

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

МЕЛЬНИК ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.3.02

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МАШИНИ ДЛЯ
НАНЕСЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **В. В. Мельник**

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Мельник Василь Володимирович. Дослідження технологічного процесу машини для нанесення пестицидів. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В роботі розглянуто характеристики та конструкції сучасних розпилювачів форсунок, машин для внесення хімічних препаратів. Визначено напрямки виконання досліджень, встановлено основні недоліки та переваги існуючих та найбільш застосованих розпилювачів.

Під час опису технологічного процесу розпилення, застосовували теоретичні передумови руху та гідродинаміки повітряно-рідинного потоку, виконано аналітичні розрахунки параметрів та показників їхньої роботи.

Застосовано кориговані методи виконання практичного дослідження. виконано детальний опис, принцип роботи та налаштування запропонованого пристрою, визначено предмет та об'єкт дослідження, з переліком можливого застосування приладів контролю якості нанесення пестицидів.

Виконано синтез та аналіз результатів досліджень, проведено аналітичні порівняльні дані об'єкту розробки та встановлено графічні залежності основних механіко-технологічних показників роботи розпилювачів інжекторного типу.

По завершенню виконання роботи подані загальні висновки та рекомендації виробникам сільськогосподарської продукції, які застосовують машини для хімічного захисту рослин.

Ключові слова: *обприскувач, розпилювач рідини, форсунка, хімічний захист, інжекторний тип, робочий розчин.*

SUMMARY

Vasyl Volodymyrovych Melnyk. Research of the technological process of the pesticide application machine. - *Qualification work on manuscript rights.*

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

The paper examines the characteristics and designs of modern atomizers, nozzles, and machines for applying chemical preparations. Research directions are defined, the main disadvantages and advantages of the existing and most used sprayers are established.

During the description of the technological process of spraying, the theoretical prerequisites of movement and hydrodynamics of the air-liquid flow were applied, and analytical calculations of the parameters and indicators of their work were performed.

Adjusted methods of practical research are applied. a detailed description, principle of operation and settings of the proposed device were performed, the subject and object of the research were determined, with a list of possible applications of quality control devices for pesticide application.

The synthesis and analysis of the research results was carried out, the analytical comparative data of the development object was carried out, and the graphic dependences of the main mechanical and technological indicators of the injector type atomizers were established.

Upon completion of the work, general conclusions and recommendations are presented to producers of agricultural products that use machines for chemical protection of plants.

Key words: *sprayer, liquid sprayer, nozzle, chemical protection, injector type, working solution.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПИЛЮВАЧІВ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ МАШИНАМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН	
1.1. Аналіз розвитку конструкцій розпилювачів.....	7
1.2. Мета та зазачі досліджень.....	13
2.АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ПОТОКУ РОБОЧО РІДИНИ	
2.1. Теоретичне обґрунтування динаміки руху рідинно-повітряно суміші.....	14
3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПИЛЮВАЧІВ ІНЖЕКТОРНОГО ТИПУ	
3.1. Обґрунтування параметрів досліджуваного розпилюючого пристрою.....	22
3.2. Об'єкт дослідження.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

ВСТУП

До якості експлуатації та виконання технічних засобів застосування хімічних препаратів висувається ряд вимог, головним чином агротехніки - точність дозування препарату, рівномірність і дисперсність розподілу препарату по поверхні, що обробляється. При дотриманні оптимального режиму та умов роботи обприскувача вищезазначені показники якості розпилення визначаються розпилювачем, встановленим на обприскувачі, перш за все типом форсунки. Близько 90% використовуваних засобів захисту рослин вносять за допомогою обприскувачів [2].

Актуальність теми. В даний час в структурі польових обприскувачів використовуються різні типи розпилювальних пристроїв (форсунок) виробництва різних виробників: плоскі, щілинні, конусно-струменеві, інжекторні та ін. Їх відрізняє будова та технічні параметри, за продуктивністю, кутом розпилення, якістю розпилення, шару поверхневого покриття, товщиною. Виходячи з умов використання та технології нанесення – ці або інші розпилювачі використовуються в кожному конкретному випадку, тому виробники часто стикаються з дилемою вибору обприскувача, типів розпилювачів та режимів їх роботи. Сучасні машини для хімічного захисту рослин є досить технологічними машинами, тому вимагають від фермерів досить глибокого розуміння процесу їх експлуатації на різних режимах та усвідомлення того, який результат ми хочемо отримати застосовуючи ті чи інші пристосування та елементи додаткового обладнання обприскувачів, тому нашою метою є точне обґрунтування параметрів та показників експлуатації даного типу машин та гідродинамічного обладнання та пристроїв, якими вони можуть комплектуватись. Розкриття цього складного питання є досить актуальним завданням.

Метою роботи є: обґрунтування режимів роботи обприскувача з інжекторним типом розпилювачів, шляхом визначення раціональних параметрів їх роботи.

Щоб досягнути поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- теоретично встановити взаємозв'язок діаметра отвору забору повітряного потоку і тиску подачі рідини в інжекторний розпилювач;
- дати оцінку якісним робочим параметрам інжекторного пристрою;
- виконати порівняльних аналіз результатів досліджень,
- встановити оптимізовані параметри розпилювача інжекторного типу;

Об'єкт дослідження – технологічний процес роботи інжекторних розпилювачів.

Предмет дослідження – режими роботи розпилювача інжекторного типу і взаємозв'язок між технологічними та конструкційними показниками.

Методи дослідження. Дослідження проводились із використанням методів механіко-математичного моделювання, теорії руху рідини в гідролініях, числові методи розв'язку задач гідродинаміки.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Заєць М. Л. Обґрунтування вдосконалення розпилювачів та аналіз існуючих конструкцій / М. Л. Заєць, В. В. Мельник // Наукові читання–2023: матеріали наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 132-138.
2. Заєць М. Визначення динамічних показників рідинно-повітряного потоку / М. Заєць, В. Мельник // Матеріали XXIV міжнародного науково-практичного форуму. Львів: ЛНУП., 2023. С. 420-425.
3. Заєць М. Л. Моделювання технологічного процесу роботи інжекторного розпилювача рідини / М. Л. Заєць, В. В. Мельник // Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 9-12.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, 18 рисунків.

1.ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОЗПИЛЮВАЧІВ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ МАШИНАМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН

1.1. Аналіз розвитку конструкцій розпилювачів

Основним елементом обприскувальних машин являються форсунки з різними типами розпилювачів, вибір застосування яких впливає на спосіб та ефективність нанесення засобів захисту рослин, і їх техніко-економічні показники роботи [1,5] .

Історія еволюції способу нанесення пестицидів за допомогою розпилюючих пристроїв почалась у другій половині 19 століття [1,4]. Винахідник Ейзон з Великобританії запропонував конструкцію пневматичного розпилювача нафтопродуктів з метою підвищення ефективності її спалювання. В 1894 р. був вперше був створений гідравлічний розпилювач відцентрового типу. Конструкції перших обприскувачів, вітчизняного виробництва, забезпечувались відцентровими розпилювачами з гвинтовим каналом та з вихідним отвором в корпусі для розпилювання рідини. [1,4]

Багато вчених присвятили обґрунтуванню та розробці нових параметрів, конструктивно-технологічним схем розпилювачів машин для внесення отрутохімікатів, такі як І. Білецький описав технологічні процеси застосування пестицидів механізованим способом. Основи обґрунтування теоретичних та практичних параметрів конструювання та застосування займались Ф. Дунский, В. Федоренко, Ю. Лачуга, Л. Орсік та інші, описували теорію осідання аерозолів, випаровування крапель робочої рідини, при роботі розпилювачів для малооб'ємного монодисперсного і ультрамалооб'ємного нанесення. [1,6].

В розпилювачах гідравлічного типу робочий розчин розпилюється на краплинки за рахунок створення тиску в камері розпилювача (рис. 1.1).

У пристроях розпилення механічного типу розпил розчину відбувається зарахунок тертя по рухомій робочій поверхні. Отримуючи обертовий рух, рідина під дією відцентрової сили з високою швидкістю проходить через отвір розпилювача і розподіляється на фракції у вигляді краплин різного розміру.



