

**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:

**Обґрунтування параметрів і режимів роботи інжекторних розпилювачів
пестицидів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-19
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Ткаліч Владислав Сергійович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2020

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача 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

Ткалічу Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів і режимів роботи інжекторних розпилювачів пестицидів

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «8» жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи: 4.12.2020 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. Огляд і аналіз технологій та засобів механізації хімічного захисту рослин. 2. Особливості малооб'ємного внесення пестицидів та розпилювачів для його реалізації. 3. Програма і методика експериментальних досліджень. Прилади та обладнання. 4. Результати аналітичних та експериментальних дослідження і їх аналіз. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 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 та безпека в надзвичайних ситуаціях. 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 | Кравець В.В., доцент | | |
| 6 | Вініченко І.І., професор | | |
| нормоконтроль | Теслюк Г.В., доцент | | |

7. Дата видачі завдання: 8.10.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | до 25.10.2020 р. | |
| 2 | Теоретичний | до 30.10.2020 р. | |
| 3,4 | Експериментальний | до 10.11.2020 р. | |
| 5 | Охорона праці | до 20.11.2020 р. | |
| 6 | Економічний | до 25.11.2020 р. | |
| 7 | Демонстраційна частина | до 04.12.2020 р. | |

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ткаліч Владислав Сергійович. Обґрунтування параметрів і режимів роботи інжекторних розпилювачів пестицидів.

Випускна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 - Агроінженерія. – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2020.

Розрахунково-пояснювальна записка містить **82** сторінки машинописного тексту та 12 слайдів демонстраційного матеріалу.

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

В другому розділі роботи розглянуто теорію динаміки рідинно-повітряного потоку, 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 інжекторних розпилювачів.

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

В шостому розділі проведено розрахунок економічної доцільності впровадження інжекторних розпилювачів при внесенні засобів захисту рослин.

Ключові слова: обприскувач, інжекторний розпилювач, робоча рідина, хвилинна витрата.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 5 |
| 1. ІСНУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР | 9 |
| 1.1. Розвиток конструкцій обприскувачів..... | 9 |
| 1.2. Вдосконалення розпилювачів..... | 13 |
| 1.3. Постановка мети і завдань досліджень..... | 21 |
| 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РІДИННО-ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ | 23 |
| 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ | 31 |
| 3.1. Програма і методика експериментальних досліджень..... | 31 |
| 3.2. Об'єкт дослідження..... | 35 |
| 3.3. Методика обробки результатів експериментальних досліджень..... | 36 |
| 3.4. Прилади та обладнання для проведення експериментальних досліджень..... | 39 |
| 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ | 44 |
| 4.1. Обґрунтування критеріїв оптимізації, факторів і рівнів їх варіювання..... | 44 |
| 4.2. Реалізація експерименту..... | 44 |
| 4.3. Оптимізація конструктивних і кінематичних параметрів розпилюючого пристрою..... | 51 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 59 |
| 5.1. Умови праці та аналіз впливу пестицидів на людину..... | 59 |
| 5.2. Аналіз травматизму при роботі з пестицидами в Україні..... | 60 |
| 5.3. Вимоги до засобів індивідуального захисту | 62 |
| 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ОБПРИСКУВАЧА, ОБЛАДНАНОГО ІНЖЕКТОРНИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ | 66 |
| ВИСНОВКИ | 73 |
| ЛІТЕРАТУРА | 75 |
| ДОДАТКИ | |

ВСТУП

Поряд з оптимальним вибором препаратів для захисту рослин від хвороб та шкідників в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, дуже важливим є питання якості виконання технологічного процесу, його професійне проведення. Особливо це проявляється на тлі екологічних проблем, що загострюються, широкого діапазону препаратів, які перебувають у розпорядженні спеціалістів, і можливих варіантів обробки. При цьому все більшого значення набуває цільова орієнтація на перевірений практикою досвід внесення хімічних засобів захисту рослин [2].

До якості виконання операцій внесення хімічних препаратів та технічних засобів для їх реалізації висувається ряд вимог, основні з яких агротехнологічні - точність дозування препарату, рівномірність розподілу його по оброблюваній поверхні, дисперсність розпилювання та ступінь осаджування крапель і проникнення препарату в масив рослин. При дотриманні оптимальних режимів та умов експлуатації обприскувачів згадані показники якості обприскування обумовлюються встановленими на обприскувачі розпилювачами, і, в першу чергу, типом розпилювальних наконечників.

Близько 90% використовуваних засобів захисту рослин вносяться за допомогою обприскування із застосуванням розпилювачів [2]. В даний час в конструкціях польових обприскувачів застосовується безліч типів розпилювальних пристроїв (розпилювальних наконечників) виробництва різних фірм: плоско струменеві, конусні, інжекторні тощо, які в свою чергу різняться своїми конструкційними та технологічними параметрами (продуктивністю, кутом розпилу, якістю розпилювання, густиною покриття поверхні). Виходячи з умов застосування - технологічних (норм внесення препарату, фази розвитку рослин), кліматичних (температура повітря, швидкість вітру) та пов'язаних з цим екологічних аспектів (знесення краплин вітром та випаровування робочої рідини) - в кожному конкретному випадку доцільне застосування тих чи інших розпилювальних наконечників і спеціалісти господарств часто стоять перед дилемою їх вибору та режимів експлуатації обприскувачів.

Метод обприскування є складним технологічним процесом. Його розвиток ґрунтувався на успіхах фундаментальних наук - механіці і фізиці утворення і осадження рідинних полідисперсних систем з різною мірою диспергування, обчислюваної сотнями мікрметрів, аерозолів з розміром крапель в десяті мікрметрів і високодисперсних аерозолів з розміром частинок в 1 мкм і менше.

Розвиток технічних засобів і технологічних процесів захисту рослин займає, в порівнянні із землеробством і його багатотисячною історією, дуже малий період (дещо більше 100 років), який почався у Франції із створення ранцевих обприскувачів для застосування бордоської рідини на виноградній лозі. Перші гідравлічні обприскувачі з ручним приводом, а потім на кінній і тракторній тязі здійснювали внесення препаратів з нормою більше 3 тис. л робочого розчину на 1 га. При полідисперсному крупнокраплиному обприскуванні рослин із-за стікання великих краплин втрачалось більше 90% вживаних препаратів, що знижувало економічну ефективність захисних заходів і призводило до значного забруднення довкілля.

Технологія, заснована на традиційному гідравлічному диспергуванні робочої рідини, і сьогодні продовжує удосконалюватися з метою підвищення ефективності і точності нанесення розчину на оброблюваний об'єкт, зниження непродуктивних втрат пестицидів в довкіллі.

Для забезпечення конструктивних вимог по безпеці використання пестицидів в багатьох країнах за сприяння ФАО при ООН розроблені спеціальні стандарти. Ключовим елементом обприскуючої техніки є робочий орган - розпилююча форсунка, від якості роботи (розпилювання) якої в значній мірі залежить економічна і біологічна ефективність використання засобів захисту рослин, їх екологічна безпека. Найбільш поширеними типами розпилювачів є гідравлічні - щілинні, вихрові, дефлекторні. Нині світовий ринок обприскуючої техніки на 80% представлений традиційними гідравлічними обприскувачами, а вартість одного виробу, залежно від типу і

конструктивного виконання, коливається в широких межах - від 5 до 100 тис. доларів США [2].

Показники ефективності хімічної обробки польових культур значною мірою залежать від якості роботи розпилювачів. У всьому технологічному процесі роботи обприскувачів розпилювачам відводиться особливе місце. З практики відомо, що можна застосовувати найефективніші препарати, вносити їх сучасними обприскувачами, використовувати новітні технології, але помилитися лише у виборі розпилювачів — якість та ефективність хімічного догляду різко знижується. Тому розпилювачі відіграють дуже важливу роль у всій ланці проведення хімічної обробки посівів.

Усі типи гідравлічних розпилювачів не забезпечують диспергування робочих рідин на краплини оптимальної величини: в спектрі розпилу завжди є різні класи краплин, які відрізняються по діаметру, масі і об'єму, що міститься в краплях рідини - від дрібних і дуже дрібних до великих і дуже великих. В наслідок цього при обприскуванні завжди відзначаються непродуктивні втрати пестицидів із-за зносу дуже дрібних краплин (20-80 мкм) і стікання дуже великих (360-1000 мкм) з цільової поверхні на ґрунт. Тільки краплі розмірами 80-360 мкм працюють раціонально. Крім цього, останнім часом значна увага приділяється надійності та довговічності розпилюючих пристроїв, які виготовлені з різних матеріалів.

Істотно ефективніші інжекторні розпилювачі. Вони створюють спрямований потік пінних крапель, насичених повітряними бульбашками. Такі краплі мають розмір 500 мкм і більше. Стикаючись з цільовою поверхнею, вони лопаються і покривають її тонкою плівкою. Це дозволяє використовувати препарати з мінімальними втратами, так як пінні краплі не зкочуються з поверхні, а дрібні краплі, що зносяться вітром при роботі інжекторного розпилювача відсутні.

Метою роботи є оптимізація конструктивних і режимних параметрів інжекторного розпилювача на основі проведення теоретичних та лабораторних досліджень.

Об'єкт дослідження – інжекторні розпилювачі, які мають різні конструктивні параметри.

Предмет дослідження – вплив конструктивних та технологічних параметрів на характеристики роботи розпилювача.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження інжекторних розпилювачів виконувались у лабораторних умовах на стенді.

Особистий внесок здобувача. Проведено аналіз сучасного стану та перспективи розвитку технічних засобів застосування пестицидів обприскуванням. Визначено напрямки та обрано методи досліджень. Виконано експериментальні дослідження у лабораторних умовах. Проведено аналіз отриманих даних та сформульовано узагальнення.

Публікації. За змістом і результатами роботи опубліковано тези доповіді IV міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, м. Харків 26-27.11.2020 р.

1. ІСНУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1.1. Розвиток конструкцій обприскувачів.

У 1924 році ленінградський завод "Вулкан" вперше виробив ранцевий апарат "Тремасс", а в 1931 році - кінний обприскувач з шириною захвату 6,16 м. У зв'язку з колективізацією сільського господарства потреба у вітчизняних обприскувачах росла дуже швидко [27, 41]. До 1941 року створюються і випускаються кінно-лабораторні обприскувачі "Піонер", кінний обприскувач "Вулкан", тракторний навісний обприскувач ТН-2, обприскувач для бавовняних полів АТ. З 1941 по 1954 роки розширюються роботи із створення нових машин для хімічного захисту рослин. Випускаються тракторні навісні обприскувачі ОДН і ОУН-6, обприскувач-обпилювач ОКС, аерозольний генератор АГ-Л6. У 1954-1955 роках ВІЗР і ВІСХОМ вперше розробили систему машин для захисту рослин, яка включала 49 різних найменувань. Замість кінно-моторних створені нові причіпні і начіпні обприскувачі і обпилювачі. Основним виробником сільськогосподарських обприскувачів був завод "Львівсільмаш" (м. Львів).

Обприскувач-обпилювач комбінований ОНК-Б навішувався на трактор, мав два резервуари місткістю 550 л і ширину захвату 10 м. Висота штанги над поверхнею ґрунту регулювалася в межах від 0,4 до 0,85 м. Робочий тиск - 0,8 МПа, витрата робочої рідини - 200...600 л/га [27] .

Вдосконалення штангових обприскувачів йшло шляхом підвищення їх продуктивності за рахунок збільшення ширини захвату. Роботи в області механізації захисту рослин з 70-х років ХХ століття і до теперішнього часу спрямовані на виключення основного недоліку обприскуючої техніки - знесення препарату за межі ділянки поля, що обробляється шляхом:

- сепарації дрібних крапель-супутників;
- використання піни як носія препарату;
- контактного способу нанесення препарату;

- застосування гранульованих і мікрогранульованих препаратів;
- використання примусового осадження крапель робочої рідини (за допомогою повітряного потоку, утворення повітряної завіси, або електростатичної зарядки крапель робочої рідини).

По технологічних способах обробки обприскувачі бувають: для суцільних і для локальних обробок [6].

Незважаючи на велике різноманіття машин для хімічного захисту рослин, усі вони виконані за єдиною принциповою схемою (рис. 1.1), що передбачає послідовне виконання дозування робочого розчину, подрібнення його на частки заданого розміру і транспортування часток робочого розчину на об'єкт обробки.

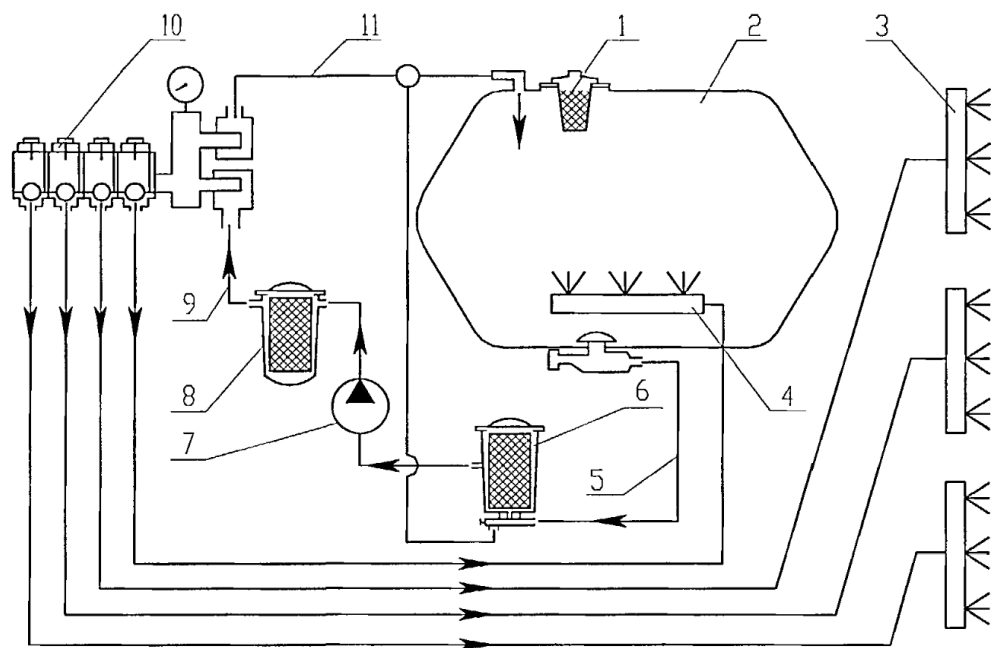


Рис. 1.1. Принципова схема обприскувача: 1 – залівний фільтр; 2 – бак; 3 – секція штанги з розпилювачами; 4 – гідромішалка; 5 – всмоктуюча магістраль; 6 – фільтр всмоктуючої магістралі; 7 – насос; 8 – фільтр напорної магістралі; 9 – напорна магістраль; 10 – пульт розподілу і регулювання витрати рідини; 11 – зворотня магістраль.

Обприскувач має резервуар для робочої рідини 2 з гідромішалкою 4, фільтр 1 із заправною горловиною, всмоктуючу комунікацію 5 з фільтром 6, насосний агрегат 7, регулювальник-розподільник 10, напірну комунікацію 9 з фільтром 8, штангу 3 з розпилюючими наконечниками. При русі агрегату робочий розчин,

розташований в резервуарі, насосом через фільтр подається під тиском по гідрокомунікаціям до розпилюючих пристроїв. Необхідний тиск в магістралі встановлюється регулятором і контролюється по манометру. Розпилюючі пристрої подрібнюють робочий розчин на краплі і транспортують їх на об'єкт обробки. Таким чином, обприскувачі мають ряд однакових за призначенням, але різних по будові конструктивних елементів [2].

На обприскувачі можуть використовуватися робочі органи різних типів.

Рециркуляційні обприскувачі, характеризують тим, що частина робочого розчину, що не осіла на бур'яни, повертається назад в бак за допомогою спеціального уловлюючого пристрою. Застосовувати такий спосіб обприскування доцільно при роботі з гербіцидами, які змочуючи тільки верхівку бур'яну, проникають в стебла і кореневу систему. Бур'яни повинні перевищувати культурні рослини не менше ніж на 15 см

Переваги такого обприскування полягає в економії 60..80% робочого розчину навіть при обробці сильно засмічених ділянок. Крім того, пестициди майже не потрапляють на культурні рослини, виключається знесення препарату, що дозволяє працювати на підвищених швидкостях і при вітрі [21] .

Для зниження знесення вітром крапель робочої рідини застосовують пристрій для нахилу рослин (рис. 1.2), у вигляді гладенької труби, яка закріплена на штанзі обприскувача.

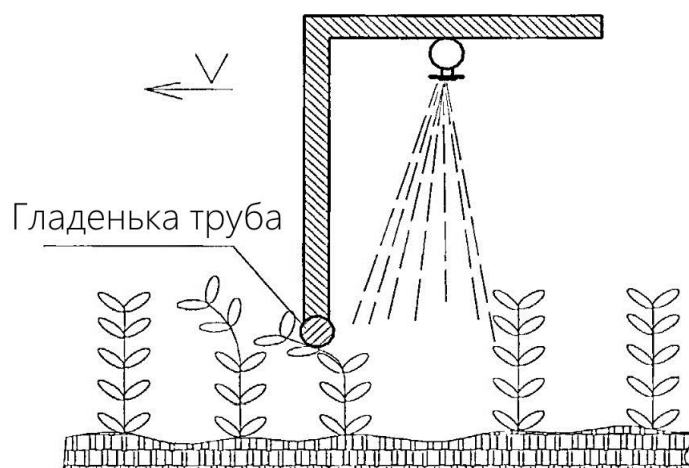


Рис. 1.2. Пристрій для нахилу рослин при обприскуванні

Під час руху машини в напрямку V труба притискує стебла культури вниз і, тим самим, створює вільний простір в посівах, в який вноситься розчин робочої рідини. При цьому штанга з розпилювачами переміщається на відстані близько 20 см над верхівками посівів культури [30].

Відомі обприскувачі з пневмоштангою (рис.1.3), виконаною з поліхлорвінілової плівки, яка наповнюється повітрям за допомогою вентилятора.



Рис. 1.3. Обприскувач з пневмоштангою

Повітряний потік поступає в спеціальний дозатор-розподільник, де ділиться на дві частини. Перша частина змішується з краплями робочої рідини, а друга використовується для осадження крапель. Такими обприскувачами можна проводити обробку при швидкості вітру до 8 м/с. Листя покривається розпорошеною рідиною з лицьової і тильної сторін, знижуються втрати препарату за рахунок зменшення зносу розпорошеної рідини. Недоліки: збільшення вартості обприскувача, збільшення маси штанги, додаткові витрати енергії на привід вентилятора [20].

У контактних обприскувачів (рис. 1.4) робочі органи виконані у вигляді гніту 5, який зафіксовано між кронштейном і подовжньою планкою 4. У середині подовжньої планки є спеціальні вирізи, в які подається робоча рідина. Труба 1 з отворами 2, по якій подається розчин пестициду, який змочує пористий матеріал, а через нього і бур'яни. Ці обприскувачі призначені для застосування неселективних гербіцидів в боротьбі з бур'янами, вищими, ніж культурні рослини [15].

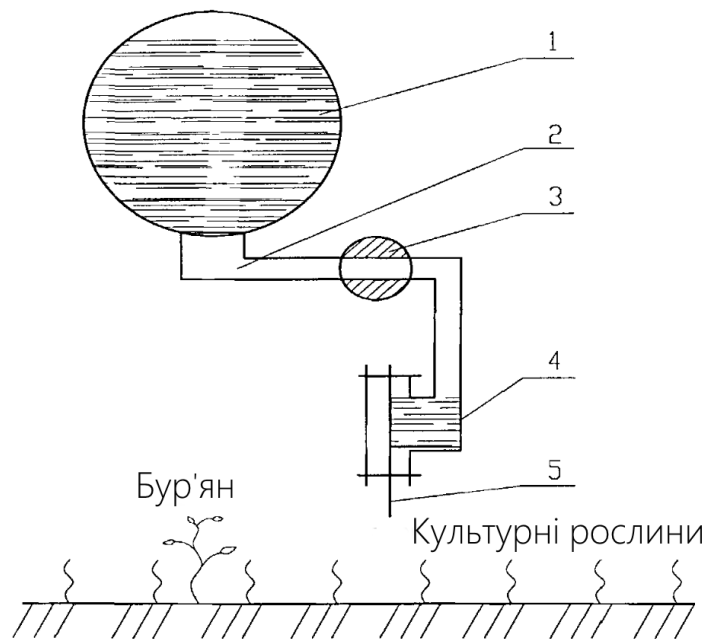


Рис.1.4. Контактний обприскувач: 1 – труба; 2, 3 – магістраль для подачі робочого розчину; 4 – поздовжня планка; 5 – гніт.

У табл. 1.1 представлені характеристики традиційних технічних засобів для різних технологій обприскування, а також принципово нових екологічно безпечних, що випускаються як в Україні так і за кордоном

Аналіз технічного рівня сучасних обприскувачів показує [28], що ширина захвату змінюється від 10 до 30 м, максимальна місткість робочого бака складає 4000 л, продуктивність 27...30 га/год, норма витрати робочої рідини в межах 75...300 л/га. Нерівномірність витрати робочої рідини між окремими розпилювачами в усіх обприскувачів знаходиться орієнтовно в межах норми. Краща полідисперсність (відношення числа великих крапель до дрібних) у обприскувача ОМП - 601. Відхилення витрати робочої рідини і концентрації від заданої в усіх обприскувачів знаходиться в межах нормативних значень.

1.2. Вдосконалення розпилювачів.

Ключова деталь обприскуючої техніки - розпилювач, від якого залежить економічна і біологічна ефективність засобів захисту рослин, їх екологічна безпека [33].

Початок розвитку розпилюючих пристроїв відноситься до другої половини ХІХ століття [41]. Тоді Шпаковим в Росії і Ейзоном в Англії було

запропоновано пневматичний розпилювач для розпилювання нафти при її спалюванні. У 1894 році випустили перший гідравлічний відцентровий розпилювач. Перші вітчизняні обприскувачі комплектувались гідравлічним відцентровим розпилювачем, що складався з корпусу з отвором для виходу рідини назовні і щільно вставленого в нього осердя з гвинтовою нарізкою.

Розробці конструкцій і обґрунтуванню параметрів схем розпилювачів присвячені праці багатьох учених. Білецький І.М. створив загальні технологічні схеми застосування гербіцидів і засобів механізації їх внесення. Дунский В. Ф., Нікітін М.В. і Соколов М.С. обґрунтували теоретичні і практичні положення генерації, поширення, осадження аерозолів, випаровування крапель, а також параметри монодисперсних розпилювачів для малооб'ємного і ультрамалооб'ємного обприскування пестицидами. Пажі Д.Г. і Галустов В. С. виконали аналіз різних типів розпилювачів, що використовуються в хімічній промисловості для розпилювання рідин, і запропонували методи їх розрахунку.

Нині в сільськогосподарському виробництві використовується велика кількість різноманітних конструкцій розпилюючих пристроїв, що реалізують різні способи розпилювання. Згідно класифікації Дитякіна Ю.Ф. [14], розпилювачі поділяють на гідравлічні, механічні і пневматичні.

У гідравлічних розпилювачах рідина подрібнюється на краплі за рахунок тиску нагнітання усередині розпилювача (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Інжекторні (ліворуч) та щілинні (праворуч) розпилювачі в роботі

У механічних розпилувачах рідина отримує енергію внаслідок тертя об робочий елемент, що обертається. Набуваючи обертального руху, вона під дією відцентрових сил з швидкістю покидає розпилувач і подрібнюється на краплі.

