

УДК 632.982.1

Обґрунтування технічного рішення для покращення застосування хімічних засобів захисту рослин із використанням пневмогідравлічних розпилювачів

Панасюк В. І.,

пров. інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: mzr-imesg@ukr.net; ORCID iD 0000-0003-4138-914X

Анотація

Мета. Підвищення ефективності застосування засобів захисту рослин на вирощуванні сільськогосподарських культур завдяки пневмогідравлічному пристрою, що забезпечує рівномірне нанесення їх на листову поверхню.

Методи. Аналітичний та експериментальний.

Результати. Лабораторними дослідженнями процесу обприскування рослин розпилювачами з пневмогідравлічною системою визначено показники якості виконання процесу з тиском у нагнітальній комунікації 0,4 МПа – густина покриття краплинам 19–46 шт/см² за середньозважених діаметрів краплин у різних варіантах дослідів була в межах 304–543 мкм. Дані показники було порівняно з аналогічними для стандартного, антидрейфного й інжекторного розпилювачів, в яких густина покриття краплин становила 23–59 шт/см², а середньозважені діаметри краплин були в межах 350–485 мкм.

Отримана аналітична залежність впливу бокового повітряного потоку і тиску повітря в пневмогідравлічній системі на кількість відкладеної розпиленої рідини.

Річний економічний ефект від впровадження даного технічного засобу з

пневмогідравлічною системою обприскування складає 10434 гривень.

Висновки

1. Визначено тенденції розвитку технічних засобів хімічного захисту рослин: застосування розпилювачів із монодисперсним розпилом крапель, адаптованих до метеоумов, які дозволяють оператору працювати в більш широкому діапазоні швидкостей як вітру (до 9 м/с), так і руху агрегату (до 30 км/год). Для покращення якості обприскування застосовуються пристрої з подачею повітря в розпилювачі для регулювання дисперсності розпилу залежно від метеоумов.

2. Установлено, що зі збільшенням тиску повітря від 0,12 МПа спостерігається зменшення діаметра краплин. А з тиском понад 0,25 МПа відбувається розпил, рівноцінний стандартному дрібнокрапельному щільному розпилювачу. Під час досліджень виявлено можливість впливати тиском повітря на дисперсність розпилу крапель.

Ключові слова: пневмогідравлічний розпилювач, макетний зразок, лабораторні дослідження, показники якості роботи, аналітична залежність, тиск рідини, тиск повітря.

УДК 632.982.1

The substantiation of the technical solution for improving the application of chemical plant protection products using pneumohydraulic sprayers

Panasyuk V. I.

Lead. eng., National Scientific Centre “Institute of agricultural engineering and electrification”, e-mail: mzr-imesg@ukr.net

Annotation

Purpose. Improving the effectiveness of plant protection products when growing crops due to the pneumohydraulic device that ensures their uniform application to the sheet surface.

Methods. Analytical and Experimental.

Results. Laboratory studies of the process of spraying plants with nozzles with a pneumohydraulic

system determined the quality indicators of the process with pressure in injection communication 0.4 MPa – droplet coating density of 19–46 pcs/cm² for the weighted average droplet diameters in the different experimental variants was within 304–543 microns. These indicators were compared with those for the standard, anti-drift and injection nozzles in which the droplet coating density was 23–

59 pcs/cm² and the weighted average droplet diameters were in the range of 350–485 microns.

The obtained analytical dependence of the influence of lateral air flow and air pressure in the pneumohydraulic system on the amount of deposited sprayed liquid.

The annual economic effect from the introduction of this technical device with pneumohydraulic spraying system is 10434 UAH.

Conclusions

1. The tendencies development technical means of chemical protection plants are determined: the use of sprayers with monodispersed cutting by drops adapted to weather conditions, which allow the operator to work in a wider range of speeds like wind (up to 9 m/s) and the speed of the unit (up to

30 km/h). To improve the quality of spraying, devices with air supply to the nozzles are used to control the dispersion of the spray depending on weather conditions.

2. It was established that with increasing pressure of air from 0.12 MPa there is a decrease in the diameter of the droplets. And at a pressure more than 0.25 MPa, the cutting is equivalent to a standard small-gap slot sprayer. During researches, it was discovered that the air pressure could be influenced by the dispersion of droplet cutting.

Keywords: pneumatic hydraulic spray, model sketches, laboratory tests, performance indicators, analytical fluidity, fluid pressure, air pressure.