Рис. 1.1. Робота інжекторних розпльовачів (зліва) та щілинних (на фото праворуч)

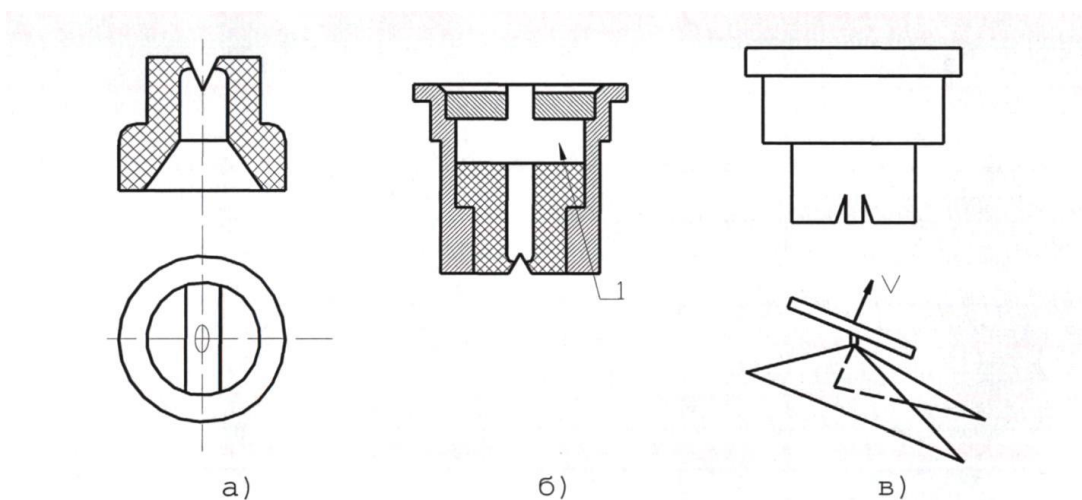


Рис. 1.2. Конструкції щілинних розпльовачів сучасних обприскувачів:
а – стандартний щілинний розпльовач; б – зі пониженим дрейфуванням краплин (1 – проміжна порожнина); в – розпльовач з подвійною щілиною.

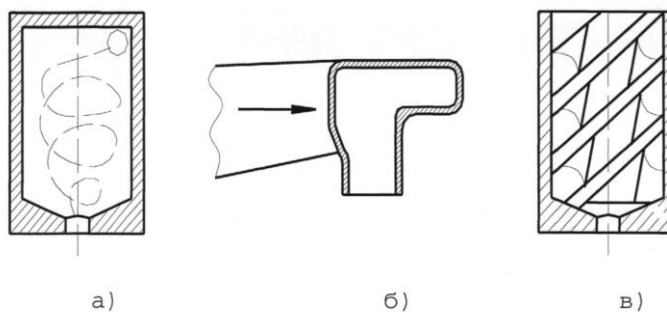


Рис. 1.3. Розпльовачі відцентрового типу:
а – тангенціальний; б – евольвентний; в – розпльовач з гвинтовим каналом.

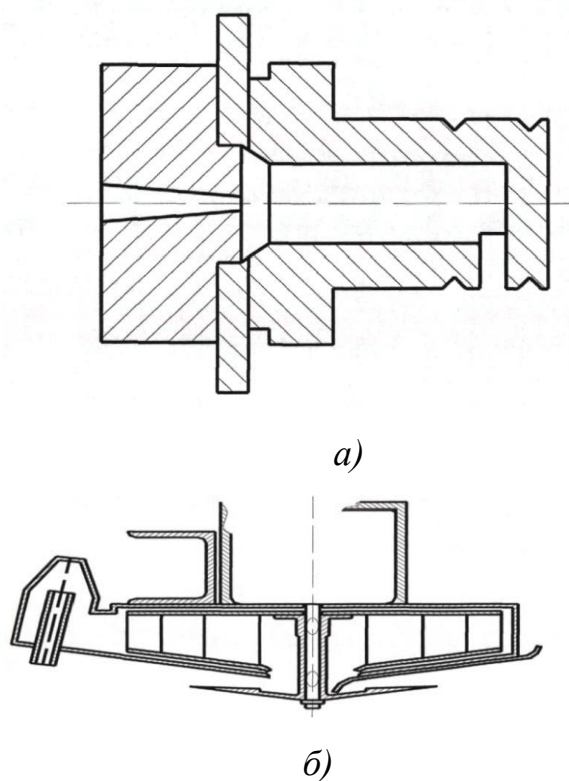


Рис. 1.4. Розпилювачі з примусовим утворенням краплин та подвійним розпиленням

а)-дифлекторний; б)-обертовий

Аналізуючи конструкції даних розпилювачів, видно, що у них процес утворення краплин відбувається з діаметром крапель від 100...275 мкм, що дає можливість використовувати дані типи розпилювачів в широкому спектрі внесення пестицидів під час захисту рослин.

У порівнянні з вітчизняними аналогами щілинний розпилювач «Тееjet» має менші відхилення по ширині розкриття конуса та за розміром краплин, що утворюються, і щільності покриття поверхні. Діаметр краплин вітчизняних розпилювачів не сильно змінюється в межах робочої ширини конуса, але знижуються рівномірність щільності покриття рослин[2,3,6]. Різниця у витраті робочої рідини щілинних розпилювачів одного типорозміру вітчизняних і закордонних аналогів невелика.

Пневматичний розпилювач струменевого типу (рис. 1.5) [3] має форму кільцевої камери 1, яка утворена корпусом і змінним жиклером 2. Робоча рідина

розпилюється з форсунки в кільцеву камеру 1 за допомогою стисненого повітря. Потік повітря під тиском захоплює рідину і розбиває її на дрібні частинки, створюючи розпил у формі конуса.

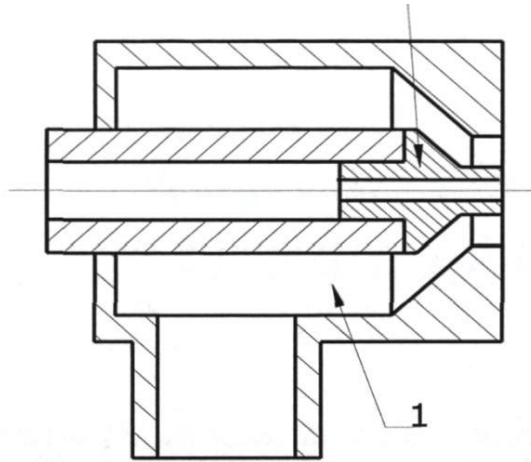


Рис. 1.5. Розпилювач пневматично-струменевого типу:

1 – кільцева камера; 2 – жиклер.

Розпилювачі пневматично-струменевого типу розпилення відбувається за рахунок динамічної взаємодії рідини зі швидкісним потоком повітря або газу, який подається завдяки різниці тисків [11] .

Зміну дози внесення робочого розчину регулюють зміною площі поперечного перерізу отвору жиклера 2, але, щоб отримати дрібнодисперсне розпилення рідини, коригувати тиск подачі повітряної суміші, який має бути в межах 0,25..0,55 МПа. Частинки розпиленого розчину потрапляють на оброблювану поверхню за рахунок потоку повітря, тобто краще проникають в щільно розміщені рослини. Але конструкційне виконання розпилювача має досить складну схему подачі повітря та потребує пневмопроводів та додаткового встановлення компресора чи нагнітача повітря.

Відомий ежекційний тип розпилювачів, (рис. 1.6). має наступні складові частини з гідравлічну 1 і ежекційну накладку 2, де формується струмінь рідини, що рухається з високою швидкістю створює розрідження у вхідному отворі 3, підхоплюючи повітря. Рідинно-повітряна суміш потрапляє на дефлектор 4, проходить через отвір 5 у вигляді трикутника. Даний тип розпилу рідини

застосовується для великокапельного обробітку. Збільшення краплин у конусі розпилення полягає у наступному, те що в'язкість рідинно-вітряної розчину більша за в'язкість робочої рідини.

