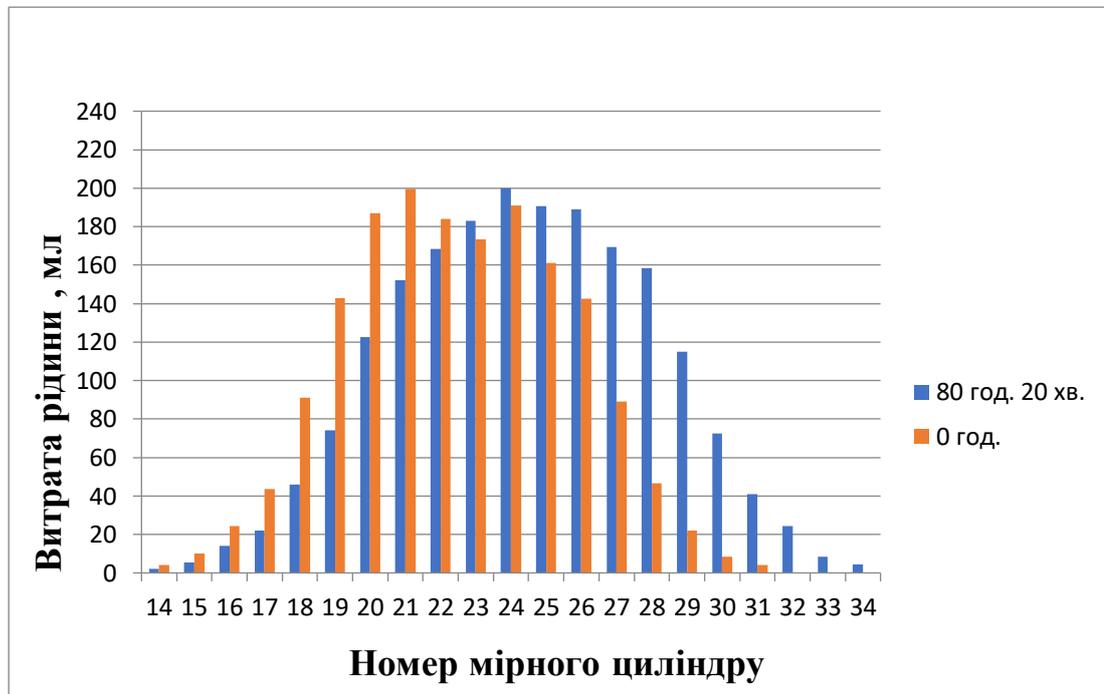


Рис. 4.11 – Порівняльна діаграма розподілу рідини по довжині факелу розпилювача №2

На граничний ресурс розпилювача, розподіл рідини по довжині штанги впливає як другий не менш важливий показник.

При проведенні дослідів розподіл рідини контролювався по двом розпилювачам №1 та №2. Розпилювач №1 по витраті рідини після 80 годин 20 хв. гідроабразивного зношування становив відхилення в 9,08%, граничний стан розпилювача встановлений виробником до 15%. Дотримуючись умов виробника розпилювач ще може працювати, але якщо враховувати розподіл по довжині, то відхилення від початкової норми без урахування перекриття становитиме близько 20%. В даному випадку нормативна витрата (л/га) при роботі в реальних умовах зберігатиметься допустимою, оприскувач продовжуватиме працювати, а рівномірність розподілу рідини по оброблюваній поверхні не буде відповідати нормі.

Розпилювач №2 по витраті рідини після 80 годин 20 хв. гідроабразивного зношування становив відхилення в 15%, граничний стан розпилювача встановлений виробником до 15%. Дотримуючись умов виробника розпилювач не може далі працювати, його ресурс закінчився. Аналізуючи розподіл даного розпилювача можна чітко стверджувати, що при відхиленні в 15% , відхилення по розподілу рідини склало не враховуючи перекриття 12,3%. В даному розпилювачу розподіл по довжині штанги буде відповідати нормі.

Отже, розпилювачі виготовлені з полімеру мають більшу зносостійкість, в порівнянні з металевими, але якщо враховувати рівномірність зносу то металеві форсунки мають більш рівномірне зношування соплового отвору по всьому контурі.

У ході проведення експерименту, за допомогою мікроскопу досліджувалось гідро-абразивне зношування соплового отвору відцентрових розпилювача. Були зроблені фотографії соплового отвору на різних стадіях зношення на (рис. 4.12), представлені фотографії соплових отворів: а) 10 хв. полімер, б) 10 хв. метал в) 80 год. 20 хв. полімер, г) 80 год. 20 хв. метал.

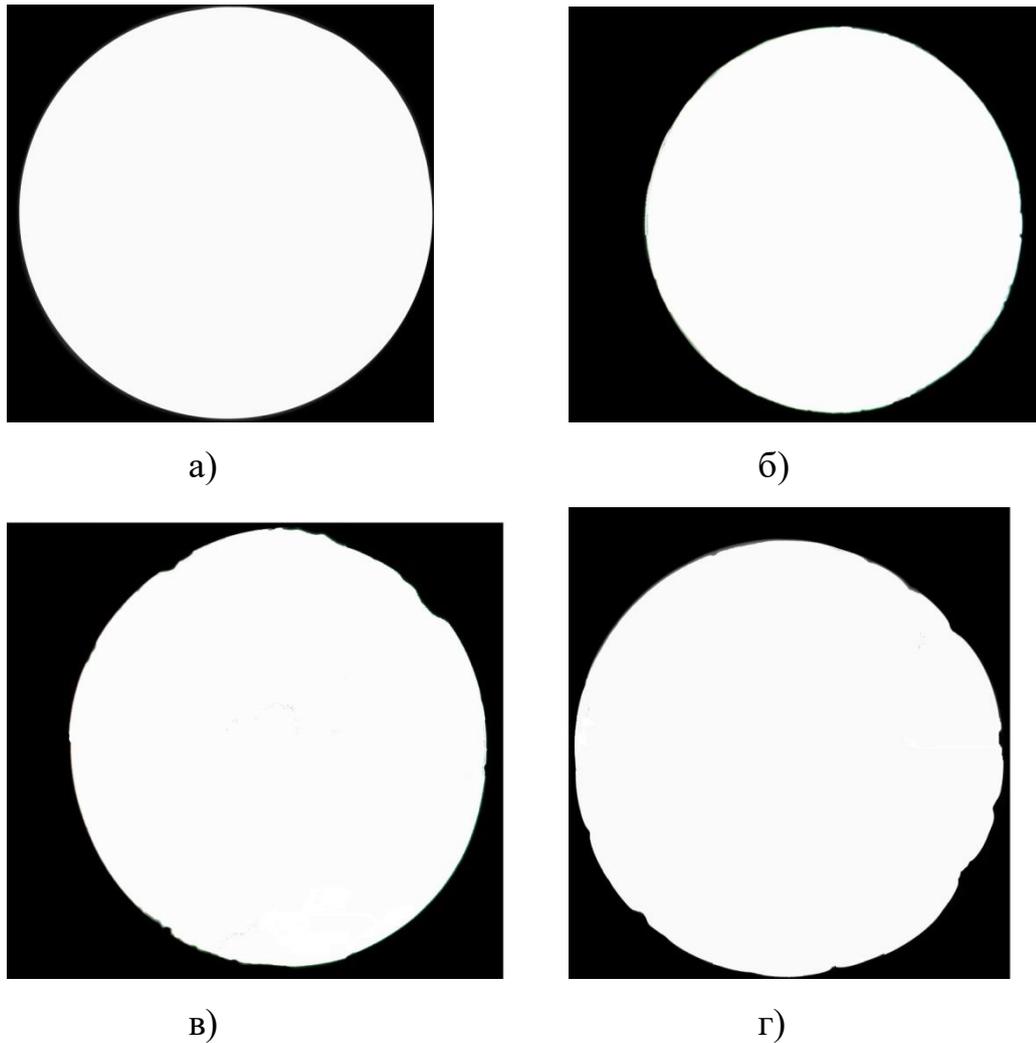


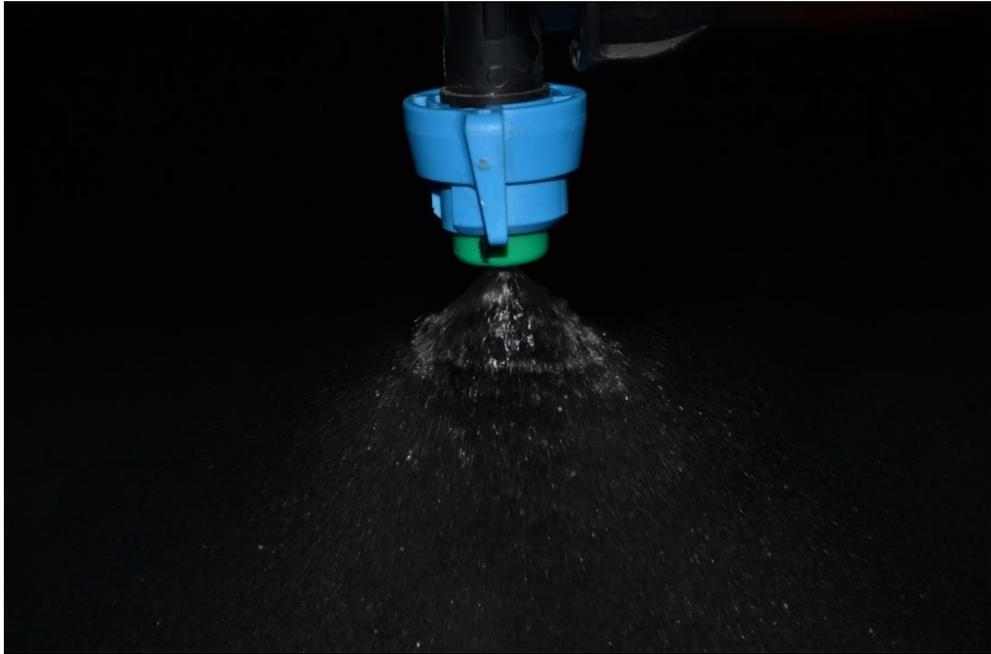
Рис. 4.12 – Сопловий отвір відцентрових розпилювачів виконаних з полімерного та металевого матеріалу на різних стадіях зношування:

а) 10 хв. період припрацювання полімерного розпилювача; б) 10 хв. період припрацювання металевого розпилювача; в) 80 год. 20 хв. закінчення досліду полімерного розпилювача; г) 80 год. 20 хв. закінчення досліду металевого розпилювача.

