

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко-технологічний факультет

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко - технологічного
факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
сіськогосподарських машин та _____
(назва кафедри)
системотехніки академіка ім. П.М. Василенка,
Юрій ГУМЕНЮК
(підпис) (ПІБ)

(підпис) Вячеслав БРАТІШКО
(ПІБ)

«____» _____ 2024 р.

«____» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Обґрунтування параметрів комбінованого розпилюючого пристрою
обприскувача ОП-2000»_____

Спеціальність 208 «Агроінженерія»_____
(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»_____
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна_____
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор _____ Вячеслав Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

К.т.н., доцент _____ Борис Онищенко

Виконав _____ Тарадуда Олександр

Київ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри
сільськогосподарських маши
та системотехніки ім. Академіка
П.М. Василенко
Гуменюк Ю.А.
“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Тарадуда Олександр Юрійович

Спеціальність 208 “Агроінженерія”

Магістерська програма спеціалізації – Оптимізація процесів і параметрів
режимів роботи сільськогосподарської техніки

Тема роботи ”Обґрунтування параметрів комбінованого розпилюючого
пристрою обприскувача ОП-2000”

Затвердженого наказом ректора від 7.12.2023р №2223 “С”

Кінцевий термін подання роботи студентом – 13.11.2024

3. Вихідні дані до роботи: Обприскувач польових культур ОП-2000

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

1. Огляд технологій, машин та робочих органів.і.
 2. Теоретичні дослідження технологічного процесу роботи розпилюючого пристрою.
 3. Проведення експерименту та результати експериментальних досліджень.
 4. Економічна ефективність.
- Висновки, список використаної літератури, додатки.

Слайд 1. Титульна сторінка. Слайд 2. Мета роботи

Слайд 3. Слайд 4. Машини для захисту рослин.

Слайд 5. Головний вигляд ОП-200.

Слайд 6, Слайд 7 Робочі органи для змінних доз

Слайд 8. Датчики встановлені на установці.

Слайд 9.. Слайд 10,11. Графіки.

Слайд 12. Економічні показники. Слайд 13. Висновки.

Науковий керівник магістерської роботи _____ Онищенко Б. В.

Завдання прийняв _____ Тарадуда О. Ю.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: “Обґрунтування параметрів обприскувача ОПГ-2000 із змінними дозами при підживленні молодих насаджень”.

Магістерська робота виконана на 69 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А-4, що містить 13 таблиць, 12 рисунків.

Магістерська робота присвячена дослідженню роботи удосконаленого розпилюючого пристрою обприскувачів для внесення рідких мінеральних добрив з використанням технології змінного нормування.

В першому розділі пояснювальної записки проведено аналіз технологій, методів, машин та робочих органів для внесення рідких мінеральних добрив.

В другому розділі представлено теоретичні дослідження процесів з руху частинок рідких добрив.

В третьому розділі представлена програма і методика експериментальних досліджень.

В четвертому розділі нами проведено дослідження технологічних характеристик розпилювання робочої рідини.

Ключові слова: РІДКІ МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ, ОБПРИСКУВАЧ, РОЗПИЛЮВАЧІ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ, МЕТОДІВ, МАШИН ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ.....	6
1.1 Аналіз основних технологій та методів обприскування польових культур рідкими добривами.....	6
1.2 Аналіз машин та робочих органів обприскувачів для внесення рідких добрив.....	12
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ З РУХУ ЧАСТИНОК РІДКИХ ДОБРИВ.....	38
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
3.1 Конструктивні особливості та принцип роботи обприскувача польових культур з автоматичним регулюванням норми внесення	46
3.2 Програма і методика досліджень розпилення робочої рідини за допомогою щільного розпилювача.....	53
3.3 Методика підрахунку крапель.....	55
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПИЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....	60
4.1 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на густину покриття поверхні.....	60
4.2 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на медіанний діаметр крапель.....	61
4.3 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на дисперсність крапель.....	62
5. АРГУМЕНТАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....	65
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	67

ВСТУП

Внесення мінеральних добрив у рідкому стані стає дедалі актуальнішим. Це пояснюється зменшенням кількості баластних речовин, зручністю дозування, транспортування та виготовлення, а також високою доступністю для рослин. Така технологія скоро може стати основною у внесенні добрив.

Однак, обприскування має й недоліки, як-от ризик знесення крапель вітром, що призводить до забруднення ґрунту, води, атмосфери, а також небезпеки для здоров'я людей і корисних організмів. Перспективним напрямком для підвищення ефективності є покращення властивостей робочої рідини, щоб оптимізувати процес утворення крапель. Метою роботи є підвищення ефективності внесення рідких добрив.

Мета роботи – покращення ефективності роботи обприскувача шляхом застосування пристроїв для змінних норм внесення

Об'єкт дослідження – процес та засоби обприскування сільськогосподарських культур.

Предмет дослідження – обґрунтування режимів роботи розпилюючого робочого органу обприскувача.

Методи дослідження – аналітичні й експериментальні методи наукових досліджень, що ґрунтуються на законах аеродинаміки та основних положень планування експериментів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ, МЕТОДІВ, МАШИН ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРІВ

1.1 Аналіз основних технологій та методів обприскування польових культур рідкими добривами

Інтенсивна технологія вирощування зернових культур передбачає активне використання добрив, засобів захисту рослин і регуляторів росту. Щороку застосування хімічних засобів зростає, тому важливо розробляти методи їх ефективного використання.

Азот є ключовим елементом живлення культур, але через свою високу рухливість в ґрунті легко вимивається і розкладається, що призводить до втрат до 40% внесеної речовини. Тому азот вносять у кілька етапів, особливо під час активної вегетації рослин. До 60% азоту вноситься під час підживлення.

Найпоширенішим методом є використання гранульованих азотних добрив. Основні критерії якості внесення добрив включають рівномірний розподіл і точність норми витрати, що мають відповідати міжнародним стандартам.

Рівномірність поперечного розподілу добрив оцінюється за коефіцієнтом варіації, що характеризує коливання маси внесених добрив на одиниці ширини захвату. Згідно з міжнародними стандартами, гармонізованими в Україні, цей показник не повинен перевищувати 15%. Нерівномірність унесення добрив призводить до зниження ефективності добрив, нерівномірного дозрівання рослин, погіршення якості продукції, втрат урожаю та шкоди навколишньому середовищу, зокрема забруднення ґрунтових вод.

Сучасні розподільвачі добрив забезпечують значно кращу рівномірність. Наприклад, при внесенні гранульованої сечовини рівень варіації складає 4,2% на ширину захвату 36 метрів і 5,5% на 40 метрів. Це залежить від різних факторів: конструкції техніки, фізичних властивостей добрив (вага, гранулометричний склад, сипучість, гігроскопічність тощо). Тому важливим є налаштування

техніки, що підкріплюється детальними таблицями та рекомендаціями від виробників.

Відхилення фактичної норми витрати добрив також регулюється: воно не повинно перевищувати 15% при нормах до 25 кг/хв, 10% при нормах 25–150 кг/хв і 7,5% при витраті понад 150 кг/хв.

Нові технології, зокрема змінне нормування, дозволяють адаптувати процес внесення добрив до умов конкретних полів, враховуючи просторову неоднорідність ґрунту. Це дозволяє значно підвищити ефективність використання добрив, скоротити їх кількість і мінімізувати техногенне навантаження на довкілля.

Прикладом сучасних технологій є оптичні системи, такі як “Green Seeker RT200” (Рис.1.1), що використовують індекс NDVI для оцінки стану рослин у реальному часі та визначення необхідної дози азоту. Система працює з обприскувачами або розподільувачами добрив і дозволяє точково коригувати норму внесення добрив на основі даних із сенсорів. Це дозволяє максимально ефективно використовувати добрива, забезпечуючи оптимальні умови для розвитку рослин.



Рис.1.1. Оптичний датчик Green Seeker RT 200

Система оптичної діагностики забезпеченості рослин азотом на основі датчика CropSpec, розроблена компаніями Topcon Positioning Systems та Yara International, є передовим рішенням у галузі точного землеробства (Рис.1.2).

Датчики CropSpec вимірюють спектральні характеристики посіву за допомогою індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), що дозволяє оцінювати стан рослин та їх забезпеченість азотом. Два датчики розташовуються з обох боків агрегату і оснащені власними джерелами світла (лазерні діоди), спрямованими на посів. Датчики встановлюються на даху трактора або іншого енергозасобу і мають поле огляду 45-55 градусів. Відстань до поверхні рослин становить 2-4 метри, що дозволяє вимірювати відбите світло з площі 5-8 м². Частота вимірювань становить 1 раз за секунду, що забезпечує стабільність результатів.

Система працює в двох режимах: документування інформації, отриманої системою, та автоматичний режим управління роботою на основі результатів зондування. До складу системи входить консоль управління X20 (System 200), два датчики CropSpec, програмне забезпечення Topcon's Maplink, яке реалізує технологію VRC (variable rate control) для розподільників рідких чи гранульованих добрив.



Рис.1.2 Загальний вигляд датчика CropSpec виробництва Topcon Positioning Systems.

Ще одним технічним засобом для технології змінного нормування є датчик Holland Scientific Crop Circle ACS-470 (Рис.1.3). Це активний датчик з власним світловипромінювальним діодом (LED) і триканальним кремнієвим детектором (діапазон 320-1100 нм). Він підтримує кілька довжин хвиль (450-800 нм), змінюваних за допомогою стандартних фільтрів. Поле зору пропорційне висоті,

становить 25-183 см, кут огляду — 14-30°, частота вимірювань — 1 раз на секунду (може збільшуватись до 20).

Система працює в режимах документування та автоматичного управління в реальному часі. Інформація (NDVI, NDRE) допомагає оцінювати забезпеченість поживними речовинами та вологістю. Дані можна швидко перенести за допомогою реєстратора GeoSCOUT GLS-400.



Рис.1.3 Загальний вигляд датчика Crop Circle ACS-470 виробництва Holland Scientific

Оптичний датчик OrtRx (Рис. 1.4) є новим поколінням датчиків компанії Holland Scientific, розроблених на основі досвіду експлуатації Crop Circle. Його реалізують на ринку під торговою маркою AG Leader під назвою CropSensor. Система включає багатофункціональний дисплей Integra DirectCommand. Технологія змінного нормування, реалізована на основі OrtRx, використовує напрацювання, створені для попереднього покоління. Датчики визначають індекс NDVI. За даними досліджень, проведених у Південній Дакоті, після обробки азотними добривами на площі 678 га отримано прибуток у 56,53 долари на гектар..



Рис.1.4 Загальний вигляд датчика OptRx виробництва AG Leader

Система Fritzmeier ISARIA (Рис. 1.5) складається з двох вимірювальних голів, кожна з яких має по чотири LED-джерела світла, що випромінюють світло певної довжини хвилі. Відбите світло реєструється високочутливими приладами до 500 разів на секунду та передається на процесор. Тут дані обробляються і передаються по Bluetooth до терміналу ISARIA в кабіні трактора. Отримані значення (індекс REIP) або карти внесення вводяться в термінал ISARIA, де встановлюється доза азотних добрив. Управління внесенням добрив здійснюється безпосередньо з терміналу ISARIA.



Рис.1.5 Комплекс для диференційованого внесення азотних добрив на основі Fritzmeier ISARIA.

Одним з основних вузьких місць при вирощуванні культур за інтенсивними технологіями є роздільне внесення добрив, гербіцидів та

фунгіцидів, що потребує багаторазових проходів техніки та додаткових витрат. Впровадження методів, що дозволяють скоротити операції з внесення, знижує енергетичні витрати та підвищує якість виконання робіт.

Строки внесення добрив на озимих часто збігаються з обробкою посівів гербіцидами та фунгіцидами, що дає можливість легко комбінувати їх внесення. Наприклад, внесення рідких добрив у дозі N20-30 спільно з бутиловим ефіром 2,4 Д у фазі кущення чи початку трубкування показує такий же ефект, як і роздільне внесення, але економічний ефект комбінованого внесення значно вищий завдяки скороченню витрат.

При внесенні рідких добрив разом з гербіцидами добриво потрібно розбавити водою в співвідношенні 1:3. Економічна ефективність спільного застосування рідких добрив і фунгіцидів на посівах озимої пшениці вища, ніж на посівах озимого жита. Рідкі добрива рекомендується вносити на початку і в середині трубкування рослин, з дотриманням норм внесення.

Спільне внесення рідких добрив з фунгіцидами, такими як Байтелон і Фундазол, є ефективним. Доза фунгіцидів у суміші з рідкими добривами складає 0,5-0,6 кг/га. Також важливо дотримуватися співвідношення розбавлення в залежності від температури повітря.

Вибір конкретної технологічної схеми залежить від умов конкретного господарства. Можливі такі схеми використання рідких добрив:

1. Завод — транспортний засіб — агрегат для внесення (для радіусів до 50 км).
2. Завод — транспортний засіб — глибинний склад — транспортний засіб — агрегат (до 50 км від заводу і 20 км від складу).
3. Завод — залізнична цистерна — прирейковий склад — транспортний засіб — агрегат (від 100 км до складу і 50 км до поля).
4. Завод — залізнична цистерна — прирейковий склад — глибинний склад — транспортний засіб — агрегат (від 100 км до складу).

1.2 Аналіз машин та робочих органів обприскувачів для внесення рідких добрив

Однією з перспективних технологій є внесення рідких мінеральних добрив шляхом обприскування. Сучасні обприскувачі мають схожі конструкційні елементи, але відрізняються обсягами резервуарів та робочою шириною захвату. Основні складові обприскувача — це рама з ходовою частиною та робоче обладнання (система обприскування).

Ходова система може бути однією класичною або типу «тандем». У більшості обприскувачів регульована колія, колеса обладнані гальмами. Робоче обладнання включає резервуар для робочої рідини, резервуар для технічної води, насос для подачі рідини до розпилювачів, систему заправки, комунікації, фільтри, пінний маркер, а також пристрої для управління та контролю.

Резервуари виготовляють з полімерних матеріалів або неіржавіючої сталі та оснащують гідромішалкою і рівнеміром. Робочі насоси можуть бути відцентрового або мембранно-поршневого типу, приводяться гідромоторами.

Пристрій для самозаправлення складається з рукава з краном, фільтром та напівмуфтою для під'єднання. Комунікації включають забірні та напірні рукави, систему кранів, колектори, виготовлені з неіржавіючої сталі. Штанга аروحної конструкції може бути секційною, з центральною та бічними секціями. Ширина захвату варіюється від 12 до 42 м.

Штанга навішується на раму шасі за допомогою вертикальної рамки або механізму паралелограма, що дозволяє адаптуватися до мікрорельєфу поля. Для стабілізації штанги використовують пружинні та гідроамортизатори.

На штанзі розміщені колектори і форсунки, що складаються з корпусу, фільтра, розпилювальних наконечників та відсічного клапана. Зазвичай використовують щілинні або інжекторні розпилювальні наконечники.

Гідросистема приводить в дію насоси, складає та розкладає штангу, змінює її робоче положення. Для налаштування робочого режиму та управління технологічним процесом на всіх обприскувачах встановлені бортові комп'ютери.



Рисунок 1.6 - Обприскувач напівпричіпний Dammann Profi Class

Обприскувач призначений для внесення засобів захисту рослин та рідких мінеральних добрив в посівах польових культур шляхом обприскування. Рама обприскувача виготовлена з металевого профілю, причіпна сниця обладнана регульованою по висоті опорною стійкою. Ходова частина складається з чотирьох коліс, колія не регулюється.