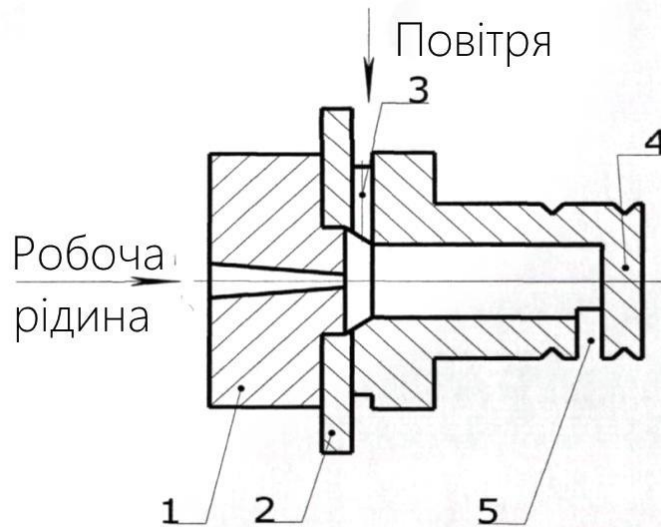


Рис. 1.6. Розпилувач ежекційного типу Шершабова:

1 – гідравлічна насадка; 2 – ежекційна насадка; 3 – повітряний отвір; 4 – дефлектор; 5 – отвір.

Ряд переваг мають сучасні розпилувачі інжекторного типу (рис. 1.7, а, б). зарубіжних виробників таких як "Agrotop" і "Lechler" (ФРН), "Albuz" (Франція) "Teejet" і "Billerica Farm Services" (США), та інші. За рахунок великокапельного утворення факелу розпилення дані розпилувачі проводять високоточне нанесення та дозування робочого розчину, а також забезпечують рівномірне внесення за площею покриву рослин. Забезпечується достатнє проникнення в масив рослин з різною густотою, створюються умови меншої випаровуваності краплин великого розміру і знижується негативна дія потоку вітру на накладання пестициду на рослини [2,5]

Під час застосування розпилувачів інжекторного типу (рис. 1.7, а) [2,5] робоча рідина під тиском надходить через камеру 1 і канал 2 в камеру змішування 4. Суміш утворення відбувається за рахунок швидкісного руху рідини, в камері 3 створюється розрідження, що спричиняє засмоктування повітря з атмосфери під час змішування в камері 4 утворюється робоча суміш, яка потрапляє в дифузор Вентури

5, після чого розпилювачем 6 розподіляється по оброблюваній площині. Регульований перетин витратоміру Вентури дає можливість створити умови для високоефективного змішування робочої суміші завдяки зміні швидкості руху [3].

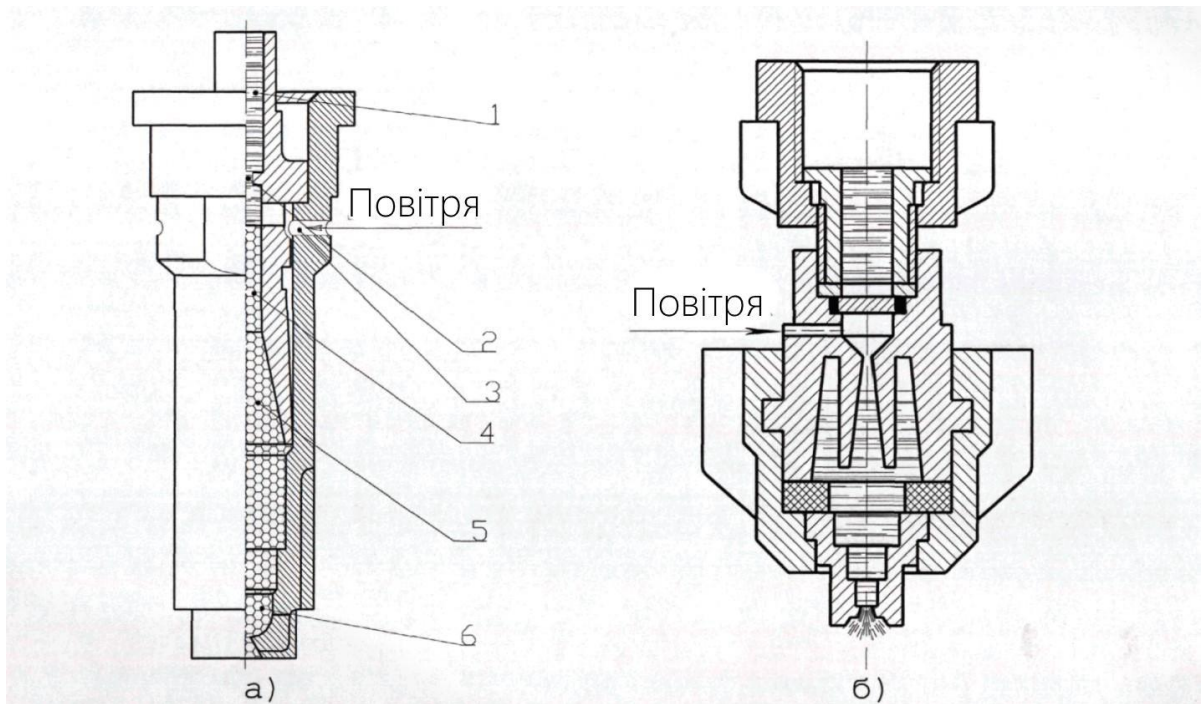


Рис. 1.7. Розпилювачі інжекторного типу:

а – розпилювач фірми «Lechler», 1 – камера подачі рідини; 2 – канал; 3 – камера всмоктування повітря; 4 – камера змішування; 5 – дифузор Вентурі; 6 – розпилювач; б – розпилювач «Agrotop».

Порівнюючи технологічний процес нанесення робочої рідини, яка наноситься під час розпилення форсунками зі щілинними розпилювачами та розпилювачами інжекторного типу (рис. 1.8, а,б і 1.9, а б).

Перевагою інжекторних робочих органів є те, що подача повітря проводиться через один - два отвори (рис. 1.10). з номінальним робочим тиском інжекторні в діапазоні 0,25 до 0,65 МПа, а для окремих типів розпилювачів до 0,85 МПа, також застосовується швидкий монтаж за рахунок швидкознімного кріплення його корпусу.

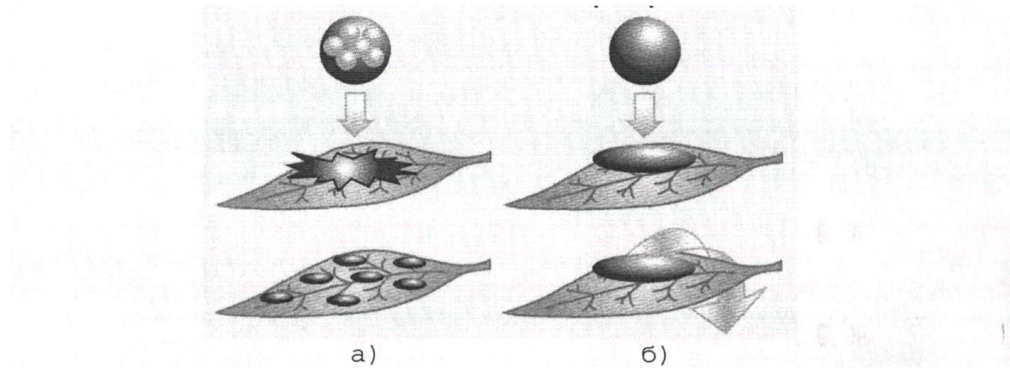


Рис. 1.8. Процес покривання поверхні:

а – розпилювач інжекторний; б – щілинний.

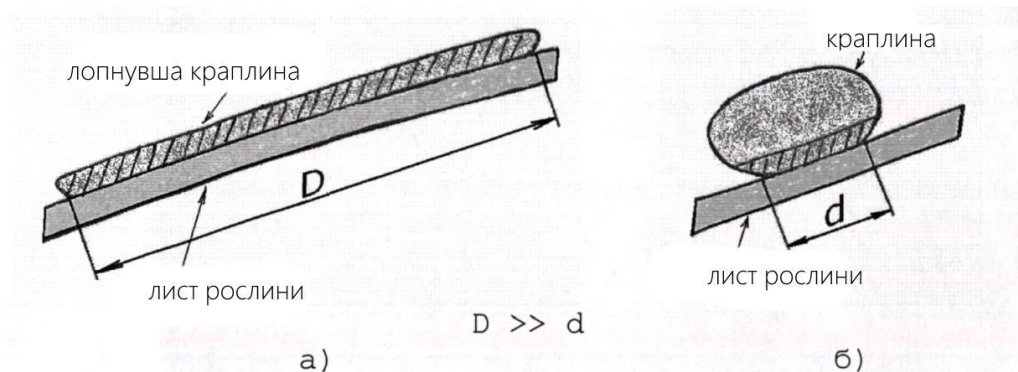


Рис. 1.9. Порівняння площини нанесення пестицидів при обприскуванні:

а – розпилювач інжекторний; б – щілинний.