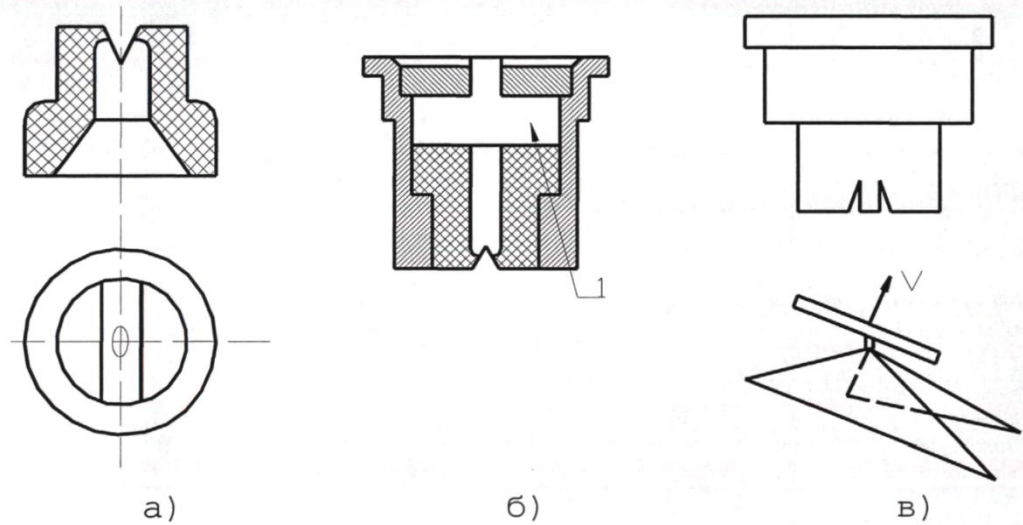


Рис.1.6. Щілинні розпилувачі: а – звичайний щілинний розпилувач; б – розпилувач із зниженим дрейфом крапель (1 – додаткова порожнина); в – подвійний щілинний розпилувач.

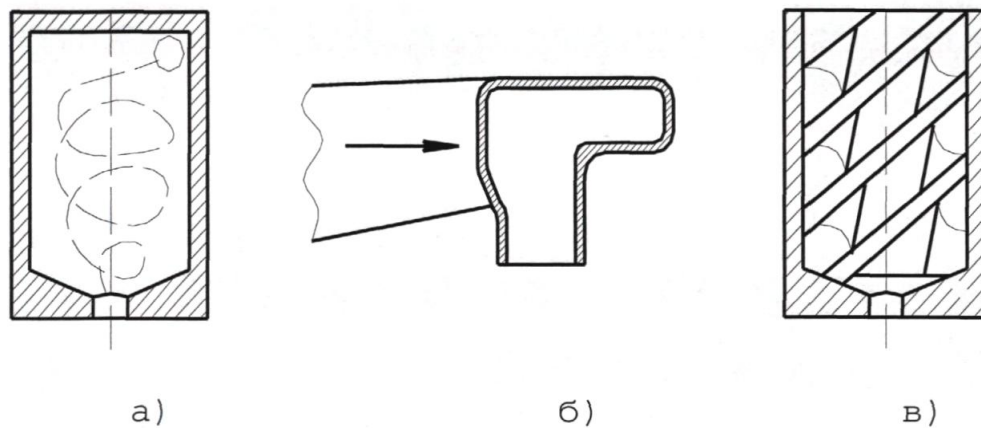


Рис. 1.7. Відцентрові розпилувачі: а – тангенційний; б – евольвентний; в – відцентровий розпилувач з осердям.

У табл. 1.2 приведено технічний рівень гідравлічних і механічних розпилувачів [40].

У табл. 1.3 приведено основні порівняльні характеристики гідравлічних і пневматичних розпилувачів [11].

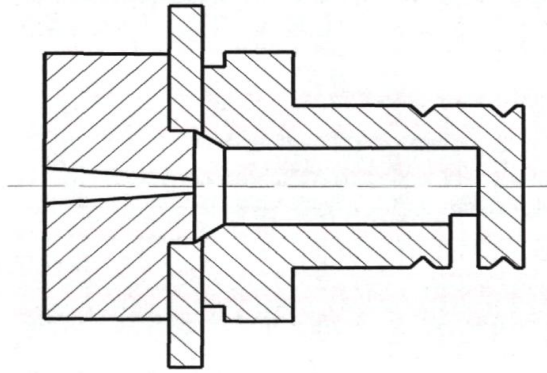


Рис. 1.8. Дифлекторний розпилювач

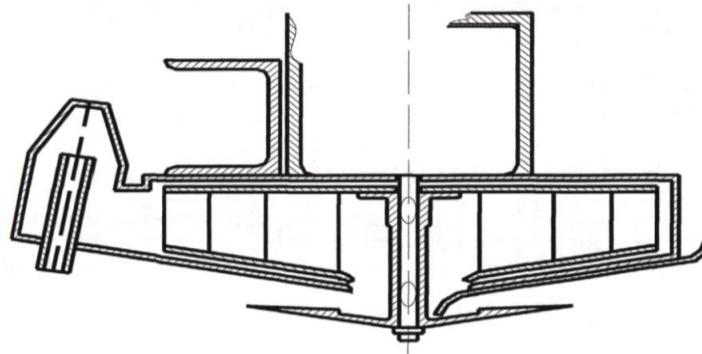


Рис.1.9. Обертовий розпилювач з примусовим відокремленням крапель і повторним розпиленням

Аналіз табл. 1.3 показує, що у розпилювачів вітчизняного виробництва середній медіанно-масовий діаметр крапель 275 мкм. Це дозволяє застосовувати їх для захисту рослин від різних шкідливих організмів.

Порівнюючи щілинні розпилювачі ГСКТБ (м. Львів) і фірми "Teejet", що мають порівняну витрату робочої рідини в одиницю часу, бачимо, що розпилювачі утворюють краплі приблизно однакового діаметру. При використанні розпилювачів РЩ-110-1,6 доля втрат із-за знесення дрібних крапель складає 4,5% від загального об'єму рідини, що розпилюється, а із-за стікання великих крапель - близько 31% [25]. Щілинні розпилювачі "Teejet" за розміром утворюваних крапель і щільності покриття мають невеликі відхилення по ширині захвату факела, в порівнянні з розпилювачами вітчизняного виробництва. Діаметр крапель у розпилювачів вітчизняного виробництва мало змінюється по ширині факела, але щільність покриття дуже нерівномірна [23].

Витрата робочої рідини через щілинні розпилювачі однакового типорозміру у вітчизняних і зарубіжних виробників істотно не відрізняється.

Пневматичний розпилювач ежекційного типу (рис.1.10) [39] виконаний у вигляді кільцевої камери 1, утвореної корпусом і змінним жиклером 2, усередині якої стислим повітрям інжектуються з жиклера робоча рідина. Повітряний потік, що подається під тиском, захоплює рідину і подрібнює її на дрібні частки, утворюючи факел розпилу.

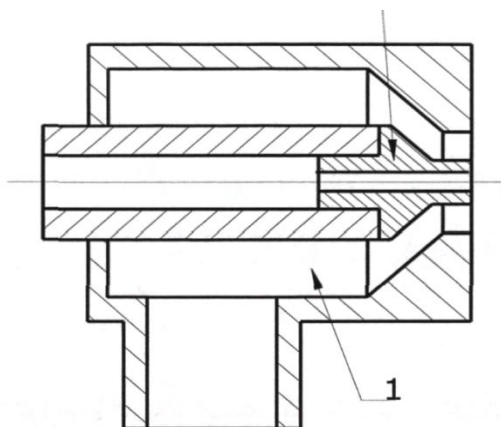


Рис.1.10. Пневматичний розпилювач ежекційного типу: 1 – кільцева камера; 2 – змінний жиклер.

У пневматичних розпилювачів енергія підводиться до рідини в результаті динамічної взаємодії її з швидкісним потоком газу або газ підводиться до рідини за рахунок різниці тисків [2] .

Норму витрати робочої рідини встановлюють прохідним перерізом жиклера 2. Тому для отримання необхідної дисперсності розпилу слід змінювати тільки тиск повітря, який повинен знаходитися в межах 0,2..0,5 МПа. Частки розпиленої рідини подаються на оброблюваний об'єкт повітряним потоком і глибше проникають в гущу рослин.

Проте конструкція розпилювача складна, оскільки потребує монтажу додаткового устаткування для подачі повітря - генератора.

Існує ежекційний розпилювач, розроблений Шершабовым І.В. (рис. 1.11). Він складається з гідравлічного 1 і ежекційного насадка 2. У гідравлічному насадку 1 формується компактний струмінь робочої рідини, який при переміщенні з високою швидкістю утворює вакуум у вхідному отворі 3, захоплюючи за собою атмосферне повітря. Водоповітряна суміш, що

утворюється, ударяючись об дефлектор 4, виходить через вихідний отвір 5 у вигляді плоского факела. Розпилювач призначений для крупнокапельного обприскування. Укрупнення крапель у факелі розпилу - це наслідок того, що в'язкість водоповітряної суміші перевищує в'язкість робочої рідини.

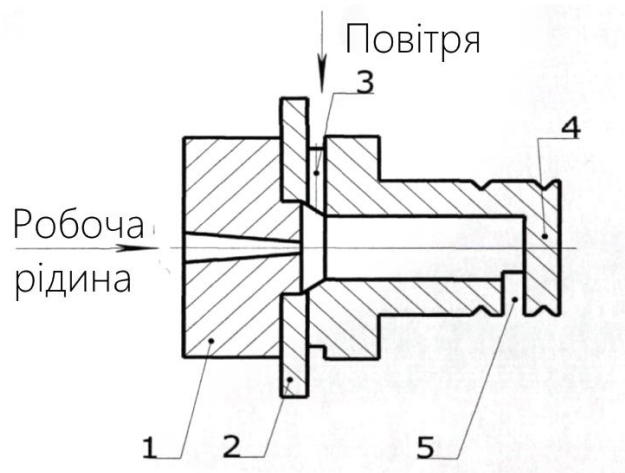


Рис. 1.11. Ежекційний розпилювач конструкції Шершабова І.В. : 1 – гідралічний насадок; 2 – ежекційний насадок; 3 – отвір для повітря; 4 – дифлектор; 5 – вихідний отвір.

В результаті 80-95% робочої рідини осідає на оброблюваному об'єкті; внаслідок високої енергії великих крапель з'являється можливість обробки посівів при швидкості вітру до 5 м/с; знесення розпиленої рідини мінімальне [6]

Комплекс позитивних властивостей мають сучасні інжекторні розпилювачі (рис. 1.12, а, б). Виробляють їх фірми "Agrotop" і "Lechler" (Німеччина), "Teejet" і "Billerica Farm Services" (США), "Albuz" (Франція) та ін. Формуючи великі краплі, такі розпилювачі забезпечують точне дозування препарату, що вноситься, і його рівномірний розподіл на об'єкті. Хороше проникнення в масив рослинності, низька випаровуваність великих крапель і менша податливість зносу вітром сприяє економії коштів при захисту рослин [25]

При роботі інжекторного розпилювача (рис. 1.12, а) [38] робоча рідина під тиском надходить через камеру 1 і канал 2 в камеру змішування 4. Внаслідок переміщення рідини з великою швидкістю, в отворі 3 виникає розрідження і в нього засмоктується атмосферне повітря. У камері 4 утворюється рідинно-повітряна суміш, яка надходить в розширювач Вентури 5, потім щільним розпилювачем 6 подрібнюється на краплі і розподіляється по оброблюваній поверхні. Змінний переріз витратоміру Вентури створює умови

для кращого перемішування рідинно-повітряної суміші за рахунок зміни її швидкості [33]. Рідинно-повітряні краплі, які містять декілька повітряних бульбашок (рис. 13, а), більші. Потрапивши на лист рослини, вони розпадаються на дрібніші елементи, які, лопаючись, покривають тонкою плівкою його поверхню (рис. 14, а). Завдяки силам поверхневого натягу рідинна плівка добре утримується на поверхні листа, а відсутність дрібних крапель виключає втрати робочої рідини в результаті випару або зносу вітром (рис. 15).

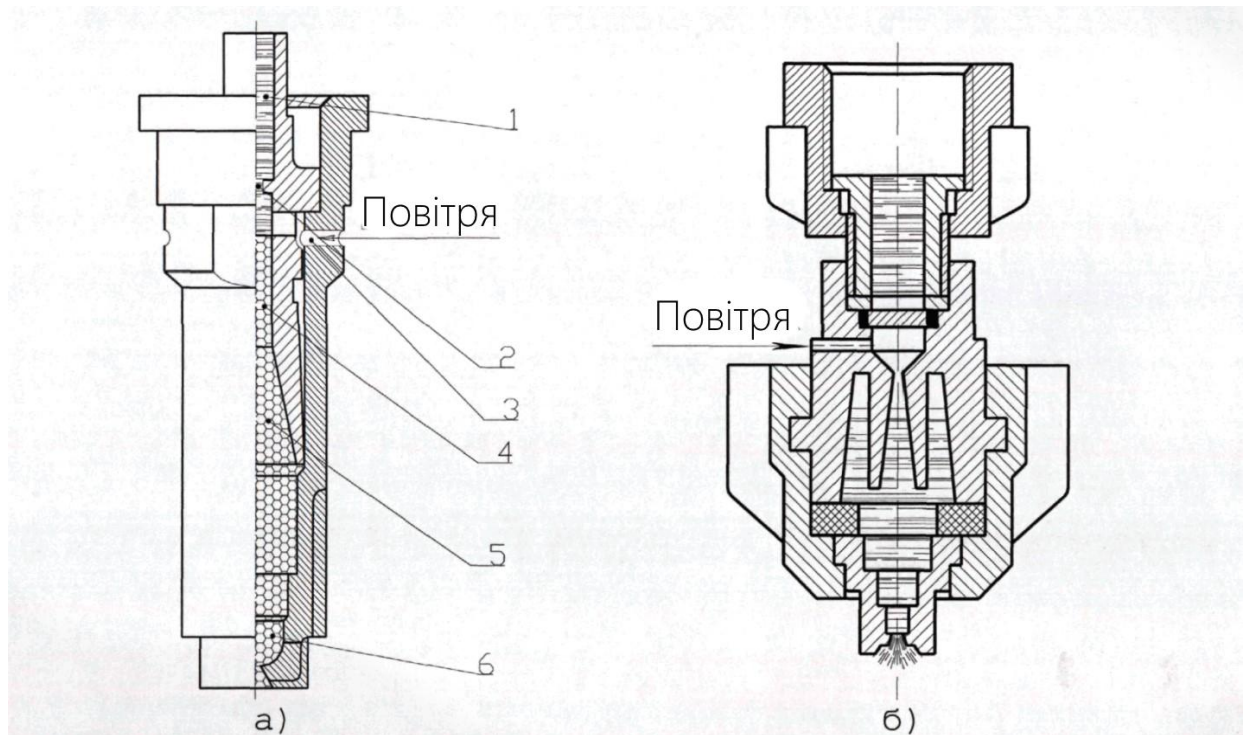


Рис. 1.12. Інжекторні розпилювачі: а – розпилювач фірми «Lechler», 1 – камера; 2 – канал; 3 – отвір для всмоктування повітря; 4 – камера змішування; 5 – розширювач Вентурі; 6 – щілинний розпилювач; б – розпилювач фірми «Agrotop».

Для порівняння зображений процес покриття поверхні, яка обробляється під час роботи обприскувача з щілинними розпилювачами (рис. 1.13, б і 1.14, б).

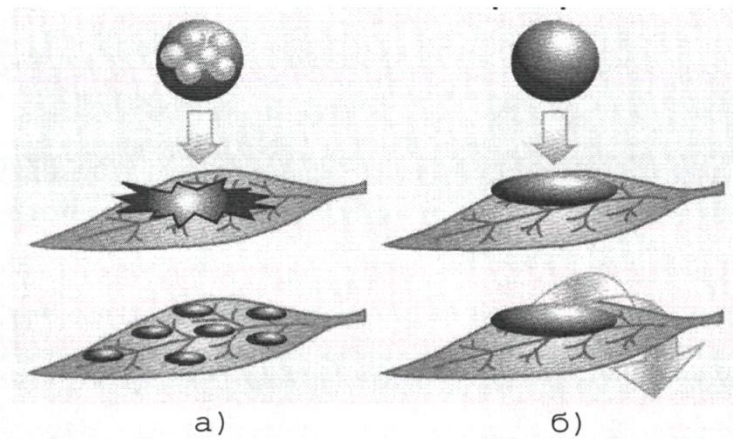


Рис. 1.13. Покриття поверхні робочою рідиною: а – інжекторним розпилювачем; б – щілинним розпилювачем.

У інжекторних розпилювачів виконуються один або два повітревсмоктуючі отвори (рис. 1.16). Використовуються інжекторні розпилювачі для захисту польових культур з діапазоном робочого тиску від 0,2 до 0,6 МПа, а в деяких випадках до 0,8 МПа, монтаж їх полегшений за рахунок байонетного кріплення до корпусу.

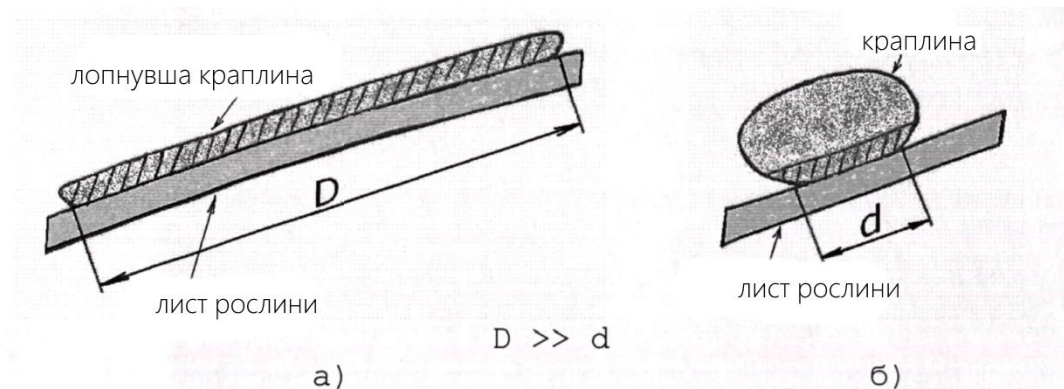


Рис. 1.14. Площа покриття поверхні при обприскуванні: а – інжекторним розпилювачем; б – щілинним розпилювачем.

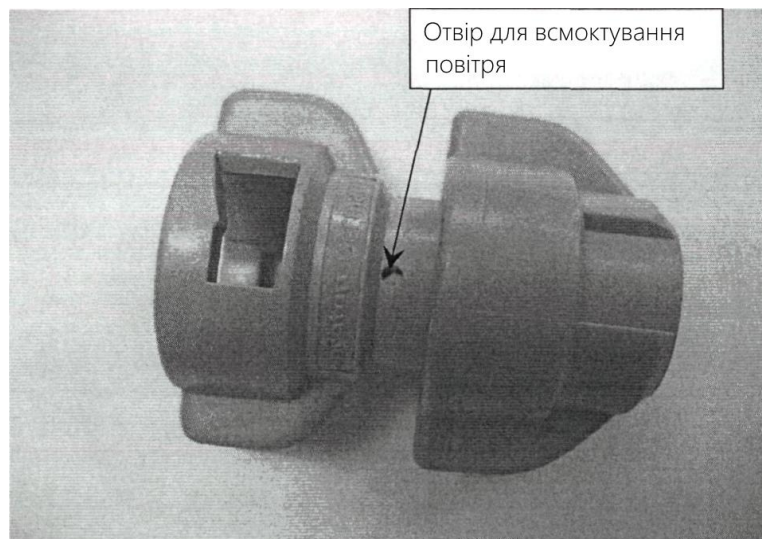


Рис. 1.15. Повітресмоктуючі отвори інжекторного розпилювача фірми «Agrotop»

Розпилювачі "AITEEjet" фірми "Teejet" призначені для нанесення контактних пестицидів з кутом факелу розпилу 95° . Фірма "Lechler" освоїла випуск інжекторних розпилювачів IS для обприскування країв поля з кутом факелу розпилу 80° і автоматичним очищенням повітресмоктуючих отворів.

Інжекторні розпилювачі фірми "Lechler" поділяють по своїх розмірах на компактні (IDK) і традиційні довгі (ID) [16]. Компактні розпилювачі призначені для роботи в області низьких тисків (0,25 МПа). Підвищення тиску більше 0,25 МПа призводить до інтенсивного подрібнення крапель.

Довгі інжекторні розпилювачі мають ті ж властивості, але в значно більшому діапазоні робочого тиску. Застосування інжекторних розпилювачів дозволяє збільшити робочу швидкість агрегату до 10 км/год та проводити обробку при швидкості бічного вітру до 5 м/с.

1.3. Постановка мети і завдань досліджень.

У зв'язку з широким застосуванням в сільському господарстві ХЗЗР зростає актуальність еколого-економічної ефективності їх використання шляхом вдосконалення робочих органів польових обприскувачів. Агротехнічно ефективний розмір крапель розпиленої рідини знаходиться в діапазоні 80..360 мкм. Але широко поширені конструкції щілинних розпилювачів забезпечують дисперсність розпилення від 40 до 600 мкм, внаслідок чого близько 30 %

робочої рідини, що розпилюється, стікає з листової поверхні рослин і близько 5 % випаровується, не долетівши до цільового об'єкту.

Істотне підвищення ефективності обприскування сільськогосподарських культур досягається при застосуванні інжекторних розпилювачів, які утворюють великі рідинно-повітряні краплі розміром більше 500 мкм, які при попаданні на рослини лопаються і покривають тонкою плівкою листову поверхню. Проте відсутні дослідження по оптимізації конструктивних і режимних параметрів інжекторних розпилювачів, науково-обґрунтований взаємозв'язок між діаметром повітряного отвору і тиском робочої рідини, не оптимізовано діаметр повітряного отвору.

Поставлена мета досліджень: виконати теоретичну і експериментальну оптимізацію конструктивних і режимних параметрів інжекторного розпилювача з умови підвищення ефективності його використання для захисту посівів сільськогосподарських культур при дотриманні вимог екологічної безпеки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- виконати теоретичне обґрунтування взаємозв'язку діаметру повітряного отвору і величини тиску робочої рідини, що надходить в інжекторний розпилювач;
- розробити методику експериментальної оцінки якісних показників роботи інжекторного розпилювача;
- створити лабораторну установку для експериментальних досліджень відповідно до розробленої методики;
- експериментально перевірити результати, отримані теоретично, і оптимізувати параметри інжекторного розпилювача;
- виконати оцінку отриманих результатів в лабораторних умовах і виконати розрахунок економічної ефективності впровадження інжекторних розпилювачів у виробництво.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РІДИННО-ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Процес змішування рідинного і повітряного потоків досліджений стосовно роботи карбюратора двигунів внутрішнього згорання [3] (рис. 2.1).

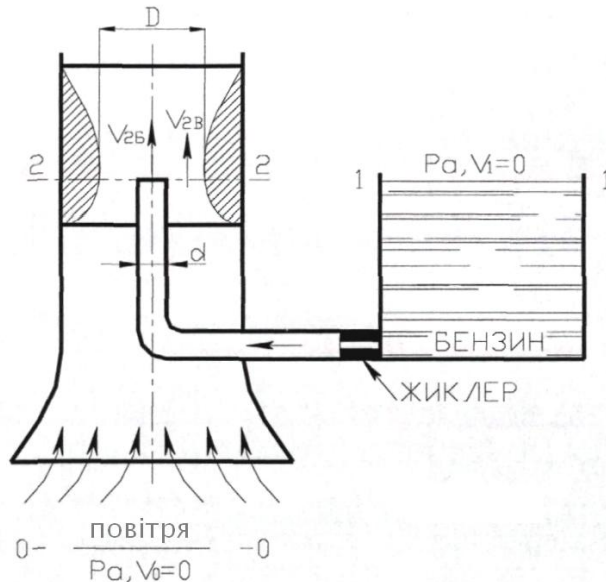


Рис.2.1. Схема карбюратора

Потік повітря, що надходить в карбюратор, звужується в місці установки розпилювача бензину (жиклера). Швидкість повітря в звуженому місці зростає, а тиск падає, внаслідок чого виникає розрідження і рідина під дією вакууму поступає через жиклер, змішуючись з повітрям.