Штанга є секційною, має дві бічні (ліву та праву) та одну центральну секції, арочної конструкції. Бічні секції обладнані гідроциліндрами для зміни кута нахилу, а крайні секції мають поворотний запобіжник, що запобігає поломці штанги при наїзді на перешкоди. Штанга навішується на обприскувач за допомогою механізму паралелограма. У транспортному положенні бокові секції укладаються на упори з бічними обмежниками та фіксуються підпружиненим захватом.

Установка робочої висоти штанги, кут нахилу секцій та їх складання/розкладка виконується оператором з кабіни трактора за допомогою гідроциліндрів, що приводяться в дію від гідросистеми енергозасобу. Резервуари виготовлені з полімерного матеріалу, резервуар для робочого розчину обладнаний рівнеміром.

Насос відцентрового типу приводиться в дію від гідромотора, який з'єднаний з гідронасосом енергозасобу. Керування системою обприскування

здійснюється з пульта, встановленого в кабіні енергозасобу, який живиться від бортової системи з напругою 12 В.



Рисунок 1.7 - Обприскувач самохідний John Deere 4730

Обприскувач призначений для внесення засобів захисту рослин і рідких мінеральних добрив в посівах польових культур шляхом обприскування. Основні компоненти обприскувача включають самохідне шасі, два резервуари для робочого розчину, насоси (один для робочого розчину та два для перемішування), преміксер, крани та фільтри, штангу з розпилювачами, систему примусового осадження крапель, гідросистему та систему керування.

Шасі складається з рами, ходової частини, двигуна, трансмісії та кабіни. Кабіна обладнана необхідними системами для створення комфортних умов роботи. Привід ходової частини є гідростатичним. Резервуари для робочого розчину виготовлені з нержавіючої сталі і оснащені датчиками рівня. Насоси для води та робочого розчину — мембранно-поршневого типу з приводом від гідромотора. Штанга складається з п'яти секцій, а крайні секції мають запобіжні пристрої. Робочий режим підтримується автоматично за допомогою бортового комп'ютера, що дозволяє дотримуватись заданих норм навіть при зміні робочої швидкості.

Рідкі добрива без проблем вносяться звичайними обприскувачами для польових культур, в яких деталі з кольорових металів замінені на полімерні, нержавіючі або склопластикові та обладнані різними типами розпилювачів.

На ринку представлено безліч різних типів розпилювальних наконечників, призначених для проведення різноманітних видів обробки. Відповідна обробка рідкими добривами не менш важлива, ніж застосування засобів для захисту врожаю. Сучасна та ефективна обробка культури поживними речовинами значно зменшує пошкодження врожаю.

TeeJet Technologies пропонує великий вибір наконечників, спеціально розроблених для досягнення максимального результату від внесення рідких добрив. Суцільні розпилювальні насадки, що пропонуються з одним або кількома наконечниками, розроблені для внесення речовин на поверхню землі, де вони інтенсивно поглинаються культурою. Створюючи суцільні потоки рідини, дані наконечники значно зменшують зрошення листя, готового до збору врожаю, зменшуючи їх опіки.

Вибір насадки часто здійснюється на основі розмірів краплі. Розмір краплі наконечника має більше значення, коли ефективність певного хімікату для захисту рослин залежить від покриття або коли перевагу має попередження знесення розпилення з площі використання.

Більшість сільськогосподарських наконечників можна класифікувати як такі, що створюють малі, середні, великі або дуже великі краплі. Наконечники, що утворюють малі краплі, рекомендується використовувати для післясходового обприскування, коли потрібне якісне покриття заданої площі. Найчастіше в сільському господарстві використовують наконечники, які утворюють краплі середнього розміру. Наконечники, що утворюють середні і великі краплі, можна використовувати для контактних і систематичних гербіцидів, первісних поверхневих гербіцидів, інсектицидів та фунгіцидів.

Вибір розпилювачів обумовлений наступними основними принципами:

- Чим краще утворення воскового шару на листі, тим менша шкода для рослин та небезпека утворення опіків добривами при використанні щілинних розпилювачів.

- Чим вища стадія розвитку рослини, тим чутливіша вона до використання щілинних розпилювачів.

- Чим чутливіша рослина, тим більш шадним має бути метод розпилення, а вибір розпилювачів відбитий у наступній послідовності: щілинні розпилювачі — розпилювачі для рідких добрив — підвісні з шлангів/труб.

Для зниження рівня пошкодження листків необхідно враховувати, що шкода для рослин при внесенні рідких добрив зменшується при:

- більших краплях добрива під час внесення;
- меншому тиску у форсунках;
- більшій продуктивності розпилювача.




При встановленні норми виліву робочої рідини необхідно враховувати ряд особливостей роботи розпилювальних наконечників. Як правило, налаштування обприскувача проходить у наступному порядку.

В залежності від культури, погодних умов, рекомендацій щодо концентрації діючої речовини робочої суміші, встановлюють норму виліву на гектар.

TeeJet Technologies пропонує різноманітні розпилювальні наконечники, розроблені для максимальної ефективності при внесенні рідких добрив (Табл. 1.1). Кожен наконечник має маркування, що включає основні характеристики, зокрема тип наконечника, товарний знак виробника, кут розпилювання і продуктивність насадки (в галонах за хвилину при тиску 2,8 бара). Ця інформація дозволяє вибрати відповідний розпилювач для конкретних умов, враховуючи потреби культури, погодні умови та мету обробки.

Розпилювальні наконечники для рідких добрив.

Розпилювальні наконечники для рідких добрив	
AI TeeJet Плоскоструменні розпилювальні наконечники з всмоктуванням повітря AI11004	 A red nozzle with a blue spray pattern.
AIC TeeJet Плоскоструменні розпилювальні наконечники з всмоктуванням повітря AIC11004	 A red nozzle with a blue spray pattern.
Turbo TeeJet Induction Плоскоструменні розпилювальні наконечники TTI11004	 A red nozzle with a blue spray pattern.
Turbo Floodjet Ширококутні плоскоструменні розпилювальні наконечники TF-2	 A yellow nozzle with a blue spray pattern.
Quick Turbo Floodjet Ширококутні плоскоструменні розпилювальні наконечники QCTF-VS40	 A red nozzle with a blue spray pattern.
AIUB TeeJet Рядкові регульовані розпилювальні наконечники AIUB8504	 A red nozzle with a blue spray pattern.

StreamJet Наконечники для внесення добрив SJ3-04-VP	
StreamJet Наконечники для внесення добрив SJ7-04-VP	
StreamJet Розпилювальні наконечники суцільного потоку H1/4U-SS0010	

AIUB TeeJet Плоскоструменні розпилювальні наконечники з всмоктуванням повітря мають втулку з нержавіючої сталі, що забезпечує кінчний рисунок плоскоструменного розпилення для рівномірного покриття при розсіяному розпиленні. Вони обладнані тримачем з полімеру та жиклером з кольоровим маркуванням Visiflo, створюють великі краплі для зменшення знесення, мають вісім видів продуктивності з рекомендованим тиском 2-8 бар. При використанні в аспіраторі Venturi формуються великі краплі, насичені повітрям.

AIC TeeJet Плоскоструменні розпилювальні наконечники з всмоктуванням повітря забезпечують кінчний рисунок плоскоструменного розпилення з кутом 110° для рівномірного покриття. Вони також формують великі краплі для зменшення знесення, мають ту ж конструкцію з жиклером Venturi для створення насичених крапель. Насадка AI TeeJet, що запресована в ковпачку Quick TeeJet, забезпечує автоматичне вирівнювання струменя з рекомендованим тиском 2-8 бар.

Turbo TeeJet Induction Плоскоструменні розпилювальні наконечники мають широкий кут 110° та кінчний рисунок, що базується на патентованих

входах Turbo TeeJet. Вся конструкція з полімеру стійка до хімічних впливів. Наконечники ідеально підходять для використання з автоматичними контролерами розпилювача та мають широкий діапазон робочого тиску (1-7 бар).

Turbo Floodjet Ширококутні плоскоструменні розпилювальні наконечники забезпечують рівномірне покриття по всій довжині штанги. У конструкцію входить жиклер для створення великих крапель і зменшення знесення, а також великий круглий отвір для зменшення забруднення. Доступні з ковпачком CP25600-* -NYR Quick TeeJet або прокладкою для автоматичного вирівнювання струменя, виготовлені з нержавіючої сталі з кольоровим маркуванням для легкого визначення розміру.

Quick Turbo Floodjet Ширококутні плоскоструменні розпилювальні наконечники використовують патентовану турбулентну камеру для покращення рівномірності рисунка. Конструкція з жиклером дозволяє отримати великі краплі для зменшення знесення, з великою круглою отвором, що знижує ймовірність забруднення. Лита сторона з пазом для автоматичного вирівнювання, виготовлена з нержавіючої сталі з кольоровим маркуванням для легкого визначення розміру, продуктивністю від 6,84 до 94,73 л/хв при тисках 1-3 бар.

AIUB TeeJet Рядкові регульовані розпилювальні наконечники формують великі краплі для зменшення знесення та забезпечують рідкісне обприскування пестицидів і добрив під листям. Ці наконечники монтуються на кінці штанги для точного обприскування по периметру поля, з тиском розпилення 2-8 бар.

StreamJet Наконечники для внесення добрив ідеальні для внесення рідких добрив безпосередньо на землю або готовий урожай. Трьохструмове розпилення забезпечує пряме внесення, з кольоровим маркуванням Visiflo. Має знімний дозувальний отвір для легкого очищення, доступні в десяти розмірах для широкого діапазону норм розпилення, з поліацетальною конструкцією для стійкості до хімічних впливів. Рекомендований робочий тиск 1,5-4 бар.

StreamJet Розпилювальні наконечники суцільного потоку забезпечують можливість рідкого обприскування на високих швидкостях. Великі отвори

зменшують ймовірність внутрішніх закупорок і забруднення, а також зменшують ризик знесення.

Для проведення позакореневого підживлення використовуються розпилювачі типів ID, IDN, IDK та IDKN, які підходять для внесення як чистих добрив, так і комбінованого внесення зі засобами захисту рослин. Спеціальні розпилювачі FL і FD (рис. 1.15) призначені для рідких добрив для щадного внесення від мінімальної до максимальної кількості рідини. Системи підвісок зі шлангами та трубні подовжувачі є найбільш надійним способом внесення рідких добрив, особливо при пізніх стадіях росту рослин або в несприятливих погодних умовах.

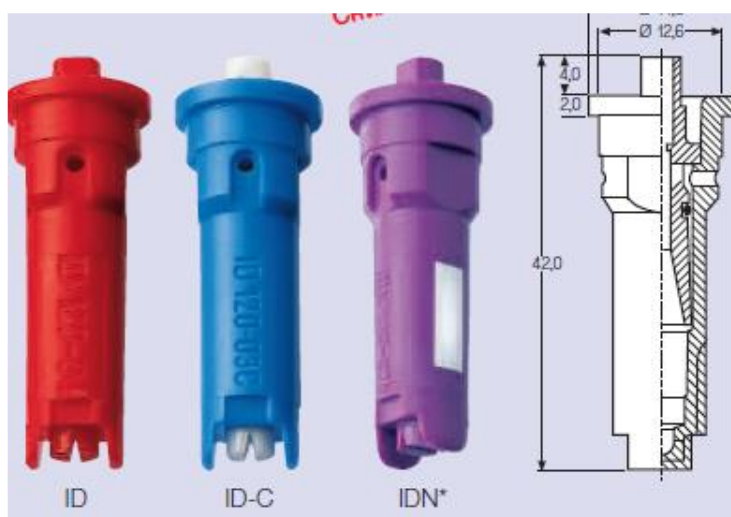


Рис. 1.8. Розпилювачі ID, IDN

Технічні характеристики :

Робочий тиск при використанні чистої КАС:

ID-01 до -08 от 2,0 до 3,5 атм. IDN-025 до -03 от 2,0 до 4,0 атм.

Наднизький ризик засмічення завдяки великим поперечним перерізам;

Хороша структура покриття та проникнення в посів;

Найліпші результати роботи при швидкості вітру до 5 м/сек. та швидкості руху до 10 км/год.



Рис. 1.9. Розпилювачі IDK, IDKN

Технічні характеристики :

Робочий тиск при використанні чистої КАС:

IDK-01 до -03 от 1,5 до 2,5 атм.

IDK-04 до -06 от 1,0 до 2,5 атм.

IDKN-03 до -04 от 1,0 до 2,5 атм.

Компактні розміри – довжина 22 мм.

Найкращі результати роботи при швидкості вітру до 5 м/сек. та швидкості руху до 12 км/год.

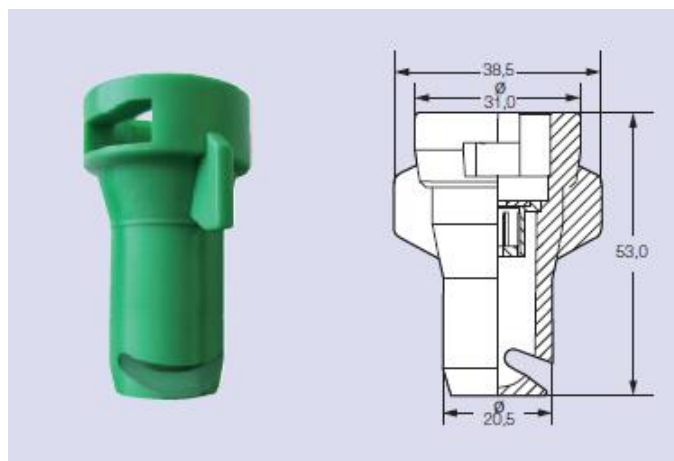


Рис. 1.10. Розпилювачі FD

Технічні характеристики :

Тиск при використанні чистої КАС: від 1,5 до 4,0 атм.

Калібри 04, 05, 06, 08, 10, 15, 20;

Розпилювач та байонетна гайка системи MULTIJET в одному корпусі;

Перехідник для кріплення до форсунок Holder, Amazone, Schmotzer , Rau, Hardi

Висока стійкість до зносу та корозії

Кодування кольорів відповідно ДСТУ ISO

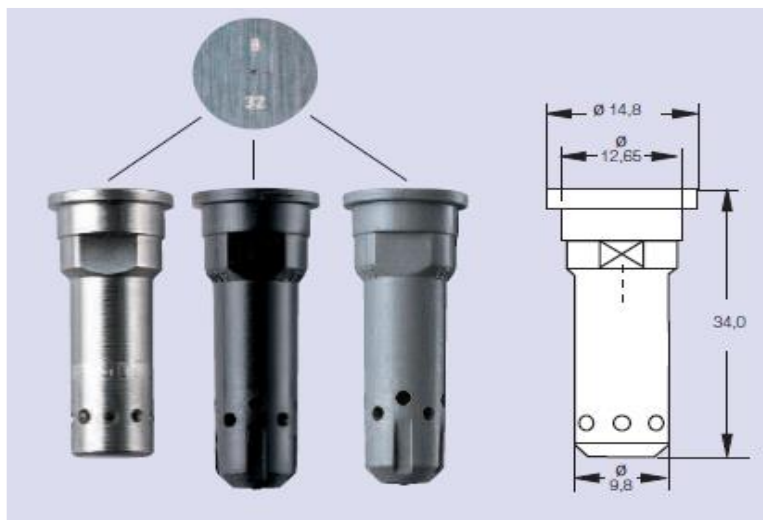


Рис.1.11. Розпилювачі FL

Технічні характеристики :

Робочий тиск при використанні чистої КАС:

З дозувальною шайбою - 0,8 до 1,0 от 1,0 до 5,0 атм;

Без дозувальної шайби 1,2 от 1,0 до 4,0 атм. 1,5 до 1,8 от 1,0 до 3,0 атм;

Мультиструминне горизонтальне розпилення;

Дозувальні шайби зроблені з високоякісної сталі, зносо- та корозійностійкі;

Великі краплі;

Рівномірний розподіл добрив по ширині захвату

Інжекторні наконечники бувають компактними (IDK) та традиційними (ID). Компактні працюють на низьких тисках до 2,5 атм, а при подальшому підвищенні тиску краплі стають дрібнішими. Традиційні ж працюють у ширшому діапазоні тиску, забезпечуючи гнучкість у використанні навіть при вітрі до 5 м/с.