1.2. Мета та зазачі досліджень

Мета роботи: обґрунтування режимів роботи обприскувача з інжекторним типом розпилювачів, шляхом визначення раціональних параметрів їх роботи.

Щоб досягнути поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- теоретично встановити взаємозв'язок діаметра отвору забору повітряного потоку і тиску подачі рідини в інжекторний розпилювач;
- дати оцінку якісним робочим параметрам інжекторного пристрою;
- виконати порівняльний аналіз результатів досліджень,
- встановити оптимізовані параметри розпилювача інжекторного типу.

2. АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ПОТОКУ РОБОЧОЇ РІДИНИ

2.1. Теоретичне обґрунтування динаміки руху рідинно-повітряної суміші

З аналізуючи матеріал попереднього розділу стає зрозуміло, що тиск робочої рідини, який подається в розпилювач взаємопов'язаний з його втратами та конструкційними параметрами розпилювача. Розпилювальні пристрої, які застосовуються в конструкціях штангових обприскувачів, в цілому, забезпечують необхідний технологічний процес та схему нанесення робочої рідини, і їх параметри підібрані оптимізовано. Ефективність роботи та сумішоутворення інжекторного розпилювача, значною мірою, залежить від співвідношення між рідиною та вмістом повітря у суміші, яке залежить від робочого тиску в системі, розмірів діаметра отворів, що для рідини та повітря. Інжекторний розпилювач відрізняється особливістю наявної камери 5 змішування рідини та повітря, яка зв'язана з атмосферою через ежектор 4 (рис. 2.1).[6]

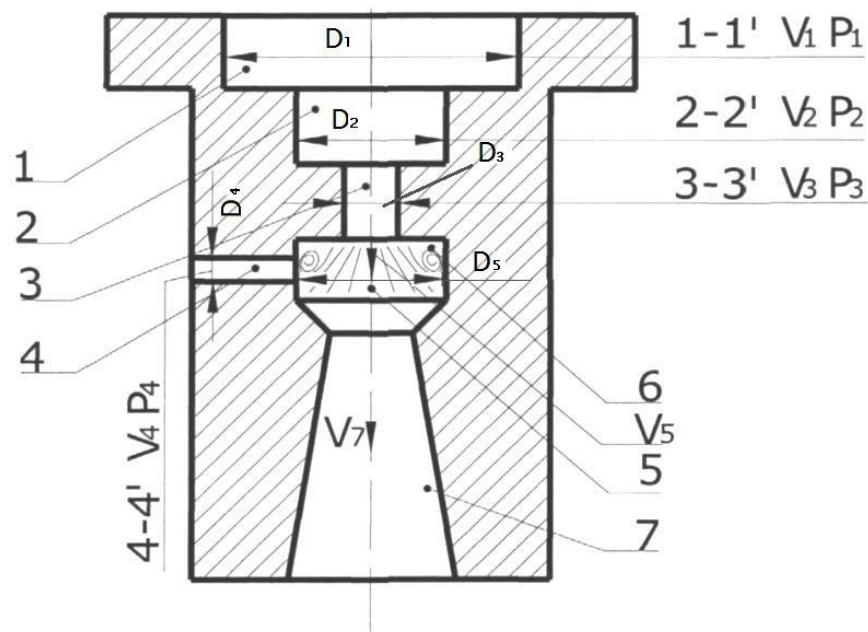


Рис.2.2. Розрахункова схема розпилювача інжекторного типу: 1 і 2 – камери подачі рідини; 3 – сполучний канал; 4 – ежектор; 5 – камера сумішоутворення; 6 – зона турбулентності; 7 – дифузор Вентурі.

Принцип роботи розпилювача полягає в наступному. Робочий розчин під тиском p_1 і зі швидкістю v_1 подається в камеру 1 з діаметром D_1 (перетин 1-1'). В камері 2 з меншим діаметром (перетин 2-2') D_2 швидкість руху робочої рідини збільшується до v_2 , а тиск зменшується до p_2 . А потім потрапляє в канал діаметром D_3 зі швидкістю v_3 та тиском p_3 . потрапивши на змішування в камеру 5, діаметром D_5 , швидкість зростає до v_5 . Робоча камера 5 з'єднана з атмосферним повітрям через інжектор 4 розміром D_4 (перетин 4-4'). При вході суміші рідини в камеру 5 створюється турбулентний рух розчину у кільцевій камері, яка заповнюється повітрям [3]. Повітря знаходиться під низьким тиском в турбулентній зоні, завдяки чому через отвори 4 відбувається всмоктування (рис. 2.2). Завдяки різниці діаметрів $D_5 > D_3$, потік робочої рідини збільшується на певну довжину L , і заповнює камеру 5. Повітря, яке проникає в потік рідини, частково забираючи енергію руху потоку створює повітряно-рідинну суміш, що потрапляє в дифузор 7 та зі швидкістю v_7 через розпилювач розпилюється та потрапляє на поверхню рослини.

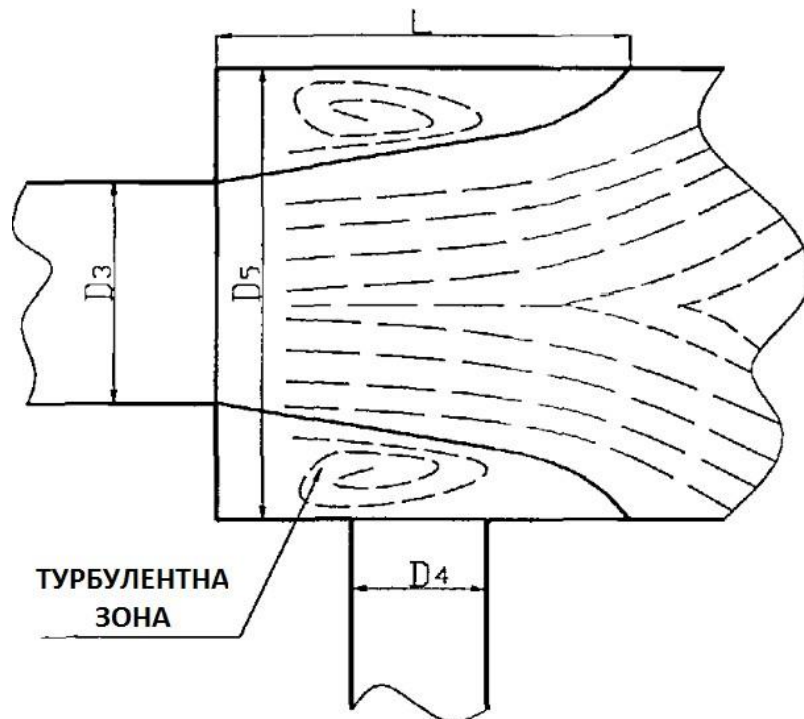


Рис. 2.2. Схема утворення суміші в дифузорі Вентури

При розрахунку параметрів розпилювачів інжекторного типу застосуємо рівняння Бернуллі руху рідини. Рух струменя суміші в перетинах 1-1 і 2-2 описується залежністю (2.1) [11]:

$$\frac{P_1}{\gamma_p} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_{2\kappa}^2}{2} (1 + \xi_\kappa), \quad (2.1)$$

де γ_p - об'ємна маса рідини;

k - коефіцієнт опору руху розчину в камерах 1, 2 та в каналі 3,

$k=0,04 \dots 0,07$ [11].