Рівняння Бернуллі для потоку повітря:

$$\frac{p_a}{\gamma_n} + \frac{v_a^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma_n} + \frac{v_{2в}^2}{2} (1 + \xi_n) \quad (2.1)$$

де p_a - атмосферний тиск, рівний 0,1 МПа;

γ_n - питома вага повітря, Н/м³;

V_a - швидкість повітря на вході в карбюратор, $V_a=0$, м/с;

$V_{2в}$ - швидкість повітря в місці установки жиклера, м/с;

p_2 - тиск змішаного двофазного потоку, МПа;

ξ_n - коефіцієнт опору повітря, що переміщується по каналу.

Для потоку рідини (бензину) рівняння Бернуллі має вигляд:

$$\frac{p_a}{\gamma_p} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma_p} + \frac{v_{2\delta}^2}{2}(1 + \xi_p) \quad (2.2)$$

γ_p - питома вага рідини, Н/м³;

v_1 - швидкість рідини, $v_1=0$, м/с;

$v_{2\delta}$ - швидкість рідини в місці установки розпилювача, м/с;

ξ_p - коефіцієнт опору рідини, що переміщується по жиклеру.

Співвідношення між ваговими витратами рідини G_r і G_e повітря запропоновано визначити з виразу

$$\frac{G_r}{G_e} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{\gamma_r(1 + \xi_n)}{\gamma_n(1 + \xi_r)}} \quad (2.3)$$

де d - діаметр отвору жиклера, м;

D - діаметр порожнини круглого перерізу в місці установки жиклера, м

В результаті літературного аналізу встановлено, що особливості роботи інжекторних розпилювачів, які в першому наближенні можна розглядати в якості найпростішого карбюратора, вивчено значно менше щілинних, відцентрових і оберткових розпилювачів. Це обумовлено складнішими фізичними процесами при роботі таких розпилювачів та необхідністю враховувати витікання двох різних за своїми властивостями потоків і взаємодію їх між собою і з навколишнім середовищем.

З аналізу стану питання витікає, що тиск робочої рідини на вході в розпилювач тісно пов'язаний з її витратою і параметрами розпилювача. Сопла, що використовуються в конструкціях інжекторних розпилювачів, забезпечують потрібні агротехнікою режими розпилювання робочої рідини і параметри їх оптимізації не підлягають. Ефективність інжекторних розпилювачів значною мірою визначається співвідношенням між рідинною і повітряною компонентами крапель, що знаходиться в прямій залежності від тиску робочої рідини і діаметру повітряного отвору.

Відмінною особливістю інжекторного розпилювача є наявність камери змішування 5 робочої рідини з повітрям і сполучення камери змішування з атмосферою через інжектор 4 (рис. 2.2).

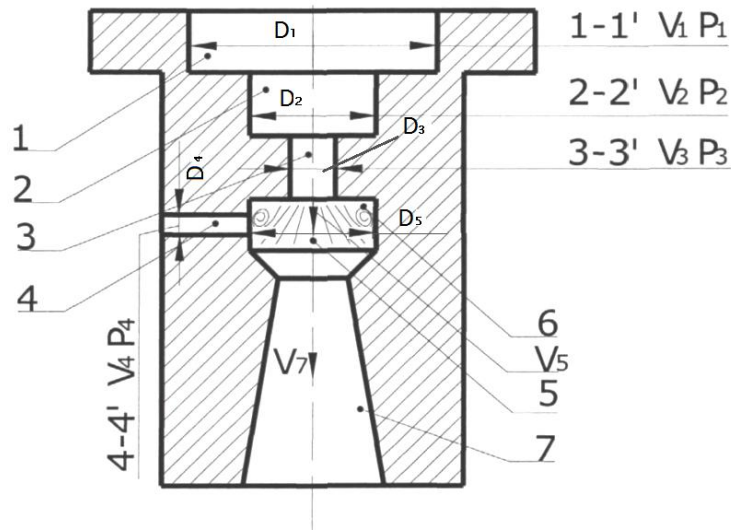


Рис.2.2. Схема інжекторного розпилювача: 1 і 2 – камери нагнітання робочої рідини; 3 – канал; 4 – повітряний отвір; 5 – камера змішування; 6 – турбулентна зона; 7 – розширювач Вентурі.

Працює конструкція таким чином. Рідина під тиском p_1 і з швидкістю v_1 надходить в циліндричну камеру 1 з прохідним діаметром D_1 (переріз 1-1'). Проходячи через камеру 2 (переріз 2-2') з меншим прохідним діаметром D_2 швидкість рідини збільшується до v_2 , а тиск падає до p_2 . Далі послідовно рідина надходить в канал 3 діаметром D_3 з швидкістю v_3 під тиском p_3 , в камеру змішування 5 діаметром D_5 де набуває швидкості v_5 . Камера 5 сполучена з атмосферою через інжекторний отвір 4 діаметром D_4 (переріз 4-4').

На початку і в кутах камери 5 утворюється турбулентна зона у вигляді кільцевого простору, заповненого повітрям [3]. Тиск у турбулентних областях нижчий за атмосферний, за рахунок чого через отвір 4 відбувається всмоктування повітря (рис. 2.3) . $D_5 > D_3$ тому струмінь робочої рідини на деякій довжині L розширюється, і потік рідини заповнює увесь переріз камери 5. Проникаючи в потік рідини бульбашки повітря поглинають частину енергії

потоків і утворюють рідинноповітряну суміш, струмине якої переміщується по розширювачу Вентурі 7 з швидкістю v_7 і виходить назовні через щілинний розпилювач.

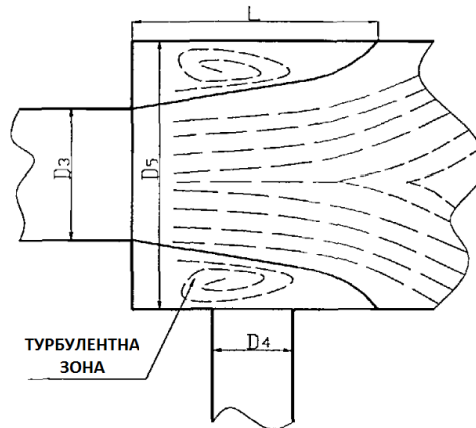


Рис. 2.3. Різке розширення струменя

Для визначення параметрів інжекторного розпилювача використовуємо рівняння Бернуллі. Рух робочої рідини в перерізах 1-1 і 2-2 формалізується залежністю (2.4) [3]

$$\frac{p_1}{\gamma_p} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma_p} + \frac{v_2^2}{2g}(1 + \xi_k) \quad (2.4)$$

де γ_p - питома вага рідини;

ξ_k - коефіцієнт опору проходженню рідини в камерах 1, 2 і в канал 3,

$\xi_k = 0,04 \dots 0,07$ [3].

Для потоків рідини в перерізах 2-2, 3-3 і повітря в перерізі 4-4 рівняння Бернуллі мають вид

$$\frac{p_2}{\gamma_p} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_3}{\gamma_p} + \frac{v_3^2}{2g}(1 + \xi_k) \quad (2.5)$$

$$\frac{p_2}{\gamma_n} + \frac{v_a^2}{2g} = \frac{p_4}{\gamma_n} + \frac{v_4^2}{2g}(1 + \xi_{60}) \quad (2.6)$$

де p_a - атмосферний тиск, рівний 0,1 МПа

p_4 - тиск повітря в перерізі 4-4', МПа;

γ_n - питома вага повітря, Н/м³;

v_4, v_a - швидкість повітря, відповідно, в перерізі 4-4' і перед перерізом 4-4',
($v_a=0$), м/с;

ξ_n - коефіцієнт опору повітря, що надходить через отвір 4,

$\xi_{so}=0,07..0,1$ [3].

Кількість повітря, що надходить через інжектор, залежить від швидкості робочої рідини в камері змішування 5 [3]:

$$q_n = F_4 V_5 \quad (2.7)$$

де F_4 - площа перерізу 4-4, $F_4 = \frac{\pi D_4^2}{4}$, м².

q_n - кількість повітря, що надходить в розпилювач, м³/с;

V_5 - швидкість рідини в камері змішування, м/с.

З рівняння (2.7) маємо:

$$D_4 = \sqrt{\frac{4 \times q_n}{\pi V_5}}, \text{ м} \quad (2.8)$$

Для визначення V_5 виконаємо аналіз балансів напорів при всмоктуванні повітря через отвір 4 в камеру змішування 5:

$$\frac{p_3}{\gamma_p} - \frac{p_4}{\gamma_n} = \frac{p_5}{\gamma_p} + \frac{v_5^2}{2g} (1 + \xi_{kc}) - \frac{p_5}{\gamma_p} - \frac{v_7^2}{2g} (1 + \xi_{pB}) \quad (2.9)$$

де V_7 - швидкість робочої рідини на початку витратоміра Вентурі, м/с;

ξ_{kc} - коефіцієнт опору проходженню робочої рідини через камеру 5,

$\xi_{kc} = 0,04...0,06$ [3];

ξ_{pB} - коефіцієнт опору витратоміра Вентурі при русі по ньому рідинно-повітряної суміші, $\xi_{pB} = 0,01...0,02$ [3].

Для характеристики інжектора відомий безрозмірний показник a , що визначає відносну швидкість на початку камери змішування [3]:

$$a = \frac{v_7}{v_5} = U - \sqrt{U^2 - \frac{1 - \xi_{kc}}{1 + \xi_{kc}}} \quad (2.10)$$

де

$$U = \frac{1}{2q} \left[\frac{1 - \xi_{\kappa\kappa}}{1 + \xi_{\kappa\kappa}} \left((1 + q)^2 (1 + \xi_{pB}) (1 + \xi_{\kappa\kappa} + \xi_{pB}) - q^2 \right) - 1 \right]$$

$q = \frac{q_n}{q_p}$ - співвідношення між витратами повітря q_n і рідини q_p , що

протікають через розпилувач, м³/с;

Вираз (2.9) з урахуванням (2.10) прийме вид:

$$v_5 = \sqrt{\frac{2g(p_3\gamma_n - P_\Delta\gamma_p)}{\gamma_n\gamma_p \times [1 + \xi_{\kappa\kappa} - a^2(1 + \xi_{pB})]}} \quad (2.11)$$

Значення v_5 підставимо в (2.8)

$$D_4 = \left(\frac{4_{qB}}{\pi} \right)^{0.5} \left(\frac{\gamma_n\gamma_p \times [1 + \xi_{\kappa\kappa} - a^2(1 + \xi_{pB})]}{2g(p_3\gamma_n - P_\Delta\gamma_p)} \right)^{0.25}$$

Параметри $V_1, V_2, V_3, P_2, P_3, P_4$ знаходимо вирішенням системи рівнянь (2.4-2.6) з врахуванням:

$$V_1 = \frac{4_{gp}}{\pi D_1^2}, \text{ м/с} \quad (2.13)$$

$$V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2 \quad (2.14)$$

$$V_2 D_2^2 = V_3 D_3^2 \quad (2.15)$$

Швидкість повітря визначимо по залежності [3]:

$$v_4 = \sqrt{2g(p_1 + A + B)} \quad (2.16)$$

$$\text{де } A = \frac{0.08q_p^2 (D_2^4 - D_1^4(1 + \xi_{\kappa\kappa}))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0.08q_p^2 (D_3^4 - D_2^4(1 + \xi_{\kappa\kappa}))}{D_2^4 D_3^4}.$$

Залежність $V_4 = f(p_1)$ приведено на рис. 2.4

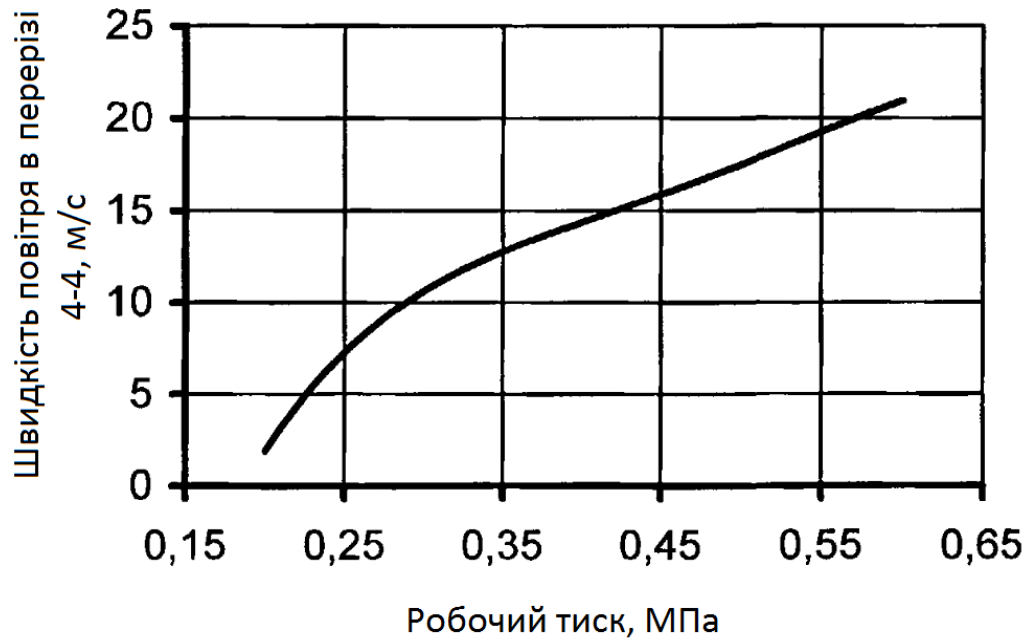


Рис. 2.4. Залежність $V_4 = f(p_1)$ для інжекторного розпилювача.

Підставляючи значення параметрів у вираз (2.12), маємо:

$$D_4 = 0,53\sqrt{q_p} \left(\frac{\gamma_n \gamma_p [1 + \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB})]}{\gamma_n(p_1 + A + B) - \gamma_p(p_a + p_1 + A + B)(1 + \xi_{BO})} \right)^{0.25} \quad (2.17)$$

$$\text{де } A = \frac{0.08q_p^2 (D_2^4 - D_1^4(1 + \xi_{\kappa}))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0.08q_p^2 (D_3^4 - D_2^4(1 + \xi_{\kappa}))}{D_2^4 D_3^4}$$

Діаметр повітряного отвору повинен забезпечувати роботу розпилювача при заданій витраті робочої рідини через нього q_p з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.). Витрата повітря впливає на якість розпилювання до певних значень q_p .

За даними експериментальних досліджень [3] $q_p = 1,1$. Тоді вираз (2.17) набере вигляду:

$$D_4 = 0,561\sqrt{q_p} \left(\frac{\gamma_n \gamma_p [1 + \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB})]}{\gamma_n(p_1 + A + B) - \gamma_p [p_a - \gamma_p(p_a + p_1 + A + B)(1 + \xi_{BO})]} \right)^{0.25} \quad (2.18)$$

$$\text{де } A = \frac{0.08q_{ж}^2 \gamma_p (D_2^4 - D_1^4 (1 + \xi_K))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0.08q_p^2 \gamma_p (D_3^4 - D_2^4 (1 + \xi_K))}{D_2^4 D_3^4}$$

На рис. 2.5 наведено графічну залежність по (2.18) інжекторного розпилювача з параметрами – $D_1=12\text{мм}$, $D_2=4\text{мм}$, $D_3=0,85\text{мм}$ (рис. 2.2).

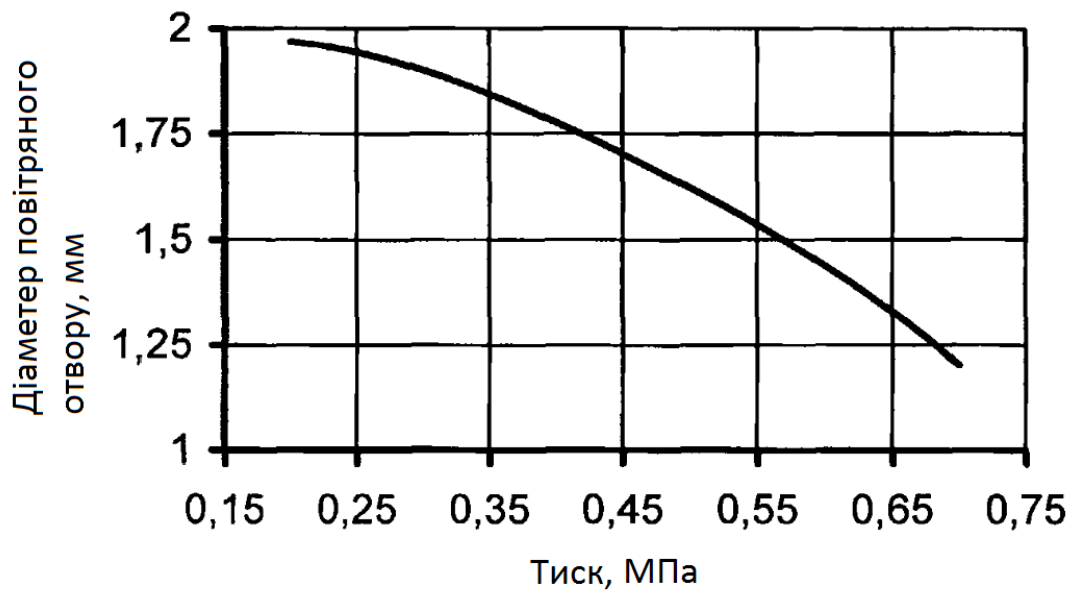


Рис. 2.5. Графічна залежність діаметра повітряного отвору D_4 від тиску рідини p_1

Висновок.

Аналіз приведеного графіка свідчить, що із збільшенням тиску робочої рідини p_1 зростає швидкість її проходження через камеру змішування. Внаслідок цього зростають розрідження в порожнині повітряного отвору і, відповідно, більше витрачається повітря. При цьому максимальний к.к.д. розпилювача зберігається із зменшенням діаметру повітряного отвору D_4 . Із збільшенням p_1 в діапазоні 0,2..0,6 МПа значення D_4 зменшується з 1,97 до 1,45 мм.

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

3.1. Програма і методика експериментальних досліджень.

Виходячи з поставлених задач, програма експериментальних досліджень включає:

1. Створення лабораторної установки для виконання досліджень.
2. Проведення експериментальних досліджень з метою перевірки результатів, які отримано теоретично і оптимізації параметрів інжекторного розпилювача.

Завданнями експериментальних досліджень передбачено вивчення впливу тиску робочої рідини і діаметру повітряного отвору на площу покриття робочою рідиною оброблюваної поверхні і на витрату робочої рідини через інжекторний розпилювач.

При визначенні фактичної витрати робочої рідини через розпилювач випробування проводять на чистій воді. Рідину, що витікає з розпилювача, збирають протягом 1 хвилини в посудину і вимірюють її об'єм з похибкою не більше $\pm 0,5$ мл [32].

Для визначення дисперсності і густоти покриття цільової поверхні в якості робочої рідини використовують 1...2% розчин нігрозину у воді, який через розпилювач наносять на картки з водочутливого паперу розміром 50x70 мм. Картки заздалегідь обробляють 3..5% розчином парафіну в толуолі для зменшення розтікання. Кожну картку змочують в розчині і поміщають в сушарку. Перед проведенням дослідів облікові картки розміщують на цільовій поверхні за відомою схемою [32] .

При оцінці густоти покриття робочою рідиною цільової поверхні картки розподіляють на 5 груп: I - необроблені; II - з густотою, яка менша допустимої по агротехнічних вимогах; III - з густотою в межах агротехнічних вимог; IV - з густотою більше 150 шт./см²; V - залиті. Картки IV і V груп не аналізують.

Густоту покриття Π_0 визначають підрахунком кількості крапель на обстежуваній площі:

$$\Pi_0 = \frac{N_o}{F_o} \quad (3.1)$$

де N_o - загальне число врахованих крапель, шт. ;

F_o - обстежена площа, см².

Для оцінки дисперсності розпилювання картки усіх повторностей розподіляють на 3 групи: I - умовно дрібні (до 150 мкм); II - середні (150..300 мкм); III - великі (понад 300 мкм). З кожної групи аналізу піддають по дві характерні картки для визначення масового медіанного діаметру крапель. Переглядають чо смуги завдовжки 50..60 мм. Ширина смуги визначається кількістю поділок окулярної сітки або сітки у полі зору мікроскопа при вибраному збільшенні. При цьому фіксують кількість крапель в кожному класі їх розмірів, кількість проглянутих смуг для кожного класу розмірів крапель. Для спрощення розрахунків класи розмірів крапель виражені в числі поділок окулярної сітки мікроскопа:

$$K_i = \frac{K_{\min} + K_{\max}}{2} \quad (3.2)$$

де K_i - середній розмір класу;

K_{\min}, K_{\max} - нижня і верхня межа кожного класу розмірів крапель.

Обробку результатів мікроскопування проводять в наступній послідовності:

а) для кожного класу розмірів крапель розраховують загальну проглянуту площу S_i , см², по формулі:

$$S_i = L \times b \times Z_i \quad (3.3)$$

де L - довжина смуги, що переглядається, см;

b - ширина смуги, що переглядається, см;

Z_i - кількість проглянутих смуг для кожного розміру крапель.

б) для кожного класу розміру крапель визначають приведену кількість крапель, що доводиться на 1 см² проглянутої площі по формулі:

$$n_i = \frac{N_i}{S_i}, \text{ шт.} \quad (3.4)$$

де N_i - кількість крапель, зафіксованих в кожному класі розмірів.

в) визначають долю маси рідини P_i що міститься в кожному класі по формулі:

$$P_i = \frac{n_i + K_i^3}{\sum_1 n_i K_i^3} \quad (3.5)$$

де $n_i + K_i^3$ - величина, що характеризує масу рідини в краплях i -го класу;

г) визначають сумарні значення долі маси рідини, P_j для кожного наступного класу

$$P_j = \sum_{i=1}^m P_i \quad (3.6)$$

де $\sum_{i=1}^m P_i = 1, 2, 3 \dots m$. m - число класових проміжків.

Сума значень маси рідини для усіх класів повинна складати 100%.

Далі будують криву розподілу мас рідини по класах розмірів крапель. По осі абсцис відкладається верхня межа кожного класу розмірів крапель, мкм, по осі ординат - накопичені значення маси рідини P_j , відповідні кожному класу розмірів крапель. За отриманими даними проводять плавну криву.

Значення діаметру краплі d_i розраховують по формулі:

$$d_i = \frac{K\beta}{d}, \text{ мкм} \quad (3.7)$$

де K - розмір краплі, виражений в числі поділок окулярної сітки;

β - ціна однієї поділки окулярної сітки, мкм;

d - коефіцієнт розтікання на картках із водочутливого паперу.

Приймається 1, 024 [12].

д) масовий медіанний діаметр крапель визначають по графіку розподілу крапель за об'ємом, де він відповідає долі маси рідини в 50%.

Недоліком цієї методики [12] є використання ручного мікроскопування, що збільшує працемісткість обробки результатів випробувань.

Площу покриття робочою рідиною оброблюваної поверхні визначали за розробленою нами методикою. Згідно з цією методикою, картки із слідами крапель сканують в чорно-білому спектрі на планшетному сканері. Отримані зображення зберігають у вигляді файлу графічного формату з розширенням .bmp. Збережений в комп'ютері файл відкривають в програмі Paint і зберігають як монохромний рисунок з початковим розширенням (рис. 3.1).