Відповідність стандарту ВВА та європейським нормам (EN12761-2) гарантує правильне застосування засобів захисту рослин. Необхідно враховувати такі вимоги:

- рівномірна форма факела розпилювача;
- чітке маркування типу, розміру та кута розпилювача з кольоровим кодуванням;
- витрати розпилювача не повинні відхилятися більше ніж на $\pm 10\%$ від табличного значення;
- рівномірність розподілу рідини по ширині захоплення не має перевищувати коефіцієнт варіації 7% на стендових випробуваннях та 9% на обприскувачі;
- розмір крапель без додаткових засобів осадження не повинен бути менше $115 \mu\text{m}$ для показника VD10.

Ефективність застосування засобів захисту рослин значною мірою залежить від точності внесення. Це досягається регулярним контролем техніки, адже приховані дефекти можуть негативно вплинути на економічні показники підприємств. Передозування або недовнесення препаратів знижує врожайність та може пошкодити культури. Також це призводить до забруднення навколишнього середовища.

Часті дефекти, виявлені під час техоглядів:

- нерівномірна витрата;
- недостатній поперечний розподіл рідини;
- протікання у відсічних клапанах.

Знесення крапель виникає, коли вони не досягають цільової поверхні через вітер або випаровування, що може спричинити:

- пошкодження сусідніх культур;
- забруднення водойм;
- отруєння людей та тварин;
- додаткове навантаження на сусідні території.

Причини знесення крапель включають:

- розмір крапель;
- швидкість обробки;
- висоту розпилю;
- швидкість вітру;
- температуру та відносну вологість повітря.

Через це в багатьох європейських країнах запроваджено вимоги до застосування ЗЗР, що стосуються захисту водойм та лісонасаджень. Дозволені відстані до водойм можуть змінюватися залежно від токсичності препаратів і використання «антизносних» технологій, таких як інжекторні розпилювачі, що знижують знос крапель на 50-90%.

Інжекторні розпилювачі мають й інші переваги, наприклад, зменшують утворення «туману», що знижує забруднення обладнання та витрати на його очищення. Для досягнення високої біологічної ефективності важливо дотримуватись рекомендованого діапазону тиску (4-6 атм).

Сучасні обприскувачі оснащені різноманітними типами наконечників, що робить вибір оптимального варіанту для конкретних завдань особливо актуальним. У сільському господарстві найпоширеніший спосіб розпилення – гідравлічний, коли рідина проходить під тиском через отвір певного розміру та форми, що визначає розмір і форму крапель. Тому головним елементом обприскувача є якість роботи наконечників.:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

де p_1 – продуктивність розпилювача при тиску P_1 , л/хв;

p_2 – продуктивність розпилювача при тиску P_2 , л/хв;

P_2 та P_1 – робочий тиск, бар.

З підвищенням тиску збільшується пропускна здатність розпилювальних наконечників, проте водночас зменшується розмір крапель і зростає швидкість зносу розпилювачів. Як показують дослідження, краплі менше 200 мкм схильні до випаровування і знесення вітром, що суттєво впливає на ефективність роботи.

На тиск робочої рідини в місці встановлення розпилювального наконечника впливають також складові частини обприскувача, такі як клапани та трубопроводи. Наприклад, клапан виробництва фірми Tee Jet AA6B, який використовується для відкривання-закривання секцій штанги, знижує тиск на 0,1 бара при потоці 18 л/хв і на 0,79 бара при потоці 56 л/хв. Шланг діаметром 12,7 мм та довжиною 3 м при пропускній здатності потоку 9,6 л/хв спричиняє зниження тиску на 0,1 бара, а при потоці 23,1 л/хв – на 0,3 бара.

Густина робочої рідини. Слід пам'ятати, що продуктивність розпилювальної насадки розрахована для рідин з густиною 1 кг/л. Тому під час її вибору необхідно коригувати продуктивність відповідно до густини робочої рідини. Для цього використовують коефіцієнти, розраховані за спеціальною формулою:

$$y=0,456x+0,545$$

де y – коефіцієнт перерахунку

x – густина робочої рідини

Для правильного вибору насадки потрібно розрахувати її продуктивність при роботі з рідиною певної густини. Для цього необхідно помножити потрібне значення витрати робочої рідини на коефіцієнт перерахунку, який розраховується, та вибрати розпилювальний наконечник за отриманим значенням продуктивності. Наприклад, для розпилення рідини густиною 1,32 кг/л з нормою виліву 100 л/га, слід розрахувати коефіцієнт перерахунку за формулою. Його значення: $1,32 \times 0,456 + 0,545 = 1,15$. Потім множимо норму виліву на цей коефіцієнт: $100 \times 1,15 = 115$ л/га. За цим значенням, користуючись таблицями виробника, потрібно підібрати розпилювач з продуктивністю 115 л/га при необхідному тиску.

Якість розпилення визначається розміром крапель та рівнем покриття поверхні краплями. Кожен розпилювач створює при певному тиску краплі різного діаметра. Розмір крапель виражається медіанно-масовим діаметром крапель (за європейською класифікацією - середній об'ємний діаметр краплі, MVD), який відповідає частині маси рідини в 50% крапель.

Важливим показником є розподіл розміру крапель за фракціями (дисперсність). Основним показником дисперсності розпилення є медіанний масовий діаметр крапель. Показником дисперсності розпилення є величина 10% об'ємного діаметра (VD10), що оцінює потенційний знос крапель. Збільшення тиску на розпилювач призводить до зменшення діаметрів MVD та VD10. Чим більший отвір наконечника, тим більшими є обидва показники. Ступінь покриття виражається кількістю осілих крапель на одиницю площі.

Залежність розміру крапель від робочого тиску

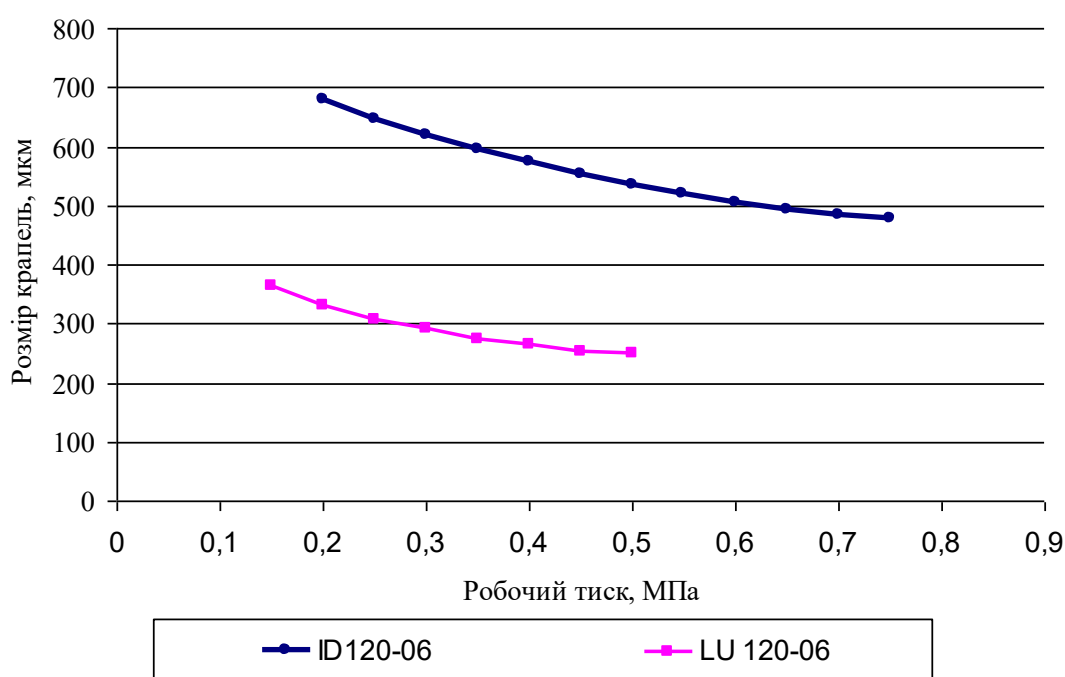


Рисунок 1.12. Залежність розміру крапель від робочого тиску

На прикладі типорозміру 06, який має однакову продуктивність для всіх видів наконечників, продемонстровано різницю у розмірах медіанного діаметра крапель (MVD) та дисперсності крапель (VD10) між наконечниками серії LU та інжекторними наконечниками ID.

Розмір крапель інжекторного наконечника приблизно вдвічі більший, ніж у звичайних розпилювачів LU. Наступним за цими показниками є наконечник AD. Компактні інжекторні наконечники при низьких тисках формують великі краплі, подібно до довгих інжекторних наконечників, але при вищих тисках. Завдяки більш пологій формі кривої розміру крапель у довгих інжекторних

розпилювачів досягається ширший діапазон розпилення з великими краплями, що дозволяє використовувати технології внесення з меншим дрейфом на більших площах. Така гнучкість у використанні розпилювачів при обробці рослин дає змогу змінювати як щільність покриття краплями, так і швидкість обробки.

Таблиця 1.1.

% випаровування краплин діаметром 200 мкм залежно від відносної вологості повітря та пройденого шляху

Відносна вологість повітря, %	% випаровування при пройденому шляху				
	20%	40%	60%	80%	100%
0 (теоретична)	0,9 м	1,9 м	3,0	4,3	5,8
60	1,2 м	2,6 м	4,1	5,8	7,7
90	4,0 м	8,5 м	13,3	19,0	25,0

Об'єм розпиленої рідини, що зноситься (%) при роботі різних розпилювачів

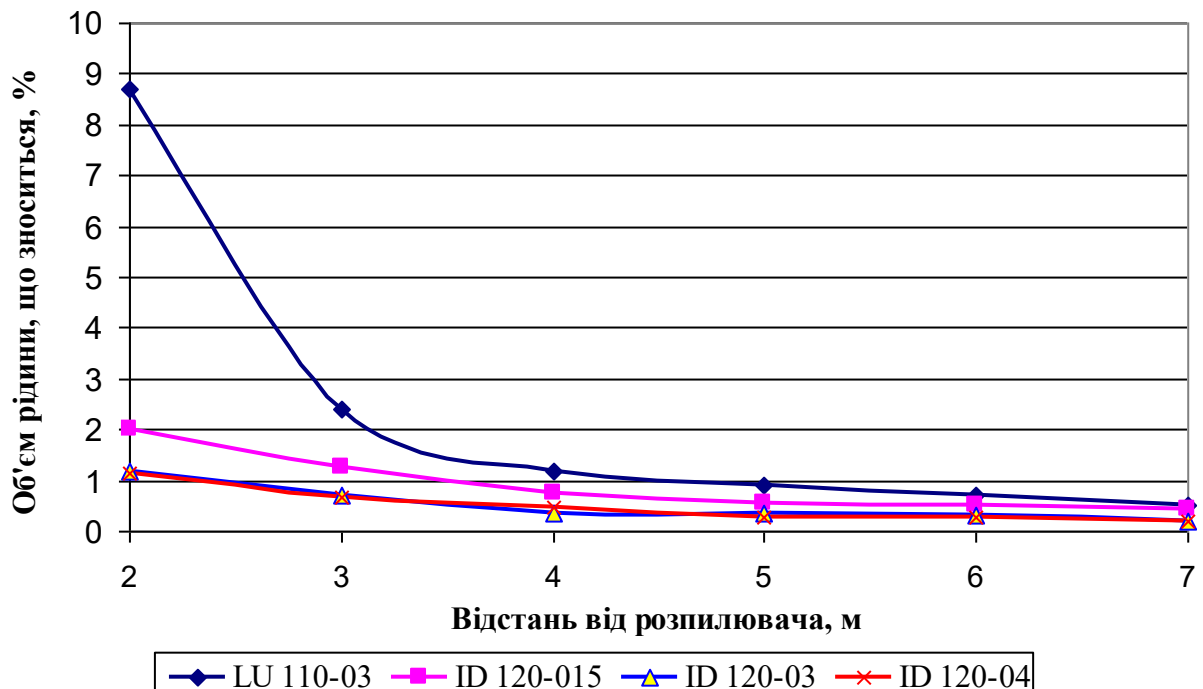
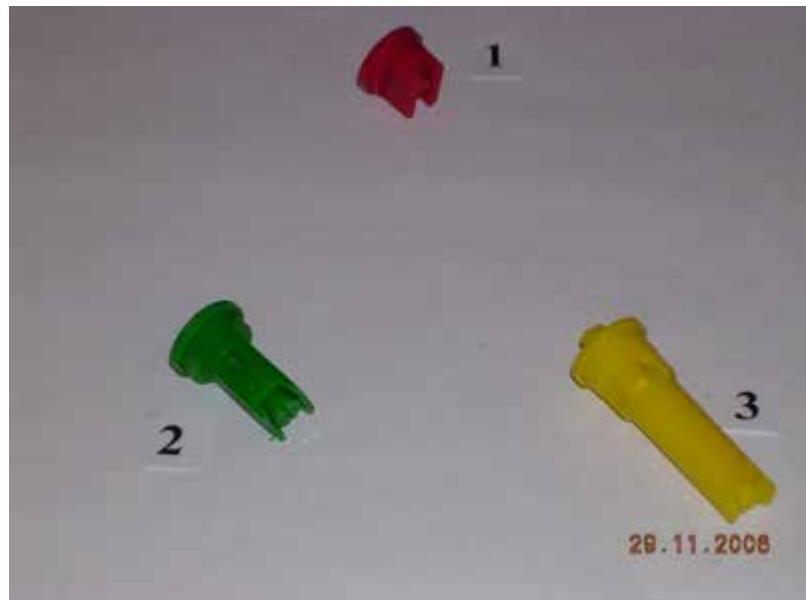


Рис 1.13. Залежність зниження частки об'єму робочої рідини, що зноситься, від типу розпилювального наконечника

Розпилення великими краплями розміром менше 200 мкм, проведене в несприятливих погодних умовах (високій температурі повітря понад 20°C, низькій вологості та сильному вітрі), є неприйнятним через високу небезпеку знесення або випаровування крапель. Ця небезпека зростає зі зменшенням розміру краплі та зниженням її швидкості в струмені. Відомо, що менші краплі забезпечують більшу ступінь покриття рослин, кращі умови утримання на поверхні та проникнення в тканини рослин, а отже, і вищу ефективність обприскування. Однак, разом із цим, дрібні краплі менш стійкі до погодних умов, особливо до сили вітру та температури повітря, що призводить до збільшення втрат препарату через знесення крапель вітром і випаровування дрібних крапель під час їхнього руху від розпилювача до оброблюваної поверхні. Це знижує ефективність використання препарату та підвищує негативний вплив на навколишнє середовище.

Тому, враховуючи ефективність обробки та екологічні аспекти, використання стандартних плоскоструменевих розпилювальних наконечників доцільно лише при робочому тиску, що не перевищує 0,25–0,30 МПа та при швидкості вітру не більше 3 м/с. Всі розпилювальні наконечники стандартизовані, і залежно від продуктивності мають кольорове кодування відповідно до ISO 10625:2005 (обладнання для захисту рослин – розпилювальні наконечники – кольорове кодування для ідентифікації). За цим показником наконечники кодуються 16 кольорами, з продуктивністю від 0,2 л/хв до 6 л/хв при робочому тиску рідини 300 кПа.