При русі рідини в перетинах камер 2-2, 3-3 і повітря в перерізі 4-4 рівняння Бернуллі запишеться наступним чином:

$$\frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_3}{\gamma_p} + \frac{V_3^2}{2g} (1 + \xi_\kappa), \quad (2.2)$$

$$\frac{P_2}{\gamma_p} + \frac{V_a^2}{2g} = \frac{P_4}{\gamma_p} + \frac{V_4^2}{2g} (1 + \xi_{\kappa o}), \quad (2.3)$$

де P_a - атмосферний тиск, становить 0,1 МПа;

P_4 - тиск в повітряній камері в перерізі 4-4 ', МПа;

γ_p - питома вага повітря, Н/м³;

V_4, V_a – швидкість руху повітря в камері, в перетині 4-4' та на вході в перетином 4-4 ',

($V_a=0$), м/с;

ξ_n - коефіцієнт опору повітрю, що всмоктується через інжектор 4,

становить $\xi_{\kappa o}=0,07 \dots 0,1$ [9].

Об'єм повітря, що надходить через інжектор, залежить від швидкості робочої рідини в камері 5 та буде визначатись[12]:

$$q_n = F_4 V_5, \quad (2.4)$$

де F_4 – площа поперечного перетину 4-4, m^2 . $F_4 = \frac{\pi D_4^2}{4}$

q_n – подача повітря в розпилювач, m^3/c ;

V_5 – швидкість руху суміші в камері змішування, m/c .

Підставимо в рівняння (2.4) дані та отримаємо:

$$D_4 = \sqrt{\frac{4q_n}{\pi V_5}}, \text{ м} \quad (2.5)$$

Провівши аналіз балансу напору рідинно-повітряно суміші, встановимо швидкість змішування V_5 при подачі повітря через інжектор 4 в камері сумішоутворення 5, що буде мати вигляд:

$$\frac{P_3}{\gamma_p} + \frac{P_4}{\gamma_n} = \frac{P_5}{\gamma_p} + \frac{V_5^2}{2g} (1 + \xi_{kc}) - \frac{P_5}{\gamma_p} - \frac{V_7^2}{2g} (1 + \xi_{pB}), \quad (2.6)$$

де V_7 - швидкість розчину на вході витратоміра Вентурі, m/c ;

ξ_{kc} - коефіцієнт опору руху рідини через камеру змішування,

становить $\xi_{kc} = 0,04 \dots 0,06$ [12];

ξ_{pB} - коефіцієнт опору руху рідиної суміші через витратомір Вентурі,

прийmemo $\xi_{pB} = 0,01 \dots 0,02$ [12].

Щоб оцінити характеристики роботи інжектора, застосуємо безрозмірний коефіцієнт a , що описує відносну швидкість потоку рідини через камеру 5 змішування суміші [12] :

$$a = \frac{V_7}{V_5} = U - \sqrt{U^2 - \frac{1 - \xi_{kc}}{1 + \xi_{kc}}}, \quad (2.7)$$

де

$$U = \frac{1}{2q} \left[\frac{1 - \xi_{kc}}{1 + \xi_{kc}} \left((1 + q^2) (1 + \xi_{pb}) (1 + \xi_{kc} + \xi_{pb}) - q^2 \right) - 1 \right], \quad (2.8)$$

$q = \frac{q_n}{q_p}$ - відношення витрат повітря і рідини, які проходять через розпилювач,

$\text{м}^3/\text{с}$.

Провівши перетворення рівняння (2.6) з урахуванням залежності (2.7) отримаємо:

$$V_5 = \sqrt{\frac{2g(p_3\gamma_n - p_\Delta\gamma_p)}{\gamma_n\gamma_p[1 - \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB})]}}, \quad (2.9)$$

Отримане значення швидкості V_5 підставимо в рівняння (2.5) тоді отримаємо:

$$D_4 = \left(\frac{4q_n}{\pi} \right)^{0,5} \left(\frac{\gamma_n\gamma_p[1 + \xi_{kc} - a^2(1 + \xi_{pB})]}{2g(p_3\gamma_n - p_\Delta\gamma_p)} \right)^{0,25}$$

Визначимо значення $V_1, V_2, V_3, P_2, P_3, P_4$ шляхом розв'язку системи рівнянь (2.3 і 2.4) застосувавши наступні залежності:

$$V_1 = \frac{4g_p}{\pi D_1^2}, \text{ м/с} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} V_1 D_1^2 &= V_2 D_2^2 \\ V_2 D_2^2 &= V_3 D_3^2 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Швидкість руху повітря в камері 4 визначимо з виразу [11]:

$$V_4 = \sqrt{2g(p_1 + A + B)} \quad (2.12)$$

де

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,08q_p^2(D_2^4 - D_1^4(1 + \xi_k))}{D_1^4 D_2^4} \\ B &= \frac{0,08q_p^2(D_3^4 - D_2^4(1 + \xi_k))}{D_2^4 D_3^4} \end{aligned}$$

Побудуємо на основі отриманої математичної моделі (2.12) графічну залежність $V f(p_1)$ представлену на рис. 2.3.

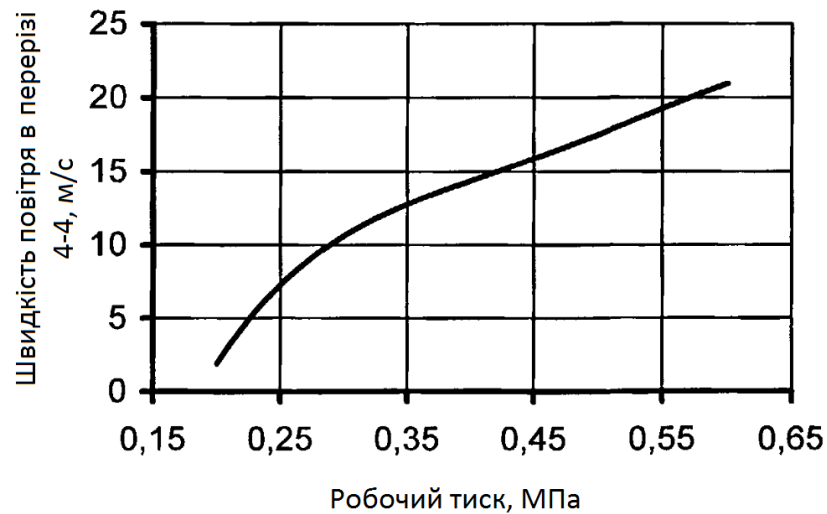


Рис. 2.3. Графічна залежність $V_4 = f(p_1)$ роботи розпилювача суміші інжекторного типу

Підставивши отримані дані у вираз визначення діаметра отвору інжектора повітря D_4 отримаємо вираз його визначення:

$$D_4 = 0,53 \sqrt{q_n} \left(\frac{\gamma_n \gamma_p [1 + \xi_{kc} - a^2 (1 + \xi_{pB})]}{\gamma_n (p_1 + A + B) - \gamma_p (p_a + p_1 + A + B) (1 + \xi_{BO})} \right)^{0,25} \quad (2.13)$$

де

$$A = \frac{0,08 q_p^2 (D_2^4 - D_1^4 (1 + \xi_k))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0,08 q_p^2 (D_3^4 - D_2^4 (1 + \xi_k))}{D_2^4 D_3^4}$$

Величина діаметра отвору повітряного інжектора, який повинен задовільнити умови роботи розпилювача при заданій дозі внесення робочої розчину q_p з максимальним значенням к.к.д. Тобто величина подачі повітря повинна відповідати високій ефективності розпилення рідини та роботи розпилювача q_p .

За даними досліджень виробників розпилювачів [1,3] подача робочої рідини становить $q_p = 1,1$.

За даного значення q_p вираз (2.13) буде мати вигляд:

$$D_4 = 0,578 \sqrt{q_n} \left(\frac{\gamma_n \gamma_p [1 + \xi_{kc} - a^2 (1 + \xi_{pB})]}{\gamma_n (p_1 + A + B) - \gamma_p [p_a - \gamma_p (p_a + p_1 + A + B)(1 + \xi_{BO})]} \right)^{0,25} \quad (2.14)$$

де

$$A = \frac{0,08 q^2_{\text{ж}} \gamma_p (D_2^4 - D_1^4 (1 + \xi_k))}{D_1^4 D_2^4}$$

$$B = \frac{0,08 q^2_p \gamma_p (D_3^4 - D_2^4 (1 + \xi_k))}{D_2^4 D_3^4}$$

З отриманого математичного виразу (2.14) побудуємо графічну залежність діаметра повітряного отвору від тиску подачі рідини для інжекторного розпилювача (рис. 2.4).