Далі цей файл відкривають в програмі для роботи з графікою, що має функцію побудови гістограми (наприклад, програма Adobe Photoshop версії 7.0 або вище). Спектр відтінків ділиться на області. Одна область відображає вміст чорного кольору (на картці ця частина відповідає площі, покритою робочою рідиною). Вона знаходиться в крайньому лівому положенні шкали гістограми (рис. 3.2). Інша область дає інформацію про вміст відтінків білого кольору (на картці ця частина відповідає площі, непокритої робочою рідиною). Вона знаходиться в крайньому правому положенні шкали гістограми (рис. 3.2).

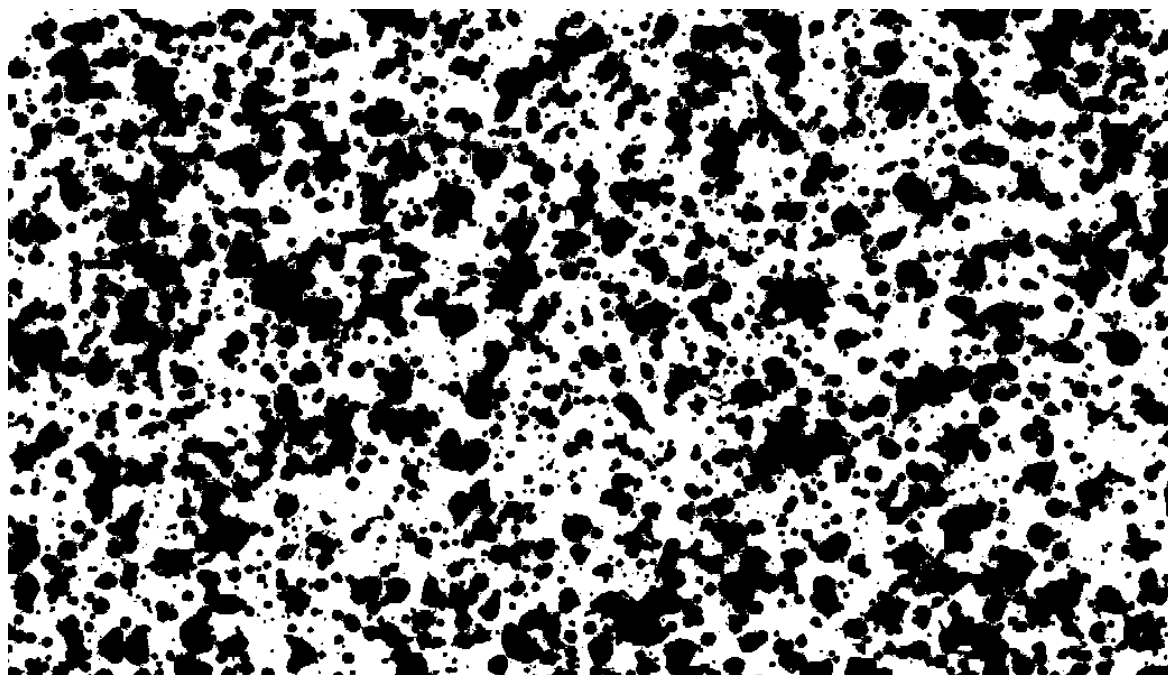


Рис. 3.1. Зразок чорно-білого зображення картки після обприскування інжекторним розпилювачем.

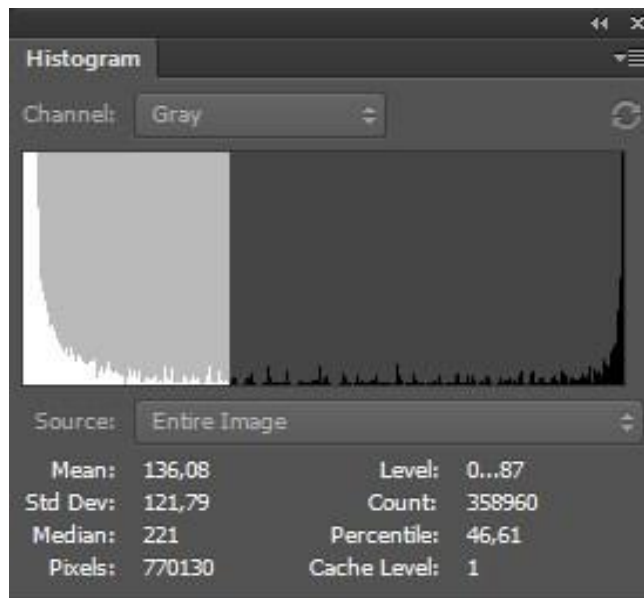


Рис. 3.2. Гістограма спектрального складу відтінків чорного кольору.

На останньому етапі визначають відсотковий вміст кольорів в області гістограми, що цікавить. Виділяють на гістограмі область, що відбиває вміст чорного кольору, при цьому в рядку Percentile (Відсотки) відображається інформація за процентним вмістом відтінків чорного кольору на усій площі зображення. Це значення, в наведеному прикладі на рис. 3.1, рівне 46,61%, відповідає мірі покриття картки розчином робочої рідини. Похибка обчислення в графічному редакторі складає 0,01%.

3.2. Об'єкт дослідження.

Як відмічалось вище (див. р.1) інжекторні розпилювачі мають беззаперечні переваги в порівнянні з іншими різновидами розпилювачів. При цьому дослідження впливу конструктивних та технологічних параметрів на роботу інжекторного розпилювача проведені недостатньо. У відповідності до цього об'єктом дослідження було обрано інжекторний розпилювач Lechler IDK 120 – 03 (рис. 3.3).



а)



б)

Рис. 3.3. Інжекторний розпилювач Lechler IDK 120 – 03: а – загальний вид; б – розпилювач в роботі.

3.3. Методика обробки результатів експериментальних досліджень.

Параметри інжекторного розпилювача оптимізували за методикою оптимального планування багатofакторного експерименту [12; 30]. Повний факторний експеримент дозволяє описати процес математичною моделлю другого порядку:

$$y = b_o + \sum_1^k b_i X_i + \sum_{1 \neq j}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_1^k b_{ii} X_i^2 \quad (3.8)$$

де y - значення параметра оптимізації;

b_o, b_i, b_{ij}, b_{ii} - коефіцієнти регресії;

X_i, X_j - змінні фактори;

k - число змінних факторів. Кількість дослідів експерименту визначали по формулі

$$N = 2^k + 2k + n \quad (3.9)$$

де k - кількість факторів;

n - кількість нульових точок.

Для розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії центрального композиційного ортогонального плану використовували метод найменших квадратів. Коефіцієнти рівняння регресії визначали по формулах [30]:

$$b_i = c_{ii} \sum_1^N X_i \bar{y} \quad (3.10)$$

$$b_{ij} = c_{ijij} \sum_1^N X_i X_j \bar{y} \quad (3.11)$$

$$b'_o = c_{oo} \sum_1^N \bar{y} \quad (3.12)$$

$$b'_{ii} = c_{iiii} \sum_1^N X_i \bar{y} \quad (3.13)$$

$$b_o = b'_o - \bar{X}_i^2 \sum_1^k b'_{ii} \quad (3.14)$$

де c_{ii} , c_{oo} , c_{ijij} , c_{iiii} - коефіцієнти, що залежать від

кількості змінних факторів [30];

N - кількість дослідів;

\bar{y} - середнє арифметичне значення параметра оптимізації, отримане в N -ному досліді, визначають по формулі (3.15)

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i \quad (3.15)$$

де y_i - значення параметра оптимізації в i -ому досліді;

n - число паралельних дослідів;

\bar{X}_i - середнє значення фактора по досліді;

X_i' - квадратичні члени рівняння :

$$X_i' = X_i^2 - \frac{1}{N} \sum_1^N X_i^2 = X_i^2 - \bar{X}_i^2 \quad (3.16)$$

Дисперсію кожного досліді визначали по виразу:

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.17)$$

де y_i - значення параметра оптимізації в паралельному досліді.

Для оцінки можливості регресійного аналізу розраховували однорідність дисперсій паралельних дослідів за G критерієм Кохрена :

$$G_{расч} = \frac{S_{y \max}^2}{\sum_1^N S_y^2} \quad (3.18)$$

де $S_{y \max}^2$ - максимальне значення дисперсії в експерименті;

$\sum_1^N S_y^2$ - сума всіх дисперсій експерименту.

Розрахункове значення критерію Кохрена $G_{расч}$ порівнювали з табличним $G_{табл}$ [30]. Якщо виконується умова $G_{расч} \succ G_{табл}$ то гіпотеза про однорідність дисперсій паралельних дослідів приймається.

Дисперсія відтворюваності рівна:

$$S^2(\bar{y}) = \frac{1}{N} \sum_1^N S_y^2 \quad (3.19)$$

Для оцінки значущості коефіцієнтів рівняння регресії визначали їх дисперсії:

$$S^2(b_i) = c_{ii} S^2(\bar{y}) \quad (3.20)$$

$$S^2(b_{ij}) = c_{ijij} S^2(\bar{y}) \quad (3.21)$$

$$S^2(b_0) = c_{00} S^2(\bar{y}) \quad (3.22)$$

$$S^2(b_{ii}) = c_{iiii} S^2(\bar{y}) \quad (3.23)$$

$$S^2(b_{oo}) = S^2(b_o') + \bar{X}_i^2 \sum_1^k S^2(b_{ii}) \quad (3.24)$$

Статистичну значущість коефіцієнтів рівняння регресії оцінювали по t - критерію Стьюдента:

$$t_o = \frac{|b_0|}{S^2(b_i)} \quad (3.25)$$

$$t_i = \frac{|b_i|}{S^2(b_i)} \quad (3.26)$$

$$t_{ij} = \frac{|b_{ij}|}{S^2(b_{ij})} \quad (3.27)$$

$$t_{ii} = \frac{|b_{ii}|}{S^2(b_{ii})} \quad (3.28)$$

Вичислені значення t - критеріїв ($t_{расч}$) порівнювали з табличними ($t_{табл}$) при рівні значущості 0,95 [30]. Якщо умова $t_{расч} > t_{табл}$ виконується, то коефіцієнт рівняння вважається статистично значущим.

Рівняння зі значущими коефіцієнтами перевіряли на адекватність. Для цього оцінювали відхилення розрахункових значень параметра оптимізації y від експериментальних \bar{y} для кожного з дослідів і визначали дисперсію адекватності, яку для рівного числа паралельних дослідів обчислювали за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{n}{N - \lambda} \sum_1^N (\bar{y} - \hat{y})^2 \quad (3.29)$$

де λ - число значущих коефіцієнтів рівняння. Адекватність рівняння оцінювали по критерію Фішера :

$$F_{расч} = \frac{S_{ад}^2}{S^2(y)} \quad (3.30)$$

Гіпотеза про адекватність моделі приймається, якщо

$$F_{расч} < F_{табл} . \quad (3.31)$$

3.4. Прилади та обладнання для проведення експериментальних досліджень.

Лабораторна установка, на якій проводилися експерименти, дозволяє оцінювати дисперсність розпилювання робочої рідини розпилювачем, щільність покриття цільової поверхні, витрату робочої рідини через розпилювач, кут факела розпилювання, рівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату розпилювача.

На відміну від аналогів, штанга лабораторної установки з розміщеними на ній розпилювачами може розташовуватися над рухомою стрічкою, що дозволяє визначати діаметр крапель і кількість крапель на 1 см^2 в лабораторних умовах.

Стенд для дослідження розпилювачів (рис. 3.4) розроблений для визначення параметрів розпилювачів. Даний стенд складається з баку 1, місткістю 400 л, відцентрового насоса 2, електродвигуна 3, фільтрів 4, гумових рукавів 5, регулятора тиску 6, манометра 7 (ГОСТ 6521-71), штанг 8, виготовлених з полімеру діаметром 32мм, розпилюючої головки з встановленим розпилювачем 9, розподілювачів рідини 10, жолобів 11, мірних колб 12, механізму перевертання колб 13, рами 14 на якій все закріплено та тримача 15.

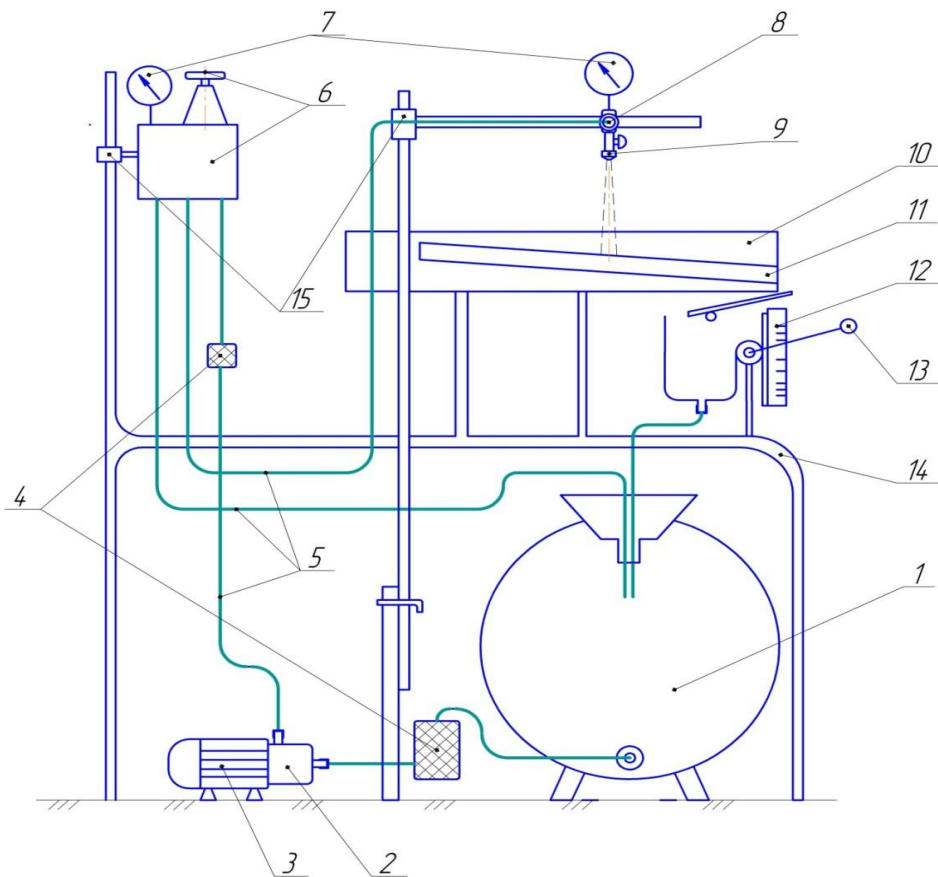


Рис. 3.4. Принципова схема гідравлічного стенду для дослідження розпилювачів: 1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – фільтр; 5 – рукав; 6 – регулятор тиску; 7 – манометр; 8 – штанга; 9 – розпилююча головка з розпилювачем; 10 – розподілювачі; 11 – жолоб; 12 – мірні колби; 13 – поворотний механізм;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

Стенд працює циклічно. Робота стенду відбувається наступним чином насос 2 всмоктує робочий розчин з баку 1, та подає на регулятор тиску 6, який регулює тиск в штанзі 8, рідина проходить через фільтри 4. Контроль тиску здійснюється завдяки манометру 6. Рідина проходить по штанзі до розпилюючої головки та розпилюється розпилювачем 9. Розпилена рідина потрапляє на розподілювачі рідини 10, та стікає по жолобам 11, до мірних колб 12. За допомогою поворотного механізму колб 13, є можливість злити рідину до баку. Загальний вид стенду показано 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 – розподілювачі ; 11 – жолоб; 12 – мірні колби; 13 – поворотний механізм; 14 – рама; 15 – тримач.

Прилади для проведення дослідів.

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

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

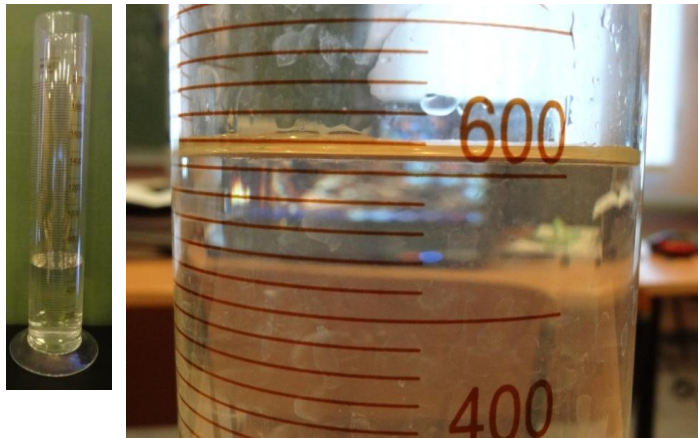


Рис. 3.6. Загальний вид мірного циліндра на 2000 мл., (ГОСТ 1770-74)
Секундомір з точністю $\pm 0,5$ с., (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Загальний вид секундоміра.

Лінійка з точністю ± 1 мм.

Фотоапарат марки «Nikon»

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



Рис. 3.8. Мікроскоп «Bresser» LCDMicro 40x-1600x

Висновки:

1. Приведено загальні вимоги до проведення експериментальних досліджень, розроблено програму та методику проведення лабораторних досліджень.

2. Розроблені та виготовлені лабораторні стенди дозволяють провести лабораторні дослідження інжекторних розпилювачів у відповідності до існуючих вимог та згідно запропонованої програми та методики.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Обґрунтування критеріїв оптимізації, факторів і рівнів їх варіювання.

За даними аналізу стану питання, результатів теоретичних досліджень для експерименту вибрано два фактора: діаметр повітряного отвору інжектора D_4 і тиск робочої рідини p_1 . Як критерії оптимізації прийнято площу покриття цільової поверхні y_1 , %, і витрату робочої рідини через розпилювач y_2 , л/хв.

При виборі рівнів варіювання факторів D_4 та p_1 (таблиця. 4.1) використана апріорна інформація [12; 14; 23] і результати теоретичних досліджень (рис. 2.3).

Для спрощення перетворень і аналізу результатів експерименту фактори кодують по формулі:

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} \quad (4.1)$$

де X_i - кодове значення i - го фактора;

x_i - натуральне поточне значення i - го фактора;

x_{i0} - нульовий рівень фактора;

Δx_i - інтервал варіювання i - го фактора.

Таблиця 4.1

Рівні варіювання факторів

| | Тиск p_1 (X_1) , МПа | Діаметр D_4 (X_2) , мм |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Верхній рівень(+1) | 0,6 | 2,0 |
| Нижній рівень(-1) | 0,2 | 1,0 |
| Інтервал варіювання , Δx_i | 0,2 | 0,5 |
| Нульовий рівень | 0,4 | 1,5 |

4.2. Реалізація експерименту.

Вид поверхні відгуку після реалізації повного факторного експерименту (ПФЕ) не відомий, тому найбільш оптимальним для досліджень є центральний композиційний ортогональний план, що дозволяє отримати рівномірну інформацію по усіх напрямках факторного простору.

Кількість дослідів визначається по формулі (3.9). Ядром плану з двома факторами є повний факторний експеримент $2^k=4$, що містить 4 дослідів. Для опису поверхні відгуку поліномом другого порядку вимагається постановка

додаткових дослідів, що утворюють "зіркові" точки. Кількість "зіркових" точок $2k = 4$, кількість нульових точок $n = 1$. Отже $N = 9$.

Досліджувався інжекторний розпилювач при швидкості переміщення «рухомого поля» 1,7 м/с. Кожен дослід проводився в триразовій повторності. Результати досліджень по площі покриття карток робочою рідиною наведені в таблиці 4.2, по витраті робочої рідини через розпилювач - в таблиці 4.6.

Таблиця 4.2

Матриця планування експерименту

| № досліду | X_0 | X_1 | X_2 | Площа покриття карток, % | | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------------------------|----------|----------|----------------|
| | | | | y_{11} | y_{12} | y_{13} | y_1 |
| 1 | +1 | -1 | -1 | 8.5 | 8.1 | 6.8 | 7.1 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | 13.6 | 14.7 | 13.8 | 14.0 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | 10.1 | 10.3 | 9.0 | 9.7 |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 13.6 | 13.2 | 15.0 | 13.9 |
| 5 | +1 | -1 | 0 | 7.6 | 9.2 | 7.1 | 8.0 |
| 6 | +1 | +1 | 0 | 13.5 | 14.4 | 13.7 | 13.9 |
| 7 | +1 | 0 | -1 | 35.0 | 33.1 | 36.2 | 34.8 |
| 8 | +1 | 0 | +1 | 36.7 | 36.8 | 35.9 | 36.5 |
| 9 | +1 | 0 | 0 | 34.9 | 35.3 | 35.7 | 35.3 |
| | | | | | | | $\Sigma 173.9$ |

Середнє значення параметра оптимізації по паралельних дослідах визначили по формулі 3.15, дисперсію паралельних дослідів - по формулі 3.17. Результати розрахунків представлені в таблиці 4.2 та 4.3.

Таблиця 4.3

Оцінка відтворюваності експерименту

| № | $(y_{11} - \bar{y}_1)^2$ | $(y_{12} - \bar{y}_1)^2$ | $(y_{13} - \bar{y}_1)^2$ | S^2_{y1} | $S^2(\bar{y}_1)$ |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|------------------|
| 1 | 0.49 | 0.09 | 1 | 0.790 | 0.746 |
| 2 | 0.16 | 0.49 | 0.04 | 0.345 | |
| 3 | 0.16 | 0.16 | 0.49 | 0.405 | |
| 4 | 0.09 | 0.49 | 1.21 | 0.895 | |
| 5 | 0.16 | 1.44 | 0.81 | 1.205 | |
| 6 | 0.16 | 0.25 | 0.04 | 0.225 | |
| 7 | 0.04 | 2.89 | 1.96 | 2.445 | |
| 8 | 0.04 | 0.09 | 0.36 | 0.245 | |
| 9 | 0.16 | 0 | 0.16 | 0.160 | |
| Σ | | | | 6.715 | |

Визначення коефіцієнтів регресії

Однорідність дисперсій паралельних дослідів оцінювали по формулі 3.18 і

| № | \bar{y}_1 | $X_1 \bar{y}_1$ | $X_2 \bar{y}_1$ | $X_1 X_2 \bar{y}_1$ | X_1' | X_2' | $X_1' \bar{y}_1$ | $X_2' \bar{y}_1$ |
|----------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 7.8 | -7.8 | -7.8 | +7.8 | +0.33 | +0.33 | +2.57 | +2.57 |
| 2 | 14.0 | +14.0 | -14.0 | -14.0 | +0.33 | +0.33 | +4.62 | +4.62 |
| 3 | 9.7 | -9.7 | +9.7 | -9.7 | +0.33 | +0.33 | +3.20 | +3.20 |
| 4 | 13.9 | +13.9 | +13.9 | +13.9 | +0.33 | +0.33 | +4.59 | +4.59 |
| 5 | 8.0 | -8.0 | 0 | 0 | +0.33 | -0.67 | +2.64 | -5.36 |
| 6 | 13.9 | +13.9 | 0 | 0 | +0.33 | -0.67 | +4.59 | -9.31 |
| 7 | 34.8 | 0 | -34.8 | 0 | -0.67 | +0.33 | -23.32 | +11.48 |
| 8 | 36.5 | 0 | +36.5 | 0 | -0.67 | +0.33 | -24.45 | +12.04 |
| 9 | 35.3 | 0 | 0 | 0 | -0.67 | -0.67 | -23.65 | -23.65 |
| Σ | 173.9 | 16.3 | 3.5 | -2 | | | -49.21 | 0.18 |

отримали $G_{расч} = 0,364$.