УДК 632.982.1

Обоснование технического решения для улучшения применения химических средств защиты растений с использованием пневмогидравлических распылителей

Панасюк В. И.,

вед. инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: mzi-imesg@ukr.net

Аннотация

Цель. Повышение эффективности применения средств защиты растений при выращивании сельскохозяйственных культур за счет пневмогидравлического устройства, обеспечивающего равномерное нанесение их на листовую поверхность.

Методы. Аналитический и экспериментальный.

Результаты. Лабораторными исследованиями процесса опрыскивания растений распылителями с пневмогидравлической системой определены показатели качества выполнения процесса с давлением в нагнетательной коммуникации 0,4 МПа – плотность покрытия каплями 19–46 шт/см² за средневзвешенных диаметров капель в различных вариантах опытов была в пределах 304–543 мкм. Данные показатели были по сравнению с аналогичными для стандартного, антидрейфового и инжекторного распылителей, в которых плотность покрытия капель составляла 23–59 шт/см², а средневзвешенные диаметры капель были в пределах 350–485 мкм.

Получена аналитическая зависимость влияния бокового воздушного потока и давления воздуха в пневмогидравлической системе на количество отложенной распыленной жидкости.

Годовой экономический эффект технического средства с пневмогидравлической системой опрыскивания составляет 10434 гривен.

Выводы

1. Определены тенденции развития технических средств химической защиты растений: применение распылителей с монодисперсных распылом капель, адаптированных к метеоусловиям, которые позволяют оператору работать в более широком диапазоне скоростей как ветра (до 9 м/с), так и движения агрегата (до 30 км/час). Для улучшения качества опрыскивания применяются устройства с подачей воздуха в распылители для регулирования дисперсности распыления в зависимости от метеоусловий.

2. Установлено, что при увеличении давления воздуха от 0,12 МПа наблюдается уменьшение диаметра капель. А при давлении более 0,25 МПа происходит распыл, равноценный стандартному мелкокапельному щелевому распылителю. Во время исследований выявлена возможность влиять давлением воздуха на дисперсность распыления капель.

Ключевые слова: пневмогидравлический распылитель, макетный образец, лабораторные исследования, показатели качества работы, аналитическая зависимость, давление жидкости, давление воздуха.

Постановка проблеми. У підвищенні врожайності сільськогосподарських культур і збільшенні виробництва продукції рослинництва важливу роль відіграє боротьба з

бур'янами, шкідниками та хворобами культурних рослин, які наносять шкоду всім без винятку сільськогосподарським культурам. Якщо своєчасно не застосувати відповідні засоби захисту, то втрати врожаю, за даними ФАО (Організація ООН із питань продовольства та сільського господарства), можуть досягнути до 30% потенційного врожаю, а вирощена продукція втрачає свою якість і не може використовуватися за призначенням.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва та широке впровадження механізованих технологій вирощування польових культур вимагають збільшення об'ємів використання хімічних засобів захисту рослин. Таке збільшення гостро ставить задачі зниження їхньої дії на екологію навколишнього середовища та забруднення продуктів харчування залишковими кількостями пестицидів. Процес внесення пестицидів супроводжується втратами, зокрема знесенням краплин робочої рідини вітром за межі зони обробітку. Особливо актуальною є проблема знесення препарату під час проведення обробітку в несприятливих погодних умовах, викликаних вітряною погодою, внаслідок чого знижується ефективність хімічного захисту та збільшується навантаження на екологію навколишнього середовища.

Одним із таких технічних рішень є обприскувач, оснащений пневмогідролічним пристроєм, розпил якого відповідає розпилу стандартного, антидрейфного і інжекторного розпилювачів, що робить його універсальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі проведеного аналізу

літературних джерел визначено основні тенденції розвитку технічних засобів захисту рослин, які спрямовані на покращення засвоєння рослиною хімічних препаратів. Для вирішення даної проблеми європейські виробники застосовують пристрої з подачею повітря у форсунку. Фірма ТЕЕJET розробила форсунку AirJet (рис. 1) та контролер Airmatik для реалізації пневмогідролічного обприскування [1].