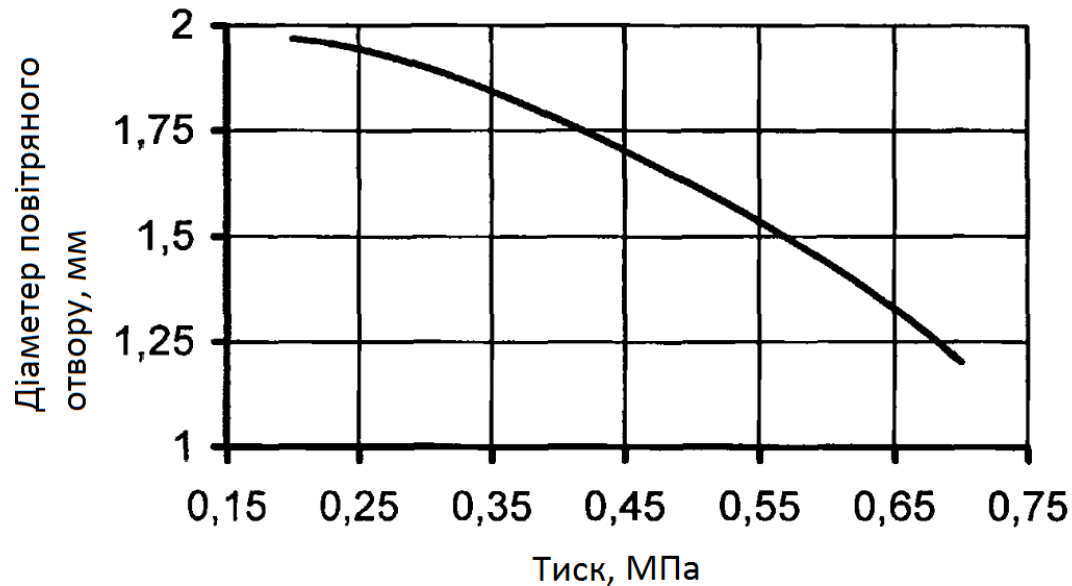


Рис. 2.4. Графічна залежність діаметра повітряного отвору від тиску подачі рідини для інжекторного типу розпилювача

Числові значення повітряних отворів камери 4– $d_1=12\text{мм}$, $d_2=4\text{мм}$, $d_3=0,85\text{мм}$

Висновок. Провівши аналіз балансу напору рідинно-повітряно суміші, встановимо швидкість змішування V_5 при подачі повітря через інжектор 4 в камері сумішоутворення 5, що буде становити $V_5 = 5 \text{ м/с}$

Аналіз наведеного графіка показує, що зі збільшенням тиску робочої рідини p_1 збільшується її швидкість проходження через камеру змішування. В результаті збільшується розрідження в порожнинах камер, тому витрачається більше повітря. При цьому максимальний К.К.Д. розпилювача зберігається при зменшенні діаметра повітряного отвору D_4 . При збільшенні p_1 в межах 0,25...0,7 МПа величина D_4 зменшується від 1,87 до 1,35 мм.

3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПИЛЮВАЧІВ ІНЖЕКТОРНОГО ТИПУ

3.1. Обґрунтування параметрів досліджуваного розпилюючого пристрою

Задачами досліджень передбачено визначення зміни тиску робочого розчину та діаметра інжекторного отвору на зміну площі та якості нанесення розчину на поверхні рослин, а також на зміну хвилинну витрату розчину інжекторним розпилювачем.

З метою отримання значень дійсної витрати робочого розчину через розпилювач інжекторного типу, рідину, що проходить через розпилювач, подають 1 хвилину в мірну ємкість, згодом проводять вимірювання і об'єму отримано рідини з похибкою $\pm 0,5$ мл [5] .

Встановлюючи величину дисперсності і щільності покриття об'єкту робочою рідиною, розпилювачем проводять нанесення на аркуші водочутливого індикаторного паперу з параметрами 500 x 700 мм. Попередньо на папір папір наносять 3..5% розчин толуолу, з метою зменшення розтікання води по поверхні, а потім паперові картки висушують. Перед нанесенням розпилювачами робочого розчину індикаторний папір розташовують за схемою, яка описана [5].

Щільність покриття Π_0 розраховують визначенням кількості точок потрапляння краплин на площі нанесення:

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

де N_o - число точок потрапляння краплин, шт ;

F – площа нанесення, см².

Оцінюючи дисперсність нанесення краплин їх розділюють на 3 групи: 1 - дрібні (до 150 мкм); 2 - середні (від 150..300 мкм); 3 - великі (більше 300 мкм).

З метою спрощення обчислення групи розмірів краплин виражені кратно поділі сітки окулярності мікроскопа:

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

Де K_i – розмірність середньої групи краплин;

$K_{\max}$, $K_{\min}$ – верхнє і нижнє значення групи розмірностей краплин на папері.

Обчислення результатів вимірювання виконують за загальноприйнятою методикою: «Обладнання для захисту рослин: обприскувачі. ч. 1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1: 1996, IDT) ДСТУ ISO 5682-1: 2005», [5].

Визначення площі нанесення робочого розчину на поверхні аркуша індикаторного паперу розраховували розробленим нами способом. Індикаторний папір із точками потрапляння краплин сканували в чорно-білому спектрі на сканері. Отримані скани потрібно зберегти графічним форматом файла з розширенням .bmp. потім завантажити його в редактор Paint і зберегти як монохромний рисунок з попереднім розширенням (рис. 3.2).



Рис. 3.1. Фото розпилення рідини на об'єкт обробки під час досліджень

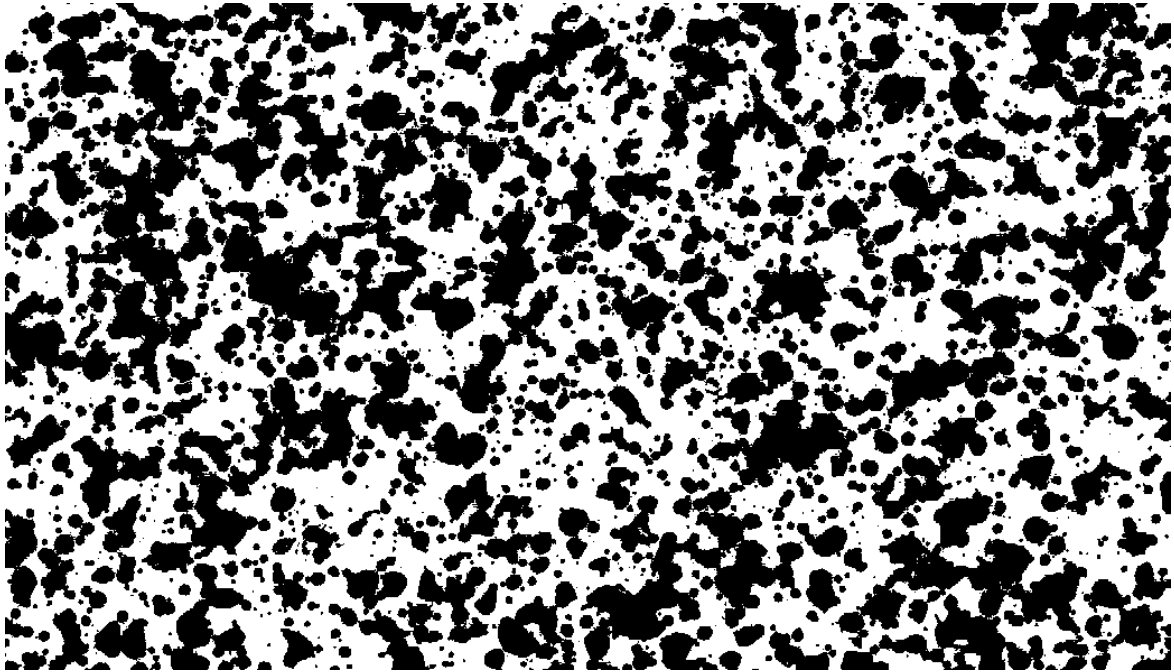


Рис. 3.2. загальний вигляд монохромного зображення аркуша індикаторного паперу після нанесення розпилювачем