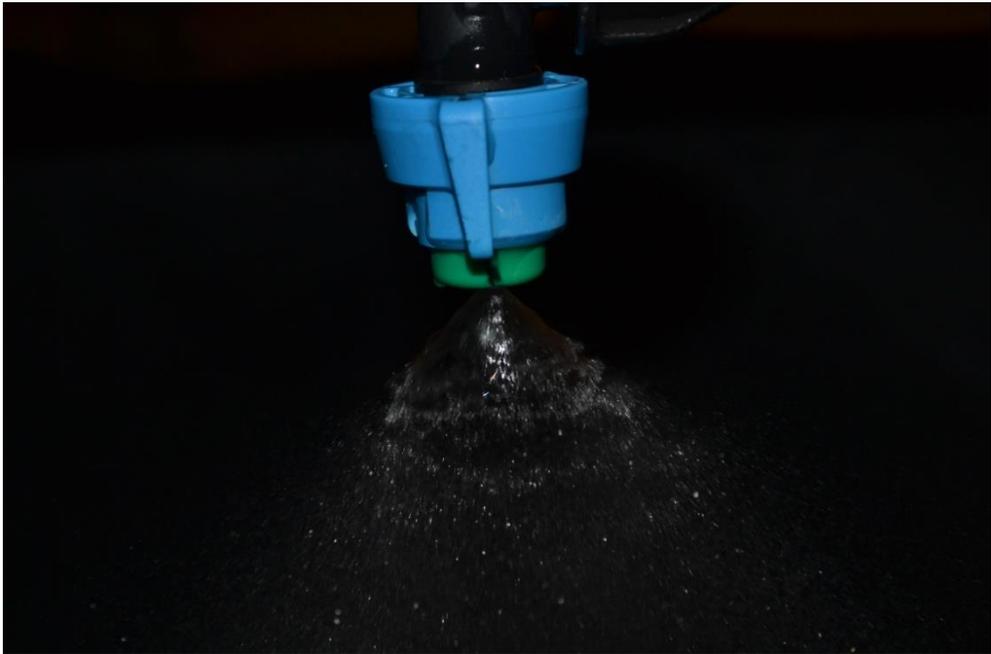
4.3.3. Вплив гідроабразивного зношення на факел розпилення.

При зношуванні соплового отвору змінюється його геометрія, що безпосередньо впливає на характеристики виходу робочої рідини, зокрема на дисперсність і кут розпилення. У процесі дослідження здійснювалось фіксування факела розпилення на різних етапах зношування. На (рис. 4.13)

наведено фотографії факела розпилювача №1 на початковій стадії випробувань.



а)



б)

Рис.4.13 – Розпилення рідини: а) Фото факелу розпилювача №1 на початку досліду; б) Фото факелу розпилювача №1 при напрацюванні 80год. 20 хв.

Як видно на рис. 4.13. геометрія соплового отвору була змінена на час досліду, на початку (рис. 4.13. а) розподіл факелу був рівномірним, а при

напрацюванні 80 год. 20хв. (рис.4.13. б) розподіл факелу був зміщений та значно менше почав виливати з лівого краю



а)



б)

Рис.4.14 – Розпилення рідини: а) Фото факелу розпилювача №2 на початку досліду; б) Фото факелу розпилювача №2 при напрацюванні 80год. 20 хв.

Як видно з рис. 4.14. дисперсність розпилення значно знизилась за час проведення досліду, це має значний вплив на розподіл рідини по довжині факелу

4.4. Висновки до розділу

1. Сопловий отвір відцентрового полімерного розпилювача до початку дослідження немає візуальних дефектів, в металевому розпилювача до початку дослідження присутні візуальні дефекти.

2. Металевий та полімерний відцентрові розпилювачі після закінчення дослідження мають значні зміни в геометрії соплового отвору. Гідроабразивне зношення соплового отвору призвело до збільшення витрати рідини, зміни факелу розпилювання та розподілу рідини по довжині факелу

3. Розпилювачі виготовлені з полімеру мають більшу зносостійкість, в порівнянні з металевими, але якщо враховувати рівномірність зносу, то металеві розпилювачі мають більш рівномірне зношування соплового отвору по всьому контурі.

4. На час закінчення дослідження середнє відхилення витрати рідини металевому відцентровому розпилювача від початкового становить 14,72%. Середня витрата рідини полімерного відцентрового розпилювача за час проведення дослідження змінилася на 9,18%.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні положення

Проведення випробувань розпилювачів на лабораторному стенді є складним технологічним процесом, який передбачає одночасну взаємодію кількох складових: рухомих механізмів, електрообладнання високої напруги та робочих рідин під тиском. Через це до організації та виконання таких досліджень висуваються підвищені вимоги з охорони праці, а дотримання встановлених правил безпеки є обов'язковою умовою для попередження травматизму та аварійних ситуацій.

До роботи на лабораторному стенді допускаються тільки особи, які досягли 18-річного віку, пройшли спеціалізоване навчання з технічного обслуговування та експлуатації лабораторного обладнання, а також здобули необхідні знання щодо правил безпечного виконання робіт. Крім того, перед допуском до роботи працівник повинен пройти перевірку знань з охорони праці, результати якої оформлюються у вигляді посвідчення або іншого офіційного документа.

5.2. Вимоги безпеки праці під час випробувань розпилювачів на лабораторному стенді для досліджень розпилювачів.

Перед початком роботи працівник повинен ретельно перевірити стан спецодягу та захисних засобів. Спецодяг повинен бути справним, без пошкоджень, без зайвих елементів, що звисають і можуть зачепитися за рухомі деталі або обертові механізми стенду. Забороняється працювати у стані алкогольного, наркотичного чи медикаментозного сп'яніння, а також при поганому самопочутті або сильній втомі. В роботі не допускається використання несправного інструменту та пристосувань, сторонніх предметів або обладнання не за призначенням.

Перед початком експериментальних випробувань обов'язково слід отримати завдання від керівника робіт та ознайомитися з порядком виконання

досліджень. Необхідно перевірити технічний стан стану, наявність та справність захисного огороження приводу насоса, надійність кріплення рухомого візка та його фіксацію у початковому положенні. Слід переконатися у наявності заземлення лабораторного електрообладнання та захистити електропроводи від механічних пошкоджень, підвісивши їх на висоту, недоступну для дотику, або забезпечивши надійне кріплення. Перед увімкненням стану необхідно переконатися у відсутності людей поруч із рухомими частинами, щоб виключити ризик травмування.

Під час проведення випробувань необхідно використовувати тільки чисту воду без механічних та органічних домішок, що забезпечує точність визначення параметрів розпилювачів та запобігає засміченню обладнання. Включення стану здійснюється лише після переконання, що поблизу немає сторонніх осіб. Усі роботи з усунення несправностей, очищення розпилювачів, змащування та регулювання виконуються виключно при відключеному електроживленні, вимкненому рубильнику та від'єднаному штепсельному з'єднанні. Це дозволяє уникнути нещасних випадків, пов'язаних із контактом з рухомими частинами або струмоведучими елементами.

Після завершення роботи необхідно вимкнути електродвигун приводу насоса та відключити стан від електроживлення. Всі ємності та трубопроводи слід звільнити від рідини, а розпилювальні пристрої демонтувати для проведення технічного обслуговування. Робоче місце має бути приведене у порядок: інструменти, пристрої та прилади розташовуються на відведених місцях, спецодяг очищається та готується для наступного використання.

У випадку аварійних ситуацій, таких як електроудар, сторонні шуми, вібрація, запах гару, поява іскор або полум'я, роботу стану слід негайно припинити. При виникненні напруги на корпусі необхідно терміново відключити загальний рубильник і викликати чергового електрика. Усі роботи з усунення пошкоджень електроприводів, силових і освітлювальних мереж виконуються лише кваліфікованим електриком.

Якщо працівник отримав ураження електричним струмом, його слід негайно звільнити від контакту зі струмоведучими частинами. Для цього необхідно вимкнути рубильник або використати сухі діелектричні предмети, такі як дошка, палиця чи мотузка. У разі неможливості швидкого відключення електроустановки слід відтягувати потерпілого за сухий одяг, уникаючи контакту власного тіла з струмоведучими частинами та землею. Якщо потерпілий торкається проводу, що лежить на землі, перед наближенням під ноги слід підкласти суху ізолюючу основу (дошку або тканину) та обережно відокремити контакт. У випадку, коли потерпілий міцно утримує провід, необхідно ізолювати його від землі за допомогою сухих предметів або одягу та діяти однією рукою, щоб зменшити ризик ураження електричним струмом.

5.3. Висновки до розділу

1. Проведено аналіз небезпечних факторів при роботі на лабораторному стенді та запропоновано заходи по охороні праці при роботі із засобами захисту рослин.
2. Розроблено інструкцію з охорони праці при роботі на лабораторному стенді для технічних досліджень розпилювачів під час випробувань.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ ОБПРИСКУВАЧА ОБЛАДНАНОГО ВІДЦЕНТРОВИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ

6.1. Вихідні дані

В умовах сучасного агропромислового виробництва підвищення ефективності застосування засобів захисту рослин є важливим напрямком забезпечення стабільної продуктивності сільськогосподарських культур та зниження витрат на їх вирощування. Одним із перспективних шляхів підвищення продуктивності та економічної доцільності є впровадження інноваційних конструкцій обприскувачів, зокрема обладнаних відцентровими розпилювачами, що забезпечують високий рівень дисперсності та рівномірності розподілу робочої рідини по рослинному покриву.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані

| | Показники | Варіанти | |
|---|--|-----------------------|----------------------|
| | | Базовий | Проектний |
| 1 | Вид роботи, що виконується | Обприскування | |
| 2 | Склад агрегату | МТЗ-980 + ОПШ-2000 | МТЗ-980 ОПШ-2000М |
| 3 | Обсяг роботи, га | 1000 | 1000 |
| 4 | Продуктивність агрегату за годину робочої зміни, га/год. | 12,96 | 19,44 |
| 5 | Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| | трактора | 184000 | 184000 |
| | обприскувача | 148500 | 151000 |
| | Всього: | 332500 | 336000 |
| 6 | Тривалість зміни, год. | 6 | 6 |
| 7 | Кількість обслуговуючого персоналу, осіб | 1 | 1 |
| 8 | Вартість палива, грн | 55 | 55 |

6.2. Розрахунок показників економічної ефективності

Метою проведення розрахунку економічної ефективності впровадження удосконаленої машини є комплексна оцінка її доцільності з точки зору виробничих та фінансових показників. Основним завданням такого аналізу є визначення річного економічного ефекту від використання модернізованого обприскувача, що дозволяє оцінити економію ресурсів, зниження витрат на матеріали, робочий час та енергію. Окрім цього, розрахунок передбачає визначення терміну окупності інвестицій у нову конструкцію, тобто періоду, за який вкладені кошти повертаються за рахунок отриманих економічних вигод. Користуючись загальноприйнятою методикою [17, 28] розрахуємо вищевказані показники та запишемо їх таблицю 6.2