Розрахункове значення критерію порівняли з табличним для ступенів свободи чисельника $n-1=2$ і знаменника $N = 9$ при рівні значущості 0,05:

$$G_{табл} = 0,4775 > G_{розн} = 0,3641$$

Умова виконується. Отже, гіпотеза про однорідність дисперсій паралельних дослідів може бути прийнята. Дисперсію відтворюваності розраховували по формулі (3.19) і отримали $S^2(\bar{y}_1) = 0,746$.

Далі розраховували коефіцієнти рівняння регресії по формулах 3.10 - 3.14.

Дисперсії коефіцієнтів визначили по формулах 3.20 – 3.24.

По формулах 3.25 – 3.28 оцінили статистичну значимість коефіцієнтів по t -критерію Стьюдента.

Критичне значення t -критерія при рівні значимості 0,05 і ступені свободи $N(n-1) = 18$ дорівнює 2,101. Перевіряли виконання $t_{расч} > t_{табл}$.

Після виключення статистично незначущих коефіцієнтів математична модель представлена у виді:

$$y_1 = 35,6 + 2,77X_1 + 0,6X_2 - 0,5X_1X_2 - 24,6X_1^2 \quad (4.2)$$

Отримане рівняння (4.2) перевіряємо на адекватність по формулі 3.30, для цього виконуємо розрахунки і результати заносимо в таблицю 4.5.

Адекватність представлення результатів експерименту рівнянням регресії

| № досліду | Розрахункове значення \bar{y}_1 | Есперерементальне значення y_1 | Значення виразу $(\bar{y}_1 - y_1)^2$ |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 7.8 | 7.1 | 0.49 |
| 2 | 14.0 | 13.7 | 0.09 |
| 3 | 9.7 | 9.3 | 0.16 |
| 4 | 13.9 | 13.9 | 0 |
| 5 | 8.0 | 8.2 | 0.04 |
| 6 | 13.9 | 13.8 | 0.01 |
| 7 | 34.8 | 35.0 | 0.04 |
| 8 | 36.5 | 36.2 | 0.09 |
| 9 | 35.3 | 35.6 | 0.09 |
| Σ | 173.9 | 172.8 | 1.01 |

В результаті отримали:

$$F_{розр} = \frac{0,606}{0,746} = 0,812$$

Для рівня значущості 0,05 і ступенів свободи $N - \lambda = 5$ і $N(n-1) = 18$ $F_{табл} = 2,77$. Оскільки $0,812 < 2,77$, умова (3.31) виконується і рівняння (4.2) адекватно описує процес, що досліджується.

Аналогічно поступаємо з експериментальними даними по витраті робочої рідини через розпилювач. Початкові дані і результати розрахунків в таблицях 4.6 – 4.9.

Після виключення статистично незначущих коефіцієнтів рівняння регресії, що описує витрату робочої рідини через розпилювач, набере вигляду:

$$y_2 = 1,15 + 0,27X_1 + 0,0065X_2 - 0,0075X_1X_2 - 0,062X_1^2 + 0,016X_2^2$$

Матриця планування експерименту

| № дослід | X ₀ | X ₁ | X ₂ | Витрата робочої рідини через розпилювач, л/хв | | | |
|-------------|----------------|----------------|----------------|--|-----------------|-----------------|----------------|
| | | | | Y ₂₁ | Y ₂₂ | Y ₂₃ | Y ₂ |
| 1 | +1 | -1 | -1 | 0.800 | 0.795 | 0.805 | 0.800 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | 1.370 | 1.365 | 1.360 | 1.365 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | 0.810 | 0.830 | 0.825 | 0.822 |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 1.345 | 1.360 | 1.365 | 1.357 |
| 5 | +1 | -1 | 0 | 0.795 | 0.800 | 0.820 | 0.805 |
| 6 | +1 | +1 | 0 | 1.370 | 1.380 | 1.370 | 1.373 |
| 7 | +1 | 0 | -1 | 1.330 | 1.120 | 1.120 | 1.123 |
| 8 | +1 | 0 | +1 | 1.340 | 1.150 | 1.155 | 1.148 |
| 9 | +1 | 0 | 0 | 1.120 | 1.130 | 1.130 | 1.127 |
| | | | | | | | Σ 9.92 |

Таблиця 4.7

Розрахунки за допомогою критерію Кохрена

| № | $(y_{21} - \bar{y}_2)^2$ | $(y_{22} - \bar{y}_2)^2$ | $(y_{23} - \bar{y}_2)^2$ | $S^2_{y_2}$ | $S^2(\bar{y}_2)$ |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| 1 | 0 | 0.000025 | 0.000025 | 0.000025 | 0.000068 |
| 2 | 0.000025 | 0 | 0.000025 | 0.000025 | |
| 3 | 0.000144 | 0.000064 | 0.000009 | 0.00011 | |
| 4 | 0.000144 | 0.000009 | 0.000064 | 0.00011 | |
| 5 | 0.0001 | 0.000025 | 0.000225 | 0.000175 | |
| 6 | 0.000009 | 0.000049 | 0.000009 | 0.000035 | |
| 7 | 0.000049 | 0.000009 | 0.000009 | 0.000035 | |
| 8 | 0.000064 | 0.000004 | 0.000049 | 0.00006 | |
| 9 | 0.000049 | 0.000009 | 0.000009 | 0.000035 | |
| Σ | | | | 0.00061 | |

Результати розрахунків знаходження коефіцієнтів регресії

| № досліду | \bar{y}_2 | $X_1 \bar{y}_2$ | $X_2 \bar{y}_2$ | $X_1 X_2$ \bar{y}_2 | X_1' | X_2' | $X_1' \bar{y}_2$ | $X_2' \bar{y}_2$ |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0.800 | -0.800 | -0.800 | +0.800 | 0.33 | 0.33 | 0.26 | 0.26 |
| 2 | 1.365 | +1.365 | -1.365 | -1.365 | 0.33 | 0.33 | 0.45 | 0.45 |
| 3 | 0.822 | -0.822 | +0.822 | -0.822 | 0.33 | 0.33 | 0.27 | 0.27 |
| 4 | 1.357 | +1.357 | +1.357 | -1.357 | 0.33 | 0.33 | 0.45 | 0.45 |
| 5 | 0.805 | -0.805 | 0 | 0 | 0.33 | -0.67 | 0.27 | -0.54 |
| 6 | 1.373 | +1.373 | 0 | 0 | 0.33 | -0.67 | 0.45 | -0.92 |
| 7 | 1.123 | 0 | -1.123 | 0 | -0.67 | 0.33 | -0.75 | 0.37 |
| 8 | 1.148 | 0 | +1.148 | 0 | -0.67 | 0.33 | -0.77 | 0.38 |
| 9 | 1.127 | 0 | 0 | 0 | -0.67 | -0.67 | -0.76 | -0.76 |
| Σ | 9.92 | 1.668 | 0.039 | -0.03 | | | -0.13 | -0.04 |

Таблиця 4.9

Адекватність представлення результатів експерименту рівнянням регресії

| № досліду | Розрахункове значення \bar{y}_2 | Експериментальне значення y_2 | Значення виразу $(\bar{y}_2 - y_2)^2$ |
|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 0.800 | 0.788 | 0.000014 |
| 2 | 1.365 | 1.360 | 0.000025 |
| 3 | 0.822 | 0.827 | 0.000025 |
| 4 | 1.357 | 1.353 | 0.000016 |
| 5 | 0.805 | 0.810 | 0.000025 |
| 6 | 0.373 | 1.368 | 0.000025 |
| 7 | 1.123 | 1.119 | 0.000016 |
| 8 | 1.148 | 1.143 | 0.000025 |
| 9 | 1.127 | 1.135 | 0.000064 |
| Σ | 9.920 | 9.903 | 0.000215 |

Отримали рівняння регресії, які адекватно описують процес нанесення робочої рідини на оброблювану поверхню в закодованих значеннях факторів:

- по площі покриття оброблювальної поверхні

$$y_1 = 35,6 + 2,77X_1 + 0,6X_2 - 0,5X_1X_2 - 24,6X_1^2, \%$$

- по витраті робочої рідини

$$y_2 = 1,15 + 0,278X_1 + 0,0065X_2 - 0,0075X_1X_2 - 0,016X_1^2 - 0,016X_2^2, \text{ л/хв}$$

де X_1 - кодоване значення тиску робочої рідини; X_2 - кодоване значення діаметру повітряного отвору.

Перехід від кодованих значень до натуральних здійснюється за допомогою формул:

$$X_1 = 5p_1 - 2 \quad (4.4)$$

$$X_2 = 2D_4 - 3 \quad (4.5)$$

де p_1 - тиск робочої рідини в натуральних одиницях, МПа;

D_4 - діаметр повітряного отвору, мм.

Достовірність моделі (2.18) оцінювали похибкою розходження ε між даними, отриманими теоретичним і експериментальним шляхами:

$$\varepsilon = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{D_{4теор} - D_{4експ}}{D_{4теор}} \right|, \%$$

де n - кількість точок;

$D_{4теор}$, $D_{4експ}$ - значення діаметру повітряного отвору за даними теоретичних і експериментальних досліджень.

В результаті зіставлення теоретичної і експериментальної кривої (рис.4.1) розбіжність складає $\varepsilon=2,84\% < 5\%$, що свідчить про достовірність фізичної моделі (2.18).

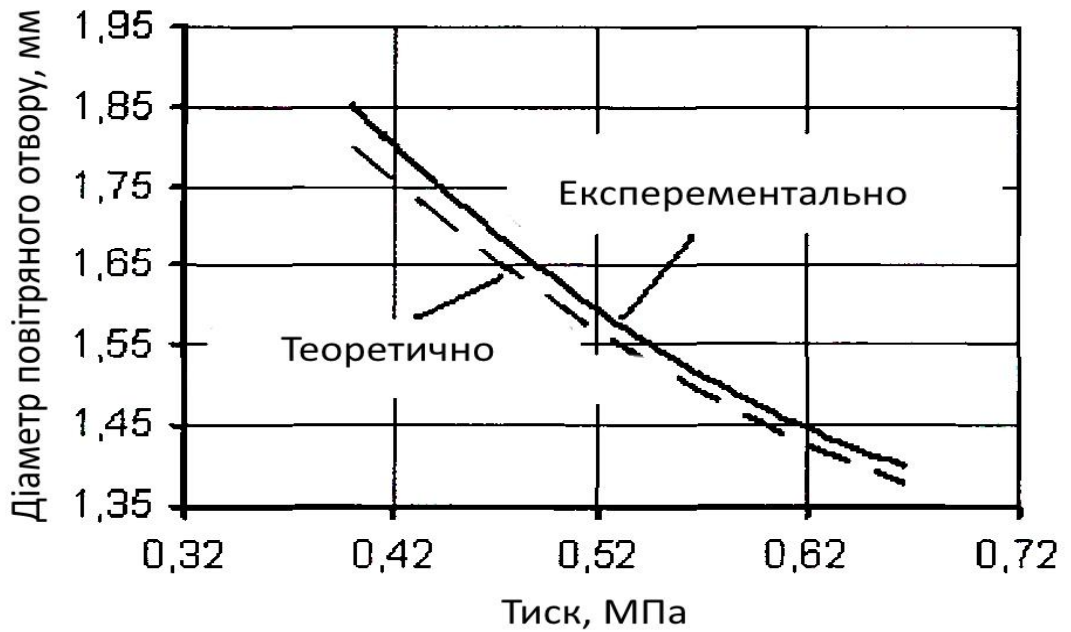


Рис.4.1. Теоретична крива, отримана по рівнянню (2.18) і експериментальна, отримана по рівнянню (4.2).

4.3. Оптимізація конструктивних і кінематичних параметрів розпилюючого пристрою

Аналіз експерименту виконали за допомогою двовимірних перерізів поверхні відгуку.

Для побудови поверхні відгуку перетворимо отримане рівняння регресії (4.2). Задамо $y_1=12\%$, $y_1=22\%$, та $y_1=32\%$. При $y_1=12\%$:

$$-24,6X_1^2 + (2,77 - 0,5X_2)X_1 + 0,6X_2 + 23,6 = 0 \quad (4.7)$$

Корні квадратного рівняння (4.7):

$$X_1' = -0,0102X_2 + 0,056 - 0,02\sqrt{0,25X_2^2 + 56,27X_2 + 23298,93} \quad (4.8)$$

$$X_1'' = -0,0102X_2 + 0,056 + 0,02\sqrt{0,25X_2^2 + 56,27X_2 + 23298,93} \quad (4.9)$$

По виразах (4.8) і (4.9) будемо двовимірні поверхні відгуку (рис. 4.2, таблиця 4.10).

Аналогічно аналізуємо рівняння (4.3) (см. рис. 4.2, таблиця. 4.11).

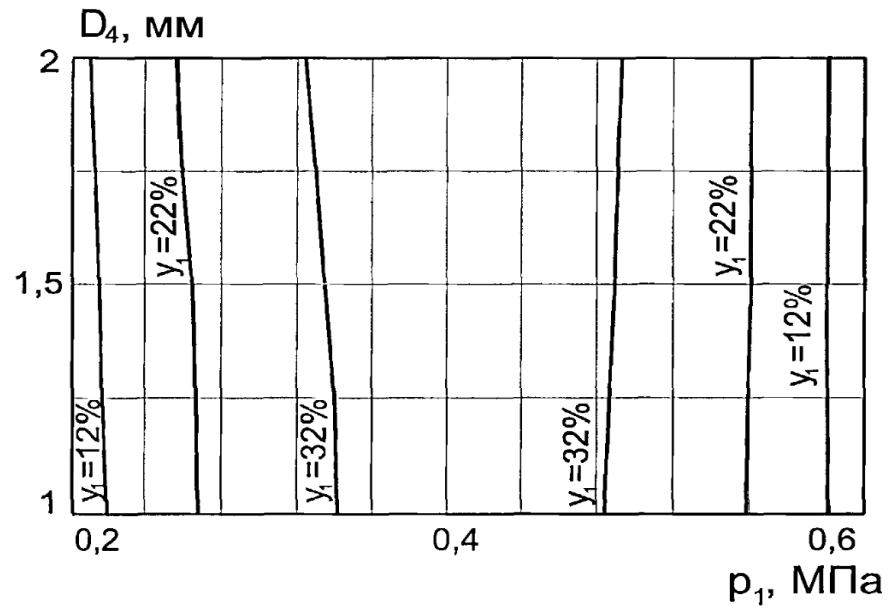


Рис. 4.2. Площа покриття робочою рідиною в залежності від її тиску і діаметру повітряного отвору .

Таблиця 4.10

Допоміжна таблиця для розрахунку побудови двовірних перерізів
поверхні відгуку y_1

| y_1 % | X_2 | D_4 , мм | X_1' | p_1 , МПа | X_1'' | p_1 , МПа |
|---------|-------|---------------|--------|----------------|---------|----------------|
| 12 | -1 | 1.00 | -0.903 | 0.2194 | 1.036 | 0.6072 |
| | -0.5 | 1.25 | -0.914 | 0.2172 | 1.037 | 0.6074 |
| | 0 | 1.50 | -0.925 | 0.2150 | 1.037 | 0.6074 |
| | 0.5 | 1.75 | -0.936 | 0.2128 | 1.038 | 0.6076 |
| | 1 | 2.00 | -0.947 | 0.2106 | 1.039 | 0.6078 |
| 22 | -1 | 1.00 | -0.663 | 0.2674 | 0.796 | 0.5592 |
| | -0.5 | 1.25 | -0.676 | 0.2648 | 0.799 | 0.5598 |
| | 0 | 1.50 | -0.689 | 0.2622 | 0.802 | 0.5604 |
| | 0.5 | 1.75 | -0.702 | 0.2596 | 0.805 | 0.5610 |
| | 1 | 2.00 | -0.715 | 0.2570 | 0.807 | 0.5614 |
| 32 | -1 | 1.00 | -0.289 | 0.3422 | 0.422 | 0.4844 |
| | -0.5 | 1.25 | -0.310 | 0.3380 | 0.433 | 0.4866 |
| | 0 | 1.50 | -0.330 | 0.3340 | 0.443 | 0.4886 |
| | 0.5 | 1.75 | -0.350 | 0.3300 | 0.453 | 0.4906 |
| | 1 | 2.00 | -0.359 | 0.3282 | 0.462 | 0.4924 |

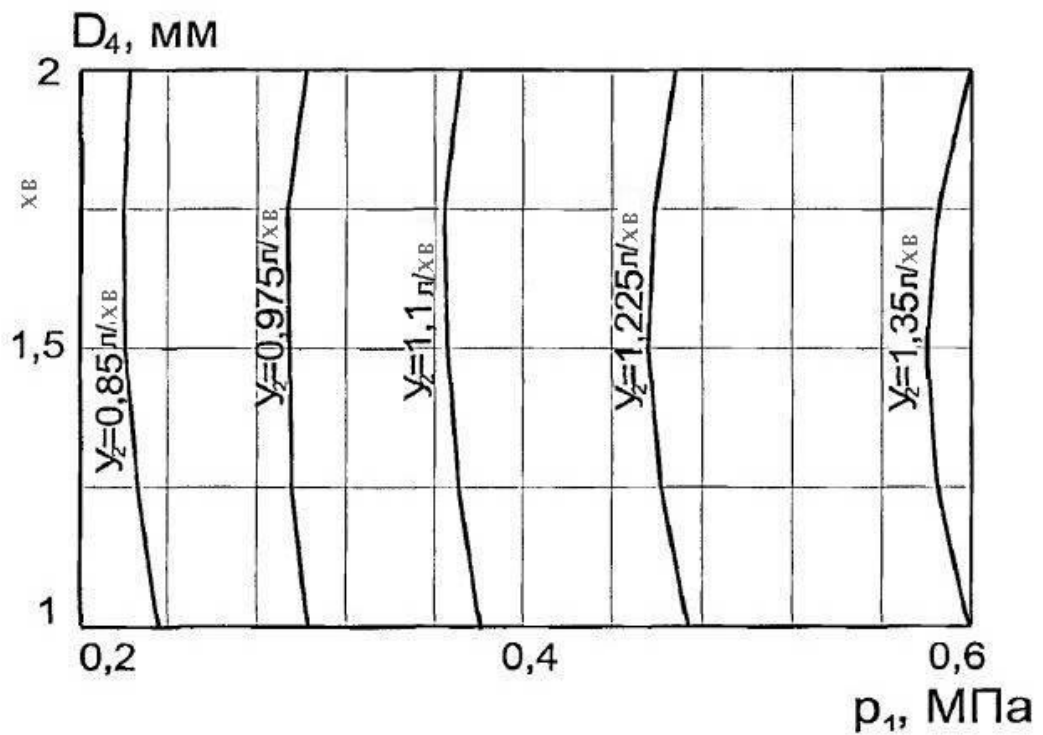


Рис. 4.3. Витрата робочої рідини через розпилювач в залежності від її тиску і діаметру повітряного отвору .

Таблиця 4.11

Допоміжна таблиця для розрахунку побудови двомірних перерізів поверхні відгуку y_2

| y_2 л/хв | X_2 | D_4 , мм | X_1 | p_1 , МПа |
|------------|-------|------------|--------|-------------|
| 0,850 | -1 | 1.00 | -0,825 | 0,2350 |
| | -0,5 | 1.25 | -0,872 | 0,2356 |
| | 0 | 1.50 | -0,899 | 0,2203 |
| | 0,5 | 1.75 | -0,906 | 0,2188 |
| | 1 | 2.00 | -0,892 | 0,2216 |
| 0,975 | -1 | 1.00 | -0,484 | 0,3032 |
| | -0,5 | 1.25 | -0,533 | 0,2934 |
| | 0 | 1.50 | -0,560 | 0,2880 |
| | 0,5 | 1.75 | -0,564 | 0,2872 |
| | 1 | 2.00 | -0,544 | 0,2912 |
| 1,000 | -1 | 1.00 | -0,093 | 0,3814 |
| | -0,5 | 1.25 | -0,147 | 0,3706 |
| | 0 | 1.50 | 0,169 | 0,3662 |
| | 0,5 | 1.75 | -0,175 | 0,3650 |
| | 1 | 2.00 | -0,141 | 0,3718 |
| | -1 | 1.00 | 0,371 | 0,4742 |
| | -0,5 | 1.25 | 0,313 | 0,4626 |
| | 0 | 1.50 | 0,288 | 0,4576 |

| | | | | |
|-------|------|------|-------|--------|
| 1,225 | 0,5 | 1.75 | 0,296 | 0,4592 |
| | 1 | 2.00 | 0,338 | 0,4676 |
| 1,350 | -1 | 1.00 | 0,993 | 0,5986 |
| | -0,5 | 1.25 | 0,923 | 0,5846 |
| | 0 | 1.50 | 0,900 | 0,5800 |
| | 0,5 | 1.75 | 0,925 | 0,5850 |
| | 1 | 2.00 | 1,006 | 0,6012 |

Покриття поверхні робочою рідиною y_1 (рис. 4.2) істотно залежить від тиску робочої рідини p_1 .

При збільшенні p_1 від 0,2 до 0,35..0,45 МПа величина y_1 зростає від 12 до 32..35%. Подальше зростання тиску до 0,6 МПа призводить до плавного зниження покриття поверхні до 12%. Щоб визначити параметри максимального покриття поверхні, у виразі (4.2) приймемо $X_2=0$. Отримане рівняння продиференціюємо і вирішимо відносно $X_1=0$.

$$\frac{dy_1}{dX_1} = 2,77 - 49,2X_1 = 0$$

Вирішуючи рівняння в натуральних значеннях чинника з використанням рівняння (4.4), отримаємо $p_1=0,411$ МПа.

Вплив діаметру повітряного отвору інжектора D_4 на покриття поверхні робочою рідиною менш істотне. Так, при 0,2 МПа із зростанням D_4 в діапазоні 1..2 мм величина y_1 плавно наростає з 7,6 % при $D_4=1$ мм до 10,3% при $D_4 = 2$ мм.

Характер зміни функції $y_1 = y_1(X_2)$ можна оцінити по першій похідній при $X_1 = 0$. Отримаємо $\frac{dy_1}{dX_2} = 0,6 - const$, що свідчить про прямий пропорційної взаємозв'язки $y_1=y_1(X_2)$ тобто максимальному покриттю поверхні робочою рідиною відповідають великі значення діаметру повітряного отвору інжектора.

Аналіз поверхні відгуку рівняння (4.3) показує наступне. Витрата робочої рідини через розпилювач y_2 (рис. 4.3) залежить від тиску робочої рідини p_1 . Збільшення тиску робочої рідини веде до збільшення витрати робочої рідини

через розпилювач. Так, при збільшенні робочого тиску з 0,2 до 0,6 МПа витрата робочої рідини збільшується з 0,81 до 1,41 л/хв.

Вплив діаметру повітряного отвору інжектора D_4 на витрату робочої рідини менш істотний. Характер зміни функції $y_2=y_2(X_2)$ можна оцінити по першій похідній $\frac{dy_2}{dX_2}$ при $X_1=0$. Отримуємо продиференційоване рівняння виду:

$$\frac{dy_2}{dX_2} = 0,065 - 0,32X_2 = 0$$

Вирішимо відносно X_2 з використанням формули (4.5).

Отримуємо - $D_4=1,6$ мм.

Дослідження поверхонь відгуку показало, що оптимальні значення факторів X_1 і X_2 по параметрах оптимізації y_1 і y_2 відрізняються, тобто досліджуваний факторний простір не може бути оптимізований обособлено по якомусь одному параметру. Тому оптимізація має бути виконана комплексно по двох параметрах y_1 і y_2 .

Завдання по комплексній оптимізації сформулюємо наступним чином: визначити значення факторів X_1 і X_2 з умови максимального покриття рослин робочою рідиною при заданій її витраті q_p , л/хв.