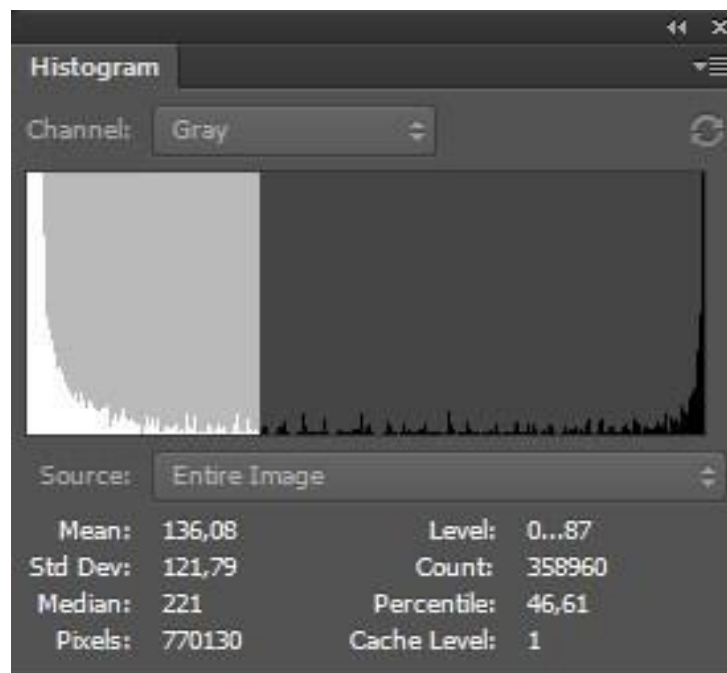


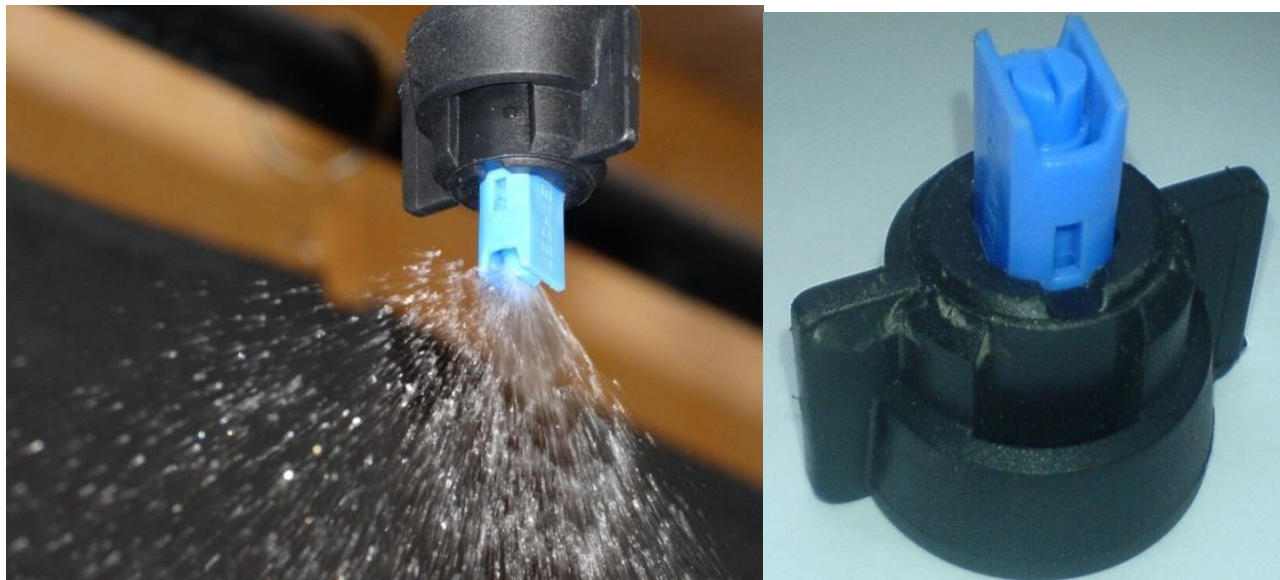
Рис. 3.3. Аналіз гістограми спектрів та відтінків чорного кольору.

Далі визначаємо відсотки по площі кольорів в діапазоні гістограми, що досліджуємо за допомогою програми для роботи з графікою, з функцією побудови гістограм (підійде редактор Adobe Photoshop версії 8). Виділимо на гістограмі

діапазон, який включає лише чорний колір, і отримуємо відсоткове співвідношення двох спектрів, у графі Percentile (відсотки). Отримано значення, отримане з рисунка рис. 3.2, становить майже 47 %, що в достатній мірі відповідає якості покриття листової частини рослин. Похибка визначення даних в графічному редакторі становить 0,01%.

3.2. Об'єкт дослідження

Як і описували в розділі 1, розпилювачі інжекторного типу мають ряд переваги у порівнянні з іншими типами розпилювачами. Але обґрунтування їхніх параметрів та робочих режимів налаштування недостатньо описано. Тому об'єктом дослідження обрано технологічний процес роботи розпилювачів з інжекторним способом сумішоутворення та нанесення на поверхню рослин марки JD 120 - 056 (рис. 3.4).



а)

б)

Рис. 3.4. Розпилювач з інжекторним способом сумішоутворення та нанесення на поверхню рослин марки JD 120 - 056

а – робота розпилювача; б – загальний вигляд.

3.3. Визначення критеріїв і факторів оптимізації технологічного процесу

Провівши огляд літературних джерел, конструкцій розпилювачів, а також результатів теоретичних досліджень дійшли висновку, що для дослідження обрано два фактори, які в найбільшій мірі впливають на критерій оптимізації, а саме: розмір діаметра інжектора D_4 і величина тиску робочої рідини p_1 . За параметр оптимізації прийняли ефективну площу нанесення пестициду $F(y_1)$, %, а також дозу хвилинної витрати розчину розпилювачем $q_{xв}(y_2)$, л/хв.

Обираючи рівні варіювання показників D_4 та p_1 використовували метод апіорного ранжування [9; 14; 16] та результати аналітичного дослідження (рис. 2.3., 2.4.).

Планування та обробку результатів досліджень виконували за допомогою стандартних методик планування експериментів [16, 17, 18]

Отримано регресійні залежності критеріїв оптимізації в закодованому вигляді:

$$F(y_1) = 35,6 + 2,45X_1 + 0,48X_2 - 0,74X_1X_2 - 21,8X_1^2, \quad (3.3)$$

$$q(y_2) = 1,18 + 0,2X_1 + 0,0058X_2 - 0,008X_1X_2 - 0,056X_1^2 + 0,019X_2^2. \quad (3.4)$$

де X_1 - кодоване значення тиску робочої рідини;

X_2 - кодоване значення діаметра інжектора.

Для розкодування кодованих значень до фактичних відбувається по виразах:

$$X_1 = 5p_1 - 2, \quad (3.5)$$

$$X_2 = 2D_4 - 2, \quad (3.6)$$

згідно отриманих регресійних залежностей (3.3., та 3.4.) побудували графічні залежності (рис.3.5., 3.6.)