Таблиця 6.2

Техніко-економічні показники впроваджуваного проекту

| Показники | Варіанти | |
|---|----------|-----------|
| | базовий | проектний |
| Обсяг роботи, га | 1000 | 1000 |
| Годинна продуктивність, га/год. | 12,96 | 19,44 |
| Витрати палива на 1 га, кг | 0,6 | 0,4 |
| Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| трактора | 184000 | 184000 |
| обприскувача | 148500 | 151000 |
| Всього: | 332500 | 336000 |
| Нормативне навантаження, год. | 77,16 | 51,44 |
| Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього: | 65,99 | 62,65 |
| в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн. | 1,091 | 0,727 |
| амортизаційні відрахування, грн. | 53,3 | 53,64 |
| вартість ПММ, грн. | 33 | 22 |
| витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн. | 0,68 | 0,45 |
| інші витрати. | 1,92 | 1,83 |
| Капітальні вкладення на 1 га, грн. | 332,5 | 335 |
| Приведені витрати на 1 га, грн. | 115,86 | 112,9 |
| Річний економічний ефект, грн. | - | 2960 |
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | - | 0,85 |

6.3. Висновки до розділу

Результати проведених розрахунків свідчать про високу економічну доцільність впровадження досліджуваного обприскувача, обладнаного відцентровими розпилювачами, для внесення робочих розчинів пестицидів у виробничих умовах. Аналіз показав, що використання модернізованого обладнання дозволяє досягти значного річного економічного ефекту, який становить 2960 гривень, що є показником економії ресурсів, скорочення витрат на робочу силу та зменшення витрат на матеріали.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень у нову конструкцію обприскувача складе один сезон експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Базовими розпилювачами на даному етапі розвитку розпилювачів в сучасних агротехнологіях є відцентрові та щілинні розпилювачі які на сьогодні мають велику кількість різних модифікацій для різних умов та видів роботи. Аналіз конструктивних та експлуатаційних показників розпилювачів свідчить, про те що на сьогодні існує чітка тенденція до збільшення надійності, довго-вічності та зменшення вартості відцентрових розпилювачів за рахунок використання полімерних матеріалів.

2. Розглянуто теоретичні дослідження гідроабразивного та гідроерозійного зношування розпилювачів, аналіз цих даних відцентрових розпилювачів виготовлених з полімерних матеріалів показує, що основний чинник, котрий впливає на ресурс розпилювача є гідроабразивне зношування.

3. Наведено програму та методику експериментальних досліджень ресурсних випробувань відцентрових насадок для обприскування, приведені об'єкти, прилади та обладнання які були використані при проведенні досліджень.

4. За результатами ресурсних випробувань встановлено що зносостійкість полімерного відцентрового розпилювача більша ніж в металевому на 33,27%.

Полімерний відцентровий розпилювач після роботи 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 8,88%, це на 0,0545 л/хв., більше від норми, тоді як металевий відцентровий розпилювач після роботи в 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 14,73%, це на 0,0883 л/хв., більше від норми, по цим результатам можливо встановити що полімерні розпилювачі більш зносостійкі ніж металеві.

5. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що норма внесення робочої рідини обприскувачем не головна причина зношення розпилювачів, не менш важливим фактором є швидкість потоку рідини.

У ході проведення експерименту, за допомогою мікроскопу досліджувалось гідроабразивне зношування соплового отвору відцентрових розпилювачів. Були зроблені фотографії соплового отвору на різних стадіях зношення, по цим фотографіям видно що розпилювачі виготовлені з полімеру мають більшу зносостійкість, в порівнянні з металевими, але якщо враховувати рівномірність зносу то металеві розпилювачі мають більш рівномірне зношування соплового отвору по всьому контурі.

6. Проведено розрахунок економічної ефективності, в ході якого одержано результати, які свідчать про економічну доцільність використання розпилювачів для внесення робочих розчинів пестицидів, які виготовлені з полімерних матеріалів. Підставами для цього є одержання річного економічного ефекту в розмірі 2960 грн. та терміну окупності додаткових капітальних вкладень за один рік.

7. Лабораторне обладнання, яке було розроблено та виготовлено для проведення експериментальних досліджень може бути використане в подальшому для ресурсних випробувань розпилювачів різних типів, та в навчальному процесі при підготовці фахівців за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.05.2007 №785. «Державна цільова програма реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2015 року».
2. Машина для хімічного захисту рослин. / За ред. Кравчука В.І., Войтюка Д.Г. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2010. 184 с.
3. Механізація захисту рослин / Масло І. П., Тимошенко С. П., Онуфрієнко Ю. Ф. та ін. К. : Урожай, 1989. 141 с.
4. Кобылко В. Г. Щелевые распылители для внесения гербицидов / В. Г. Кобылко, Л. Н. Козин // Защита растений. 1983. № 2 С. 34–35.
5. Teejet: Catalog 50-RU – США : Спреинг Системс Ко., 2007. 193 с.
6. Обприскувачі-опилювачі для внесення засобів захисту рослин і рідинних добрив. Захист довкілля. Частина 2. Обприскувачі польових культур (EN 12761-2:2004, IDT): ДСТУ EN 12761-2:2004 [Чинний з 2006-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
7. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT) : ДСТУ ISO 5682-1:2005. [Чинний від 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с. (Національний стандарт України).
8. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. [Чинний від 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с. (Національний стандарт України).
9. Lurmark. Spray Tips. Cambridge, 1993. 33 с.
10. ДСТУ ISO 5682-2:2019. Устаткування для захисту рослин. Обприскувальне устаткування. Частина 2. Методи випробовування гідравлічних обприскувачів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 11 с.

11. Рафф А. У. Эрозия при ударе твердых частиц / А. У. Рафф, С. М. Видерхорн [Пер. с англ.] М.: Мир, 1982 С. 80–139.
12. Коваль В. П. Движение взвесенесущей жидкости в вихревой камере и ее износ / В. П. Коваль, П. И. Кудинов // Системні технології. Випуск 2. Дніпропетровськ. 1998. С. 39–49.
13. Техника и технология внесения пестицидов // Международный с.-х. журнал. 2003. №1. с. 55–59.
14. Коваль В. П. Малооб'ємне обприскування / В. П. Коваль, О. І. Мележик // Карантин і захист рослин. 2009. № 7. С. 17–20.
15. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах бакалаврів та дипломних роботах спеціалістів і магістрів факультету механізації сільського господарства. / ДДАУ. Дніпропетровськ, 2008 23 с.
16. Яворский Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. М.: Наука, 1978. 944 с.
17. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі сільськогосподарські машини. / ДДАУ. Дніпропетровськ, 2011 20 с.
18. Черненко Є. Все про гербіциди / Є. Черненко, О. Каліцький, С. Кондратюк // Агроном. 2006. № 2. С. 68–76.
19. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. М.: Колос, 2007. 232 с.
20. Лысов А.К. О технической политике в области механизации защиты растений // С.-х. вести. 2003. с. 14–15.
21. Петровская Е.В. Выбор параметров работы штанговых опрыскивателей // Тракторы и с.-х. машины. 2006. №6. с. 28.
22. Ямников Ю.Н. Как модернизировать старый опрыскиватель // Защита и карантин растений. 2006. №12. с. 36–37.

23. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для студентів інженерно-технологічного факультету денної та заочної форм навчання за спеціальністю 208 «Агроінженерія» ступінь вищої освіти «Магістр». Дніпро: ДДАЕУ, 2018. 32 с.

24. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. [введ. 01.01.77]. М.: Издательство стандартов, 1976. 9 с. (Государственный Стандарт СССР).

25. Коваль В. П. Совершенствование энергетических аппаратов с вихревой камерой: Дис. ... доктора тех. наук : 05.14.04 / Коваль Владимир Павлович. Днепропетровск, 1989. 440 с.

26. Клячко Л. А. Некоторые вопросы гидравлики центробежных форсунок: дис. ... канд. техн. наук / Л. А. Клячко. М., 1949.

27. Оптическая лазерная диагностика мелкодисперсных сред. Рекламный проспект фирмы Лазерные системы. 2007. 5 с.

28. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.

ДОДАТКИ

Витрата рідини розпилювачами при проведенні ресурсних випробувань

| 1. Відцентровий розпилювач "АГРОМОДУЛЬ" (полімер). | | | | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|
| 2. Відцентровий розпилювач "АГРОМОДУЛЬ" (метал). | | | | | | |
| Технічні умови: Q = 0,6 л/хв; P = 0,3 МПа; t _{роб. рід.} = 20°C. | | | | | | |
| Час пролив. | Витрата розпилюв. (1), Q (л/хв) | | | Витрата розпилюв. (2), Q (л/хв) | | |
| | I | II | III | I | II | III |
| 0 хв | 0,603 | 0,601 | 0,598 | 0,599 | 0,601 | 0,6 |
| 1 хв | 0,598 | 0,6 | 0,599 | 0,6 | 0,603 | 0,599 |
| 2 хв | 0,599 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,602 | 0,6 |
| 3 хв | 0,602 | 0,598 | 0,599 | 0,601 | 0,6 | 0,6 |
| 4 хв | 0,6 | 0,603 | 0,6 | 0,598 | 0,6 | 0,601 |
| 5 хв | 0,599 | 0,599 | 0,6 | 0,602 | 0,601 | 0,598 |
| 10 хв | 0,597 | 0,602 | 0,6 | 0,599 | 0,6 | 0,601 |
| 15 хв | 0,599 | 0,6 | 0,599 | 0,602 | 0,602 | 0,6 |
| 20 хв | 0,602 | 0,599 | 0,598 | 0,6 | 0,6 | 0,603 |
| 25 хв | 0,602 | 0,606 | 0,6 | 0,603 | 0,595 | 0,599 |
| 30 хв | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,602 | 0,61 | 0,61 |
| 40 хв | 0,6 | 0,597 | 0,599 | 0,61 | 0,609 | 0,609 |
| 50 хв | 0,6 | 0,601 | 0,6 | 0,608 | 0,609 | 0,61 |
| 1 год | 0,599 | 0,598 | 0,602 | 0,607 | 0,611 | 0,609 |
| 1 год 30 хв | 0,563 | 0,57 | 0,569 | 0,62 | 0,613 | 0,612 |
| 2 год | 0,605 | 0,609 | 0,607 | 0,622 | 0,62 | 0,617 |
| 3 год | 0,601 | 0,611 | 0,607 | 0,625 | 0,622 | 0,622 |
| 4 год | 0,612 | 0,613 | 0,615 | 0,636 | 0,635 | 0,634 |
| 5 год | 0,621 | 0,619 | 0,622 | 0,635 | 0,63 | 0,632 |
| 7 год 30 хв | 0,622 | 0,623 | 0,627 | 0,56 | 0,55 | 0,561 |
| 10 год | 0,618 | 0,622 | 0,625 | 0,635 | 0,64 | 0,64 |
| 15 год | 0,618 | 0,619 | 0,622 | 0,642 | 0,645 | 0,645 |
| 20 год | 0,627 | 0,623 | 0,629 | 0,639 | 0,642 | 0,64 |
| 30 год | 0,63 | 0,632 | 0,63 | 0,652 | 0,655 | 0,654 |
| 40 год | 0,635 | 0,633 | 0,633 | 0,655 | 0,658 | 0,656 |
| 50 год | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,657 | 0,662 | 0,659 |
| 75 год | 0,652 | 0,648 | 0,649 | 0,687 | 0,68 | 0,682 |
| 80 год, 20 хв. | 0,656 | 0,653 | 0,653 | 0,689 | 0,685 | 0,691 |