Традиційно відомі та наразі найпоширеніші плоскоструменеві розпилювальні наконечники, такі як серії LU, ST від компанії Lechler, серії XR від Tee Jet тощо, є універсальними за своїм призначенням. Вони відрізняються між собою в першу чергу кутом розпилу (80°, 90°, 110°, 120°) та матеріалом виготовлення (пластикові, металеві, керамічні). У порівнянні з іншими типами розпилювальних наконечників, вони простіші у виготовленні та обслуговуванні, проте забезпечують відносно високодисперсне розпилювання, яке зростає зі збільшенням робочого тиску.



1 – стандартний плоскоструменевий LU; 2 – компактні інжекторні IDK;
3 – традиційні довгі ID
Рисунок 1.14. Основні (базові) типи розпилювальних наконечників фірми
Lechler, що застосовуються в польових обприскувачах

У деяких ситуаціях збільшення розміру крапель незначно впливає на зниження біологічної ефективності препарату, тому використовуються розпилювальні насадки з "зниженим знесенням краплин". Прикладом таких є насадки серії AD від компанії Lechler, які забезпечують спектр розпилу в області середньо- та великокрапельних фракцій. На відміну від стандартних плоскоструменевих насадок, у таких пристроях краплини формуються в дві стадії: на вході та виході рідини. Це призводить до зниження тиску на першій стадії, що дає змогу отримувати більш грубе розпилювання та зменшує вітрову втраченість краплин. Завдяки більшому діаметру вихідного отвору насадки AD менш чутливі до чистоти робочої рідини. Також ці насадки, завдяки оптимальному розподілу потоків, більш зносостійкі.

Використання насадок "з зниженим знесенням краплин" дозволяє проводити обприскування при швидкості вітру до 4–5 м/с. Проте їх недолік полягає в зниженні біологічної ефективності препарату через те, що великі краплини не утримуються на оброблюваній поверхні та скочуються з неї, що призводить до витрат препарату.

Нещодавно популярність здобули пневмогідравлічні розпилювачі, які формують відносно великі краплини з високим ступенем осідання. Ці краплини часто наповнюються повітрям і, контактувавши з оброблюваною поверхнею, лопаються, внаслідок чого з однієї великої краплини утворюються дрібні, що покращує їх контакт з рослиною та біологічну ефективність.

Пневмогідравлічні розпилювачі поділяються на два типи: інжекторні (з насиченням краплин повітрям через ін'єкцію) і з примусовою подачею повітря за допомогою компресора. У польових сільськогосподарських обприскувачах переважають інжекторні насадки, оскільки застосування другого типу ускладнює конструкцію обприскувача. Відомими інжекторними насадками є серії ID і IDK від компанії Lechler, а також HS та OS від Agrotop.

Насадки ID і IDK мають схожу якість роботи та відрізняються розмірами — традиційні довгі ID та компактні IDK, які мають керамічні вставки для підвищення довговічності. Насадки IDK оптимально працюють при низькому тиску до 0,25 МПа. Загалом, інжекторні розпилювачі дозволяють обприскування при швидкості вітру до 7 м/с.

Таким чином, порівнюючи інжекторні та стандартні плоскоструменеві насадки, можна визначити основні переваги перших:

- агрономічні — скорочення витрат препарату;
- екологічні — захист навколишнього середовища.

Ці переваги реалізуються через:

- однакові або кращі результати та поліпшене зволоження;
- прекрасне проникнення препарату в масив рослин;
- меншу залежність від погодних умов;
- знижений ризик забруднення та отруєння засобами захисту рослин працівників, машин, сусідніх культур та навколишнього середовища;
- зменшене знесення рідини (за результатами досліджень компаній Lechler та Agrotop до 90% в залежності від типорозміру насадки та робочого тиску).

Отже, зазначене свідчить про суттєву перевагу інжекторних розпилювальних насадок, особливо за несприятливих погодних умов (сильний вітер, висока

температура та низька вологість повітря) над плоскоструменевими. У таблиці 1.2 наведена характеристика деяких з найбільш використовуваних в даний час на польових обприскувачах розпилювальних насадок провідних фірм.

Європейськими нормами (EN 12761-2) висуваються такі агрономічні вимоги до розпилювачів сільськогосподарських обприскувачів:

- кожен розпилювальний наконечник повинен відтворювати рівномірну форму розпилу, яка може змінюватися лише під дією зовнішніх чинників;
- кожен розпилювальний наконечник повинен мати чітке маркування з вказівкою типу, розміру та кута розпилу, а також мати кольорове кодування;
- відхилення витрат робочої рідини окремим розпилювальним наконечником не повинно перевищувати $\pm 10\%$ від табличного значення та $\pm 5\%$ від середнього значення;

Таблиця 1.2.

Коротка характеристика типів найбільш застосовуваних на польових обприскувачах розпилювальних наконечників

Виробник	Тип	Марка	Робочий тиск, МПа	Продуктивність, л/хв	Кут розпилювання, °
Lechler	Плоскоструменеві стандартні Інжекторні	AD, LU, ST	0,15-0,60	0,28 - 4,08	90; 120; 80
		ID, IDK, IDN IIDN	0,15-0,80	0,28-5,16	90; 120
Tee Jet	Плоскоструменеві стандартні Інжекторні	XR, DG, TP	0,1-0,8	0,23-5,16	65; 80; 110
		AI	03-08	0,59-5,16	110
Agrotop	Плоскоструменеві стандартні Інжекторні	TD, TDNS	01 -1,0	023-131	80-110
		ATR	0,3 - 2,5	0,21-5,25	80-110

- При установці на штанді показник рівномірності розподілу рідини по ширині захвату (коефіцієнт варіації) у зазначеному діапазоні робочого тиску

не повинен перевищувати 7 % для стендових випробувань та 9 % для випробувань на обприскувачі.

- Розмір крапель у факелі розпилу без застосування додаткових засобів при мускульному осядженні має бути не меншим за 115 мкм.

Екологічні вимоги (в цілому до обприскувача, оснащеного певним типом розпилювальних наконечників): робота обприскувача не повинна призводити до шкоди сусіднім культурам, забруднення водойм, отруєння людей і тварин, додаткового навантаження на сусідні культури, лісонасадження тощо при недотриманні необхідної кількості препарату на оброблюваній поверхні.

В Україні загальні агротехнічні вимоги до польових сільськогосподарських обприскувачів відсутні (існують лише кілька вихідних вимог для конкретних конструкцій), тому при оцінці роботи тієї чи іншої конструкції обприскувачів потрібно орієнтуватися на агротехнічні вимоги з 1985 року. Ними встановлені такі вимоги до якості виконання технологічного процесу:

- Розбіжність розмірів крапель (медіано-масовий діаметр) - в межах 200 - 550 мкм;

- Покриття верхньої листової поверхні - з густиною не менше 30 шт/см²;

- Нерівномірність вилування робочої рідини між окремими розпилювачами (коефіцієнт варіації) - не більше 5 %;

- Нерівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату - не більше 25 %.

Як свідчать наведені в таблиці 1.3 результати, за якістю виконання технологічного процесу обидва типи розпилювачів відповідають діючим в Україні вимогам та європейським нормам за EN 12761-2. Якість їх роботи практично схожа, основна відмінність полягає в зазначеній у попередніх розділах стійкості проти зносу та здатності до випаровування краплин залежно від кліматичних умов.

Слід зазначити, що основним вузлом, який визначає якість і стабільність виконання обприскувачем технологічного процесу, є розпилювач. За результатами досліджень фірми Lechler на розпилювачі припадає 31 - 45 % усіх дефектів машини. При цьому пошкодження, засмічення, забивання розпилювальних наконечників призводить до погіршення поперечного розподілу рідини, а зношування їх отворів - до зміни пропускної спроможності при певному тиску в магістралі та відповідно розміру краплин.

Тому запорукою надійної та якісної роботи обприскувачів є постійний контроль за станом розпилювальних наконечників.

Таблиця 1.3.

Якість роботи розпилювальних насадок

Тип розпилювальної насадки	Показники				
	Робочий тиск, МПа	Робоча швидкість, км/год	медіанно-масовий діаметр краплин, мкм	Густина покриття поверхні, крапель/см ²	Нерівномірність між форсунками, %
1	2	3	4	5	6
Плоскоструменеві стандартні					
Nozal AFX 11003	0,2	7,0	345	145	1,1
Nozal AFX 11004	0,3	15,0	419	271	0,8
Tee Jet XR 8002 VS	0,6	10,0	548	271	0,9
Lechler LU 120-03	0,3	8,0	366	152	1,4
Hardi 4110-16	0,3	10	339	188	2,2
Інжекторні					
Albuz ATR 80	0,3	-	328-363	66-183	1,4
Tee Jet A111005 VS	0,5	16,0	459	101	47
Lechler ID 120-02	0,4	7,5	514	91	2,5

Вибір розпилювачів обумовлений кількома основними принципами:

- Якісніше утворення воскового шару на листі зменшує шкоду для рослин та небезпеку опіків добривами при використанні щілинних розпилювачів.

- Вища стадія розвитку рослин робить їх чутливішими до використання щілинних розпилювачів.

- Чутливі рослини вимагають більш обережного методу розпилення, а вибір розпилювачів здійснюється в такій послідовності: щілинні розпилювачі, розпилювачі для рідких добрив, підвісні з шлангів/труб.

Для зниження рівня пошкодження листків важливо враховувати, що шкода для рослин при внесенні рідких добрив зменшується за таких умов:

- використання більших крапель добрива;
- зменшення тиску у форсунках;
- підвищення продуктивності розпилювача.

Для диференційованого внесення рідких добрив, окрім сенсорної та автоматично керованої техніки, потрібне спеціальне варіаційне розпилювальне обладнання. Однією з основних вимог до обприскувача для реалізації технологій диференційованого внесення є безступінчасте регулювання витрати від нуля до максимальної кількості. Згідно з сучасними вимогами технологій вирощування сільськогосподарських культур, обприскувач повинен забезпечувати витрату від 60 до 400 л/га з переважно великими розмірами крапель.

Розпилювачі ID, IDN, IDK та IDKN за рахунок зміни тиску можуть змінювати продуктивність у 2,3-3 рази, проте кількість робочої рідини для кожного типорозміру обмежена конструктивними особливостями. Так, розпилювачі IDK-01 мають продуктивність від 0,28 до 0,64 л/хв, а IDK-05 від 1,14 до 3,22 л/хв, що при швидкості 10 км/год становить 137-386 л/га. Однак така продуктивність досягається при зміні тиску від 1 до 8 бар, що суттєво впливає на якість розпилення, зокрема на розмір крапель. Тому для покращення якості розпилення та забезпечення необхідної дози рідких добрив потрібно використовувати одночасно різні за продуктивністю розпилювачі, а враховуючи розмір ділянки, необхідно управляти кожною форсункою окремо.

Автоматичний пристрій Varioselect, розроблений фірмою Lechler, може налаштовуватись на відповідну даній ділянці норму витрати. Модульна будова та оснащення різними розпилювачами дозволяє безступінчасто регулювати витрату КАС в діапазоні від 60 до 620 л/га. При обробці змінними нормами можна регулювати подачу витратних матеріалів, не зупиняючи обприскувач. Розпилювачі управляються контролером за допомогою пневматичних клапанів, кількість яких відповідає кількості розпилювачів. Розпилювачі однієї форсунки, як і самі форсунки, не впливають на рівномірність розподілу рідких добрив. Відкриття розпилювача здійснюється за рахунок стисненого повітря, закривання — за рахунок пружини. Витрата повітря незначна. Джерелом стиснутого повітря слугує компресор гальмівної системи трактора.

Принцип регулювання дуже простий: при збільшенні заданої величини витрати, досягши максимального рівня об'ємної витрати розпилювача, комп'ютер вмикає наступний за величиною продуктивності розпилювач або комбінує їх роботу. Одночасно встановлюється відповідний тиск. У протилежній ситуації регулювання відбувається у бік меншого за продуктивністю розпилювача.

Для роботи форсунки в режимі Varigio необхідно обладнати форсунку однотипними розпилювачами різної продуктивності. Так, наприклад, при використанні розпилювачів IDK 01, 02, 04, 05 при тиску в 5 бар можна змінювати витрату рідких добрив в межах від 60 л/га до 300 л/га при роботі одного розпилювача. Одночасна робота чотирьох розпилювачів при тиску 5 бар забезпечує витрату 730 л/га рідких добрив. Таким чином, при постійній швидкості застосування автоматичного пристрою можливе змінення витрати робочої рідини в значному діапазоні при постійній якості розпилення.

Керування системою виконується за допомогою відповідного контролера, який вмикає потрібний розпилювач при необхідному значенні витрати.



Рис.1.15. Автоматичний пристрій Varioselect

Однією з останніх розробок для внесення добрив є система AMASELECT фірми AMAZONE. Її призначення та принцип дії аналогічні системі Varioselect, проте управління роботою розпилювачів (включення та вимикання) здійснюється за допомогою електродвигуна, який живиться від бортової мережі з напругою 12 В. Робота системи передбачає пряме включення форсунок без централізованого увімкнення секцій.



Рис.1.16. Загальний вигляд системи AMASELECT.

Для виготовлення розпилювача використовують полімерні матеріали та кераміку, які, на відміну від кольорових металів, наприклад латуні, не піддаються корозії.

При розрахунку орієнтовного тиску під час внесення суміші КАС + вода + ЗЗР слід враховувати таблиці коригуючих коефіцієнтів. Необхідно контролювати щільність рідкого добрива за допомогою манометрів і арматури. Для правильного регулювання робочого тиску потрібно проводити вимірювання витрати рідини на форсунках польового обприскувача експериментальним шляхом, оскільки при низьких температурах відбувається значне падіння тиску в магістралі між манометром і форсунками.

Після завершення внесення добрив рекомендується ретельне промивання форсунок і всього обладнання польового обприскувача.

На сьогоднішній день існує великий вибір наконечників, спеціально розроблених для досягнення максимального результату від внесення рідких добрив. Сучасні обприскувачі оснащені розпилювальними наконечниками виробництва відомих зарубіжних фірм, різних типів для проведення різноманітних видів хімічної обробки рослин, таких як суцільне нанесення хімічних препаратів, стрічкова обробка міжрядь, прикоренева обробка рослин, поверхнєве внесення рідких мінеральних добрив тощо. Конструкція їх відрізняється одна від одної в залежності від призначення та умов експлуатації.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ З РУХУ ЧАСТИНОК РІДКИХ ДОБРИВ

Осідання краплі можна моделювати як рух падаючого тіла в середовищі з опором. Спочатку розглянемо вплив опору повітря на рух краплі, що падає на землю, в нерухомому повітряному середовищі. Нехай крапля вагою $(G = mg)$ падає вертикально вниз у повітрі з деякої висоти (з точки O) з початковою швидкістю, яка дорівнює швидкості вильоту краплини з розпилювача. Точку O візьмемо за початок координат, причому вісь (x) цієї системи координат доцільно направити в напрямку дії гравітаційних та аеродинамічних сил.

Окрім сили ваги, на краплю діє також сила опору повітря P_x . [54]

$$P_x = c_x S_M \frac{\rho V^2}{2}, \quad (2.1)$$

де

c_x - коефіцієнт аеродинамічного опору,

S_M - площа перетину,

$\frac{\rho V^2}{2}$ - динамічний тиск.