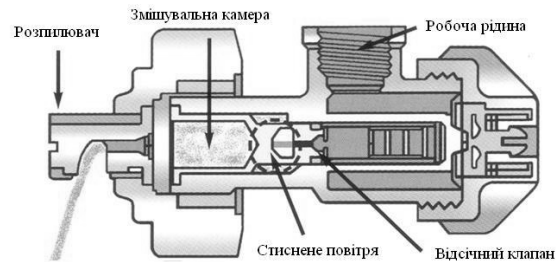


Рис. 1. Гідропневматична форсунка AirJet
Fig. 1. Hydro pneumatic nozzle Airjet

Переваги пневмогідролічного обприскування полягають у тому, що розмір крапель регулюється в процесі роботи. Навіть за однакового розміру крапель, порівнюючи зі звичайними розпилювачами, отримуємо менший знос вітром. Принцип роботи даної форсунки полягає в тому, що повітря і робоча рідина подаються в камеру змішування, де утворюється емульсія, яка через дефлекторний розпилювач потрапляє на рослину. Для дослідження пневмогідролічного процесу обприскування виготовлено макетний зразок пневмогідролічного розпилювача, схему якого представлено на рисунку 2.

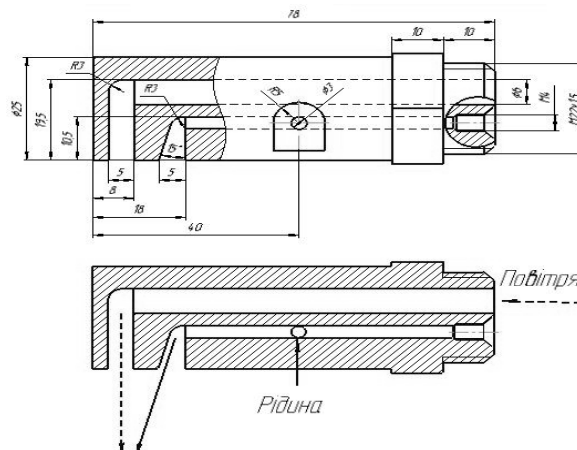


Рис. 2. Схема пневмогідролічного розпилювача
Fig. 2. Scheme of the pneumatic hydraulic spray

Пневмогідролічна система обприскувача з форсунками Airjet представлена на рисунку 3 [2].

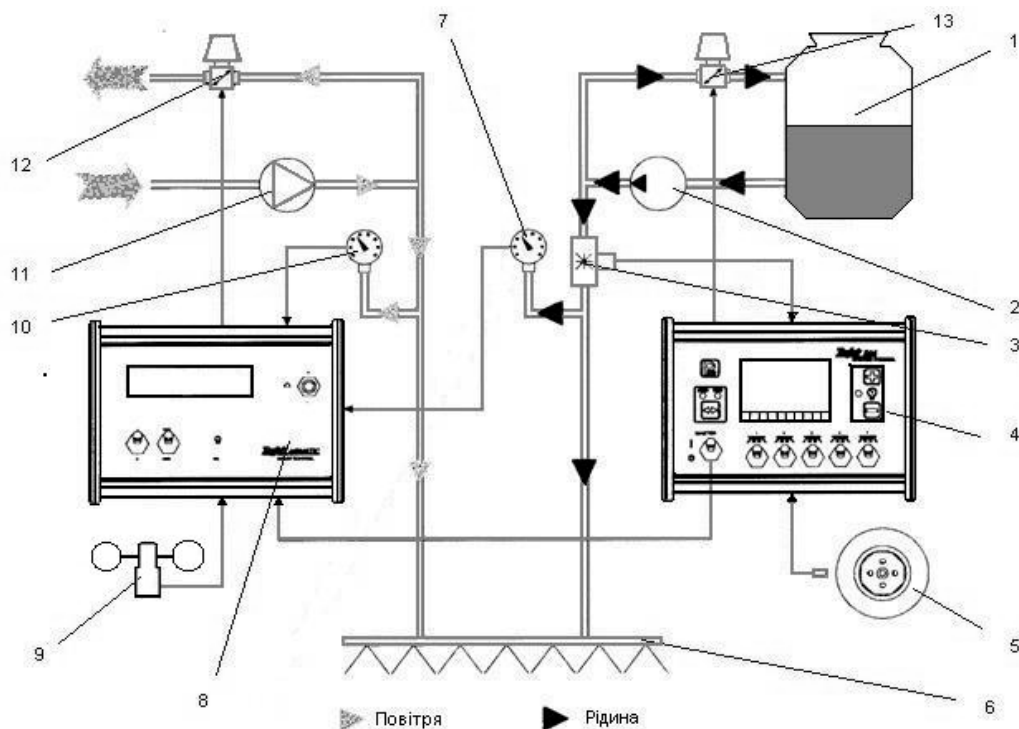


Рис. 3. Пневмогідролічна система обприскувача з форсунками Airjet:

- 1 – бак для робочої рідини; 2 – мембранно-поршневий насос; 3 – витратомір;
- 4 – пульт керування потоку рідини; 5 – сенсорний датчик руху колеса;
- 6 – колектор із пневмогідролічними розпилювачами; 7 – датчик тиску 10 бар;
- 8 – пульт керування потоку повітря; 9 – датчик швидкості вітру; 10 – датчик тиску 2,5 бар;
- 11 – безмасляний компресор; 12 – регулюючий клапан (для повітря);
- 13 – регулюючий клапан (для рідини)

Fig. 3. Pneumatic hydraulic system of the sprayer with Airjet nozzles:

- 1 – tank for working fluid; 2 – membrane-piston pump; 3 – flow meter;
- 4 – liquid flow control console;
- 5 – touch sensor of wheel movement; 6 – manifold with pneumatic hydraulic sprayers;
- 7 – pressure sensor 10 bar; 8 – air flow control panel; 9 – wind speed sensor; 10 – pressure sensor 2.5 bar;
- 11 – oil-free compressor; 12 – control valve (for air);
- 13 – control valve (for liquid)

У даній пневмогідролічній системі напір повітряного потоку завжди підлаштовується під змінний тиск рідини в системі. І в свою чергу, тиск рідини підлаштовується під зміну швидкості вітру на оброблювальній ділянці поля. Дані дві системи працюють як єдине ціле. Головна задача, яку виконують ці системи - це дотримання необхідної сталої дисперсності розпилю краплин у залежності від оброблюваної культури і від погодніх умов роботи в даний час. Дана система працює на 4 режимах роботи. Тиск рідини і повітря, пов'язані між собою через графічні залежності розміру краплин від чотирьох режимів швидкості вітру, які запрограмовані в системі.

Мета досліджень. Підвищення ефективності застосування засобів захисту рослин на вирощуванні сільськогосподарських культур завдяки пневмогідролічному пристрою, що забезпечує рівномірне нанесення їх на листову поверхню.

Методи досліджень. Аналітичний та експериментальний.

Результати досліджень. Лабораторними дослідженнями процесу обприскування рослин розпилювачами з пневмогідролічною системою визначено показники якості виконання процесу з тиском у нагнітальній комунікації 0,4 МПа – густина покриття краплинам 19–46 шт/см² за середньозважених діаметрів краплин у різних варіантах дослідів була в межах 304–543 мкм. Дані показники

було порівняно з аналогічними для стандартного, антидрейфного й інжекторного розпилювачів, в яких густина покриття краплин становила 23–59 шт/см², а середньозважені діаметри краплин були в межах 350–485 мкм.

Отримана аналітична залежність впливу бокового повітряного потоку і тиску повітря в пневмогідравлічній системі на кількість відкладеної розпиленої рідини.



Рис. 4. Загальний вигляд експериментальної установки та процесу обприскування
Fig. 4. General view of the experimental setup and spraying process

Експериментальна установка містить пневмогідравлічний розпилювач рідини, установлений безпосередньо в колектор. Підведення робочої рідини здійснювалось електричним мембранно-поршневим насосом за допомогою рукавів від місткості 100 л. Подача повітря здійснювалася від балона зі стисненим до 5,5 МПа повітрям через редуктор, розміщений безпосередньо на балоні. Регулювання тиску повітря здійснювалось за допомогою вентиля, а контроль тиску робочої рідини і повітря – за допомогою манометрів.

Система подачі й розпилення рідини містила бак для води з фільтром, мембранний насос 8000-543-138 SHURflo з фільтром високого тиску (до 0,68 МПа) фірми HYPRO, який підключений до лабораторного джерела постійного струму приладу ЛІПС-35 із напругою 12 В (рис. 4). Макетний зразок пневмогідравлічного розпилювача, установлений безпосередньо в колектор, рукави, регульовальний кран із манометром закріплені безпосередньо на тримачі колектора. Робочий тиск рідини в колекторі регулювався краном і контролювався за допомогою манометра. Дослідження проводилися при

Річний економічний ефект технічного засобу з пневмогідравлічною системою обприскування за приведеними витратами складає 10434 гривень.

Методика досліджень. Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній установці, загальний вигляд якої наведено на рисунку 4.

висоті установки розпилювача над гофрованою поверхнею 60 см.

Пристрій для створення бокового повітряного потоку містить відцентровий вентилятор. Регулювання швидкості повітряного потоку здійснювалось зміною величини надходження повітря у вентилятор унаслідок перекриття його вхідного отвору.

Пристрій для збирання рідини містить гофровану поверхню з кроком западин 48 мм, установлену з похилом для стікання рідини. Розпилена рідина збиралась у місткості, установлені під западинами.