Додаток 2

Відносне відхилення витрати рідини розпилювачем (%) під час проведення дослідів.

| 1. Відцентровий розпилювач "АГРОМОДУЛЬ" (полімер). | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|
| 2. Відцентровий розпилювач "АГРОМОДУЛЬ" (метал). | | | | | | |
| Технічні умови: Q = 0,6 л/хв; P = 0,3 МПа; t _{роб. рід.} = 20°C. | | | | | | |
| Час пролив. | Відхилення витрати розпилюв. (1), (%) | | | Відхилення витрати розпилюв. (2), (%) | | |
| | I | II | III | I | II | III |
| 0 хв | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 хв | -0,83 | -0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,33 | -0,17 |
| 2 хв | -0,66 | -0,17 | 0,33 | 0,17 | 0,17 | 0,00 |
| 3 хв | -0,17 | -0,50 | 0,17 | 0,33 | -0,17 | 0,00 |
| 4 хв | -0,50 | 0,33 | 0,33 | -0,17 | -0,17 | 0,17 |
| 5 хв | -0,66 | -0,33 | 0,33 | 0,50 | 0,00 | -0,33 |
| 10 хв | -1,00 | 0,17 | 0,33 | 0,00 | -0,17 | 0,17 |
| 15 хв | -0,66 | -0,17 | 0,17 | 0,50 | 0,17 | 0,00 |
| 20 хв | -0,17 | -0,33 | 0,00 | 0,17 | -0,17 | 0,50 |
| 25 хв | -0,17 | 0,83 | 0,33 | 0,67 | -1,00 | -0,17 |
| 30 хв | -0,50 | -0,17 | 0,33 | 0,50 | 1,50 | 1,67 |
| 40 хв | -0,50 | -0,67 | 0,17 | 1,84 | 1,33 | 1,50 |
| 50 хв | -0,50 | 0,00 | 0,33 | 1,50 | 1,33 | 1,67 |
| 1 год | -0,66 | -0,50 | 0,67 | 1,34 | 1,66 | 1,50 |
| 1 год 30 хв | -6,63 | -5,16 | -4,85 | 3,51 | 2,00 | 2,00 |
| 2 год | 0,33 | 1,33 | 1,51 | 3,84 | 3,16 | 2,83 |
| 3 год | -0,33 | 1,66 | 1,51 | 4,34 | 3,49 | 3,67 |
| 4 год | 1,49 | 2,00 | 2,84 | 6,18 | 5,66 | 5,67 |
| 5 год | 2,99 | 3,00 | 4,01 | 6,01 | 4,83 | 5,33 |
| 7 год 30 хв | 3,15 | 3,66 | 4,85 | -6,51 | -8,49 | -6,50 |
| 10 год | 2,49 | 3,49 | 4,52 | 6,01 | 6,49 | 6,67 |
| 15 год | 2,49 | 3,00 | 4,01 | 7,18 | 7,32 | 7,50 |
| 20 год | 3,98 | 3,66 | 5,18 | 6,68 | 6,82 | 6,67 |
| 30 год | 4,48 | 5,16 | 5,35 | 8,85 | 8,99 | 9,00 |
| 40 год | 5,31 | 5,32 | 5,85 | 9,35 | 9,48 | 9,33 |
| 50 год | 7,46 | 7,82 | 8,36 | 9,68 | 10,15 | 9,83 |
| 75 год | 8,13 | 7,82 | 8,53 | 14,69 | 13,14 | 13,67 |
| 80 год.20 хв. | 8,79 | 8,65 | 9,20 | 15,03 | 13,98 | 15,17 |



Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Демонстраційний матеріал
до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр»
на тему:
Дослідження ресурсу розпилювачів агрохімікатів

Виконав: **Больбот Сергій**
студент 2 курсу, групи МГАІз-1-24
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”
Керівник: доц. Кобець Олександр

Дніпро 2025

Мета роботи: визначення експлуатаційних характеристик відцентрових розпилювачів, які виготовлені з різних матеріалів

2

Задачі дослідження:

- Розробити математичну модель гідроабразивного зношування розпилювачів та аналітично визначити параметри та режими процесу.
- Розробити програму та методику експериментальних досліджень, а також виготовити необхідне лабораторне обладнання.
- Провести лабораторні дослідження експлуатаційних показників сучасних розпилювачів, які виготовлені із різних матеріалів.
- Провести математичну обробку отриманих експериментальних даних, а також узагальнення результатів аналітичних розрахунків та дослідних даних.
- Розробити інструкції з охорони праці при роботі з оприскувачем.
- Провести обґрунтування економічної ефективності використання відцентрових розпилювачів на сучасних обприскувачах.

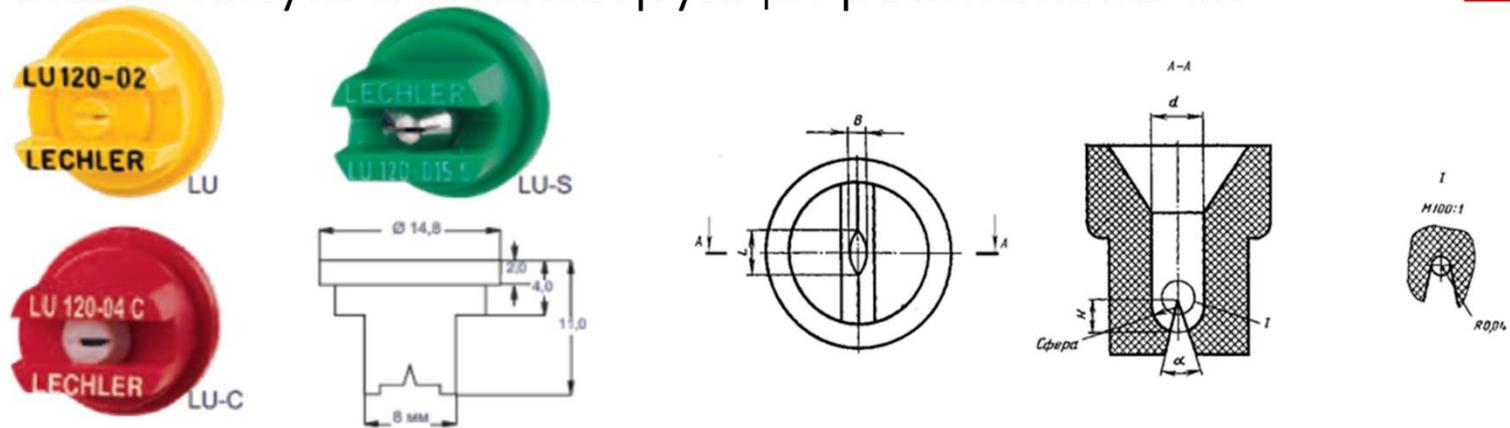
Об'єкт дослідження – щілинні та відцентрові розпилювачі, які виготовлені з різних матеріалів.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження гідроабразивного зношування розпилювачів, які виконувалося у лабораторних умовах на стенді.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати досліджень доповідалися на кафедрі такторів і сільськогосподарських машин Дніпровського державного аграрного університету, (Дніпро, 2025 рік).

- **Публікації:** Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (21 листопада 2025 р.). Частина 3. Інжиніринг технічних систем агропромислового виробництва. Дніпро. ДДАЕУ, 2025. – 286 с.

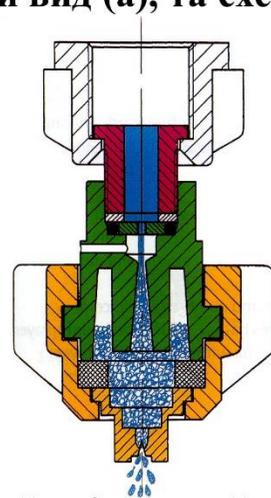
Аналіз існуючих конструкцій розпилювачів



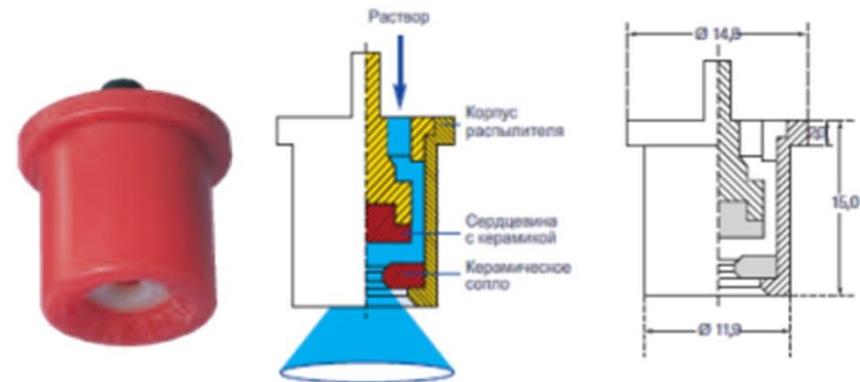
а)

б)

Загальний вид (а), та схема (б) щілинного розпилювача фірми «Lechler» марки «LU».