Для вирішення цього завдання використовуємо метод невизначених множників Лагранжа. Складемо систему рівнянь (4.10) [30]:

$$\begin{cases} y_1 = 35,6 + 2,77X_1 + 0,6X_2 - 0,5X_1X_2 - 24,6X_1^2, \% \\ y_2 = 1,12 + 0,278X_1 + 0,0065X_2 - 0,0075X_1X_2 - 0,062X_1^2 - 0,016X_2^2, \text{ л/ хв}; \\ \frac{dy_1}{dX_1} + \lambda \frac{dy_2}{dX_1} = 0; \\ \frac{dy_1}{dX_2} + \lambda \frac{dy_2}{dX_2} = 0; \\ y_2 - q_{жс} = 0; \\ q_{жс} = tQV / 600, \text{ л / хв}; \\ X_1 = 5p_1 - 2; \\ X_2 = 2D_4 - 3; \end{cases} \quad (4.10)$$

де λ - невизначений множник Лагранжа;

t - крок встановлення розпилювачів на штанзі, м;

Q - норма витрати робочої рідини, л/га;

V - швидкість руху агрегату, км/год.

Задаючи значення витрати робочої рідини через розпилювач $q_{ж}$, отримуємо систему рівнянь (4.10). Систему рівнянь (4.10) вирішуємо методом послідовних наближень із застосуванням програми MathCAD 2007. Визначені оптимальні значення D_4 і p_1 для різних режимів роботи обприскувача, що характеризуються його робочою швидкістю V і, заданою агротехнікою, необхідною нормою витрати робочої рідини Q (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12

Результати рішення

| Параметри розпилювача | Витрата робочої рідини через розпилювач , $q_{ж}$ л/хв | | | | |
|---------------------------------------|--|------|------|------|------|
| | 0,81 | 1,00 | 1,15 | 1,29 | 1,41 |
| Тиск робочої рідини , p_1 , МПа | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,52 | 0,67 |
| Діаметр повітряного отвору D_4 , мм | 3,4 | 2,7 | 1,8 | 1,6 | 1,4 |

Для оперативного визначення параметрів інжекторного розпилювача побудована номограма (рис.4.4). Номограма складається з двох взаємозв'язаних частин: лівої - технологічної і правої - технічної. Технологічна частина включає агротехнічні показники роботи обприскувача: погектарну витрату робочої рідини Q (л/га) і робочу швидкість обприскувача V (км/год). Технічна частина містить режими роботи інжекторного розпилювача - тиск робочої рідини p_1 (МПа), діаметр D_4 повітряного отвору (мм) і витрату робочої рідини через розпилювач $q_{ж}$ (л/хв).

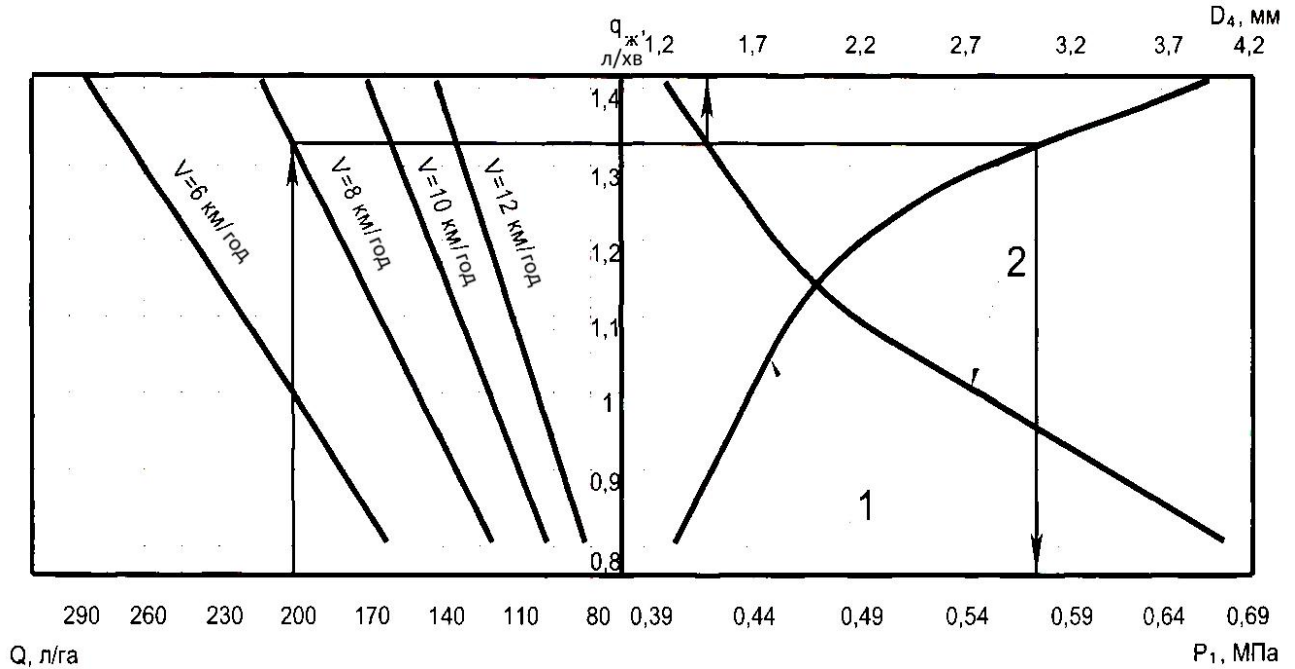


Рис. 4.4. Номограма для визначення параметрів інжекторного розпилювача: 1 - залежність робочого тиску; 2 - діаметру повітряного отвору.

Величина $q_{ж}$ регламентована агротехнічною доцільністю. Встановлюється вона залежно від вживаного хімічного препарату на обприскуванні сільськогосподарських культур.

Наприклад, для оптимізації параметрів інжекторного розпилювача при $Q = 200$ л/га, $V = 8$ км/год і $t = 0,5$ м, проводимо перпендикуляр з точки $Q = 200$ л/га до перетину з променем $V = 8$ км/год (рис. 4.4). Далі проводимо паралельну осі X горизонталь до перетину з кривими 1 і 2. З точок перетину опускаємо перпендикуляр на осі p_1 і D_4 - оптимальні значення діаметру повітряного отвору і тиску робочої рідини. Отримуємо: $p_1 = 0,56$ МПа, $D_4 = 1,5$ мм, $q_{ж} = 1,34$ л/хв.

Висновки.

1. В результаті проведення експериментальних досліджень та математичної обробки дослідних даних отримано рівняння регресії, яке адекватно описує процес нанесення робочої рідини на цільову поверхню при роботі інжекторного розпилювача.

2. В результаті зіставлення результатів експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків встановлено, що розбіжність їх складає 2,84%, що менше допустимої і свідчить про достовірність математичної моделі процесу роботи інжекторного розпилювача.

3. Аналіз отриманих експериментальних даних, який виконано методом двомірних перерізів свідчить про те що, домінуючий вплив на хвилинну витрату інжекторного розпилювача має тиск рідини, менш істотно на цей показник впливає діаметр повітряного отвору розпилювача.

4. На підставі отриманих аналітичних залежностей і обробки експериментальних даних та з метою оперативного визначення параметрів інжекторного розпилювача запропоновано номограму для практичного застосування в реальних умовах роботи обприскувача.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Умови праці та аналіз впливу пестицидів на людину.

Пестициди - препарати, які використовують проти шкідників, збудників хвороб рослин, бур'янів і шкідливих організмів, що викликають псування сільськогосподарської продукції, матеріалів, виробів, а також проти паразитів і переносників небезпечних хвороб людини і тварин. Отже, пестициди - це біологічно активні речовини, здатні викликати порушення життєдіяльності теплокровних тварин, людини і сільськогосподарських рослин. Крім того, часто пестициди потрапляють на нецільові об'єкти: в довкілля - ґрунт, повітря, водні басейни; знищують корисну фауну - ентомофагів і акарофагів, бджіл, комах обпилювачів, переносяться на суміжні посіви і ценози, які не обробляють. У нинішніх умовах господарювання, коли вирощування картоплі, більшості овочевих і плодкових культур зосереджено в приватному секторі (фермерські господарства, присадибні і дачні ділянки), де пестициди застосовують люди, які не завжди знайомі з охороною праці при роботі з пестицидами, необхідним являється постійне надання консультацій по охороні праці і довкілля від забруднення. Поширеними пестицидами є хімічні сполуки [2, 21].

Для запобігання негативної дії пестицидів на людей, тварин і довкілля виробники засобів захисту систематично ведуть роботи по їх удосконаленню. До застосування не допускають препарати без усебічного вивчення їх дії на тварин, корисних комах, мікрофлору ґрунту, персистентності і т.д. Розробка правил безпеки при роботі з кожним препаратом і регламенти їх застосування узгоджено Законами України: "Про захист рослин", "Про пестициди і агрохімікати", "Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення", викладені в "Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні", - К.; 2004.

Зокрема, в Законі України "Про пестициди і агрохімікати" стаття 11 "Транспортування, зберігання, застосування, утилізація, знищення і знешкодження пестицидів і агрохімікатів і торгівля ними здійснюється у відповідності з вимогами, встановленими чинним законодавством, санітарними правилами транспортування, зберігання і застосування пестицидів і агрохімікатів і іншими нормативними актами. Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів і торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи з вказаними препаратами. Стаття 12. "При застосуванні пестицидів і агрохімікатів здійснюється комплекс заходів відповідно до регламентів, встановлених для певної ґрунтово-кліматичної зони з урахуванням попереднього агрохімічного обстеження ґрунтів, дані агрохімічного паспорта земельної ділянки (поля) і стану посівів, діагностики мінерального живлення рослин, прогнозу розвитку шкідників і хвороб. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених для продажу населенню і для застосування авіаційним методом, затверджується Укрдержхімкомісією за узгодженням з Міністерством охорони здоров'я України і Міністерством охорони природного довкілля і ядерної безпеки України". Рамки розділу не дозволяють викласти повніше зміст законодавства по захисту рослин в Україні, де передбачені права і обов'язки як посадовців, так і громадян у разі застосування пестицидів і агрохімікатів. Проте кожен, хто причетний до використання пестицидів, повинен знати, що пестициди і агрохімікати - це небезпечні для здоров'я людей речовини, тому поводитися з ними слід украй обережно. Згідно з вимогами ДСТУ EN 907.2002 "Обприскувачі-опилювачі для внесення засобів захисту рослин. Вимоги безпеки"[28], викладені основні правила по охороні праці при роботі з пестицидами.

5.2. Аналіз травматизму при роботі з пестицидами в Україні.

Згідно даних по зайнятості в сільському господарстві задіяно 910 тис. населення України з них 3% працюють на роботах пов'язаних з пестицидами.

За даними про нещасні випадки при роботі з отрутохімікатами за 5 років, які наведені в таблиці 5.1 можна проаналізувати кількість травмованих за останні роки.

Таблиця 5.1.

Кількість травмованих при роботі з пестицидами

| | Роки | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Кількість працюючих, чол. | 27300 | 25631 | 26420 | 25940 | 26700 |
| Кількість травмованих, чол. | 409 | 420 | 415 | 405 | 321 |

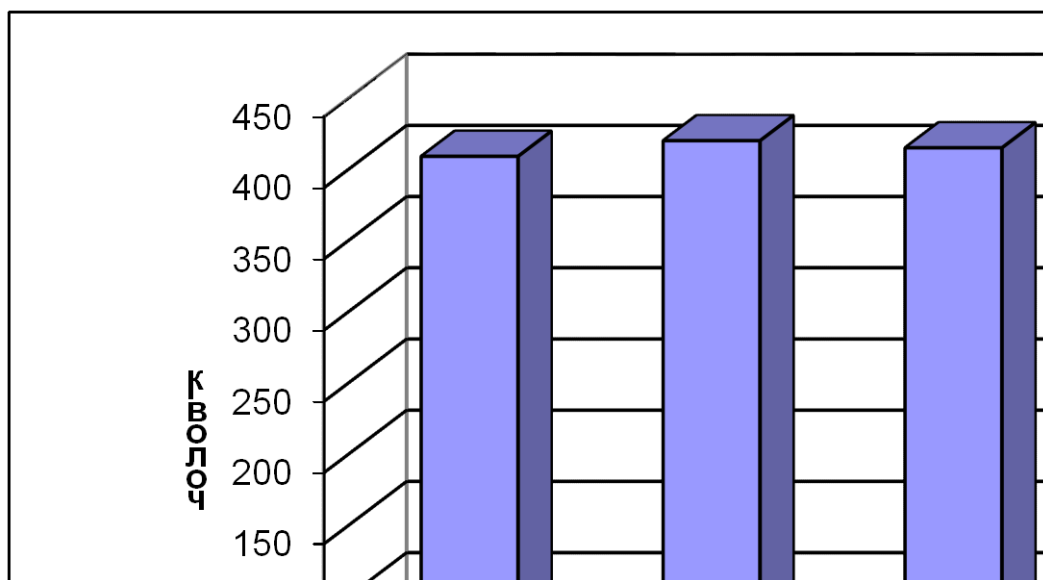


Рис. 5.1. Графік травмувань та нещасних випадків в Україні при роботі з пестицидами за останні 5 років

З даних графіків можна зробити відповідні висновки про те, що за останні роки стан охорони праці в господарствах поліпшився. Вищенаведені дані про кількість травмувань та нещасних випадків при роботі з пестицидами

свідчать про значні резерви в підвищенні рівня охорони праці при використанні пестицидів.

Провівши даний аналіз пропонується проаналізувати вплив отрутохімікатів на людину та запропонувати засоби індивідуального захисту для роботи з пестицидами.

5.3. Вимоги з охорони праці під час роботи з пестицидами

1. Загальні вимоги

Правила безпечного використання робіт для осіб тих, що використовують в процесі трудової діяльності пестициди (далі препарат) для обробки земельних ділянок.

Для обробки земельних ділянок застосовується розчин приготований у відповідність з ними по застосуванню заводу-виробника.

Розчин препарату, нанесений на листову поверхню листя поглинається рослиною протягом 4-6 годин, рослина гине в результаті порушення процесу синтезу амінокислот, перші ознаки дії препарату проявляються через 5-10 днів після його застосування. Повністю бур'яни відмирають через 2-3 тижні після обробки.

Робочий розчин має бути використаний в день приготування.

Обробку проводити в суху безвітряну погоду за відсутності на рослинах роси або вологи від дощу.

Зберігати препарат необхідно в шафах або приміщеннях тих, що закриваються на замок, в добре закритій тарі на якій нанесена назва препарату. При зберіганні враховувати термін придатності відповідно до документації заводу-виробника.

До роботи з пестицидами допускаються особи не молодше 18 років, які ознайомлені із правилами безпечного використання робіт та отримали відповідний цільовий інструктаж перед початком робіт.

До роботи з пестицидами не допускаються вагітні жінки і особи медичні протипоказання, що мають, до його використання.

Розчин препарату токсичний, про те що персонал використовує його має бути повідомлений перед початком робіт.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

Роботи, пов'язані з використанням препарату необхідно проводити тільки після отримання відповідного завдання від безпосереднього керівника.

Перед початком виробництва роботи необхідно відрегулювати і випробувати обприскувач, використовуючи для цієї мети воду.

Одягнути спецодяг, підготувати засоби захисту рук, очей, органів дихання.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.

Приготувати розчин препарату, уникаючи його попадання на відкриті ділянки тіла.

Робочий розчин препарату слід нанести на трав'яний покрив у вигляді дрібного розпилювання з використанням садових обприскувачів.

При обприскуванні трав'яного покриву слід враховувати напрями вітру, з тим щоб розчин не потрапляв на тих, що працюють.

Під час роботи з препаратом необхідно захищати органи дихання, використовуючи для цієї мети респіратор типу "Лепесток" або інші типи.

Для захисту рук і очей працівників, що використовують розчин необхідно користуватися відповідно рукавицями і захисними окулярами.

Про усі помічені порушення, що можуть привести до нещасного випадку негайно повідомити безпосереднього керівника.

Під час роботи з препаратом забороняється приймати їжу і пити воду, або інші напої.

Під час роботи з препаратом куріння заборонене.

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

При появі ознак отруєння пестицидами (нудота, блювота, біль в шлунку, загальна слабкість, запаморочення) треба надати потерпілому першу допомогу і негайно викликати швидку допомогу.

При попаданні препарату в організм слід звільнити шлунок від токсичних речовин, викликавши блювоту для чого використовується розчин гіркої (англійської солі, активоване вугілля (порошок) або марганцевокислий калій (кристали).

При попаданні препарату в очі їх слід промити великою кількістю води.

При попаданні препарату на шкіру його змивають водою.

При нещасному випадку негайно повідомити свого безпосереднього керівника.

5. Вимоги безпеки по закінченню роботи.

. Провітрити одяг в якій вироблялося обприскування і періодично стирати в мильно-содовому розчині.

Промити обприскувач водою.

Залишки препарату, непридатні для подальшого застосування, нейтралізувати вапняним розчином і закопати в ґрунт.

Після виконання роботи слід вимити з милом обличчя і руки, прополоскати рот, а при нагоді прийняти душ.

Тару, що звільнилася, з-під препарату необхідно утилізувати згідно з рекомендаціями виробника.

Не використовувати тару для інших цілей, не викидати її у водоймища.

Провівши аналіз впливу пестицидів на людину було розроблено карту безпеки праці для обприскувача ОП-2000. В карті наведені основні небезпечні зони обприскувача та заходи по запобіганню травматизму. В даній карті були розроблені спеціальні позначення для небезпечних зон, які прикріплюються безпосередньо на обприскувачі.

Вимоги до засобів індивідуального захисту.

Для захисту організму від потрапляння пестицидів через дихальні шляхи використовують: протигазові респіратори (РПГ-67) з відповідними патронами,

універсальні респіратори (РУ-60М), промислові протигази із змінними коробками, протипилові респіратори (Ф-62Ш, У-2К, "Лепесток", "Астра-2").

При роботі з ртутноорганічними препаратами застосовують протигазовий патрон "Г", для фосфорорганічних, хлорорганічних і інших речовин - протигазовий патрон марки "А". При фумігації приміщень такими високоотруйними речовинами, як препарат 242, дихлоретан, бромистий метил, необхідно застосовувати промислові протигази з коробками коричневого кольору. Щодня після роботи респіратори і протигази підлягають очищенню.

Забруднені гумові лицьові частини і гофровані трубки миють в знезаражувальному розчині (25 г мила і 5 г соди на 1 л води) або розчині ДИАС (100 г ДИАС на 10 літрів води) з наступним обов'язковим промиванням теплою або холодною водою і сушкою при кімнатній температурі. Після цього лицьові частини і трубки дезинфікують спиртом або 0,5% розчином перманганату калію, потім знову промивають і сушать.

Для захисту рук при роботі з рідкими формами пестицидів застосовують гумові рукавички (арт. 374), при роботі з пилоподібними отрутохімікатами - рукавиці бавовняні з плівковим покриттям і кислотозахисним просоченням (КР) або комбіновані рукавиці з текстиновими наладонниками. Як спецвзуття при роботі з пилоподібними отрутохімікатами застосовують брезентові бахіли або гумові чоботи, а при обприскуванні - тільки гумові чоботи.

Знезараження транспортних засобів, апаратури, тари, приміщень і спецодягу проводяться відповідно до "Інструкції по охороні праці та правилам безпеки при зберіганні, транспортуванні і застосуванні пестицидів в сільському господарстві".

Висновки.

Проведено аналіз охорони праці при роботі з пестицидами. Проаналізовано нормативно-правову базу України якими користуються виробники хімічних речовин та їх використовувачі. Також розроблено уточнені правила безпеки роботи з пестицидами.

**6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВПРОВАДЖЕННЯ ОБПРИСКУВАЧА, ОБЛАДНАНОГО
ІНЖЕКТОРНИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ**

Розрахунок економічної ефективності проводиться з метою визначення таких основних параметрів, як річний економічний ефект та термін окупності удосконаленої машини. Ці розрахунки дозволять визначити нам чи доцільне застосування удосконалення у виробництві.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані проекту, який впроваджується

| | Показники | Варіанти | |
|---|--|-----------------------|----------------------|
| | | Базовий | Проектний |
| 1 | Вид роботи, що виконується | Обприскування посівів | |
| 2 | Склад агрегату | Беларус-892+ОП-2000 | Беларус-892+ОП-2000М |
| 3 | Обсяг роботи, га | 600 | 600 |
| 4 | Продуктивність агрегату за годину робочої зміни, га/год. | 10,8 | 14.2 |
| 5 | Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| | трактора | 194000 | 194000 |
| | обприскув | 64500 | 66300 |

| | | | |
|--|---------|--------|--------|
| | ача | 258500 | 260300 |
| | Всього: | | |

Продовження таблиці 6.1.

| | | | |
|---|--|----|----|
| 6 | Тривалість зміни, год. | 6 | 6 |
| 7 | Кількість обслуговуючого персоналу, осіб | 1 | 1 |
| 8 | Вартість палива, грн | 22 | 22 |

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити такі пункти:

1. Змінна продуктивність агрегату ($W_{зм}$), га/зм;

$$W_{зм.} = W_{год.} \cdot 6$$

$$W_{зм}^{\delta} = 10,8 \cdot 6 = 64,8;$$

$$W_{зм}^n = 14,2 \cdot 6 = 85,2$$

2. Витрати робочого часу на одиницю роботи агрегату (B), люд.-год./га:

$$B = \frac{K_{np} \cdot T_{зм}}{W_{зм}}$$

$$B^{\delta} = \frac{1 \cdot 6}{64,8} = 0,093,$$

$$B^n = \frac{1 \cdot 6}{85,2} = 0,0704.$$

3. Нормативне завантаження агрегату (T_n), га:

$$T_n = \frac{Q}{W_{год}}$$

$$T_n^b = \frac{600}{10,8} = 55,5$$

$$T_n^n = \frac{600}{14,2} = 42,2.$$

4. Нормативні витрати на ТО,ПР, КР, зберігання;

$$H_{рем} = \frac{B \cdot 0,097 \cdot W_{год}}{T_n},$$

$$H_{рем}^b = \frac{258500 \cdot 0,097 \cdot 10,8}{55,5} = 4879,3,$$

$$H_{рем}^n = \frac{260300 \cdot 0,097 \cdot 14,2}{42,2} = 8496,1.$$

Для розрахунку економічної ефективності визначаємо показники наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 6.2.