Задачею експериментальних досліджень була оптимізація процесів осадження розпиленої рідини. Змінними факторами були: швидкість бокового повітряного потоку, тиск повітря в розпилювачі.

Перед проведенням досліджень процесів осадання розпиленої рідини визначалися витрата рідини через розпилювачі, швидкості бокового повітряного потоку, створюваного вентилятором, тиск повітря в розпилювачі та маса скляних банок. Витрату рідини через розпилювачі при постійному тиску 0,4 МПа визначали відповідно до СОУ 74.3-37-266 [3] упродовж 1 хв із точністю 0,1 г у спосіб зважування на електронних вагах CERTUS

BALANCE. Величину робочого тиску встановлювали згідно зі стандартом EN 837-1 за допомогою манометра WIKAI, встановленого в колекторі з розпилювачем, із межами вимірювання 0–2,5 МПа, точність вимірювання манометра – 0,01 МПа.

Швидкість повітряного потоку, створеного вентилятором у місці розташування макетного зразка розпилювача, визначали за допомогою цифрового анемометра SKYWATCH ATMOS із діапазоном вимірювання від 2 м/с до 42 м/с, точність вимірювання анемометра – $\pm 3\%$. Тиск у системі подачі стисненого повітря вимірювали за допомогою манометрів, встановлених на редукторі (рис. 5).



Рис. 5. Загальний вигляд установки для подачі стисненого повітря
Fig. 5. General view of the installation for supplying compressed air

Вплив різних чинників на величину знесення й осідання розпиленої рідини оцінювали методом планування двохфакторного експерименту.

Перед проведенням досліджень гофровану поверхню змочували водою і підтримували її у змоченому стані весь час досліджень. Дослідження проводилися при постійному тиску рідини 0,4 МПа та повітря від 0 до 0,3 МПа і висоті розпилювача над гофрованою поверхнею 60 см, причому розпилювач був розташований над 13-ю западиною гофрованої поверхні, відраховуючи від тримача колектора з пневмогідролічним розпилювачем. Розпилювач встановлювався так, що факел розпилювача був перпендикулярним напрямку западин гофрованої поверхні.

Дослідження знесення краплин проводили при швидкостях бокового повітряного потоку: 0; 3,0 і 6,0 м/с. Час збирання розпиленої рідини на гофрованій поверхні становив 1 хв. Після закінчення розпилювання очікували приблизно 5 хв, коли вся рідина стече в місткості, і далі зважували місткості з рідиною.

Обробку результатів досліджень виконували на персональному комп'ютері методами математичної статистики. Обробкою даних визначали розподіл рідини за масою по всій довжині гофрованої поверхні лабораторної установки. За критерій оптимізації бралася маса рідини, що осіла в межах фактичного покриття факелом розпилювача гофрованої поверхні, що становить 158,4 см.

Встановлення параметрів дисперсності розпилювача виконувалося завдяки дослідженню осідання краплин залежно від умов роботи. Метою лабораторних досліджень було встановлення величини знесення краплин, застосовуючи пневмогідролічну систему, при різній швидкості вітру та параметрах обприскування. Кількість рідини, що осіла на ширині захвату розпилювача та на різній віддалі від неї, визначалася відповідно до СОУ 74.3-37-266.

Під час дослідження показників якості роботи пневмогідролічного розпилювача проводили порівняння дисперсності розпилювача краплин макетного зразка з дисперсністю розпилювача інжекторного IDK-120-04, антидрейфового AD-120-04 і стандартного ST-110-04 розпилювачів. Порівняльні дослідження здійснювалися при тиску робочої рідини 0,4 МПа та тиску повітря 0,1; 0,2; 0,3 МПа без дії бокового повітряного потоку.

Розрахунок економічної ефективності здійснювався відповідно до ДСТУ 4397:2005 [4]. Річний економічний ефект від реалізації даного проекту склав 10433 грн. За базовий зразок було взято штанговий широкозахватний обприскувач ОШП-3000/24, а за новий – обприскувач ОПГ-3000-24 з використанням пневмогідролічного пристрою без урахування вартості закордонного комп'ютерного і компресорного обладнання до цього обприскувача. У вартість обприскувача враховувалися лише встановлені пневмогідролічні пристрої.

Визначення показників якості роботи макетного зразка пневмогідролічного розпилювача. Обробкою результатів

проведених лабораторних досліджень із визначення способу обприскування з пневмогідравлічною системою установлено якісні показники процесу роботи.

Епюри розподілу краплин макетним зразком пневмогідравлічного розпилювача представлені на рисунках 6 та 7 при тиску рідини в системі 0,4 МПа.