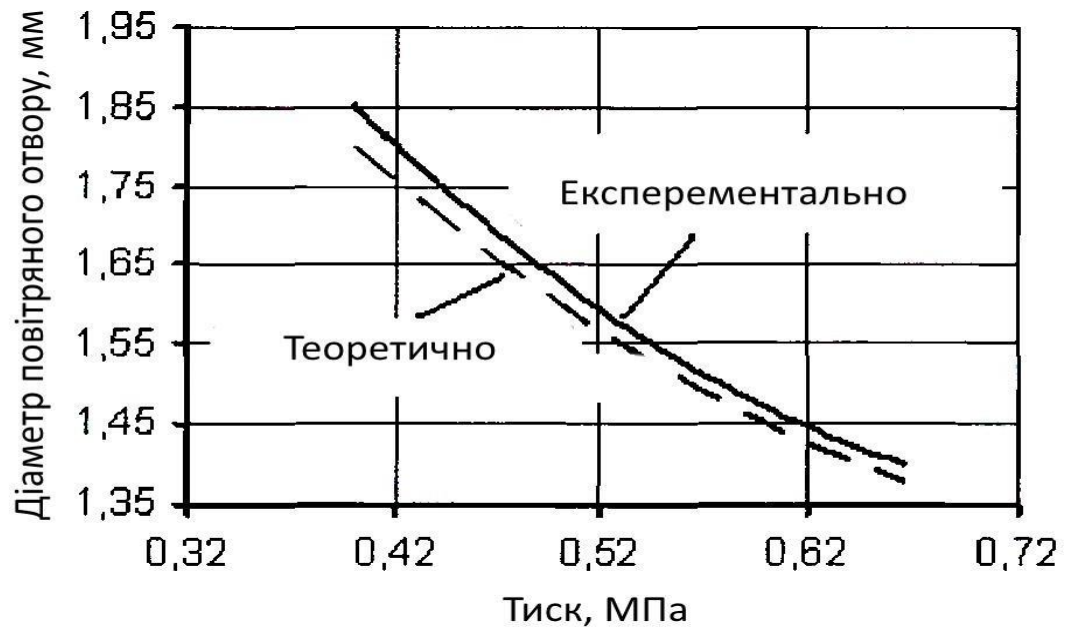


Рис. 3.5. Графічна залежність параметру діаметру отвору інжектора від величини тиску подачі рідини

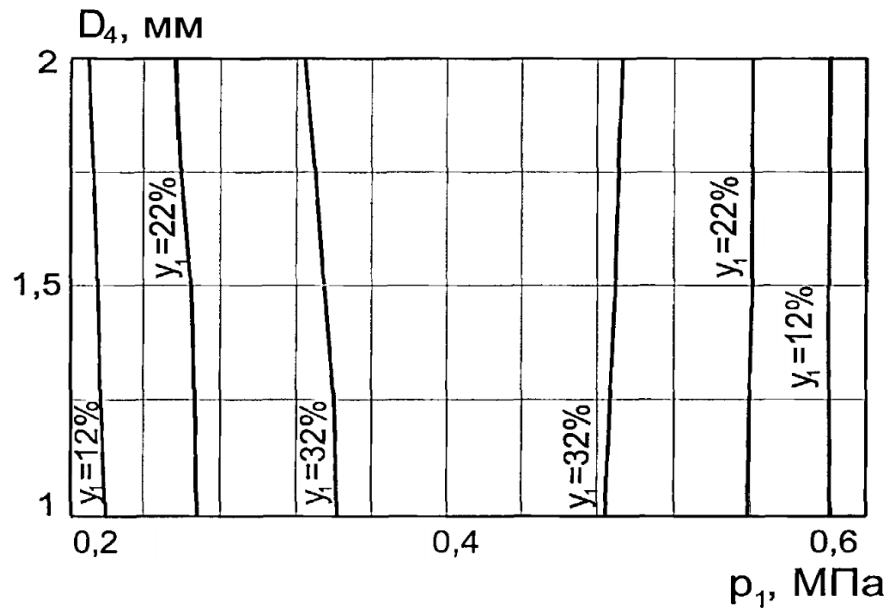


Рис. 3.5. Графічна залежність площі нанесення рідини від робочого тиску і діаметра отвору інжектора

Висновки до розділу 3.

Нанесення на поверхню рослин рідини y_1 суттєво залежить значення робочого тиску p_1 . Якщо тиск p_1 зростає 0,2 ... 0,45 МПа, то критерій y_1 збільшується до 32 %. Продовжуючи збільшувати тиск до 0,65 МПа, отримаємо падіння показника

площі нанесення пестициду до 10%. З метою визначити параметри максимального ефективного розпилення, приймати потрібно значення діаметра інжектора 0,45...0,85 мм.

Діаметр отвору повітряного інжектора D_4 , має значущий вплив на ефективне розпилення робочої рідин, але в меншій мірі ніж тиск. Однак, при значенні тиску 0,2 МПа при більшенні D_4 в діапазоні 1,0...2,0 мм значення площі нанесення y_1 зростає на 8,0 % при $D_4=1,0$ мм, до 11,3% при $D_4 = 2,0$ мм.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконавши аналіз конструкцій та технологічного процесу роботи розпилювачів, встановлено необхідність досліджень їхньої роботи та подальшого дослідження. Поставлена мета роботи обґрунтування режимів роботи обприскувача з інжекторним типом розпилювачів, шляхом визначення раціональних параметрів їх роботи. Щоб досягнути поставленої мети необхідно вирішити ряд поставлених в роботі завдань.
2. Провівши аналіз балансу напору рідинно-повітряно суміші, встановлено швидкість змішування V_5 при подачі повітря через інжектор 4 в камері сумішоутворення 5, що буде становити $V_5 = 5 \text{ м/с}$
3. Визначено, що зі збільшенням тиску робочої рідини p_1 збільшується її швидкість проходження через камеру змішування. В результаті збільшується розрідження в порожнинах камер, тому витрачається більше повітря. При цьому максимальний К.К.Д. розпилювача зберігається при зменшенні діаметра повітряного отвору D_4 . При збільшенні p_1 в межах 0,25...0,7 МПа величина D_4 зменшується від 1,87 до 1,35 мм.
4. Нанесення на поверхню рослин рідини площею y_1 суттєво залежить значення робочого тиску p_1 . Якщо тиск p_1 зростає 0,2 ... 0,45 МПа, то критерій y_1 збільшується до 32 %. Продовжуючи збільшувати тиск до 0,65 МПа, отримаємо падіння показника площі нанесення пестициду до 10%. З метою визначити параметри максимального ефективного розпилення, приймати потрібно значення діаметра інжектора 0,45...0,85 мм.
5. Діаметр отвору повітряного інжектора D_4 , має значущий вплив на ефективне розпилення робочої рідин, але в меншій мірі ніж тиск. Однак, при значенні тиску 0,2 МПа при більшенні D_4 в діапазоні 1,0...2,0 мм значення площі нанесення y_1 зростає на 8,0 % при $D_4=1,0$ мм, до 11,3% при $D_4 = 2,0$ мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.deere.ua/uk/>
2. <https://www.kuhn.ua>
3. <https://case-ukraine.com.ua>
4. Teejet. Produkte fur Mobilsystem. Katalog 49A-D [Text] / Spraying Systems Co. - 2010. - 176 s.
5. Обладнання для захисту рослин: обприскувачі. ч. 1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1: 1996, IDT) ДСТУ ISO 5682-1: 2005
6. Хороші розпилювачі - високий ефективний обробіток. Захист та карантин рослин. 2006. №5. С. 44-45.
7. Ченкін А.Ф. Історія розвитку та проблеми захисту рослин / А. Ф. Ченкін. К.: Укрсільгоспакадемія, 1997. 331 с.
8. 5. Штангові обприскувачі з розпилювачами, що обертаються / Н. В. Нікітін, Ю.Я. Спиридонів, В. А. Абубікер, М. С. Раскін. Захист та карантин рослин. 2005. №3. С. 46-48.
9. Теплинський І. З. Математична модель дисперсності розпилу пневматичних розпилювачів ежекційного типу / І. З. Теплинський, В. А. Смілик. Техніка в сільському господарстві. 2004. №5. С. 18-20.
10. Комаристов В.Ю., Дунай М.Ф. Сільськогосподарські машини. К.: Вища школа, 1987. 248с.
11. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. К., 2003. 203 с.
12. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. К.: Урожай, 2002. 364 с.
13. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
14. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. К.: НМК ВО, 1991. 199 с.

15. Хайлис Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ: УСГА, 1992. 240с.
16. Заєць М. Л. Система точного припосівного дозування рідких добрив / М. Л. Заєць, // Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 13-16.
17. Горбатенко І. Ю. Основи наукових досліджень / І. Ю. Горбатенко. К. : Вища школа, 2001. 92 с.
18. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. К. : НАУ, 2001. 247 с.
19. Дідора В. Г. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут. К.: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.