Інжекторний щілинний розпилювач
Agrotop

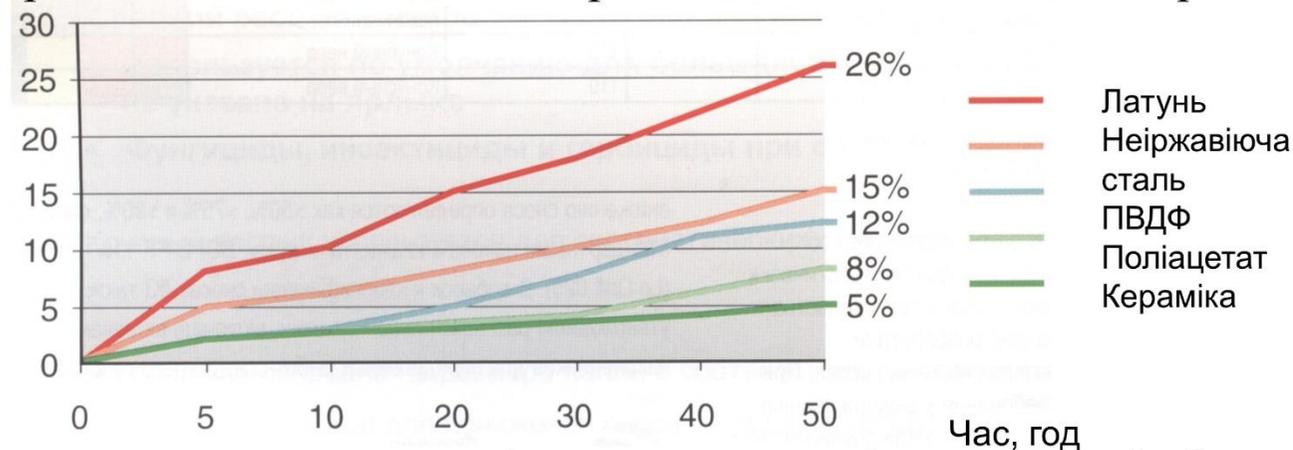
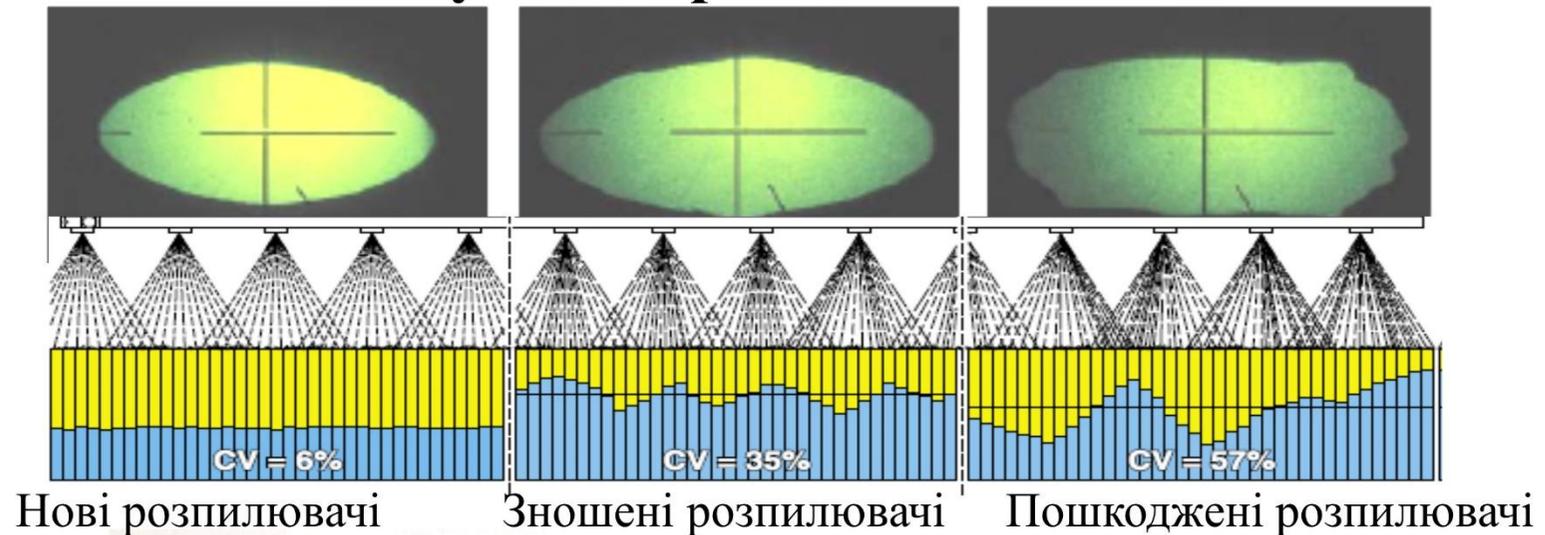


а)

б)

Загальний вид (а), та схема(б) розпилювача
фірми «Lechler» марки «TR»

Аналіз досліджень по гідроабразивному зношуванню розпилювачів



Стійкість до зношення розпилювачів, виготовлених з різних матеріалів. За результатами досліджень фірми HYPRO. Дослідження проводились з розчином каоліну (2,5%) при робочому тиску в 0,3 МПа.

Аналітичне визначення експлуатаційних параметрів розпилювачів

5

Сопловий отвір щілинного розпилювача (рис. 1, а) зношується внаслідок гідроерозії і ресурс розпилювача, у залежності від матеріалу сопла, сягає кілька десятків годин. Найкращий ресурс досягається, якщо сопловий отвір розпилювача не зношується або зношення не впливає на його характеристики.

Ерозійне зношення зумовлене дією на сопловий отвір твердих домішок з робочої рідини. У відомих щілинних розпилювачах найбільш вразливим до такого зношення є сопловий отвір.

Втрата об'єму пластичного матеріалу внаслідок ерозії визначається залежністю:

$$V = Kd^3U_0^3\sqrt{\left(\frac{\rho}{H}\right)^3},$$

де K – відношення складових нормальної F_B та дотичної F_T сили дії частинки на поверхню; d – діаметр частинки; U_0 – швидкість частинки; ρ – густина частинки; H – твердість за Віккерсом поверхні, що піддається ерозії.

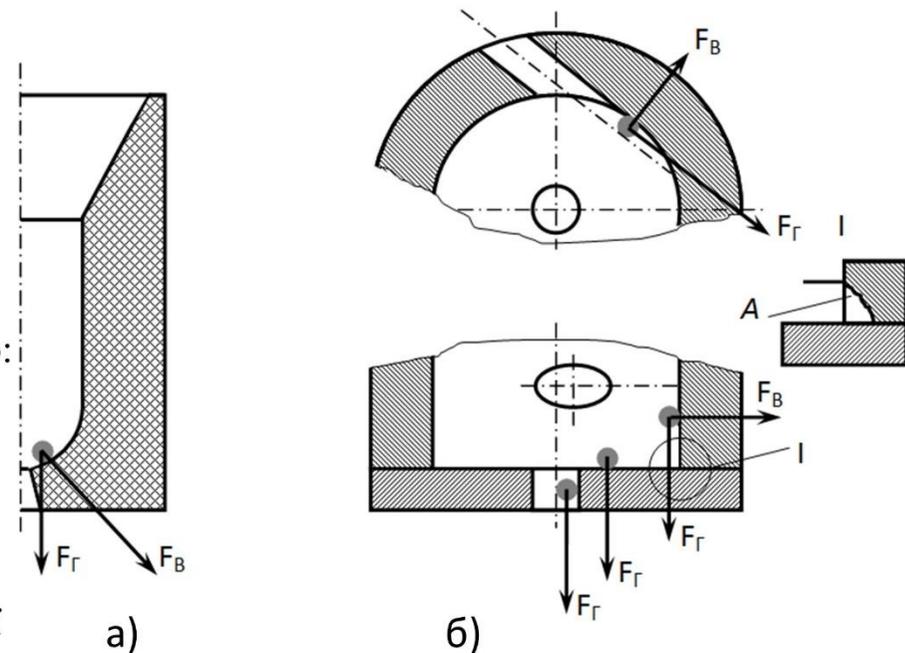


Рис.1. Схема дії твердих домішок робочої рідини на канали розпилювача: а – щілинний, б – відцентровий.

Аналітичне визначення експлуатаційних параметрів розпилювачів

6

На відміну від щілинного розпилювача, у якого для соплового отвору: У відцентрового розпилювача з плоским соплом $K \approx 0$, оскільки відцентрова сила F_B напрямлена горизонтально (рис.1,б) і на порядки більша за масову силу $F_G = mg$.

Під дією масової сили у відцентрового розпилювача буде зношуватися лише торець сопла. Сопловий отвір при такому виконанні сопла захищений від зношення твердими домішками робочої рідини. Для вхідних каналів завихрювача $K \approx 0$. Циліндрична стінка камери закручування під дією відцентрової сили ($K \approx 1$) буде зношуватися частинками, але таке зношення не впливає на витрату рідини. Зношуватиметься поверхня біля сопла, куди зносяться частинки з циліндричної стінки. Виїмка A глибиною до 0,5 мм може з'являтися на стінці завихрювача, але на характеристики розпилювача вона не впливає.

У щілинного розпилювача найбільше буде зношуватись внутрішня поверхня сопла, куди зносяться частинки з каналу. З'являються виїмки глибиною 0,1...0,5мм, це значно впливає на характеристики розпилювача.

Вирішальне значення для зношення має швидкість частинки. Тому проточний тракт повинен мати розміри, при яких швидкість мінімальна. Якщо у щілинному розпилювачі швидкість рідини у сопловому отворі сягає ≈ 17 м/с, то у відцентровому швидкість у вхідних каналах $\approx 4,1$ м/с, а об'єм матеріалу, який зноситься з поверхні, менший у ≈ 70 разів. У сопловому отворі осьова швидкість рідини досягає 12 м/с, але для нього $K \approx 0$. Обертальна швидкість рідини біля циліндричної стінки камери закручування – на рівні 4 м/с, що суттєво зменшує її зношення. Залежність зношення соплового отвору щілинного розпилювача з $K \approx 1$ від діаметра частинок $\sim d^3$ вимагає обов'язкової фільтрації робочої рідини. Так за умови фільтрації з рідини домішок розміром від 300 мкм до 100 мкм зношення зменшується у 9 разів.

Програма, методика досліджень

8

Випробування виконують під час максимального та мінімального тисків, вказаних виробником, а також не менше як на двох проміжних тисках. Різниця між двома послідовними тисками повинна бути менша або рівна 0,5 МПа (5 атм).

Випробовувальний тиск, P потрібно вибирати із вказаного нижче, згідно з максимальним тиском P_5 , який рекомендує виробник:

$0,05 \text{ МПа} < P_5 < 0,3 \text{ МПа} : P = 0,1 \text{ МПа};$

$0,3 \text{ МПа} < P_5 < 0,5 \text{ МПа} : P = 0,3 \text{ МПа};$

$0,5 \text{ МПа} < P_5 < 1,0 \text{ МПа} : P = 0,5 \text{ МПа}.$

3.2.6. Вимірювання витрати рідини відповідно до часу зношування.

Вимірюють витрати кожного з чотирьох насадок, відповідно до часу зношування, вибраного із наступного ряду, залежно від функціональних характеристик матеріалу сопла розпилювача:

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 (хв.)

1 – 1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 7,5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 40 – 50 – 75 – 100 (год.)