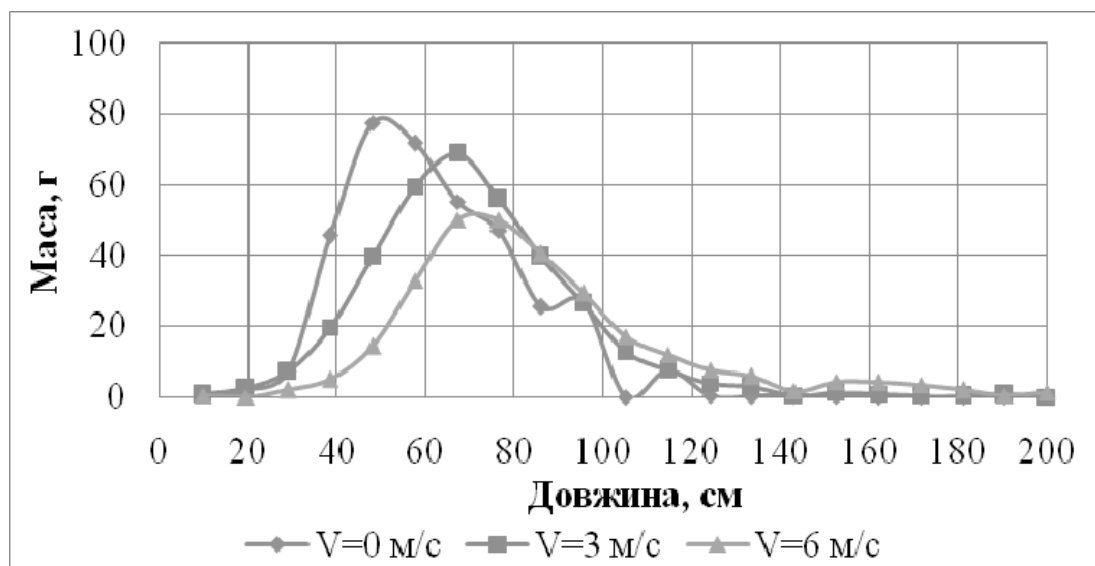


Рис. 6. Розподіл розпиленої рідини над гофрованою поверхнею при швидкості бокового повітряного потоку 0–6 м/с і тиску повітря в системі 0,25 МПа

Fig. 6. The distribution of the sprayed liquid over the corrugated surface at a speed side air flow of 0–6 m/s and air pressure in the system of 0.25 MPa

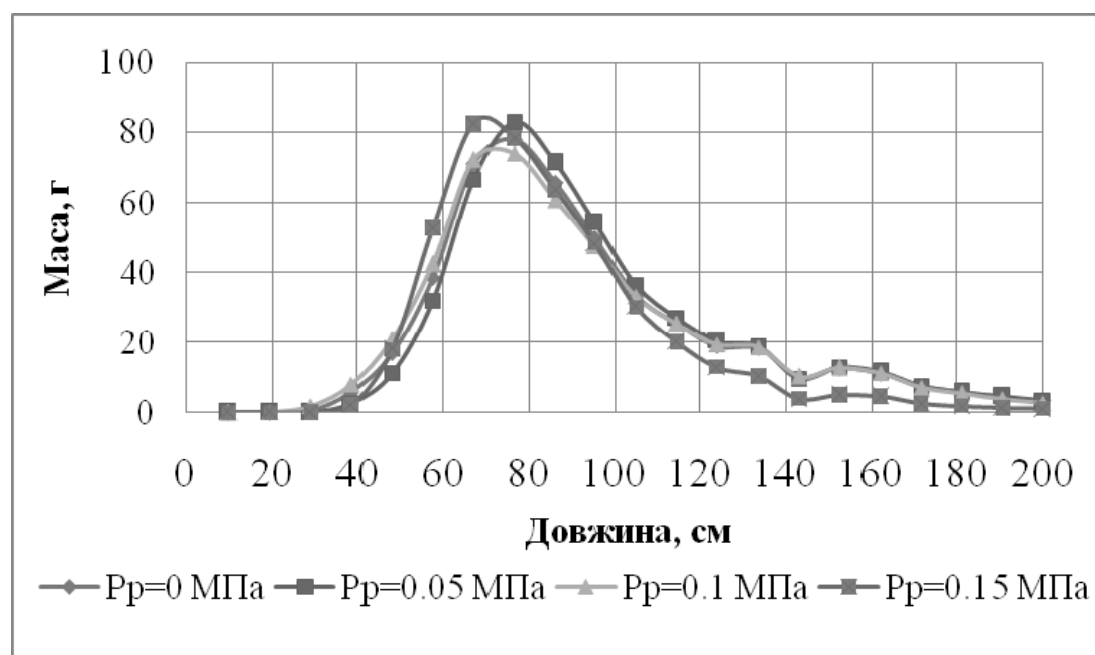
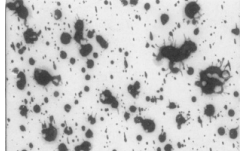
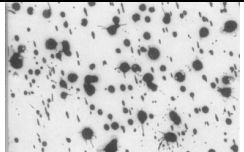
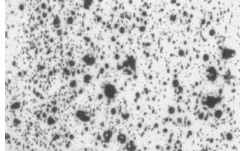
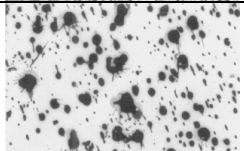
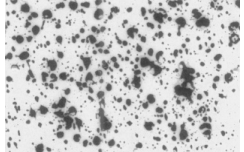
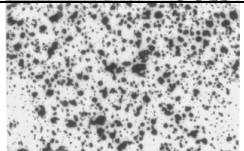