Сили, які діють на частку, що рухаються вертикально вниз в середовищі з опором, представлені на рисунку 2.1

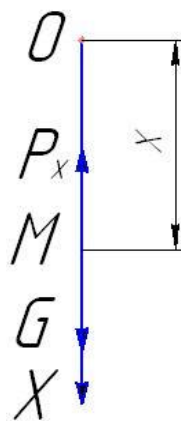


Рис. 2.1 Сили, які діють на краплю.

Диференціальне рівняння руху краплі:

$$m\ddot{x} = mg - P_x \quad (2.2)$$

де m — маса краплі, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Підставивши рівняння (2.1) в (2.2) отримаємо:

$$m \frac{dV}{dt} = mg - c_x S_M \frac{\rho V^2}{2} \quad (2.3)$$

Тут передбачається, що c_x константа, а швидкість повітряного потоку береться середньою по перетину. Якщо сила опору потоку повітря врівноважує силу ваги частки, то вона буде рухатися з постійною швидкістю $V_{\text{вiт}}$, тобто $\frac{dV}{dt} = 0$

Тоді рівняння (2.3) матиме вигляд:

$$mg = c_x S_M \frac{\rho V^2}{2} \quad (2.4)$$

Відносну швидкість повітря, при якій частка перебуває в стані "левітації" біля деякого положення або в стані рівномірного руху у вертикальному потоці, називають швидкістю витання. Її можна визначити експериментально.

З рівняння (2.4) знайдемо c_x і S_M :

$$c_x S_M = \frac{2mg}{\rho \cdot V_{\text{вiт}}^2} \quad (2.5)$$

Підставивши рівняння (2.5) в рівняння (2.3) та зробивши перетворення остаточно отримаємо диференціальні рівняння руху краплі:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{g}{V_{\text{вiт}}^2} \times [V_{\text{вiт}}^2 - V^2] \quad (2.6)$$

Початкову швидкість краплин можна визначити з відомої формули для швидкості витікання рідини через отвір:

$$V_0 = \frac{Q}{F} = \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (2.7)$$

де: Q – об'єм витоку рідини, м³/с;

F - площа перерізу отвору, м²;

ΔP - різниця тиску, Па;

ρ - густина рідини, кг/м³;

μ - коефіцієнт витрати рідини.

Коефіцієнт μ залежить від числа Рейнольдса (Re) таким чином:

$Re = 2000-3000 \quad \mu = 0,7-0,8$;

$Re > 3000 \quad \mu = 0,7.$

Для форсунок з факелами $\mu = 0,9.$

Тиск будемо змінювати від $1 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ Па. А коефіцієнт $\mu = 0,8.$

Початкові умови руху будуть мати такий вигляд: $t_0 = 0; S_0 = 0; V_0 = \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}.$

Використовуючи метод безпосереднього інтегрування розв'яжемо диференціальне рівняння (2.6);

$$\int \frac{dV}{V_{\text{вум}}^2 - V^2} = \int \frac{g}{V_{\text{вум}}^2} dt \quad (2.8)$$

$$\frac{1}{2 \cdot V_{\text{вум}}} \times \ln \left[\frac{V_{\text{вум}} + V}{V - V_{\text{вум}}} \right] = \frac{g}{V_{\text{вум}}^2} t + C - \text{загальний інтеграл.} \quad (2.9)$$

В результаті інтегрування диференціального рівняння (2.6) отримуємо вираз для швидкості осідання краплини залежно від часу.

$$V = \frac{V_{\text{вум}} \times \left(e^{\frac{2g}{V_{\text{вум}}} t + K} + 1 \right)}{\left(e^{\frac{2g}{V_{\text{вум}}} t + K} - 1 \right)} \quad \text{де } K = \ln \left[\frac{V_{\text{вум}} + \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} - V_{\text{вум}}} \right] \quad (2.10)$$

$V_{\text{вум}}$ – швидкість витання краплини м/с:

$g = 9,81$ м/сек².

ΔP – різниця тиску, Па;

μ - коефіцієнт витрати рідини, $\mu = 0,8$;

ρ - густина рідини, кг/м³;

З допомогою формули (2.10) були прораховані швидкості осідання краплин V , м/с, в залежності від часу t , с, для різних значень діаметра краплин d , мкм, при різному тиску в розпилювачі P , МПа, згідно табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Матриця значень перемінних факторів

Назва показника	Одиниця виміру	Значення показника
Робочий тиск P	МПа	0,1;0,2; 0,3; 0,4; 0,5
Діаметр крапель d	мкм	100; 200;300;400;500;600;700;800
Швидкість левітації $V_{\text{віт}}$	м/с	0,26; 0,72; 1.208; 1.707; 2.2; 2.67;3.102;3.479.
Час t	с	0.001;0.002;...;1.68.

В результаті були отримані криві затухання швидкості осідання краплини V , за якими визначили час досягнення швидкості левітації $V_{\text{віт}}$.

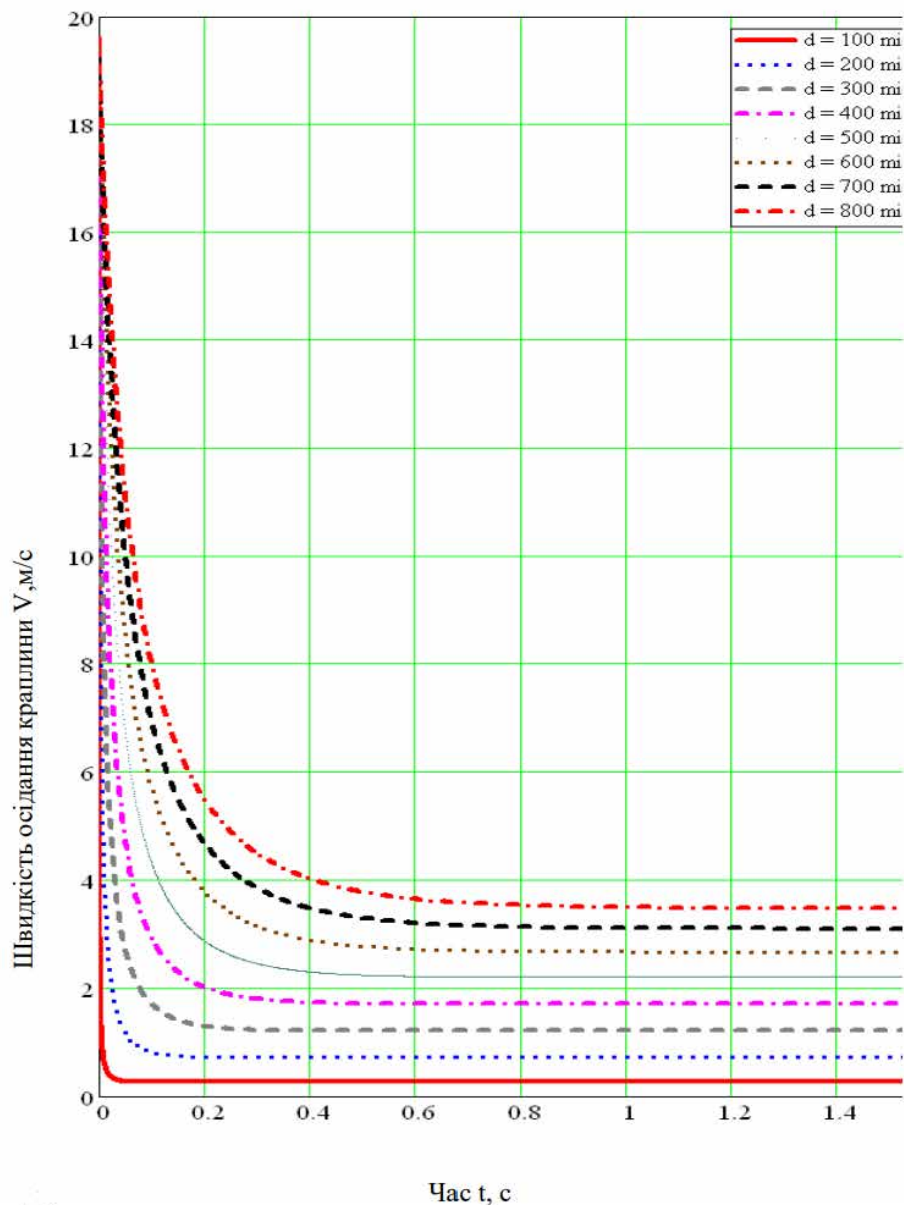


Рисунок. 2.1. Залежність швидкості осідання краплини V , м/с від часу t , с та діаметра краплини d , мкм, при тиску $P = 0.3$ МПа

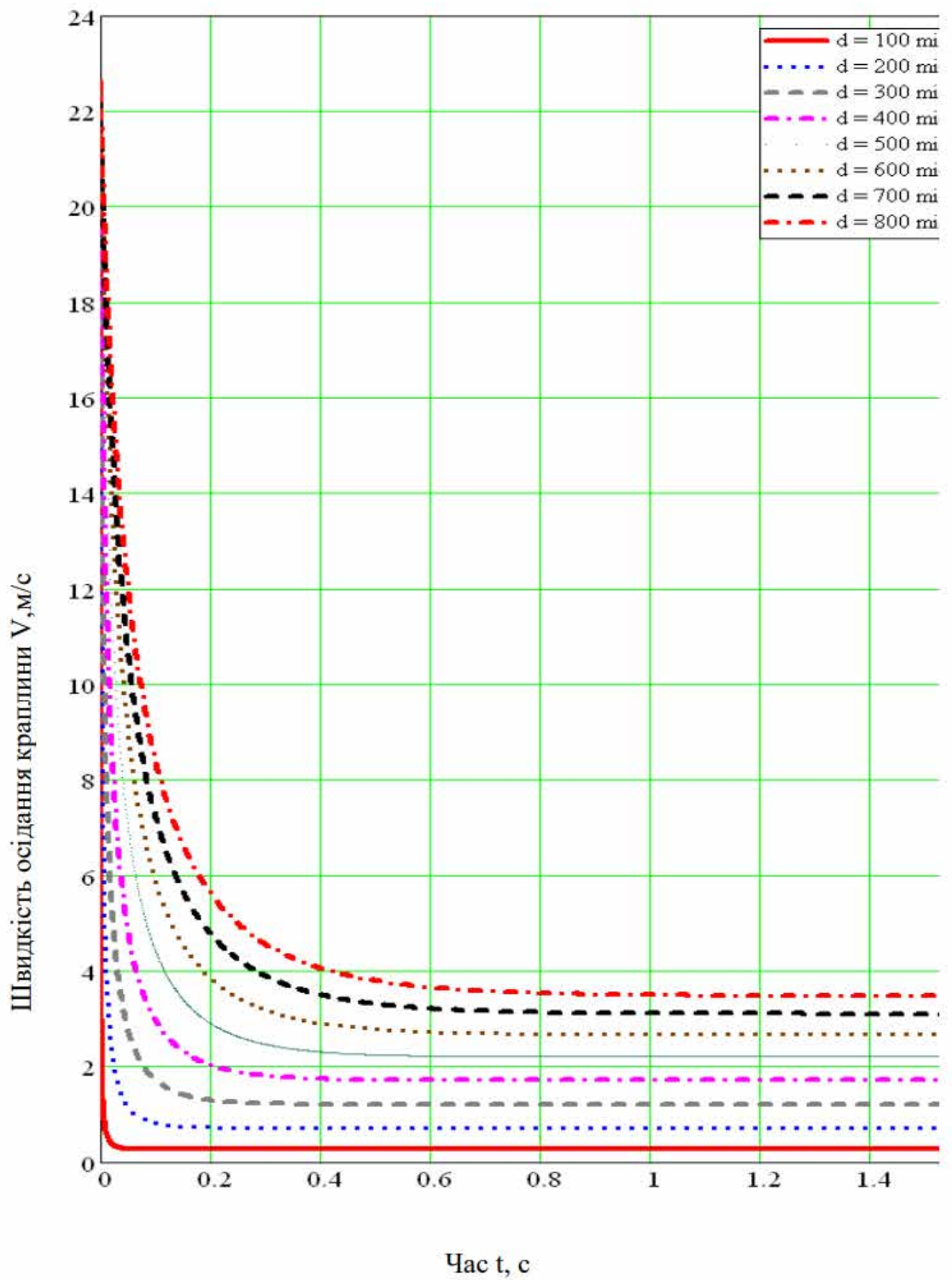


Рисунок. 2.2. Залежність швидкості осідання краплини V , м/с від часу t , с та діаметра краплини d , мкм, при тиску $P = 0.4$ МПа

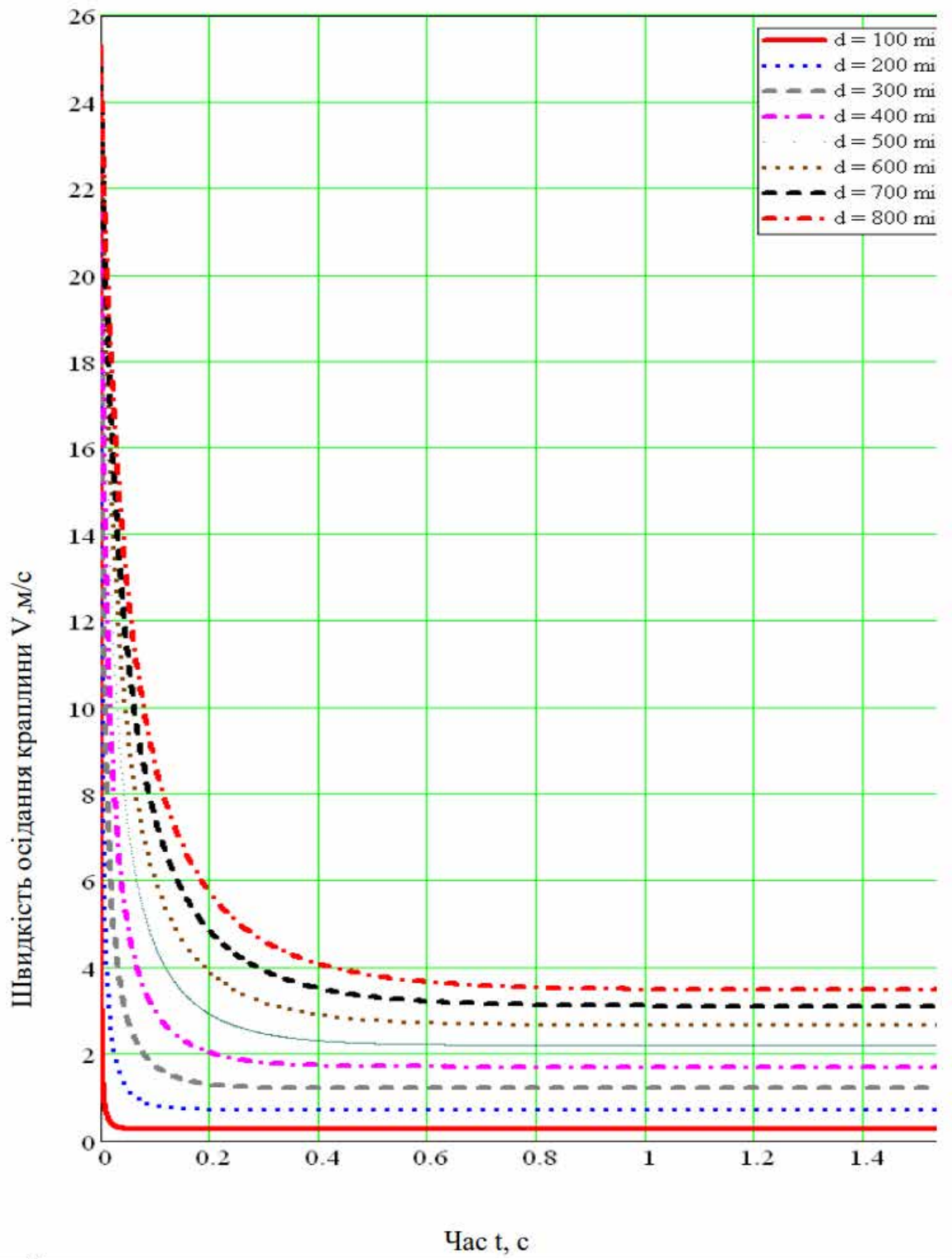


Рисунок. 2.3. Залежність швидкості осідання краплини $V, \text{ м/с}$ від часу $t, \text{ с}$ та діаметра краплини $d, \text{ мкм}$, при тиску $P = 0.5 \text{ МПа}$

Таблиця 2.2.