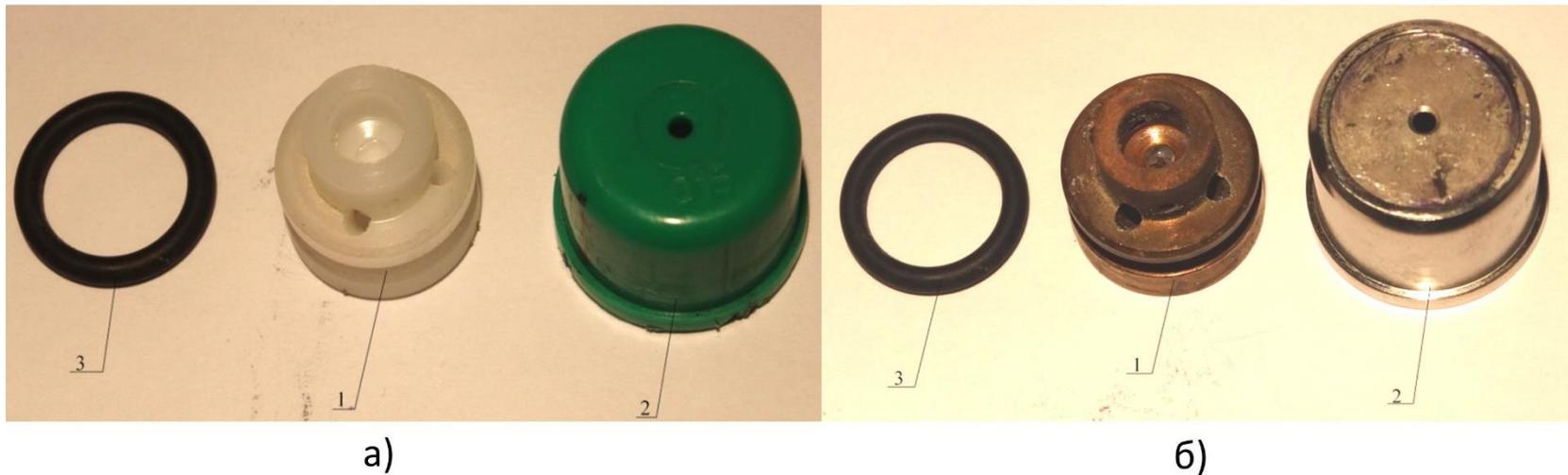
Випробування закінчують, коли збільшення витрати досягає не менше 15 % або час вимірювання досягає 100 год.

Випробовують розподіл розпилювання спочатку і в кінці випробування, після того, коли витрати рідини перевищують початкові показники на 5 %, 10%, 15 %. Обов'язково виконують фото факелу розпилення та розподілу.

Об'єкт дослідження

9

Об'єктом дослідження були обрані відцентрові розпилювачі виготовленні з полімеру та металу



Загальний вид відцентрових розпилювачів:

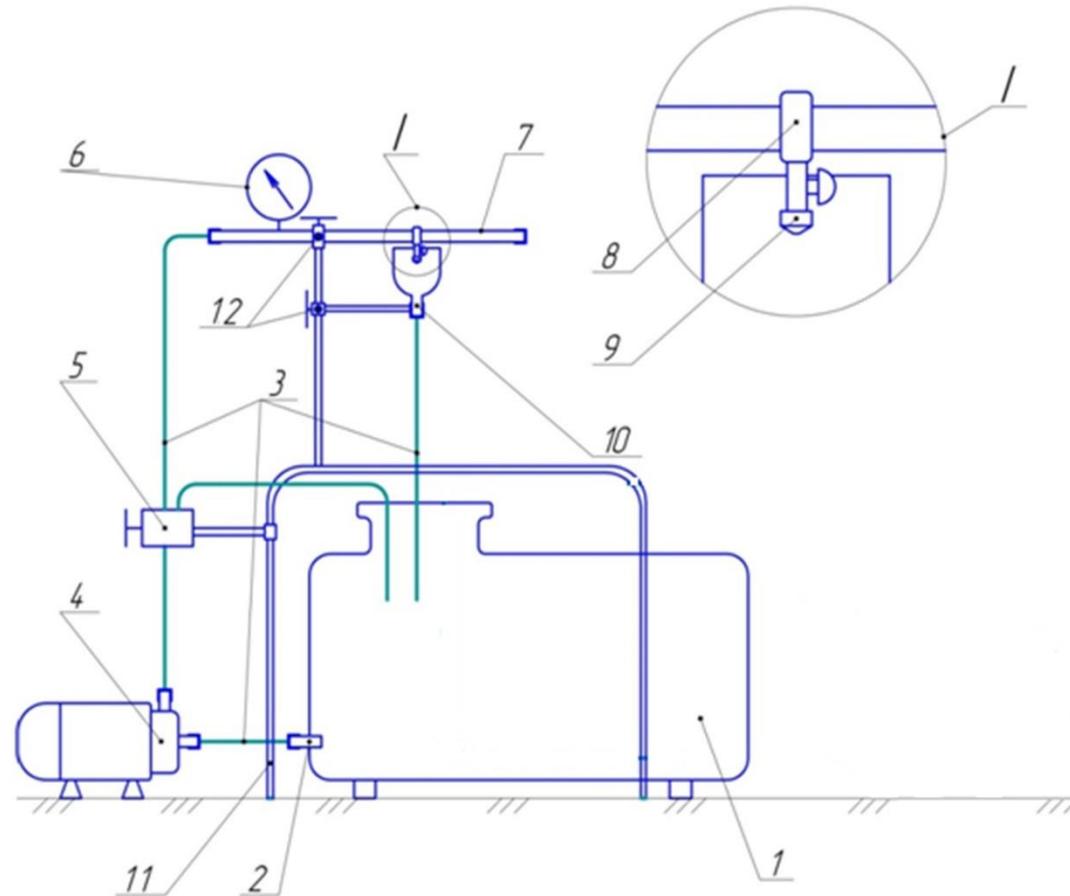
а) полімерний розпилювач фірми «Агромодуль»;

б) металевий розпилювач фірми «Агромодуль».

1 - завихрювач; 2 - корпус; 3 – гумове кільце;

Прилади та обладнання

10



Принципова схема стенда для ресурсних випробувань розпилювачів: 1 – бак; 2 – забірник; 3 – рукав; 4 – насос; 5 – регулятор тиску; 6 – манометр; 7 – штанга; 8 – розпилююча головка; 9 – розпилювач; 10 – лійка; 11 – рама; 12 – тримач.

Прилади та обладнання

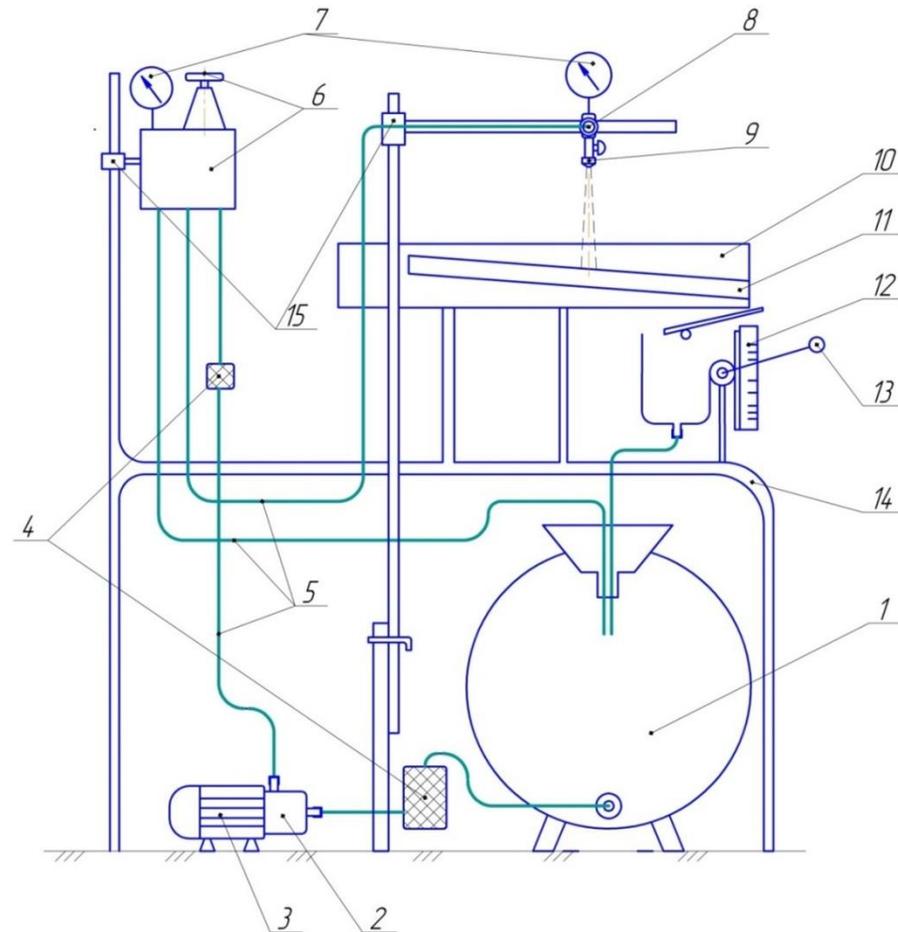
11



Загальний вид стенду для ресурсних випробувань:

1 – бак; 2 – забірник; 3 – рукав; 4 – насос; 5 – регулятор тиску; 6 – манометр;
 7 – штанга; 8 – розпилююча головка; 9 – розпилювач; 10 – лійка; 11 – рама;
 12 – тримач; 13 – радіатор; 14 – перетворювач.

Прилади та обладнання



Принципова схема гідравлічного стенду для дослідження розпилювачів:

1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – фільтр; 5 – рукав; 6 – регулятор тиску; 7 – манометр;
8 – штанга; 9 – розпилююча головка з розпилювачем; 10 – розподілювачі ; 11 – жолоб; 12 – мірні
колби; 13 – поворотний механізм; 14 – рама; 15 – тримач.