Рис. 7. Розподіл рідини над гофрованою поверхнею залежно від тиску повітря в системі 0–0,15 МПа при швидкості бокового повітряного потоку 6 м/с

Fig. 7. The distribution of the liquid over the corrugated surface, depending on the air pressure in the system of 0–0.15 MPa at a speed of side air flow of 6 m/s

Результати мікроскопічної обробки індикаторних карток занесені до таблиці 1.

Таблиця 1. Мікроскопічна обробка індикаторних карток при тиску рідини 0,4 МПа
Table 1. Microscopic processing of indicator cards with a fluid pressure of 0.4 MPa

№	Кількість краплин, шт/см ²	СЗД, мкм	Тиск повітря, МПа	Розпилювач	ММД, мкм	Коефіцієнт полідисперсності, мкм	Індикаторні картки
1	19	543	0,1	Пневмогідравлічний	1125	3,73	
2	29	393	0,2		515	3,36	
3	46	304	0,3		495	4,50	
4	23	485	0	IDK-120-04	860	2,24	
5	43	410	0	AD-120-04	574	3,67	
6	59	350	0	ST-110-04	488	4,19	

Мікроскопічним аналізом карток встановлено величини густоти покриття краплинами та середньозважений діаметр краплин (СЗД), які при тиску в нагнітальній комунікації 0,4 МПа відповідно становлять: 19–46 шт/см² і 304–543 мкм для пневмогідравлічного розпилювача; 23–59 шт/см² і 350–485 мкм для стандартного, антидрейфного та інжекторного розпилювачів. Як видно із таблиці 1, розпил одним універсальним пневмогідравлічним розпилювачем відповідає сумарному розпилу трьох різних типів розпилювачів і саме це робить його універсальним.

Дослідження показали про можливість впливати тиском повітря на дисперсність розпилу крапель.

Вплив чинників на кількість осадження розпиленої рідини. Фактори, їхнє кодове позначення та рівні під час проведення двохфакторного експерименту з установленням впливу чинників (швидкість бокового повітряного потоку і тиск повітря в пневмогідравлічній системі) наведені в таблиці 2, а маса розпиленої рідини макетним зразком пневмогідравлічного розпилювача, що осіла в межах фактичного покриття факелом розпилу гофрованої поверхні, яка становить 295 см, наведена в таблиці 3.

Дослідження проводилися при тиску рідини в системі 0,4 МПа, висоті установки розпилювача над гофрованою поверхнею 0,6 м, часу збирання рідини 1 хв при вологості 57% і температурі 22 °С.

Таблиця 2. Рівні факторів лабораторних досліджень макетного зразка пневмогідралічного пристрою
Table 2. Levels of laboratory research factors prototype model of a pneumatic-hydraulic device

Назва фактора	Позначення	Рівні варіювання факторів			Інтервал варіювання
		верхній (+1)	нульовий (0)	нижній (-1)	
Швидкість повітряного потоку V, м/с	X ₁	6	3	0	3
Робочий тиск повітря в системі P, МПа	X ₂	0,2	0,1	0	0,1

Таблиця 3. Результати реалізації матриці двохфакторного експерименту макетного зразка пневмогідралічного пристрою
Table 3. The results of the implementation the matrix of a two-factor experiment of a prototype model of a pneumatic-hydraulic device