Час, за який крапля досягне швидкості левітації
при тиску в розпилювачі $P = 0.3$ МПа.

Діаметр краплини d, мкм	Швидкість левітації краплини $V_{\text{віт}}$, м/с							
	0.26	0.72	1.208	1.707	2.2	2.67	3.102	3.479
d = 100	0.092	-	-	-	-	-	-	-
d = 200	-	0.29	-	-	-	-	-	-
d = 300	-	-	0.52	-	-	-	-	-
d = 400	-	-	-	0.76	-	-	-	-
d = 500	-	-	-	-	1	-	-	-
d = 600	-	-	-	-	-	1.23	-	-
d = 700	-	-	-	-	-	-	1.45	-
d = 800	-	-	-	-	-	-	-	1.64

Таблиця 2.3.

Час, за який крапля досягне швидкості левітації
при тиску в розпилювачі $P = 0.4$ МПа.

Діаметр краплини d, мкм	Швидкість левітації краплини $V_{\text{віт}}$, м/с							
	0.26	0.72	1.208	1.707	2.2	2.67	3.102	3.479
d = 100	0.092	-	-	-	-	-	-	-
d = 200	-	0.3	-	-	-	-	-	-
d = 300	-	-	0.52	-	-	-	-	-
d = 400	-	-	-	0.76	-	-	-	-
d = 500	-	-	-	-	1	-	-	-
d = 600	-	-	-	-	-	1.24	-	-
d = 700	-	-	-	-	-	-	1.45	-
d = 800	-	-	-	-	-	-	-	1.66

Час, за який крапля досягне швидкості левітації
при тиску в розпилювачі $P = 0.5$ МПа.

Діаметр краплини d , мкм	Швидкість левітації краплини $V_{\text{віт}}$, м/с							
	0.26	0.72	1.208	1.707	2.2	2.67	3.102	3.479
$d = 100$	0.092	-	-	-	-	-	-	-
$d = 200$	-	0.3	-	-	-	-	-	-
$d = 300$	-	-	0.52	-	-	-	-	-
$d = 400$	-	-	-	0.76	-	-	-	-
$d = 500$	-	-	-	-	1	-	-	-
$d = 600$	-	-	-	-	-	1.24	-	-
$d = 700$	-	-	-	-	-	-	1.46	-
$d = 800$	-	-	-	-	-	-	-	1.68

В результаті дослідження даних (рисунок 2.2-2.6, таблиці 2.2-2.6) виянилось, що зі збільшенням діаметра краплини збільшується час, за який краплина досягає швидкості вітання при рівних значеннях початкової швидкості вильоту краплини з розпилювача. Наприклад: При тиску в розпилювачі $P = 0.1$ МПа краплина діаметром $d = 100$ мкм досягне швидкості вітання $V_{\text{віт}} = 0.26$ м/с за час $t = 0.092$ с, а краплина діаметром $d = 800$ мкм досягне швидкості вітання $V_{\text{віт}} = 3.47$ м/с за час $t = 1.58$ с. Також з'ясувалося, що зі збільшенням тиску рідини в розпилювачі краплини одного діаметру також збільшують час, за який вони досягнуть швидкості вітання. Наприклад при тиску $P = 0.1$ МПа краплина діаметром $d = 800$ мкм досягне швидкості вітання $V_{\text{віт}} = 3.47$ за час $t = 1.85$ с, а при тиску $P = 0.5$ МПа краплина діаметром $d = 800$ мкм досягне швидкості вітання $V_{\text{віт}} = 3.47$ за час $t = 1.68$ с.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Конструктивні особливості та принцип роботи обприскувача польових культур з автоматичним регулюванням норми внесення

В експериментальному обприскувачі порівняно з базовою вітчизняною моделлю (ОП-2000-2) (Рис. 3.1) з'явилася можливість оперативно змінювати норму внесення робочої рідини залежно від характеристик рослинного покриву. Це стало можливим завдяки новим пневматичним відсічним пристроям VarioSelect фірми Lecher (Німеччина) [155], які оснащені двома типорозмірами розпилювачів (щілинними ST 110-02 та ST 110-03), та електронно-оптичним сенсором (Рис. 3.8), що вимірює індекс вегетації біомаси. Кожен відсічний пристрій через пневмопроводи з'єднаний з електромагнітним пневморозподільником, який підключений до пневматичної системи трактора і бортового контролера. Сенсор також підключений до бортового контролера і встановлений перед баком обприскувача. Швидкість вітру контролюється цифровими анемометрами, з'єднаними з бортовим контролером та встановленими на штанзі обприскувача.

Робота обприскувача відбувається наступним чином: робоча рідина всмоктується мембранним насосом з бака через фільтр грубої очистки та під тиском подається до пульта керування, де очищується самоочисним фільтром. Далі рідина надходить до колекторів штанги. Пульт керування забезпечує окрему подачу робочої рідини на кожну половину штанги, для чого на ньому є три відводи з кранами. Надлишок робочої рідини повертається назад у бак.

Бортовий контролер С8051F350, отримавши дані від сенсора про стан рослинного покриву, надсилає сигнал на пульт керування, який регулює тиск у колекторі обприскувача, тим самим змінюючи норму внесення рідини. Тиск підтримується в межах від 2 до 5 атм. Швидкість агрегату визначається за допомогою індуктивного детектора, встановленого на рамі обприскувача (Рис. 3.7).

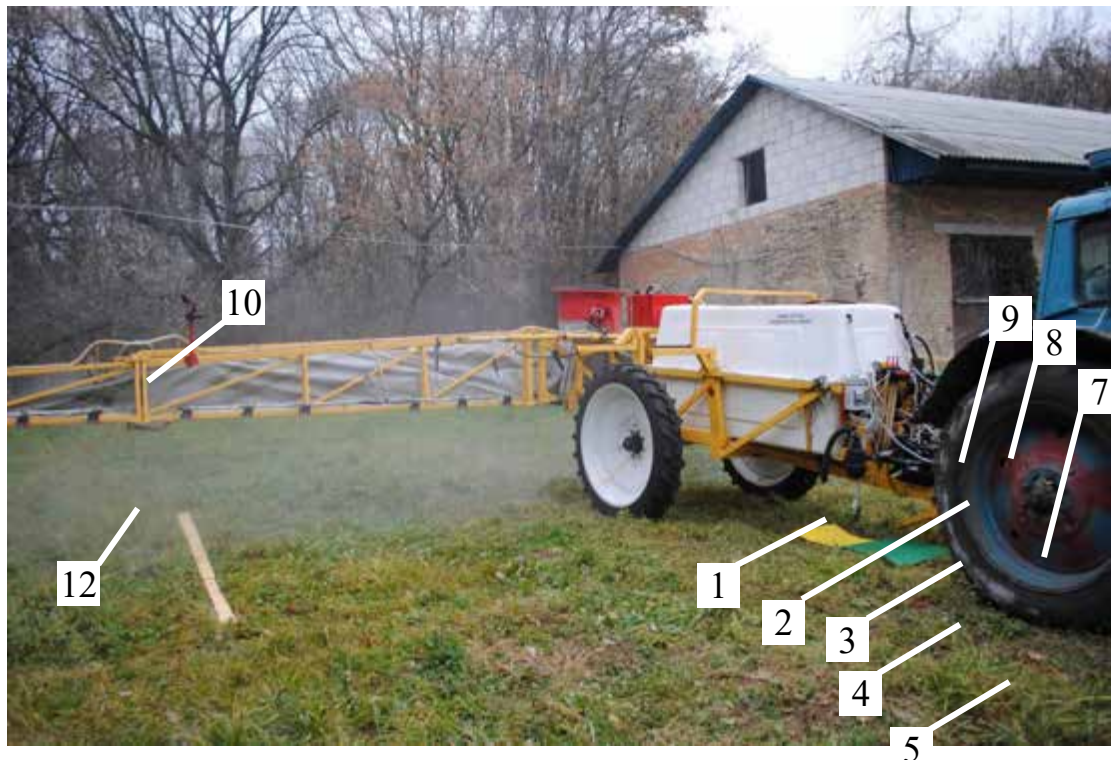


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд експериментального обприскувача:

1 - бак; 2 - електромагнітний пневморозподільник 638М-101-А62; 3 - фільтр грубої очистки; 4 - електронно-оптичний сенсор; 5 – імітаційна поверхня різного кольору; 6 – трактор; 7 - мембранний насос; 8 - пульта керування; 9 - бортовий контролер С8051F350; 10 – датчик швидкості вітру DAVIS 6410; 11 - колектор; 12 – пневматичний відсічний пристрій Lecher VarioSelect; 13 – поверхня з картками водо чутливого паперу.



Рисунок 3.2 - Електромагнітний пневмо розподільник 638М-101-А62 фірми Samozzi(Італія) [158] з комутаційною коробкою.



Рисунок 3.3 - Датчик швидкості вітру DAVIS 6410 фірми DAVIS(США).

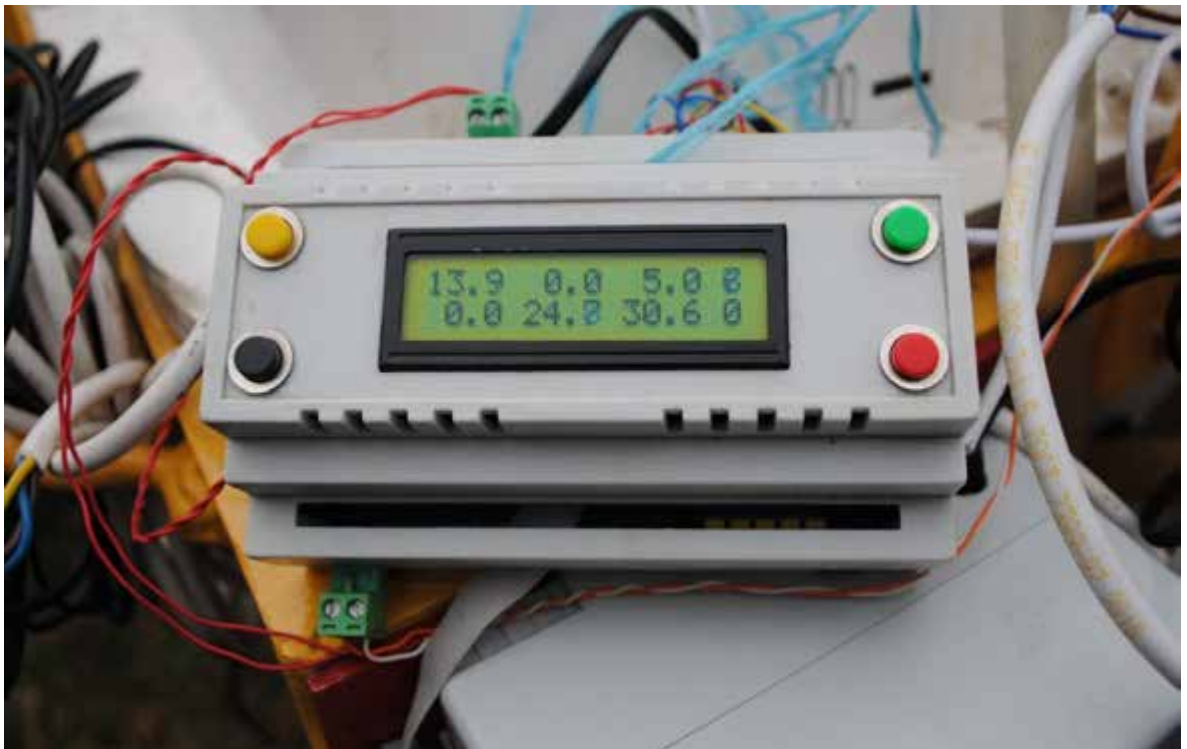


Рисунок 3.4 - Бортовий контролер C8051F350 фірми Silicon Laboratories(США).



Рисунок 3.5 - Комбінований розпилювальний робочий орган.



Рисунок 3.6 - З'єднання пневматичної системи змінної дисперсності розпилення з ресивером трактора.



Рисунок 3.7 - Індуктивний детектор швидкості руху агрегата



Рисунок 3.8 - Електронно-оптичний сенсор

Пульт керування (Рис. 3.9) призначений для регулювання тиску в напірній системі, точного дозування робочої рідини, перекриття її подачі до робочих органів обприскувача та повернення невикористаної рідини в бак. Для автоматичного регулювання норми внесення додатково встановлено регулятор тиску з електромагнітним керуванням та електромагнітний витратомір.

Механічний регулятор тиску використовується для грубого регулювання тиску в напірній магістралі, а також для перекриття потоку рідини в магістраль або зливу її в бак. Регулятор має вхідний патрубок діаметром 25 мм, зливний патрубок діаметром 25 мм, ручку для керування запірним клапаном та кран для грубого налаштування тиску. У верхньому положенні ручки рідина через зливний патрубок повертається в бак, в нижньому надходить до колекторів.

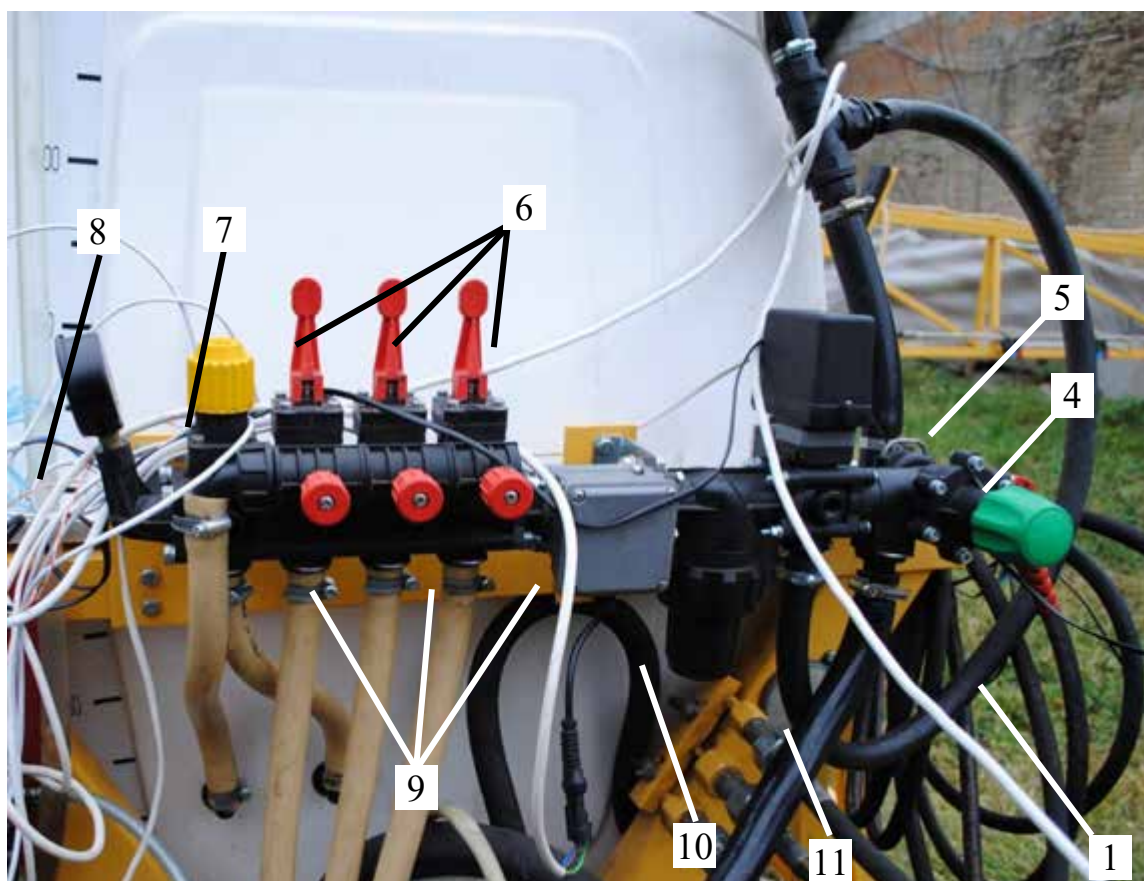


Рисунок 3.9 - Пульт керування:

- 1 - вхідний патрубок механічного регулятора тиску;
- 2 - рукоятка керування запірним клапаном;
- 3 - кран регулятора грубої настройки тиску;

- 4 - зливний патрубок;
- 5 – регулятор тиску з електромагнітним керуванням;
- 6 – рукоятка секційних кранів;
- 7 - регулятор точної настройки;
- 8 - манометр;
- 9 - регулятор точної настройки кожної секції штанги;
- 10 – електромагнітний витратомір;
- 11 - фільтр тонкої очистки.