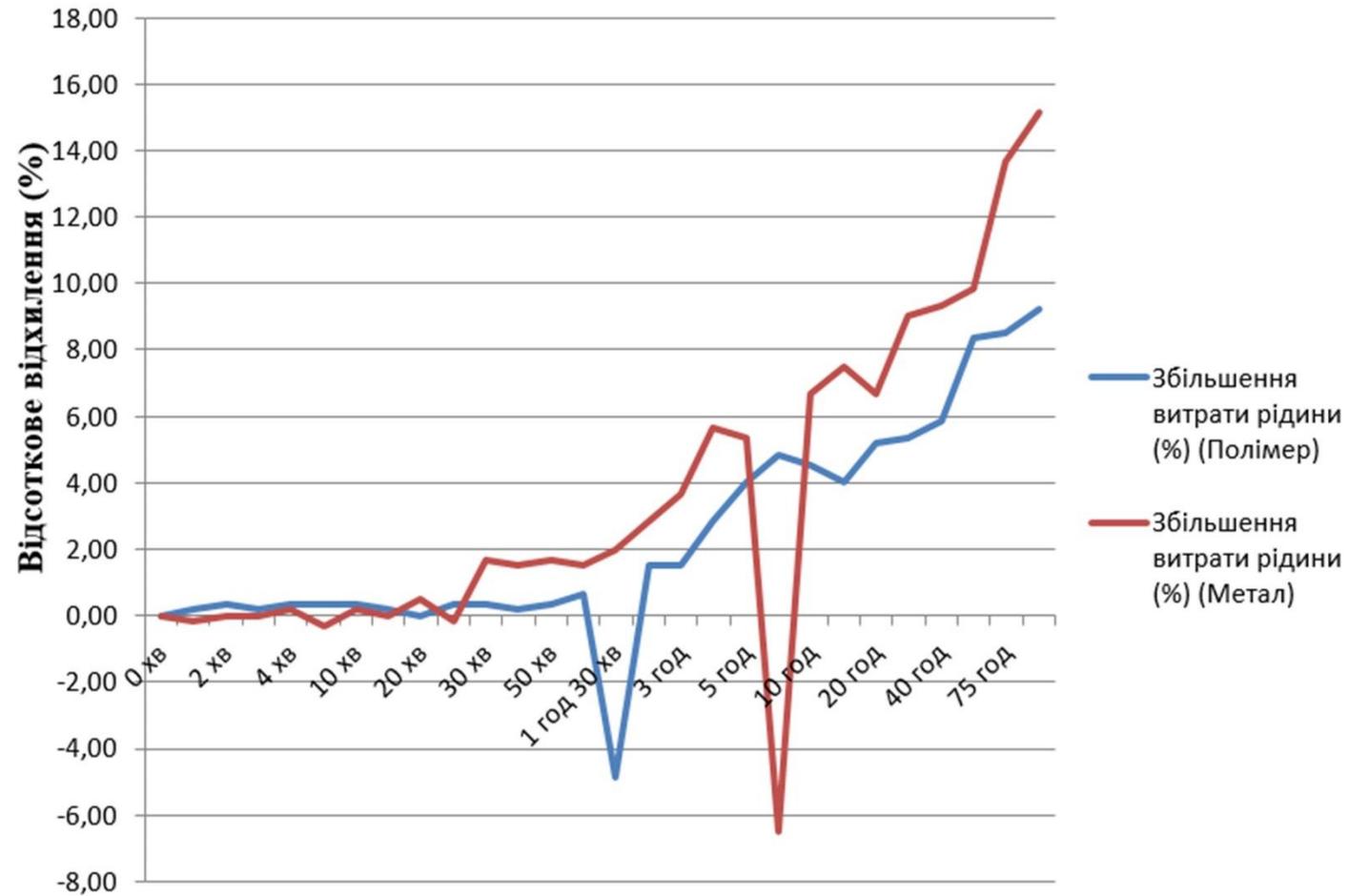
Прилади та обладнання

13



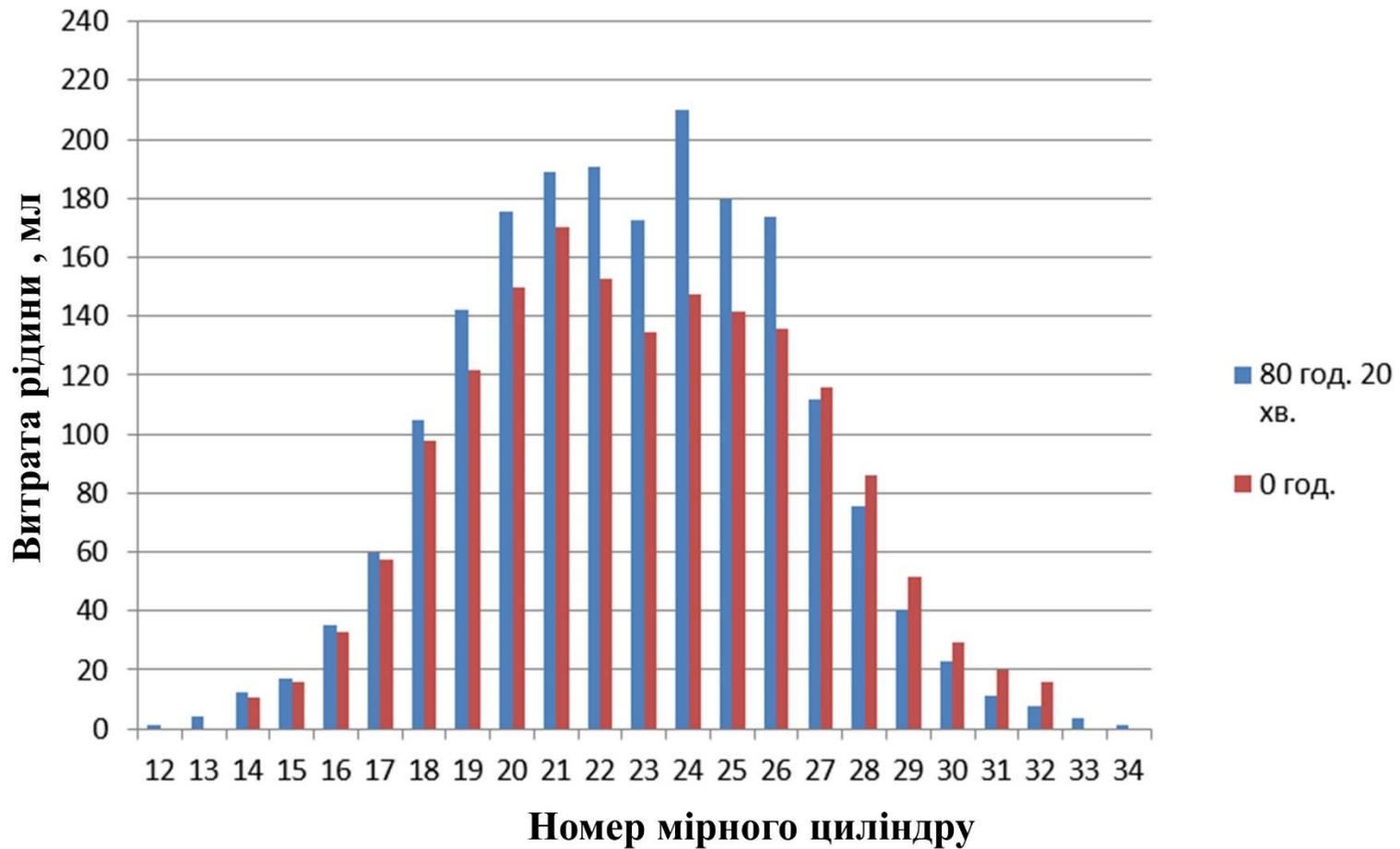
Загальний вид гідравлічного стенду для вимірювання параметрів розпилювачів: 1 – бак;
 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – фільтр; 5 – рукав; 6 – регулятор тиску; 7 – манометр;
 8 – штанга; 9 – розпилююча головка з розпилювачем; 10 – розподільвачі ; 11 – жолоб; 12 – мірні
 колби; 13 – поворотний механізм; 14 – рама; 15 – тримач.

Результати ресурсних досліджень



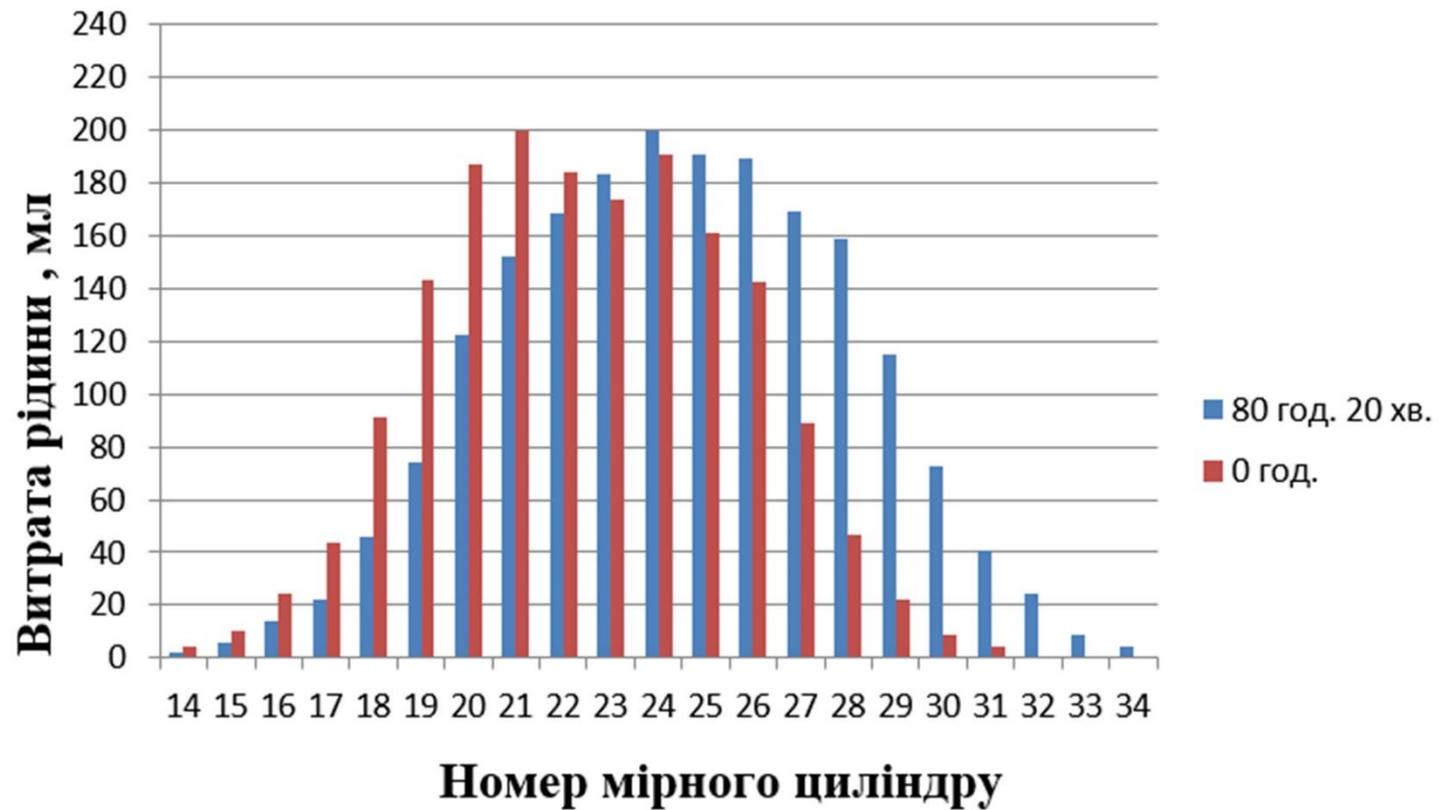
Графік залежності відхилення витрати розпилювачів від часу гідроабразивного зношування