№	V, м/с	P, МПа	Зібрано рідини Q, кг
1	0	0	1,041
2	0	1,5	1,001
3	0	2,0	0,880
4	3	0	1,018
5	3	1,0	0,971
6	3	1,5	0,865
7	6	0	0,974
8	6	0,5	0,974
9	6	1,0	0,960

Аналіз даних таблиці 3 показав, що кількість розпиленої рідини макетним зразком пневмогідралічного розпилювача при тиску повітря до 0,1 МПа мало впливає на дисперсність розпилу краплин, так як мала кількість рідини виноситься боковим повітряним потоком, а це свідчить про те, що в фракції дрібних крапель знаходиться досить невелика їх кількість. А при тиску повітря понад 0,12 МПа спостерігається, що потік повітря починає більше впливати на дисперсність краплин.

За даними проведених досліджень процесу відкладення розпиленних краплин від впливу бокового повітряного потоку і тиску повітря в пневмогідралічній системі макетного зразка пневмогідралічного розпилювача над цільовою поверхнею, отримана аналітична залежність:

$$Q = -4,39P^2 - 0,13V + 1,06,$$

де Q – витрата рідини через розпилювач, л/хв;
P – тиск повітря в пневмогідралічній системі, МПа;
V – швидкість бокового повітряного потоку, м/с.

Дане рівняння адекватне при ймовірності R = 0,9. Отримана аналітична залежність дає змогу визначити кількість відкладеної розпиленої рідини при відповідних значеннях перемінних факторів.

Проведено техніко економічне обґрунтування ефективності технічного засобу з пневмогідралічною системою обприскування. Розрахунковий річний економічний ефект складає 10433 гривень.

Висновки

1. Визначено тенденції розвитку технічних засобів хімічного захисту рослин: застосування розпилювачів із монодисперсним розпилем крапель, адаптованих до метеоумов, які дозволяють оператору працювати в більш широкому діапазоні швидкостей як вітру (до 9 м/с), так і руху агрегату (до 30 км/год). Для покращення якості обприскування застосовуються пристрої з подачею повітря в розпилювачі для регулювання дисперсності розпилу залежно від метеоумов.

2. Установлено, що зі збільшенням тиску повітря від 0,12 МПа спостерігається зменшення діаметра краплин. А з тиском

понад 0,25 МПа відбувається розпил, рівноцінний стандартному дрібнокрапельному щілинному розпилювачу. Під час досліджень виявлено можливість впливати тиском повітря на дисперсність розпилю крапель.

Бібліографія

1. Інформаційні матеріали та проспекти провідних фірм с.-г. машинобудування Західної Європи і США – експонентів Міжнародної виставок-ярмарок “Agritechnika-1999” і “Agritechnika-2001” (м. ГанOVER, Німеччина).
2. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки/ за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. К.: Аграрна наука, 2004. 396 с.
3. СОУ 74.3-37-266:2005. Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань.
4. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань.

Bibliografia

1. Informatsiyne materialy ta prospekty providnykh firm s.-h. mashy-nobuduvannya Zakhidnoyi Yevropy i SSHA – eksponentiv Mizhnarodnoyi

vysta-vok-yarmarok “Agritechnika-1999” i “Agritechnika-2001” (m. Hanover, Nimechchyna).

2. Suchasni tendentsiyi rozvytku konstruktsey sil’s’kohospodars’koyi tekhniky/ za red. V. I. Kravchuka, M. I. Hrytshyshyna, S. M. Kovalya. K.: Ahrarna nauka, 2004. 396 s.
3. SOU 74.3-37-266:2005. Vyprobuvannya sil’s’kohospodars’koyi tekhniky. Obpryskuvachi traktorni ta samokhidni. Prohrama i metody vyprobuvan’.
4. DSTU 4397:2005. Sil’s’kohospodars’ka tekhnika. Metody ekonomichnoho otsinyuvannya tekhniky na etapi vyprobuvan’.

References

1. Information materials and avenues leading industrial engineering firms in Western Europe and the United States – exhibitors of the International Exhibition-Fair “Agritechnika-1999” and “Agritechnika-2001” (Hanover, Germany).
2. Modern trends in the design of agricultural machinery / under the editorship of V. I. Kravchuk, M. I. Gritshishina, S. M. Blacksmith. Kyiv: Agrarian Science, 2004. 396 p.
3. SOU 74.3-37-266:2005. Testing of agricultural equipment. Tractor and self-propelled sprayers. Program and test methods.
4. DSTU 4397:2005. Agricultural machinery. Methods of economic evaluation techniques at the testing stage.