Розрахункові показники впровадження проекту

| Показники | Варіанти | |
|--|-------------|-------------|
| | базовий | проектний |
| Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього: | EB^b | EB^n |
| в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн. | $ЗП^b$ | $ЗП^n$ |
| амортизаційні відрахування, грн. | A^b | A^n |
| вартість ПММ, грн. | $B_{пмм}^b$ | $B_{пмм}^n$ |
| витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн. | $B_{рем}^b$ | $B_{рем}^n$ |
| інші витрати. | IB^b | IB^n |
| Капітальні вкладення на 1 га, грн. | KB^b | KB^n |
| Приведені витрати на 1 га, грн. | $ПВ^b$ | $ПВ^n$ |
| Річний економічний ефект, грн. | - | E_p |

| | | |
|---|---|-------|
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | - | T_o |
|---|---|-------|

5. Експлуатаційні витрати (EB) всього, грн./га:

$$EB = ЗП + A + B_{пмм} + B_{рем} + IB$$

де – заробітна плата з нарахуваннями, грн./га:

$$ЗП = \frac{ТС}{W_{год}} \cdot 1,2 \cdot 1,22$$

де $ЗП$ – заробітна плата;

$ТС$ – тарифна ставка, грн. ($ТС = 11,18$);

1,2 – коефіцієнт, що враховує додаткову доплату;

1,22 – коефіцієнт, що враховує розмір відрахувань на соціальні заходи;

$$ЗП^{\sigma} = \frac{11,18}{10,8} \cdot 1,2 \cdot 1,22 = 1,51,$$

$$ЗП^n = \frac{11,18}{14,2} \cdot 1,2 \cdot 1,22 = 1,15.$$

- амортизація основних засобів, грн./га:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100 \cdot Q},$$

де B - балансова вартість, грн.;

λ – норма амортизації, % ($\lambda = 17,5$ для трактора та $\lambda = 14,2$ для обприскавача);

Q – обсяг робіт, га або т;

для трактора Беларус-892:

$$A^{\sigma} = \frac{194000 \cdot 17,5}{100 \cdot 1000} = 33,95,$$

для обприскувача:

$$A^{\sigma} = \frac{64500 \cdot 14,2}{100 \cdot 1000} = 9,16,$$

$$A^n = \frac{66300 \cdot 14,2}{100 \cdot 1000} = 9,41.$$

Всього $A^{\sigma} = 43,11$ грн./га та грн./га $A^n = 43,36$

- витрати на ПММ, грн./га:

$$B_{пмм} = H_{пмм} \cdot Ц_k,$$

де $H_{пмм}$ - норма витрати палива, кг/га ($H_{пмм} = 0,6$ для базового агрегату та $H_{пмм} = 0,4$ для проектного);

$Ц_k$ - комплексна ціна 1 кг ПММ, грн. ($Ц_k = 22$ грн.);

$$B_{пмм}^{\delta} = 0,6 \cdot 22 = 13,2$$

$$B_{пмм}^n = 0,4 \cdot 22 = 8,8.$$

- затрати на КР, ПР, ТО та зберігання, грн./га:

$$B_{рем} = \frac{K \cdot H_{рем}}{W_{год}},$$

де K – коефіцієнт переводу тракторів в умовні еталонні ($K = 0,7$);

$H_{рем}$ – норма відрахувань на КР, ПР, ТО та зберігання;

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату га/год;

$$B_{рем}^{\delta} = \frac{0,7 \cdot 12,5}{10,8} = 0,81,$$

$$B_{рем}^n = \frac{0,7 \cdot 12,5}{14,2} = 0,61.$$

- IB – інші витрати складають 3 % від загальної суми експлуатаційних витрат, грн.:

$$IB = (ЗП + A + B_{пмм} + B_{рем}) \cdot 3 / 100,$$

$$IB^{\delta} = \frac{(1,51 + 43,11 + 13,2 + 0,81) \cdot 3}{100} = 1,75 \text{ грн./га},$$

$$IB^n = \frac{(1,15 + 43,36 + 8,8 + 0,55) \cdot 3}{100} = 1,61 \text{ грн./га}.$$

Отже експлуатаційні витрати будуть дорівнювати:

$$EB^{\delta} = 1,51 + 43,11 + 13,2 + 0,81 + 1,76 = 60,38 \text{ грн./га}$$

$$EB^n = 1,15 + 43,36 + 8,8 + 0,55 + 1,62 = 55,51 \text{ грн./га}$$

6. Капітальні вкладення (KB) на 1 га, грн.:

$$KB = \frac{B}{Q};$$

для трактора:

$$KB^{\sigma} = \frac{194000}{600} = 323,3$$

для обприскувача:

$$KB^{\sigma} = \frac{64500}{1000} = 107,5,$$

$$KB^n = \frac{66300}{600} = 110,5.$$

Всього $KB^{\sigma} = 430,8$ грн/га та $KB^n = 433,8$ грн/га.

7. Приведені витрати на 1 га, грн.:

$$ПВ = EB + 0,15 \cdot KB,$$

$$ПВ^{\sigma} = 60,38 + 0,15 \cdot 430,8 = 125,$$

$$ПВ^n = 55,51 + 0,15 \cdot 433,8 = 120,58.$$

8. Приведені витрати на весь обсяг робіт, грн.:

$$ПВ_Q = ПВ \cdot Q,$$

$$ПВ_Q^{\sigma} = 125 \cdot 600 = 75000,$$

$$ПВ_Q^n = 120,58 \cdot 600 = 72348.$$

9. Річний економічний ефект, грн.:

$$E_p = [ПВ_Q^{\sigma} - ПВ_Q^n] = [75000 - 72348] = 2652 \text{ грн/рік}$$

10. Термін окупності капітальних вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{\Delta KB}{E_p} = \frac{1800}{2652} = 0,67 \text{ року,}$$

де ΔKB – розмір додаткових капітальних вкладень по проекту, який визначається по різниці капітальних вкладень.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.3.

Таблиця 6.3

Техніко – економічні показники впроваджуваного проекту

| Показники | Варіанти | |
|------------------|----------|-----------|
| | базовий | проектний |
| Обсяг роботи, га | 600 | 600 |

| | | |
|------------------------------------|--------|--------|
| Годинна продуктивність, га/год. | 10,8 | 14,2 |
| Витрати палива на 1 га, кг | 0,6 | 0,4 |
| Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| трактора | 194000 | 194000 |
| обприскувача | 64500 | 66300 |
| Всього: | 258500 | 260300 |
| Нормативне навантаження, год. | 92,6 | 62,5 |

Продовження таблиці 6.3.

| | | |
|---|-------|--------|
| Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього: | 60,38 | 55,51 |
| в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн. | 1,51 | 1,15 |
| амортизаційні відрахування, грн. | 43,11 | 43,36 |
| вартість ПММ, грн. | 13,2 | 8,8 |
| витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн. | 0,81 | 0,61 |
| інші витрати. | 1,75 | 1,61 |
| Капітальні вкладення на 1 га, грн. | 430,8 | 433,8 |
| Приведені витрати на 1 га, грн. | 125 | 120,58 |
| Річний економічний ефект, грн. | | 2652 |
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | | 0,67 |

Висновки

Таким чином, одержані результати свідчать про економічну доцільність впровадження вдосконаленого розпилювача для внесення робочих розчинів пестицидів. Підставами для цього є одержання річного економічного ефекту в розмірі 2652 грн. та терміні окупності на протязі одного сезону.

ВИСНОВКИ

1. Важливим чинником інтенсифікації виробництва продукції рослинництва є застосування хімічних засобів захисту рослин. Близько 75% хімічних препаратів вноситься штанговими обприскувачами. Істотне підвищення ефективності обприскування сільськогосподарських культур досягається при використанні інжекторних розпилювачів, що відрізняються наявністю камери змішування, яка через повітряний отвір сполучується з атмосферою. Утворений в камері змішування рідинно-повітряний потік переміщується через щілинне сопло і дробиться на краплі розміром більше 500 мкм, насичені бульбашками повітря. Такі краплі менше випаровуються, стійкі до дії вітру. Потрапляючи на листову поверхню рослин, вони руйнуються і покривають поверхню тонкою плівкою.

2. Дослідженнями динаміки рідинно-повітряного потоку встановлено збільшення розрідження в порожнині повітряного отвору розпилювача зі збільшенням тиску робочої рідини. В даному випадку збереження максимального к.к.д. розпилювача можливо при синхронному зменшенні діаметра повітряного отвору.

3. Розроблено програму та методику експериментальних досліджень а також лабораторну установку, що дозволяє оцінювати роботу розпилювача за показниками рівномірності розподілу робочої рідини по ширині факела розпилу, площі покриття нею цільової поверхні та кута факела розпилювання.

4. Експериментальні дослідження проведено за методикою оптимального планування багатофакторного експерименту з аналітичним і графічним аналізом результатів за двома критеріями оптимізації - витраті робочої рідини через розпилювач і площі покриття нею оброблюваної поверхні. В якості варійованих факторів прийняті тиск робочої рідини, що подається до розпилювача p_1 і діаметр повітряного отвору інжектора D_4 .

5. Відокремлений оптимізацією експерименту по кожному з двох критеріїв отримані суперечливі дані. Максимальної площі покриття оброблюваної поверхні робочою рідиною відповідає $p_1 = 0,411$ МПа і великі значення D_4 . Мінімуму витраті робочої рідини відповідають інші значення факторів: $p_1 = 0,2$ МПа, $D_4 = 1,6$ мм.

6. Виконано комплексну оптимізацію параметрів інжекторного розпилювача методом невизначених множників Лагранжа з умови максимального покриття оброблюваної поверхні робочою рідиною при заданій її витраті. При відстані між розпилювачами на штанзі 0,5 м оптимальному значенню критеріїв оптимізації відповідають тиск робочої рідини 0,46 МПа, діаметр повітряного отвору 1,7 мм.

7. Проведено аналіз охорони праці при роботі з пестицидами та розроблено уточнені правила безпеки роботи із засобами захисту рослин.

8. Проведені розрахунки техніко-економічних показників свідчать про економічну доцільність впровадження інжекторних розпилювачів для внесення робочих розчинів пестицидів. При цьому річний економічний ефект становить 2652 грн. та термін окупності додаткових капітальних вкладень - один сезон експлуатації.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абубикеров В. А. Микрообъемный монодисперсный опрыскиватель с отделением мелких капель / В.А. Абубикеров, А. В. Богданов, Н.В. Никитин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989. - №4. - С. 23-24.
2. Безуглов В. Техника и технология внесения пестицидов / В. Безуглов // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2003. - №1. - С. 55-59.
3. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
4. Белецкий, И.Н. Комплекс машин для применения пестицидов / И.Н. Белецкий // Защита растений. 1983. - №7. - С. 32-34.
5. Белецкий И.Н. Регулировка опрыскивателя / И.Н. Белецкий // Защита растений. - 1989. - №5. - С. 3 6-37.
6. Белецкий И.Н. Технология внесения гербицидов / И.Н. Белецкий. - Л.: Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1989. - 176 с.
7. Веретенников Ю.М. Как отрегулировать опрыскиватель, проверить качество опрыскивания? Способ один - подбирайте распылители, считайте капли! / Ю.М. Веретенников, А.К. Лысов // Защита растений. - 1993. - №9. - С. 48-51.
8. Веретенников Ю.М. Регулировка штанговых опрыскивателей ОПШ-15-01, ОП-2000-2-01 и ОМ-630-2 на рациональный экологически безопасный режим работы / Ю.М. Веретенников, А. К. Лысов // Защита и карантин растений. - 1994. - №4. - С. 29-31.
9. Вялых В.А. Для УМО опрыскивания / В.А. Вялых // Химия в сельском хозяйстве. - 1986. - №12. - С. 33.
10. Вялых В.А. Настройка и регулировка машин по защите растений / В.А. Вялых, И.Т. Штоколов, Л. А. Михин. - Воронеж: РПНО «Россельхозхимия», ВИЗР, 1989. - 78 с.

11. Вялых В.А. От чего зависит качество работы опрыскивателей / В.А. Вялых, С.Н. Савушкин // Защита и карантин растений. - 2004. - №11. - С. 48-51.
12. Голоцуцких В.И. Методика определения качества работы распылителей / В. И. Голоцуцких, В. В. Олещицкий // Достижения науки и техники в АПК. - 2006. - №6. - С. 42-43 .
13. Дунский В.Ф. Монодисперсные вращающиеся распылители / В.Ф. Дунский, Н.В. Никитин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1981. - №8. - С. 11-14.
14. Дунский В.Ф. Пестицидные аэрозоли / В.Ф. Дунский, Н.В. Никитин, М.С. Соколов - М. : Наука, 1982. - 288 с.
15. Захаренко А. В. Совершенствование технологии внесения гербицидов / А. В. Захаренко // Агро XXI. - 2001. - №4. - С. 6-7.
16. Как выбрать нужный распылитель // Защита и карантин растений. - 2006. - №6. - С. 40-42.
17. Каспаров В.А. Применение пестицидов за рубежом / В.А. Каспаров, В.К Промоненков. - М. : Агро- промиздат, 1990. - 224 с.
18. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакурн. - М.: Колос, 1980. - 671 с.
19. Кобылко Б.Г. Расчет распылителей щелевого типа / Б.Г. Кобылко, М.И. Незбрицкий, Л.Н. Козин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1983. - №10. - С. 19-20.
20. Колтунов Н.А. Малообъемное опрыскивание / Н.А. Колтунов // Сахарная свекла. - 1989. - №4. - С. 47-49.
21. Краховецкий Н.Н. Машины для защиты растений: снижение экологической нагрузки на полезную фауну / Н.Н. Краховецкий, В.А. Шмонин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1998. - №12. - С. 32-34.
- 22.Крюков И.В. Эффективные и надежные опрыскиватели / И.В. Крюков // Земледелие. - 2002. - №3. - С. 28.

23. Лепехин Н.С. Дисперсная характеристика распылителей жидкости для защиты растений / Н.С. Лепехин, А.А. Цырин, А.Д. Аскеров // Механизация технологических процессов защиты растений. - М., 1991. - С. 92-100.
24. Лысов А.К. Аэрозольные технологии в защите растений / А.К. Лысов // Защита и карантин растений. - 2002. - №4. - С. 39-40.
25. Лысов А.К. Внесение пестицидов: из века минувшего в век нынешний / А.К.Лысов, Ю.М. Веретенников, Н.Н. Краховецкий // Защита и карантин растений. 2004. - №12. - С. 10-12.
26. Малообъемное опрыскивание гербицидами / Ю. Я. Спиридонов, М. С. Раскин, Н.В. Никитин, В.В. Поляков, В.А. Абубикеров. // Защита и карантин растений. - 2001. - №7. - С. 28-30.
27. Мартыненко В.И. К истории применения пестицидов в СССР / В.И. Мартыненко, А.Б. Фраткин // Защита растений. - 1984. - №6. - С. 22-24.
28. Масло И. П. Правила применения пестицидов / И.П. Масло, А.С. Барановский, С.П. Тимошенко // Земледелие. - 1987. - №9. - С. 53-55.
29. Машины для защиты растений / В.Ф. Федоренко, Ю.Ф. Лачуга, Л.С. Орси́к, Д.С. Баклагин и др. // Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом. - М., 2004. - С. 40-47.
30. Мельников С.В. Планирование экспериментов в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Альошкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, - 1980. – 168 с.
31. Никитин Н.В. Технология внесения гербицидов / Н.В. Никитин, В.А. Абубикеров // Защита и карантин растений. - 2002. - №3. - С. 47-50.
32. Обладнання для захисту рослин: обприскувачі. ч.1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1: 1996, IDT) ДСТУ ISO 5682-1: 2005
33. Пажи Д. Г. Основы техники распыливания жидкостей / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. - М. : Химия, 1984. - 254 с.
34. Попов С.Я. Основы защиты растений / С. Я. Попов, Л.А. Дорожкина, В. А. Калинин. - М. : Арт.- Лион, 2003. - 208 с.
35. Рабинович Е.З. Гидравлика / Е.З. Рабинович.- М.: Наука, 1980.- 278 с.

36. Ролдугин Н.И. Совершенствовать технологию внесения гербицидов / Н.И. Ролдугин, Л.А. Матюха, А.В. Ополонин // Кукуруза и сорго. - 1985. - №5. - С. 38-39.
37. Савушкин С.Н. Опрыскиватели / С.Н. Савушкин, В. А. Вялых // Защита и карантин растений. - 2003. - №12. - С. 37-39.
38. Сушко И.И. Тенденции развития машин для защиты растений / И.И. Сушко, Е.А. Барыш // Защита и карантин растений. - 2002. - №11. - С. 30-32.
39. Теплинский И.З. Математическая модель дисперсности распыла пневматических распылителей эжекционного типа / И.З. Теплинский, В.А. Смелик // Техника в сельском хозяйстве. - 2004. - №5. - С. 18-20.
40. Хорошие распылители - высокий эффект обработок // Защита и карантин растений. - 2006. - №5. - С. 44-45.
41. Ченкин А.Ф. История развития и проблемы защиты растений / А.Ф. Ченкин. - М. : Россельхозакадемия, 1997. - 331 с.
42. Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями / Н.В. Никитин, Ю.Я. Спиридонов, В.А. Абубикеров, М.С. Раскин // Защита и карантин растений. - 2005. - №3. - С. 46-48.
43. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах бакалаврів та дипломних роботах спеціалістів та магістрів факультету механізації сільського господарства. /Дніпропетр. держ. агр. ун-т. Дніпропетровськ, 2008 – 23 с.
44. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету МСГ, що захищають диплом на кафедрі СГМ/Дніпропетр. держ. агр. ун-т. Дніпропетровськ, 2011, 20 с.
45. Teejet. Produkte fur Mobilsystem. Katalog 49A-D [Text] / Spraying Systems Co. - 2010. - 176 s.

ДОДАТКИ

Кобець О.М., к.т.н., доц., Сокол Т.А., Ткаліч В.С., студенти.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро
E-mail: ddau-shmk@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

Постановка проблеми. Внесення пестицидів в краплинно-рідкому стані (обприскування) є базовою технологією в захисті рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. При цьому обприскування як спосіб хімічного захисту має ряд беззаперечних переваг та суттєвих недоліків. Універсальність та доступність використання, швидка та надійна дія визначили пріоритетність обприскування в технологіях захисту рослин, при цьому негативними наслідками обприскування є забруднення навколишнього середовища та загроза корисним організмам, які входять в агробіоценози.

Ключовим елементом обприскуючої техніки є робочий орган – розпилувач, від якості роботи (розпилювання) якого в значній мірі залежить економічна і біологічна ефективність використання засобів захисту рослин, їх екологічна безпека. Найбільш поширеними типами розпилувачів є гідравлічні: щілинні, відцентрові, дефлекторні.

Основними вимогами, що ставляться до розпилувачів є забезпечення необхідної витрати робочої рідини при заданому тиску, дисперсності розпилення, довговічності та надійності роботи.

Виробники сучасних розпилюючих пристроїв все більше уваги приділяють поряд з підвищенням якості розпилення збільшенню ресурсу розпилувача та його надійності в роботі, у відповідності до чого дослідження в даному напрямку є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до строку служби розпилувача міжнародними стандартами не встановлені. Це дає змогу виготовляти розпилувачі з різних матеріалів. Традиційними матеріалами з яких виготовляють робочу частину розпилувача є латунь, нержавіюча сталь, кераміка. В останні роки цей перелік поповнився сучасними полімерними матеріалами, які по зносостійкості не поступаються нержавіючій сталі але більш технологічні та дешевші [1;2].

Результати досліджень закономірностей впливу зношення розпилувачів з різних матеріалів (латунь, нержавіюча сталь та полімер) на дисперсну та гідравлічну характеристики [3] свідчать про переваги розпилувачів, які виготовлені із полімеру в порівнянні з нержавіючою сталлю і особливо з латунню.

Метою досліджень є розробка методики та проведення експериментальних досліджень по визначенню довговічності відцентрових розпилувачів, виготовлених з металу та полімеру.

Виклад основного матеріалу. Програмою експериментальних досліджень відцентрових розпилювачів передбачалось визначення впливу наробітку розпилювача на його експлуатаційні показники: хвилину витрату та розподіл рідини по ширині факелу.

На рис. 1 показано загальний вид і конструктивну схему відцентрового розпилювача, розробленого ТОВ «АгроМодуль» (м. Дніпро). Складовими розпилювача є корпус 1, сопло 2, завихрювач 3 і гумове кільце 4.

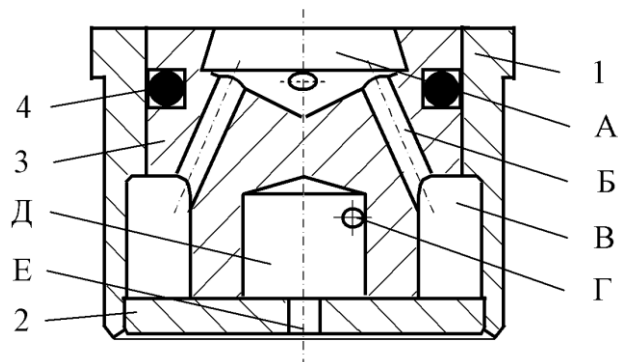


Рис. 1. Загальний вигляд і конструктивна схема відцентрового розпилювача: 1- корпус; 2- сопло; 3- завихрювач; 4- гумове кільце.

Методикою проведення експериментальних досліджень передбачалось визначення відносного ресурсу відцентрових розпилювачів при використанні робочої рідини з домішкою 20 г/л мікрозернистого оксиду алюмінію (згідно з ДСТУ ISO 5682-1:2005), яку необхідно замінити після 50 проходжень через розпилювач.

Експериментальні дослідження відцентрових розпилювачів виконувалися в лабораторних умовах на розроблених та виготовлених стендах.

У ході проведення досліджень періодично визначалась хвилинна витрата рідини через розпилювач, розподіл її по ширині факелу та за допомогою мікроскопу фіксувались геометричні параметри соплового отвору відцентрового розпилювача.

Експериментальні дослідження передбачали визначення відносної довговічності при гідроабразивному зношуванні відцентрових розпилювачів виготовлених з металу та полімеру, при чому корпус металевого розпилювача виготовлений з корозостійкої сталі, а завихрювач з латуні.

За результатами проведення експериментальних досліджень було побудовано графічну залежність відносної витрати рідини відцентровими розпилювачами від часу роботи (рис. 2).

Аналіз відносної витрати рідини відцентровими розпилювачами при гідроабразивному зношуванні свідчить про те, що до 5 годин роботи розпилювача, виготовленого з металу, збільшення витрати рідини майже не відбувається, а у розпилювача, виготовленого з полімеру протягом перших 20-ти годин роботи витрата дещо зменшується, що може бути пояснено процесом припрацювання розпилювача.

В інтервалі часу 15...25 год. спостерігається відносно незначне гідроабразивне зношування отвору розпилювачів і показник зростання відносної витрати рідини не перевищує допустимі межі.

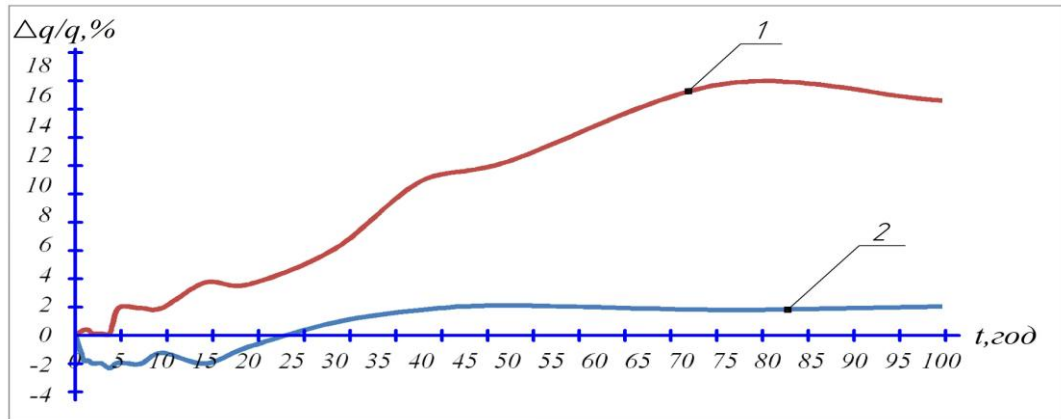


Рис. 2. Відносна витрата рідини в залежності від часу роботи відцентрових розпилювачів, виготовлених з: 1-металу; 2-полімеру.

При напрацюванні більше 30 год. спостерігається різке збільшення відносної витрати рідини та порушення рівномірності розподілу по ширині факелу розпилювача, виготовленого з металу (рис. 2). У розпилювача, виготовленого з полімеру, після 100 год. напрацювання спостерігається незначна зміна геометрії соплового отвору, що незначно впливає на нерівномірність розподілу рідини у факелі розпилювача.

Висновки.

1. Розроблена методика та лабораторне обладнання дають можливість проведення ресурсних досліджень розпилювачів, виготовлених з різних матеріалів.
2. Визначення витратної характеристики відцентрових розпилювачів, які виготовлені з різних матеріалів, свідчить про вищу стабільність та відносну довговічність розпилюючих пристроїв, які виготовлені з полімеру.
3. Характерною особливістю відцентрових розпилювачів, виготовлених з полімеру є незначне (до 2 %) зменшення хвилиної витрати рідини в початковий період роботи, що відповідає даним, які отримані при дослідженні щільних розпилювачів з полімеру.