Результати ресурсних досліджень



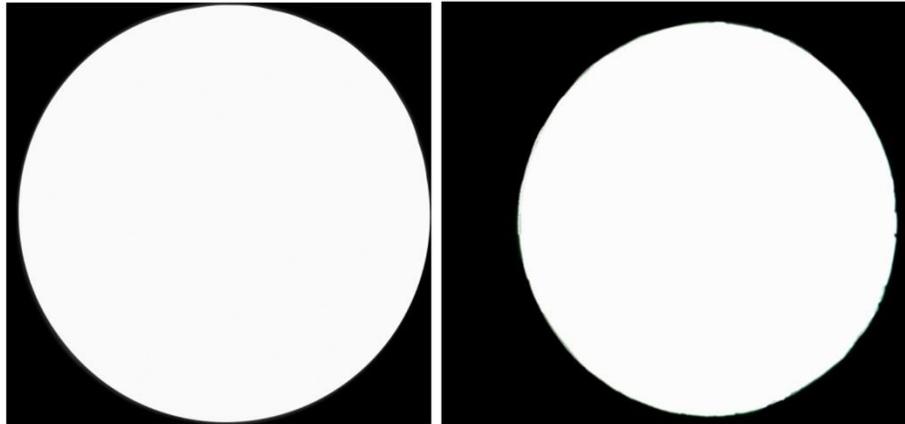
Порівняльна діаграма розподілу рідини по довжині факелу розпилювача №1

Результати ресурсних досліджень



Порівняльна діаграма розподілу рідини по довжині факелу
розпилювача №2

Результати ресурсних досліджень



а)

б)

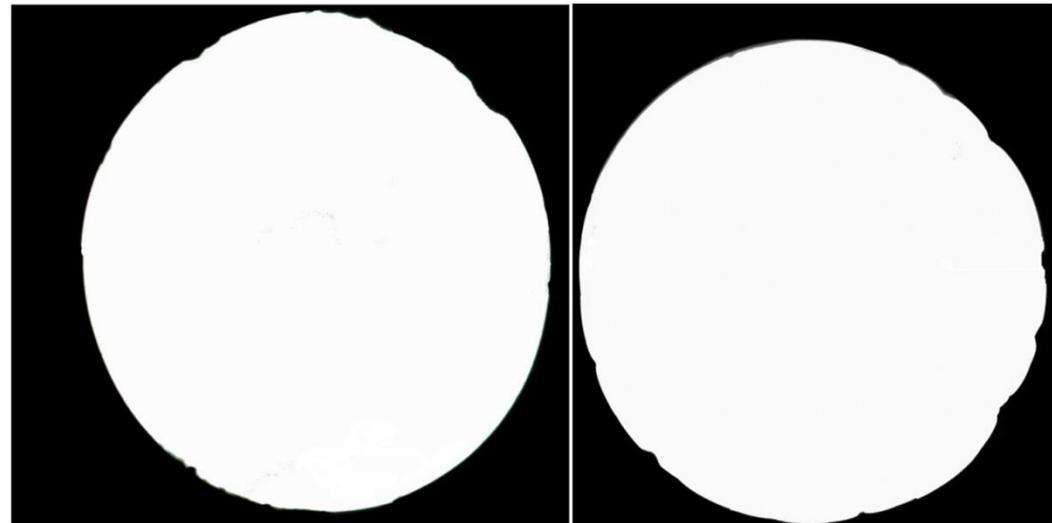
Сопловий отвір відцентрових розпилювачів виконаних з полімерного та металевого матеріалу на різних стадіях зношування.

а) 10 хв. період припрацювання полімерного розпилювача;

б) 10 хв. період припрацювання металевого розпилювача;

в) 80 год. 20 хв. закінчення дослідження полімерного розпилювача;

г) 80 год. 20 хв. закінчення дослідження металевого розпилювача.



в)

г)

Результати ресурсних досліджень



а)

б)

Корпус металевий:
а) зношений; б) новий

Корпус полімерний:
а) зношений, б) новий.



а)

б)

Результати ресурсних досліджень



а)

б)

Корпус металевий:
а) зношений; б) новий

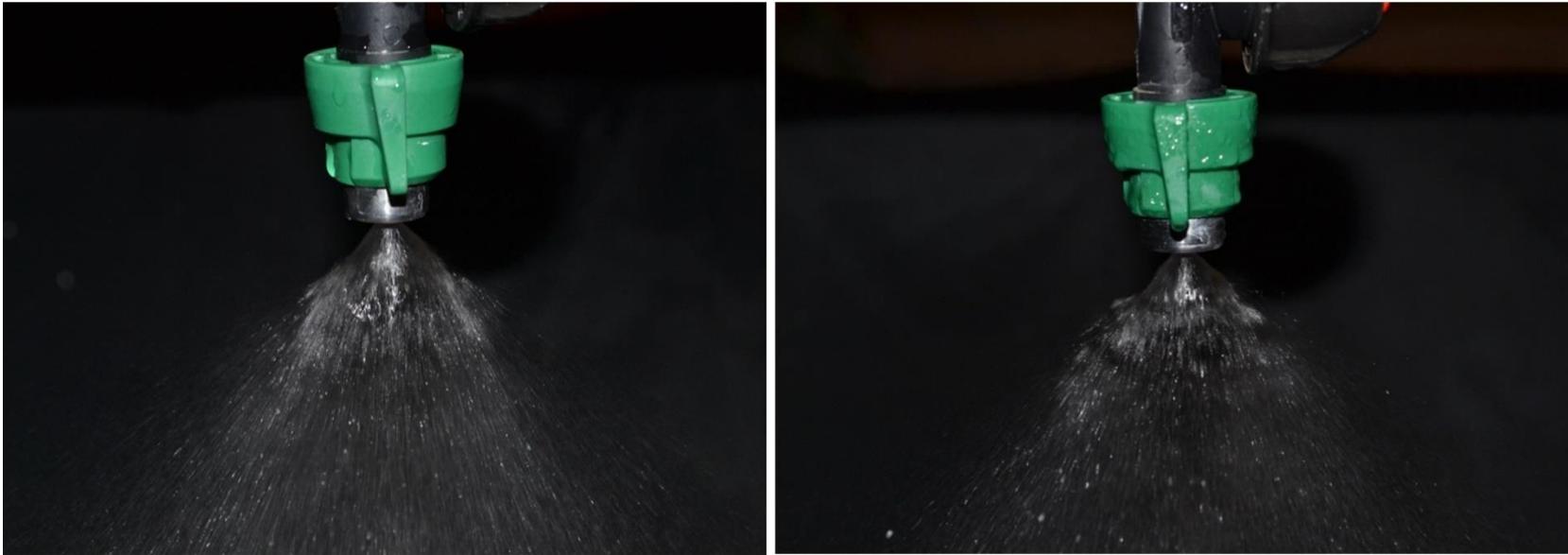
Корпус полімерний:
а) зношений, б) новий.



а)

б)

Результати ресурсних досліджень



а)

б)

Розпилення рідини: а) Фото факелу розпилювача №2 на початку дослідю;б) Фото факелу розпилювача №2 при напрацюванні 80год. 20 хв.

Техніко-економічні показники впровадження

| Показники | Варіанти | |
|---|----------|-----------|
| | базовий | проектний |
| Обсяг роботи, га | 1000 | 1000 |
| Годинна продуктивність, га/год. | 12,96 | 19,44 |
| Витрати палива на 1 га, кг | 0,6 | 0,4 |
| Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| трактора | 184000 | 184000 |
| обприскувача | 148500 | 151000 |
| Всього: | 332500 | 336000 |
| Нормативне навантаження, год. | 77,16 | 51,44 |
| Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього: | 70,36 | 66,05 |
| в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн. | 1,25 | 0,84 |
| амортизаційні відрахування, грн. | 53,3 | 53,64 |
| вартість ПММ, грн. | 13,8 | 9,2 |
| витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн. | 0,68 | 0,45 |
| інші витрати. | 2,05 | 1,92 |
| Капітальні вкладення на 1 га, грн. | 332,5 | 335 |
| Приведені витрати на 1 га, грн. | 120,23 | 116,3 |
| Річний економічний ефект, грн. | - | 3930 |
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | - | 0,64 |

Загальні висновки

1. Базовими розпилювачами на даному етапі розвитку розпилювачів в сучасних агротехнологіях є відцентрові та щілинні розпилювачі які на сьогодні мають велику кількість різних модифікацій для різних умов та видів роботи. Аналіз конструктивних та експлуатаційних показників розпилювачів свідчить, про те що на сьогодні існує чітка тенденція до збільшення надійності, довговічності та зменшення вартості відцентрових розпилювачів за рахунок використання полімерних матеріалів.

2. Розглянуто теоретичні дослідження гідроабразивного та гідроерозійного зношування розпилювачів, аналіз цих даних відцентрових розпилювачів виготовлених з полімерних матеріалів показує, що основний чинник, котрий впливає на ресурс розпилювача є гідроабразивне зношування.

3. Наведено програму та методику експериментальних досліджень ресурсних випробувань відцентрових насадок для обприскування, приведені об'єкти, прилади та обладнання які були використані при проведенні досліджень.

4. За результатами ресурсних випробувань встановлено що зносостійкість полімерного відцентрового розпилювача більша ніж в металевому на 33,27%.

Полімерний відцентровий розпилювач після роботи 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 8,88%, це на 0,0545 л/хв., більше від норми, тоді як металевий відцентровий розпилювач після роботи в 80 год. 20 хв., ресурсних випробувань в середньому давав відхилення від норми 14,73%, це на 0,0883 л/хв., більше від норми, по цим результатам можливо встановити що полімерні розпилювачі більш зносостійкі ніж металеві.

5. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що норма внесення робочої рідини обприскувачем не головна причина зношення розпилювачів, не менш важливим фактором є швидкість потоку рідини.

У ході проведення експерименту, за допомогою мікроскопу досліджувалось гідроабразивне зношування соплового отвору відцентрових розпилювачів. Були зроблені фотографії соплового отвору на різних стадіях зношення, по цим фотографіям видно що розпилювачі виготовлені з полімеру мають більшу зносостійкість, в порівнянні з металевими, але якщо враховувати рівномірність зносу то металеві розпилювачі мають більш рівномірне зношування соплового отвору по всьому контурі. господарства».

6. Проведено розрахунок економічної ефективності, в ході якого одержано результати, які свідчать про економічну доцільність використання розпилювачів для внесення робочих розчинів пестицидів, які виготовлені з полімерних матеріалів. Підставами для цього є одержання річного економічного ефекту в розмірі 3930 грн. та достатньо невеликого терміну окупності додаткових капітальних вкладень за один рік.

7. Лабораторне обладнання, яке було розроблено та виготовлено для проведення експериментальних досліджень може бути використане в подальшому для ресурсних випробувань розпилювачів різних типів, та в освітньому процесі при підготовці фахівців за спеціальністю 208 «Агроінженерія».