Фільтр тонкої очистки призначений для видалення дрібних механічних домішок з робочої рідини. Секційні крани використовуються для перекриття подачі рідини до кожної половини штанги. При опусканні ручок вниз крани перекривають подачу рідини, а при піднятті вгору відкривають її, що дозволяє рідині надходити до робочих органів. Кожен секційний кран має індивідуальний регулятор тиску, який забезпечує налаштування тиску в магістралі при перекритті одного з кранів.

Регулятор точної настройки використовується для плавного регулювання тиску в напірній магістралі. Манометр контролює тиск у магістралі під час роботи обприскувача і має дві шкали: в барах та P.S.I., де тиск вимірюється по шкалі в барах. Внутрішня порожнина манометра заповнена гліцерином, що знижує вібрації стрілки.

Пульт керування працює так: при положенні ручки "ВІДКРИТО" рідина, подана насосом, проходить через пульт на злив у бак, і система працює без тиску. У положенні "ЗАКРИТО" рідина проходить через регулятор тиску з електромагнітним керуванням, фільтр тонкої очистки, електромагнітний витратомір (який контролює витрати рідини та передає дані до бортового контролера) та секційні крани, подаючись до колекторів на штангу. Для відключення однієї половини штанги необхідно перевести ручку відповідного секційного крана в положення "ЗАКРИТО" та за допомогою маховика індивідуального регулятора тиску відрегулювати тиск до початкового значення.

3.2 Програма і методика досліджень розпилення робочої рідини за допомогою щілинного розпилювача

Об'єкт і предмет дослідження - досліджено розпилення рідини щілинним розпилювачем, із фокусом на осадження крапель на цільовій поверхні.

Характеристики дослідження - визначали якість роботи розпилювачів при нормі 200 л/га, швидкості 8 та 14 км/год, і концентраціях регулятора росту 0,25% та 0,5%. Контролем слугувала водопровідна вода.

Схема дослідження - при 8 км/год і 14 км/год:

- Контроль (вода)
- РРР «Вимпел» 500 г/га (0,25%)
- РРР «Вимпел» 1 кг/га (0,5%)

Методи вимірювання - густоту покриття визначали методом уловлювання крапель на водочутливий папір (СОУ 74.3-37-266:2005) з чотирикратною повторністю. Статистичний аналіз проводили підрахунком крапель різного розміру.

Обладнання - використано стенд для імітації швидкості обприскувача з форсункою Lechler. Стенд складався з робочого стола на електродвигуні для підтримки необхідної швидкості. Для норми 200 л/га і 8 км/год застосовувався розпилювач Lechler LU 110 03 (3,5 бара), а для 14 км/год — Lechler LU 110 05 (5 бар).



Рис. 3.10– Позиційний обприскувач обладнаний стандартною форсункою Lechler

Утворені краплі уловлювали на картки водочутливого паперу фірми Agrotop GmbH. (рис. 3.11) Повторність досліду – чотирикратна.

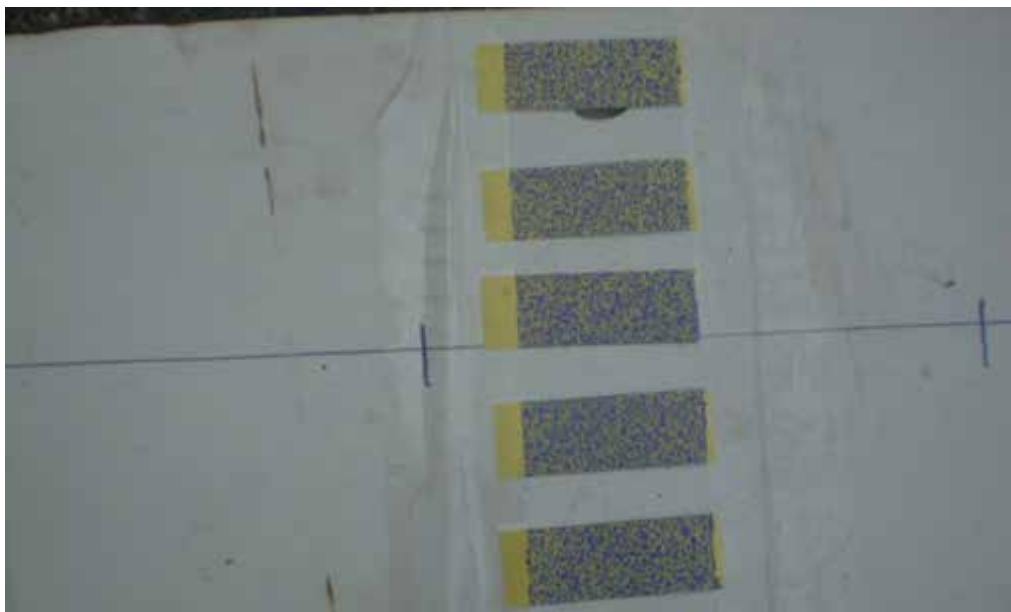


Рис. 3.11. Уловлювання крапель за допомогою водочутливого паперу

Приготування робочої рідини відбувалось шляхом додавання до 10 літрів води 50 мл препарату «Вимпел» для концентрації 0,5% та 25 мл для концентрації 0,25%. (рис. 3.12)



Рис 3.12 — Приготування робочої рідини

Таблиця 3.1 — Умови проведення випробувань

Показник	Значення показника за:	
	нормативних документів	випробувань
Температура повітря, °С	5-30°	24,5
Відносна вологість повітря, %	до 98	64
Швидкість вітру, м/с	До 5, 0	0,2
Температура робочої рідини, °С		18

3.3 Методика підрахунку крапель

Густину покриття краплями визначають шляхом підрахунку крапель на картках за допомогою мікроскопа. При цьому повинно бути переглянуто не менше п'яти смуг довжиною 20 мм. Проглянуті смуги повинні розташовуватися в різних ділянках карток. Під час підрахунку крапель враховують проглянуту площу. Густина покриття (Π_0) на сантиметр квадратний обчислюють за формулою

$$\Pi_0 = \frac{N_0}{S_i}$$

де N_0 – кількість облікових крапель, шт.;

S_i – оглядова площа, см².

Дисперсність осілих крапель визначають лише для режимів, рекомендованих технічним завданням. Картки всіх повторностей, зібрані з дерев, кущів, виноградників, бавовнику чи інших культур, візуально розподіляють за розміром крапель на три групи: дрібні (до 150 мкм), середні (150–300 мкм) та великі (понад 300 мкм). Для кожної групи обирають по дві характерні картки, на яких визначають масовий медіанний діаметр крапель.

Отримані значення використовують для обчислення середньозваженого масового медіанного діаметра осілих крапель, який порівнюють з

агротехнічними вимогами. За цим показником машину відносять до певної групи по дисперсності розпилу згідно з міжнародною системою.

Методика мікроскопування та визначення дисперсності включає аналіз карток під мікроскопом і статистичну обробку даних. Під час мікроскопування формується вибірка крапель, які розподіляються за розмірами. Для спрощення подальших розрахунків визначають середній розмір краплі, виражений у поділках окулярної лінійки мікроскопа:

$$K_i = \frac{K_{\min} + K_{\max}}{2}$$

де K_{\min} - нижня межа класу розміру крапель, виражена в кількості поділок окулярної сітки;

K_{\max} - верхня межа класу розміру крапель, виражена в кількості поділок окулярної сітки;

Під час мікроскопування картку розміщують на столик препаратолова.

Перегляд ведуть смугами довжиною 50–60 мм, а ширину смуги визначають за кількістю поділок окулярної лінійки чи сітки у полі зору мікроскопа при вибраному збільшенні. Фіксують:

- а) кількість крапель N_i у кожному класі розмірів;
- б) кількість переглянутих смуг для кожного класу. Переглядають обов'язково чотири смуги. Якщо в класі K_i за чотири смуги виявлено менше 10 крапель, переглядають ще шість смуг, фіксуючи краплі класу K_i і більше. Після десяти смуг картки з краплями класу 30 і більше підлягають подальшому аналізу, враховуючи краплі цього класу і нижче. Якщо за десять смуг фіксується менше 10 крапель, переглядають ще десять смуг.

На картках з густим покриттям для класів до 15–17 поділок достатньо набору в 500 крапель, де крапель класу 15–17 має бути не менше 20, а для класів 13–15, 11–13 і т.д. кількість зафіксованих крапель повинна зростати.

За результатами мікроскопування метод хімічної обробки класифікують на звичайне, дрібнокрапельне або високодисперсне обприскування, залежно від процентного вмісту крапель у кожній групі.

Обробка результатів мікроскопування проводиться за наступною схемою:

а) для кожного класу розмірів крапель обчислюється загальна оглядова площа S_i у квадратних сантиметрах за формулою:

$$S_i = LbZ_i$$

де L – довжина оглядової смуги, см;

b – ширина оглядової смуги, см;

Z_i – кількість оглядових смуг, шт.

б) для кожного класу розмірів крапель розраховують приведену кількість крапель (n_i), тобто кількість крапель на 1 см^2 площі за формулою:

$$N = \frac{N_i}{S_i}$$

де N_i - кількість крапель зафіксованих в кожному класі, шт.;

S_i - загальна оглядова площа, см^2 .

Примітка 1.

Щоб прискорити розрахунки з пунктів "а" і "б", заздалегідь готують довідкову таблицю для визначення значень при фіксованій довжині оглядової смуги ($L = 60$ мм) і постійному збільшенні мікроскопування.

Потім виконують наступні дії:

в) для кожного класу розмірів крапель визначають значення $\Pi_i * K_i$ яке характеризує масу рідини, що міститься в краплях цього класу;

г) обчислюють загальну суму значень $\Pi_i * K_i$;

д) визначають частку маси рідини P_i у відсотках, що міститься в кожному класі розмірів крапель, за відповідною формулою.:

$$P_i = \frac{n_i K_i}{\sum_{i=1}^n n_i K_i^3} \cdot 100,$$

де K_i – розмір крапель, виражених в кількості поділок сітки.

е) прораховують зібрані значення частки маси рідини для кожного наступного класу, тобто:

$$\sum_{j=1}^i P_i = 1.2.3. \dots m,$$

де m – класова дискретність.

Примітка 2.

Сума зібраних значень часток маси рідини повинна складати 100%.

За даними будують криву розподілу часток мас рідини по класах розмірів крапель в координатах P_Y , як на рисунку (3.13):

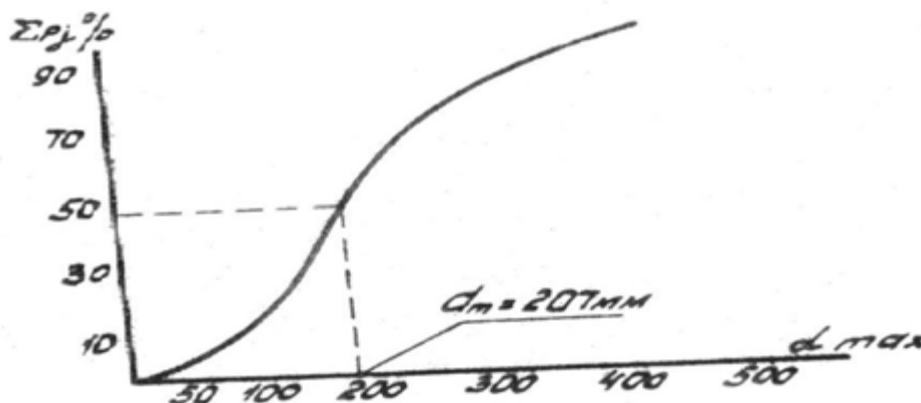


Рисунок 3.13. Інтегральна крива розподілу крапель по об'єму.

- на вісь абсцис накладають верхню межу кожного класу розмірів крапель;
- на вісь ординат накладають зібрані значення частоти маси рідини P_Y , відповідні до кожного класу розмірів крапель.

За отриманими точками будується плавна крива.

Значення діаметрів крапель (d_i) розраховують за формулою:

$$d_i = \frac{K_i \beta}{\alpha}$$

де β – ціна поділки сітки, мікрон;

$\alpha = 1,026$ – коефіцієнт розтікання на картках з мелованого паперу, покритих парафіном.

K_i – розмір краплі, виражений числом поділу лінійки.

ж) Масовий медіанний діаметр крапель визначають за таблицею дисперсності розпилу, де він відповідає частці маси рідини у 50%, або за графіком інтегрального розподілу. З точки на осі ординат, що відповідає значенню 50%, проводять лінію до перетину з кривою і далі до осі абсцис.

Точка перетину на осі абсцис визначає значення масового медіанного діаметра.

Розрахунок показників дисперсності осілих крапель:

Середньовиважений масовий медіанний діаметр крапель (\bar{d}_m) розраховують за формулою:

$$\bar{d}_m = \frac{\bar{d}_e B_e + \bar{d}_c B_c + \bar{d}_m B_m}{100},$$

де \bar{d}_e , \bar{d}_c , \bar{d}_m – середнє значення (за двома картками) масових медіанних діаметрів відповідно великих, середніх і малих крапель, мк;

B_e , B_c , B_m – відсотковий вміст кількості сторін карток відповідно з великими, середніми і малими краплями.

Визначення показників полідисперсності.

Для кожної картки, обраної для мікроскопування з кожної групи розмірів крапель, розраховують показники полідисперсності. На інтегральному графіку розподілу крапель від точок на осі ординат, що відповідають значенням ΣR_j % рівним 90% і 10%, проводять лінії паралельно осі абсцис до перетину з графіком. Від точок перетину проводять вертикальні лінії до осі абсцис для визначення розмірів крапель, що відповідають 90% (d_{90}) і 10% (d_{10}) об'єму рідини.