Література

1. А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. Основы эффективного применения пестицидов: Справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. – Горки, 2004. – 60
2. Roland Rosenau, Falk Ammer. Keramik spruht langer. DLZ Agrarmagazin, Marz 2010.
3. V. Duvnjak, D. Banaj, R. Zimmer and V. Guberac. Josip Juraj Strossmayer University; Faculty of Agriculture, 3 Trg Sv. Trojsrva, HR-31000 Osijek, Croatia.
4. Коваль В.П. Обприскування відцентровими розпилювачами Роса / В.П. Коваль, О.І. Мележик // Техніка і технології АПК. – 2011. № 11,12.
5. Teejet: Catalog 51-RU – США : Спреинг Системс Ко., 2011. – 145 с.

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Демонстраційний матеріал

До дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему:

Обґрунтування параметрів і режимів роботи інжекторних розпилювачів пестицидів

Виконав: Ткаліч Владислав Сергійович

Керівник: доц.Кобець Олександр Миколайович

Дніпро 2020

2

Мета роботи: метою роботи є підвищення економічних, та екологічних показників обприскувачів шляхом використання розпилюючих пристроїв, які відповідають всім агротехнічним вимогам.

Задачі роботи:

провести аналіз стану та визначити тенденції розвитку техніки і технологій обприскування;

дослідити гідравлічну характеристику відцентрового та інжекторного розпилювачів та розподіл розпиленої рідини по поверхні зрошення;

оцінити економічність, надійність та довговічність розпилювача під час його експлуатування на обприскувачі.

Об'єкт дослідження - розпилення робочої рідини відцентровим та інжекторним розпилювачами.

Предмет дослідження - розподіл рідини по довжині штанги та об'ємна витрата рідини через розпилювач.

Методи дослідження. Експериментальне дослідження гідравлічних характеристик розпилювача і розподілу розпиленої рідини по поверхні зрошення виконувалося у лабораторних умовах на стенді.

Особистий внесок здобувача. Проведено аналіз сучасного стану та перспективи розвитку технічних засобів застосування пестицидів обприскуванням. Визначено напрямки та обрано методи досліджень. Проведено експериментальні дослідження у лабораторних умовах.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати досліджень доповідалися на кафедрі сільськогосподарських машин Дніпропетровського державного аграрного університету, (Дніпро, 2017 рік).

Публікації. Результати магістерської роботи відображені у публікації: «Дослідження відцентрових розпилювачів, виготовлених з різних матеріалів» матеріали IV міжнародної практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». м. Харків 26-27.11.2020р.

Активация Windows

Чтобы активировать Windows, перейдите

к разделу "Параметры"

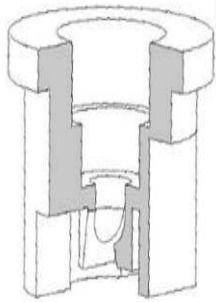


Схема щільного розпилювача

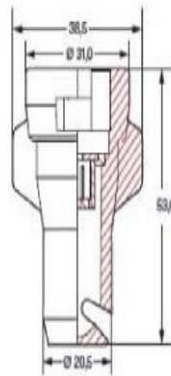


Схема дефлекторного розпилювача

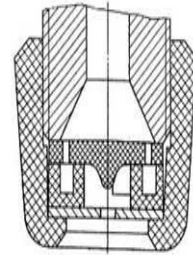


Схема відцентрового розпилювача з тангенціальними каналами прямокутної форми

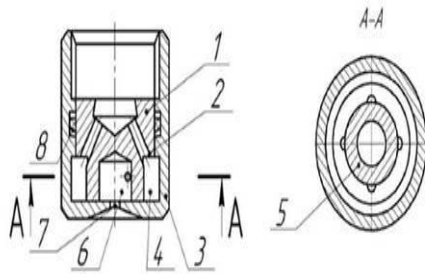


Схема відцентрового розпилювача (Агромодуль): 1 – завихрювач; 2 – канал завихрювача; 3 – втулка; 4 – кільцевий колектор; 5 – дотичні канали; 6 – камера; 7 – сопловий отвір; 8 – еластичне кільце.

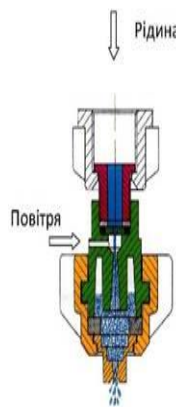


Схема інжекторного щільного розпилювача (Agrotop)

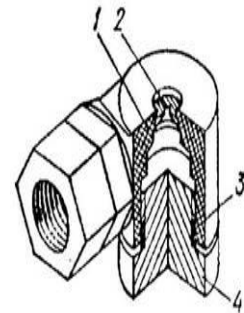


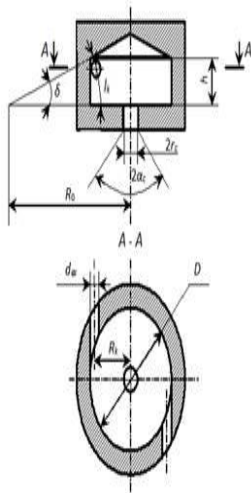
Схема тангенційного відцентрового розпилювача: 1 – корпус; 2 – отвір; 3 – ущільнення; 4 – заглушка.

Теоретичне обґрунтування параметрів розпилювача

4

При відомих розмірах камери закручування (r_c , R_k , d_{ex} , D , h , δ) та фізичних властивостях робочої рідини (ρ , ν) розрахунки виконуємо при заданому тиску рідини на вході в камеру закручування з визначенням об'ємної витрати рідини або при заданій витраті визначаємо необхідний тиск. Кут розкриття факелу розраховуємо через обертальну і осьову швидкість, а середній об'ємний діаметр краплин за формулою.

Порядок розрахунків наступний:



1. Оскільки витрата рідини невідома, розрахунки розпочинаємо, наближено задавши ефективне число Рейнольдса $k = 1,8$, початковий коефіцієнт відновлення обертальної швидкості $\eta_0 = 0,9 - 0,95$, коефіцієнт стиснення потоку у вхідному каналі $\chi = 0,82$.

2. Розраховуємо ефективну площу вхідних каналів: $mf_k = mf_{ex} \cdot \chi$, радіус основи конуса R_0 і відносні значення $\frac{r_c}{R_k}$

3. В літературних джерелах знаходимо значення поправочної функції форми камери закручування і визначаємо гідродинамічну характеристику A_f

4. Коефіцієнт заповнення сопла ϵ вибираємо з технічних джерел, а коефіцієнт витрати рідини камерою закручування μ

5. Об'ємна витрата рідини через розпилювач $Q = \pi r_c^2 \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$, $Q = A \sqrt{\Delta P}$

6. Знаходимо обертальну швидкість на радіусі початкового закручування.

$$W_k = \eta W_{ex}$$

обертальну швидкість на радіусі соплового отвору

$$W_c = W_k \left(\frac{r_c}{R_k} \right)^{1-k}$$

осьову швидкість в сопловому отворі

$$U_c = \frac{Q}{\pi r_c^2 \epsilon}$$

5

7. Кут розкриття факелу на радіусі соплового отвору

$$2\alpha_c = 2 \arctg \frac{W_c}{U_c}$$

8. Середній об'ємний діаметр краплин у факелі розраховуємо за формулою $\frac{d_{30}}{2c} = \frac{15}{A^{0.9} B^{0.7} 10^{0.7k}}$

9. Уточнюємо коефіцієнт відновлення обертальної швидкості η на радіусі початкового закручування, якщо відхилення не більше ніж 2 %, то перше наближення забезпечує похибку у визначенні Q , що не перевищує 5 %.

10. Розраховуємо ефективне число Рейнольдса $k = 0,96 \cdot \lg \left(\frac{Q}{2\pi R_0 \delta v} \frac{mf_k}{R_k^2} \right)$

Якщо $k > k_* = 1,8$, режим руху закрученого потоку буде автомодельним. Коефіцієнт витрати рідини μ , кут розкриття факелу на радіусі соплового отвору $2\alpha_c$ і середній об'ємний діаметр краплин d_{30} при зміні тиску в межах автомодельності залишаться незмінними.

11. Визначимо коефіцієнти регулювання розпилювача по об'ємній витраті рідини $\frac{Q_1}{Q} = 10^{k_* - k}$,

та тиску $\frac{P_1}{P} = \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^2$

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

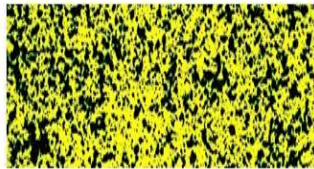
Програма експериментальних досліджень включає:

1. Створення лабораторної установки для виконання досліджень.
2. Проведення експериментальних досліджень з метою перевірки результатів, які отримано теоретично і оптимізації параметрів інжекторного розпилювача.

Завданнями експериментальних досліджень передбачено вивчення впливу тиску робочої рідини і діаметру повітряного отвору на площу покриття робочою рідиною оброблюваної поверхні і на витрату робочої рідини через інжекторний розпилювач.

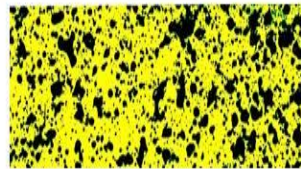
Об'єкт дослідження

а)



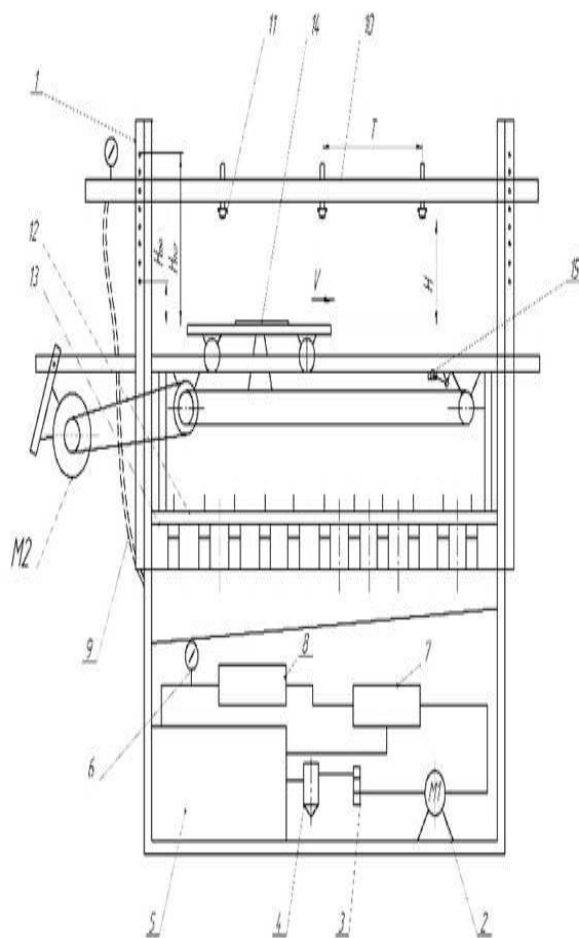
а – відцентровий розпилювач

б)



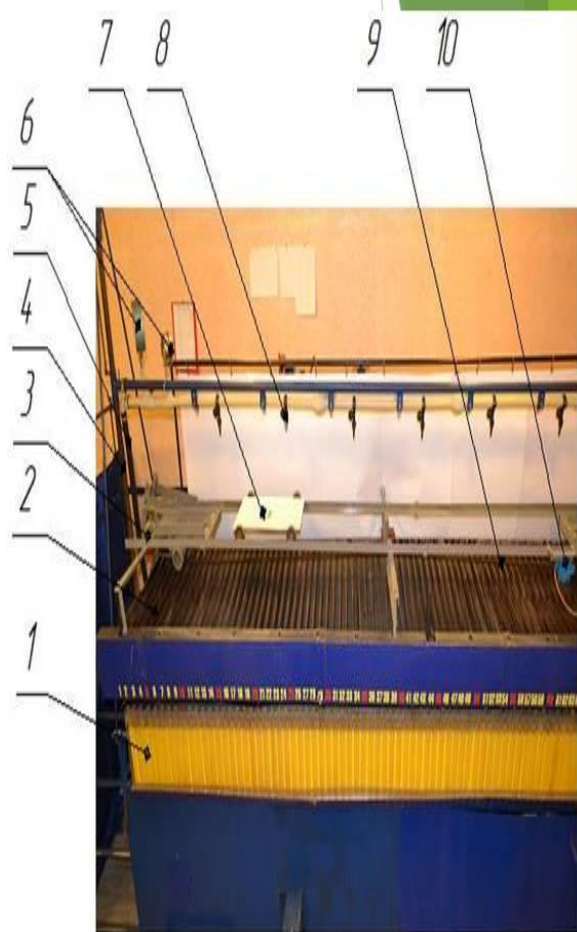
б – інжекторний розпилювач.

Обладнання для проведення експериментальних досліджень



Принципова схема гідравлічного стану для дослідження розпилювачів

- 1 - рама стану; 2 - електродвигун; 3 - насос; 4 - фільтр;
 5 - бак; 6 - манометр; 7 - регулятор тиску; 8 - пульт керування; 9 - трубопровід; 10 - штанга; 11 - розпилювач;
 12 - стіл-класифікатор,
 13 - мензурки; 14 - рухома площина з водочутливим папером; 15 - вимикач кінцевий



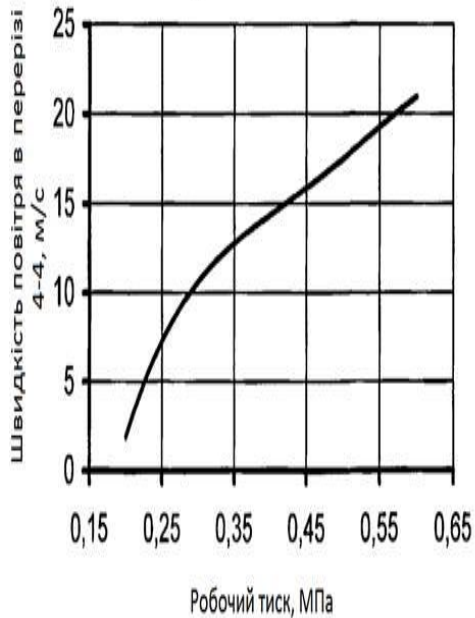
Загальний вид гідравлічного стану для вимірювання параметрів розпилювачів

- 1 - мірні стакани; 2 - жолоб; 3 - двигун;
 4 - стійка; 5 - трубопровід; 6 - манометри; 7 - рухома площина з водочутливим папером;
 8 - розпилювач; 9 - привідний ланцюг; 10 - вимикач кінцевий.

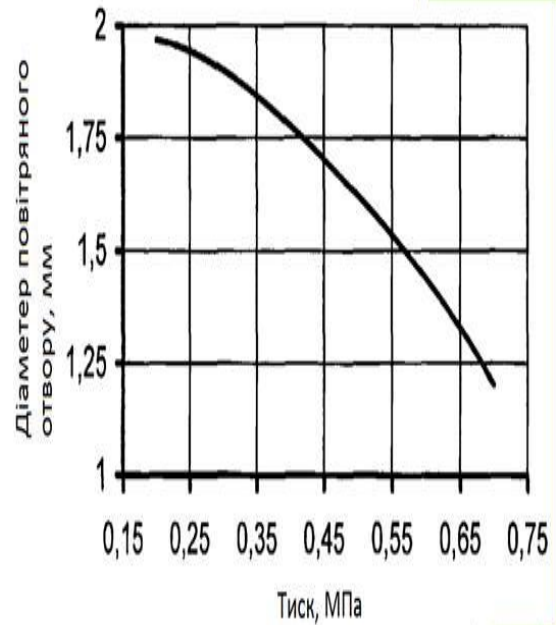


РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати теоретичних досліджень



Залежність $V_4 = f(p_1)$ для відцентрового розпилювача



Графічна залежність діаметра отвору D від тиску рідини p_1

Результати експериментальних досліджень

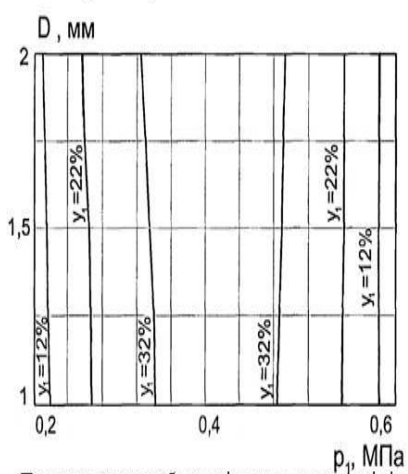
Обґрунтування критеріїв оптимізації, факторів і рівнів їх варіювання

Для експерименту вибрано два фактора: діаметр отвору відцентрового розпилювача D і тиск робочої рідини p_1 . Як критерії оптимізації прийнято площу покриття цільової поверхні y_1 , %, і витрату робочої рідини через розпилювач y_2 , л/хв.

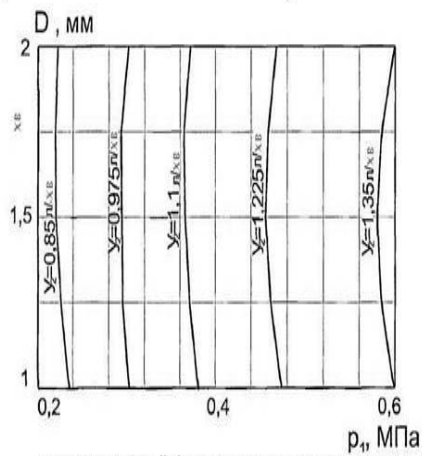
10

Верхній рівень(+1)
 Нижній рівень(-1)
 Інтервал варіювання, Δx_i
 Нульовий рівень

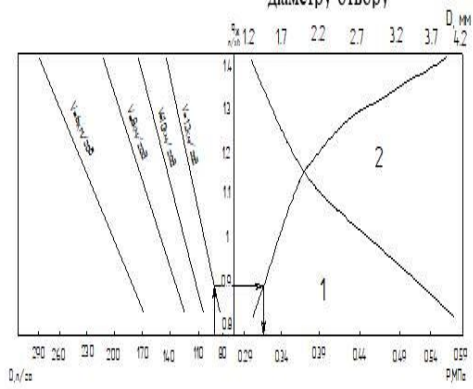
| Тиск p_1 (X_1), МПа | Діаметр D (X_2), мм |
|------------------------------|------------------------------|
| 0,6 | 2,0 |
| 0,2 | 1,0 |
| 0,2 | 0,5 |
| 0,4 | 1,5 |



Площа покриття робочою рідиною в залежності від її тиску і діаметру отвору



Витрата робочої рідини через розпилювач в залежності від її тиску і діаметру отвору

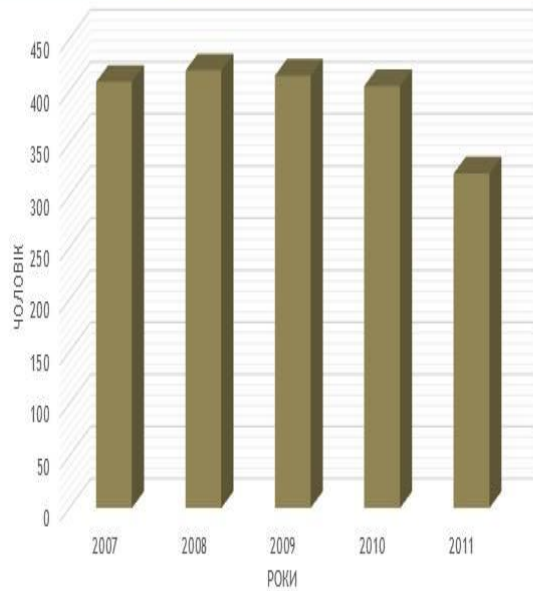


Номограма для визначення параметрів інжекторного розпилювача:
 1 - залежність робочого тиску; 2 - діаметру повітряного отвору.

Охорона праці

Кількість травмованих при роботі з пестицидами

| | Роки | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Кількість працюючих, чол. | 27300 | 25631 | 26420 | 25940 | 26700 |
| Кількість травмованих, чол. | 409 | 420 | 415 | 405 | 321 |



Графік травмувань та нещасних випадків в Україні за 5 років

Техніко-економічні показники впровадження

| Показники | Варіанти | |
|---|----------|-----------|
| | базовий | проектний |
| Обсяг роботи, га | 600 | 600 |
| Годинна продуктивність, га/год. | 10,8 | 14,2 |
| Витрати палива на 1 га, кг | 0,6 | 0,4 |
| Балансова вартість агрегату, грн.: | | |
| трактора | 194000 | 194000 |
| обприскувача | 64500 | 66300 |
| Всього: | 258500 | 260300 |
| Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього: в т.ч. | 60,38 | 55,51 |
| заробітна плата з нарахуваннями, грн. | 1,51 | 1,15 |
| амортизаційні відрахування, грн. | 43,11 | 43,36 |
| вартість ПММ, грн. | 13,2 | 8,8 |
| витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн. | 0,81 | 0,61 |
| інші витрати. | 1,75 | 1,61 |
| Капітальні вкладення на 1 га, грн. | 430,8 | 433,8 |
| Приведені витрати на 1 га, грн. | 125 | 120,58 |
| Річний економічний ефект, грн. | | 2652 |
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | | 0,67 |

1. Розпилювач є ключовим елементом в технічних засобах для обприскування і від нього залежить ефективність хімічного захисту рослин та мінімізація небезпечних наслідків використання пестицидів.
2. Примусове осаджування краплин у факелі відцентрового розпилювача дозволяє зменшити витрату робочої рідини не менше ніж у шість разів зі збереженням ефективності застосування пестицидів та дотриманням існуючих агротехнічних вимог до густоти покриття краплинами поверхні зрошення, завдяки гарантованому осаджуванню дрібних краплин.
3. Розроблено програму та методику експериментальних досліджень а також лабораторну установку, що дозволяє оцінювати роботу розпилювача за показниками рівномірності розподілу робочої рідини по ширині факела розпилювача, площі покриття нею цільової поверхні та кута факела розпилювання.
4. Експериментальні дослідження проведено за методикою оптимального планування багатofакторного експерименту з аналітичним і графічним аналізом результатів за двома критеріями оптимізації - витраті робочої рідини через розпилювач і площі покриття нею оброблюваної поверхні. В якості варійованих факторів прийняті тиск робочої рідини, що подається до розпилювача P_1 і діаметр отвору розпилювача D

5. Відокремлений оптимізацією експерименту по кожному з двох критеріїв отримані суперечливі дані.

Максимальній площі покриття оброблюваної поверхні робочою рідиною відповідає $P_1 = 0,2$ МПа і великі значення D Мінімальній витраті робочої рідини відповідають інші значення факторів: $P_1 = 0,411$ МПа $D = 1,6$ мм.

6. Виконано комплексну оптимізація параметрів відцентрового розпилювача методом невизначених множників Лагранжа з умови максимального покриття оброблюваної поверхні робочою рідиною при заданій її витраті. При відстані між розпилювачами на штанзі 0,5 м оптимальному значенню критеріїв оптимізації відповідають тиск робочої рідини 0,46 МПа, діаметр отвору 1,7 мм.

7. Проведено аналіз охорони праці при роботі з пестицидами та розроблено уточнені правила безпеки роботи із засобами захисту рослин.

8. Проведені розрахунки техніко-економічних показників свідчать про економічну доцільність впровадження відцентрових розпилювачів для внесення робочих розчинів пестицидів. При цьому річний економічний ефект становить 2652 грн. та термін окупності додаткових капіталовкладень, який склав 0,67 року.

Дякую
за увагу