Показник полідисперсності крапельного спектра (P_n) кожної і-ї картки обчислюється за співвідношенням:

$$P_n = \frac{d_{90}}{d_{10}}$$

Середнє значення показників полідисперсності для груп великих (P_e), середніх (P_c) і малих (P_m) крапель визначають по двох картках від кожної групи. Після цього обчислюють середньозважений по досліді показник полідисперсності:

$$\bar{P}_n = \frac{\bar{P}_e B_e + \bar{P}_c B_c + \bar{P}_m B_m}{100},$$

де \bar{P}_e , \bar{P}_c , \bar{P}_m – середнє значення (за двома картками) показників полідисперсності, відповідно великих, середніх і малих крапель.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПИЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

4.1 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на густину покриття поверхні

Основним завданням хімічного захисту рослин є осадження крапель оптимального розміру на цільову поверхню у необхідній кількості. Норма витрати пестициду і робочої рідини визначається цими показниками. Оскільки площа бур'янів у потрібній фазі розвитку становить близько 2% загальної оброблюваної площі, доза препарату повинна бути розподілена так, щоб досягти шкідливого організму. Тому важливим показником якості розпилення є густина покриття цільової поверхні краплями, яка вимірюється кількістю крапель на 1 см². Згідно з нормативами, ефективна дія пестицидів досягається при густоті покриття не менше 20 крапель на 1 см². Проведені дослідження показали, що густина покриття відповідає вимогам у всіх варіантах (Таблиця 4.1). Виявлено залежність: із збільшенням концентрації регулятора росту рослин кількість крапель зменшується. При тиску 3,5 бара спостерігалось незначне зниження кількості крапель, а при 5 барах їх кількість зменшувалась майже вдвічі — до 74-67 шт/см² (при 113 шт/см² у контролі), що, ймовірно, свідчить про зміну фізичних властивостей робочої рідини.

Таблиця 4.1 — Результати підрахунку густини покриття цільової поверхні шт./см²

Характеристики	Концентрація РРР «Вимпел», %		
	0	0,25	0,5
Швидкість 8 км/год. (робочий тиск 3,5 бар, Lechler LU 110 03)	125,25	112,25	103,75
Швидкість 14 км/год. (робочий тиск 5 бар, Lechler LU 110 05)	113,75	74,25	67

4.2 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на медіанний діаметр крапель

Механізм осадження крапель на цільовій поверхні складний і багатофакторний. На краплю, що відокремилась від розпилювача, діють кінетична енергія, сила тяжіння, опір середовища, температура, вологість, вітер, швидкість агрегату та інші фактори, що впливають на можливість досягнення нею цільової поверхні. Крапля з певною кінетичною енергією поступово досягає кінцевої швидкості падіння, коли сили тяжіння і опору врівноважуються. За наявності вітру ця рівновага порушується, і крапля може змінити траєкторію. Якщо швидкість вітру перевищує кінцеву швидкість падіння, крапля відноситься повітряним потоком.

Навіть без вітру можливе знесення крапель через створення турбулентного сліду при русі трактора, що збурює повітря. Кількість знесених крапель залежить від їх розміру і швидкості вітру, тому для зменшення знесення потрібно збільшувати розміри крапель.

У технологіях обприскування основним показником є масовий медіанний діаметр крапель (MVD), який показує, що 50% крапель менші, а 50% — більші цього значення. Підвищення тиску на розпилювачі зменшує MVD, а продуктивність розпилювального наконечника збільшує цей показник.

Дослідження показали, що додавання регулятора росту "Вимпел" до робочої рідини впливає на технологічні характеристики розчину. При збільшенні концентрації "Вимпелу" спостерігалась тенденція до зростання MVD. При тиску 3,5 бара і швидкості 8 км/год масовий медіанний діаметр збільшувався з 183,25 до 186,5 мкм залежно від концентрації. При тиску 5 бар і швидкості 14 км/год збільшення діаметра крапель досягло майже 30%.

Таблиця 4.2 — Результати підрахунку масового медіанного діаметру крапель, мкм

Характеристики	Концентрація РРР «Вимпел», %		
	0	0,25	0,5
Швидкість 8 км/год. (робочий тиск 3,5 бар)	183,25	185	186,5

Швидкість 14 км/год. (робочий тиск 5 бар,	140	181	176
--	-----	-----	-----

Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» зростає зі зростанням робочого тиску та продуктивності розпилювача.

4.3 Вплив регулятора росту рослин «Вимпел» на дисперсність крапель

Дрібніші краплі забезпечують краще покриття і проникнення препарату у рослину, підвищуючи його токсичність для шкідників. Однак вони легше зносяться повітряними потоками, що знижує їх осідання на рослині й густоту покриття, а отже, ефективність використання. Великі краплі менш схильні до знесення і випаровування, але можуть скочуватись з поверхні.

Наприклад, краплі діаметром 100 мкм є найефективнішими, тоді як крапля 500 мкм може скочуватись з листка, що призводить до втрати рідини. Сучасні обприскувачі з гідравлічними розпилювачами генерують краплі різного розміру, що частково обмежує ефективність обприскування через втрати від знесення, випаровування та стікання з листків.

Особливо при обприскуванні авіаційними або вентиляторними обприскувачами може зноситися 20–60% крапель за межі оброблюваних ділянок. Використання штангових обприскувачів дозволяє зменшити витрати препарату на 25%.

Таблиця 4.3 показує частку крапель, яка може втрачатися під час обприскування через знесення і випаровування (менші за 100 мкм) та стікання (більші за 500 мкм).

Таблиця 4.3 — Сукупна частка крапель, схильних до зносу та скочування з цільової поверхні (8 км/год)

Діаметр краплин, мкм	Концентрація РРР «Вимпел», %		
	0	0,25	0,5
	Кількість краплин, %		
менший за 100	32,7	29,8	27,7
більший за 500	4,4	4,8	3,1
Разом	47,1	34,6	30,8

Додавання до води регулятора росту рослин значно зменшує частку крапель розміром менше 100 мкм. Якщо у чистій воді близько третини крапель мали розмір до 100 мкм, то зі збільшенням концентрації регулятора кількість крапель, схильних до знесення, зменшувалась на 2,9% та 5% залежно від концентрації. Кількість крапель розміром більше 500 мкм зменшувалась менш інтенсивно, однак також спостерігалась тенденція до зниження з ростом концентрації. При збільшенні тиску і продуктивності розпилювача (таблиця 4.4) частка крапель менше 100 мкм на контролі становила близько 50%, тоді як додавання регулятора зменшувало цю кількість майже на 20%.

Таблиця 4.4 — Сукупна частка краплин, що схильні до знесення та скочування з цільової поверхні (14 км/год)

Діаметр краплин, мкм	Концентрація РРР «Вимпел», %		
	0	0,25	0,5
	Кількість краплин, %		
менший за 100	49,7	31	29,1
більший за 500	4,3	4,3	3,0
Разом	54	35,3	32,1

Сукупна частка крапель, схильних до знесення та скочування, на контролі становила 54%. Додавання регулятора росту рослин до робочої рідини зменшило їх кількість до 35,3% і 32,1%. При швидкості обприскувача 14 км/год додавання 0,5% регулятора "Вимпел" дозволяє знизити норму внесення рідини на 20% без втрати якості обприскування.

Використання регулятора особливо ефективно для обприскувачів, які працюють на високій швидкості та тиску, де його вплив виражений найбільш помітно. Дослідження показали:

1. Зі зростанням концентрації регулятора зменшується кількість крапель. При 3,5 бара кількість знижувалась незначно, а при 5 барах майже вдвічі, до 74-67 крапель/см² (проти 113 на контролі).

2. Додавання "Вимпелу" збільшує медіанний діаметр крапель. При 3,5 бара масовий діаметр збільшився до 186,5 мкм, при 5 барах – до 171-181 мкм, що на 30% більше.

3. Додавання регулятора зменшує кількість крапель менше 100 мкм на 20%.

4. Зменшується частка крапель, схильних до знесення, з 54% до 32% при 5 барах, що підвищує ефективність і відповідає екологічним вимогам.

Таким чином, додавання "Вимпелу" покращує процес обприскування, збільшує діаметр крапель та знижує частку, схильну до знесення..

РОЗДІЛ 5 АРГУМЕНТАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Розрахунок економічної ефективності використання добрива «Вимпел»:

1. Норми внесення:

- Вимпел: 0,5 л/га
- Базагран: 3 л/га
- Фюзилад: 4 л/га

2. Вартість на гектар:

- Вимпел: $130 \text{ грн/л} \times 0,5 \text{ л/га} = 65 \text{ грн/га}$
- Базагран: $145 \text{ грн/л} \times 3 \text{ л/га} = 436 \text{ грн/га}$
- Фюзилад: $160 \text{ грн/л} \times 4 \text{ л/га} = 640 \text{ грн/га}$
- Загальна вартість без Вимпелу: 1076 грн/га

3. При 3,5 барах з Вимпелом:

- Вимпел: $130 \text{ грн/л} \times 0,5 \text{ л/га} = 65 \text{ грн/га}$
- Базагран: $145 \text{ грн/л} \times 2,55 \text{ л/га} = 370 \text{ грн/га}$
- Фюзилад: $160 \text{ грн/л} \times 3,4 \text{ л/га} = 544 \text{ грн/га}$
- Загальна вартість: 979 грн/га

4. При 5 барах з Вимпелом:

- Вимпел: $130 \text{ грн/л} \times 0,5 \text{ л/га} = 65 \text{ грн/га}$
- Базагран: $145 \text{ грн/л} \times 2,4 \text{ л/га} = 348 \text{ грн/га}$
- Фюзилад: $160 \text{ грн/л} \times 3,2 \text{ л/га} = 512 \text{ грн/га}$
- Загальна вартість: 925 грн/га

5. Економія:

- При 3,5 барах: економія 97 грн/га
- При 5 барах: економія 151 грн/га
- Економічний ефект на 100 га: 9700–15100 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході досліджень розпилюючих органів для внесення рідких добрив на польових культурах було проведено аналіз основних технологій та конструкцій таких органів. Теоретичні дослідження показали, що зі збільшенням діаметра краплі зростає час, за який вона досягає швидкості витання. Наприклад, при тиску 0.1 МПа крапля діаметром 100 мкм досягає швидкості витання 0.26 м/с за 0.092 с, а крапля діаметром 800 мкм — 3.47 м/с за 1.58 с. Підвищення тиску в розпилювачі також збільшує час досягнення швидкості витання для крапель одного діаметра. Експерименти показали, що із зростанням концентрації регулятора росту зменшується кількість крапель. Додавання «Вимпелу» сприяє збільшенню середнього розміру крапель: при тиску 3,5 бар їх розмір зростає з 183,25 до 186,5 мкм, а при 5 барах — з 140 до 171 мкм. Також регулятор знижує частку крапель, схильних до знесення вітром: при 5 барах вона зменшується з 54% до 32%, що підвищує ефективність застосування добрив і має екологічні переваги.

Розрахунки економічної ефективності показали, що при застосуванні «Вимпелу» витрати становлять 979 грн/га при тиску 3,5 бар та 925 грн/га при 5 бар, що дозволяє зекономити 97 і 151 грн/га відповідно. Таким чином, економічний ефект на 100 га може становити 9700–15100 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ретьман С. Захистимо зернові культури від хвороб // Пропозиція. – 2001. – №3 – С. 56–57.
2. Масло І. Проблеми і напрями підвищення ефективності використання пестицидів / І. Масло, О. Барановський, Д. Войтюк // Техніка АПК. – 1997 – № 3. – С. 10–11.
3. Sprido-Train G: Prospect / Rau Agrotechnic. – Weilheim/Teck, 1999. – 11 s.
4. Hardi Rama. Das Magazin fur effektiven und verantwortungsvollen Pflanzenschutz 1999 D: Prospekt / Hardi. – Taastrup, 1999. – s.
5. Commander Twin Force: Prospect / Hardi. – Taastrup, 1999. – 8 p.
6. Spraying with best results: Prospect / Degania Sprayers. – Hayarden, 1999. – 4 p.
7. Selbstfahrer SF mit RAU-Spritztechnik: Prospekt / RAU Agrotechnic. – Weilheim/Teck, 1997. – s.
8. Katalog 46M–D. Dusen und Zubehor fur die Landwirtschaft. TeeJet Spraying Systems Co. – Wheaton, 1999. – 104 s.
9. Mit oder ohne stutzende Luft // Agrartechnik, – 1997. – №11. – S. 58–60.
10. Застосування ультрамалооб’ємного обприскування на посівах зернових колосових культур проти клопа шкідливої черепашки за допомогою генератора з регульованою дисперсністю в степовій зоні України. – К.: Форсіс, 1997. – 18 с.
13. Поліщук В.М. Аналіз сучасних технічних засобів для забезпечення якісного обприскування польових культур і обґрунтування перспектив їх розвитку // Вісник Житомирського інженерно–технологічного інституту. – Житомир, 2000. – № 12. – С.117-124
14. Поліщук В.М. Аналіз сучасних способів обприскування польових культур // Вісник Державної агроєкологічної академії України. – Житомир, 2000. – №2. – С.232-241.

15. Поліщук В.М. Аналіз систем дозування штангових обприскувачів / О.С. Барановський, В.М. Поліщук // Вісник Державної агроєкологічної академії України. – Житомир, 2001. – №2. – С. 141-146.
16. Розробити екологічно безпечні механізовані технології застосування хімічних засобів захисту рослин, які забезпечать підвищення ефективності використання пестицидів на 20-25%: Звіт по НДР (проміжний) / ННЦ «ІМЕСГ»; Керівнику О.С. Барановський. – Глеваха, 1996. – 32 с.
17. Барановський О. Якою технікою доцільно вносити пестициди // Пропозиція. – 2001. – №2. – С. 64-65.
18. Katalog L 2001. Agrardüsen und Zubehör / Lechler. – Metzingen, 2001. – 55 s.
19. Handbook & Buyers Guide No. Agricultural Sprayer Components / Lurmark. – Cambridge, 1998. – 82 p.
20. Produktformation. Hardi Düsen: Prospekt / Hardi GmbH. – Heilsroon, 2001. – 27 s.
21. Introducing the innovative...“Spray Max System”: Prospect / Gordon & Innes LTD. – o.O.: – 2 s.
22. Барановський О. Технічний рівень обприскувачів та ефективність використання пестицидів // Техніка АПК. К., 1998. №2. С. 10-11.
23. Масло І. Підвищення ефективності пестицидів / І. Масло, Д. Войтюк, О. Барановський // Пропозиція. –1997. – №3. – С. 26-28.
24. Санін В.А. Хімічна обробка посівів: яким засобам механізації віддати перевагу? // Пропозиція. – 1998. – №2. – С. 28-29.
25. Tips und Trips für den Praktiken Maßstäbe für die Düsenauswahl : Prospekt / Lechler. – Fellbach, 2001. – 4 s.
26. Düsen und Zubehör für Raumkulturen: Prospekt / Lechler. – Metzingen, 2001. – 6 s.
27. HARDI PILOT: Electronics for modern agriculture: Prospect / Hardi. – Taastrup, o.J. – 7 p.

28. Грицишин М., Забезпечення високого технічного рівня і конкурентоздатності сільськогосподарської техніки / М. Грицишин, І. Масло // Пропозиція. – 2003. – №3. – С. 94-97.

29. Пат. 5358180 США, В05В 3/00. Selectable spray pattern low volume sprinkler / Praasas Thomas N., Bard Shannon, Smith Allan L.; Aquapore Moisture Systems, Inc.-№ 43479; Заявл. 06.04.93; Опубл. 25.10.94; НКВ 239/391.

30. СОУ 74.3-37-137:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі, опилювачі, розселивачі ентомофагів, машини для приготування і транспортування робочої рідини. Методи випробувань.

31. ДСТУ 3575-97 Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення.

32. John Deere TwinFluid System. More air-less spray volume-higher efficiency-more profit:Prospect/ John Deere.-2004.-8 p.