

УДК 632.982.1

## Обґрунтування високоефективних технологічних рішень для екологічно безпечного обприскування сільськогосподарських культур із примусовим осадженням крапель робочої рідини

Панасюк В. І., пров. інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: mZR-imesg@ukr.net

### Анотація

**Мета.** Зменшення знесення розпиленних крапель рідини осаджуючим повітряним потоком в умовах дії вітру.

**Методи.** Викладено результати експериментальних досліджень щодо зменшення знесення розпиленних крапель рідини осаджуючим повітряним потоком в умовах дії вітру.

**Результати.** За даними проведених досліджень отримані залежності, за якими побудовані 3D-графіки процесу розпилення та осідання рідини залежно від параметрів робочого процесу і метеорологічних умов.

### Висновки

1. Установлено, що найбільший вплив на кількість осадженої рідини мають тиск в системі та швидкість вітру (боковий повітряний потік), причому серед розпилювачів найкраще себе зарекомендували антидрейфові розпилювачі

AD 120-04 в поєднанні з примусовим осадженням розпиленних крапель. А застосування інжекторних розпилювачів для примусового осадження розпиленних краплин є нераціонально, тому що осаджуючий потік буде додатково збільшувати дисперсність розпиленних краплин, а самі краплини будуть руйнуватись у повітрі, не досягаючи поверхні рослин.

2. Вплив осаджуючого повітряного потоку особливо значущий при збільшенні швидкості вітру. Для стандартних щілинних розпилювачів ST 110-04 при швидкості бокового повітряного потоку 5 м/с і швидкості осаджуючого потоку 36 м/с збільшення відкладень рідини становить 10,5%, а для антидрейфових розпилювачів AD 120-04 при швидкості бокового повітряного потоку 7 м/с збільшення становить 10,7%.

**Ключові слова:** розпилення, знесення крапель, боковий повітряний потік, осаджуючий повітряний потік, рух крапель.

UDC 632.982.1

## Substantiation of highly effective technological solutions for environmentally safe spraying of agricultural crops with the forced deposition of droplets of the working fluid

Panasiuk V. I., lead. eng., NSC "IAEE", e-mail: mZR-imesg@ukr.net

### Annotation

**Purpose.** Decrease of the spray droplets of the liquid by precipitation of air under wind conditions.

**Methods.** The results of experimental researches concerning reduction of demolition of spray droplets of a liquid by a precipitating air stream under conditions of wind action are presented.

**Results.** According to the research carried out, the dependencies on which the 3D graphs of the

process of spraying and deposition of the liquid are constructed depend on the parameters of the working process and meteorological conditions.

### Conclusions

1. It has been established that the greatest influence on the amount of precipitated liquid has the pressure in the system and the speed of the wind (lateral air flow), and among the sprayers are best proved themselves the anti-drift sprays AD 120-04 in combination with forced deposition of spray drops.

And the use of injector sprayers for forced deposition of spray droplets is irrational because the precipitating stream will further increase the dispersion of spray droplets, and the droplets themselves will collapse in the air without reaching the surface of the plants.

2. The effect of the precipitating air flow is particularly significant when increasing the wind speed. For standard slit sprayers ST 110-04 at a speed

of lateral air flow of 5 m/s and a velocity of the precipitation stream of 36 m/s, the increase in fluid deposits is 10.5%, and for anti-drift sprayers AD 120-04 with a lateral air flow rate of 7 m/s with an increase of 10.7%.

**Keywords:** spraying, dropping drops, lateral air flow, precipitation air flow, movement of droplets.

УДК 632.982.1

### **Обоснование высокоэффективных технологических решений для экологически безопасного опрыскивания сельскохозяйственных культур с принудительным осаждением капель рабочей жидкости**

**Панасюк В. И.**, вед. инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: mzg-imesg@ukr.net

#### **Аннотация**

**Цель.** Уменьшение сноса распыленных капель жидкости, осаждающим воздушным потоком при условии действия ветра.

**Методы.** Изложены результаты экспериментальных исследований по уменьшению сноса распыленных капель жидкости осаждающим воздушным потоком при условии действия ветра.

**Результаты.** По данным проведенных исследований получены зависимости, по которым построены 3D-графики процесса распыления и осадки жидкости в зависимости от параметров рабочего процесса и метеорологических условий.

#### **Выводы**

1. Установлено, что наибольшее влияние на количество осаждаемой жидкости имеют давление в системе и скорость ветра (боковой воздушный поток), причем среди распылителей лучше себя зарекомендовали антисносовые распылители AD 120-04 в сочетании с принудительным осаждением распыленных капель. А применение инжекторных распылителей для принудительного осаждения распыленных капель является нерационально, так как осаждающий поток будет дополнительно увеличивать дисперсность распыленных капель, а сами капли будут разрушаться в воздухе, не достигая поверхности растений.

2. Влияние осаждающего воздушного потока особенно значимо при увеличении скорости ветра. Для стандартных щелевых распылителей ST 110-04 при скорости бокового воздушного потока 5 м/с и скорости осаждающих потока 36 м/с увеличение отложений жидкости составляет

10,5%, а для антисносовых распылителей AD 120-04 при скорости бокового воздушного потока 7 м/с увеличение составляет 10,7%.

**Ключевые слова:** распыление, снос капель, боковой воздушный поток, осаждающий воздушный поток, движение капель.

**Постановка проблемы.** На сучасному етапі розвитку сільського господарства має місце оновлення технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Не є винятком і хімічний захист рослин. Удосконалення машин для хімічного захисту відбувається за декількома напрямками. Головні з них – підвищення технічного рівня обприскувачів, розроблення нових методів нанесення пестицидів на рослини, поліпшення якості їх внесення, зменшення витрат коштів на обприскування та екологічна безпека застосування засобів захисту рослин.

Якість застосування пестицидів при хімічному догляді за посівами визначається рядом факторів, основними з яких є:

- густота покриття краплинами поверхні;
- рівномірність внесення робочої рідини на ширині захвату і по довжині проходу агрегату;
- дисперсність розпилення;
- знесення препарату вітром.

Одним з напрямків вдосконалення обприскувачів є розроблення нових технічних засобів і способів покращення рівномірності внесення робочої рідини. Одним з них є примусове осадження краплин робочої рідини пестицидів на оброблювану поверхню повітряним потоком.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині відомі пристрої для розпилення або примусового осадження краплин з використанням генераторів високої напруги. Але ці розробки до цього часу практичного застосування не знайшли. Причина полягає у складності конструкції, значній залежності якості обробки від стану культури та атмосферних умов. Такі пристрої вимагають складної системи захисту оператора. Осілі краплини розподіляються по рослинній поверхні нерівномірно, більша частина осідає по краях листків.

Сьогодні особливо поширені комбіновані способи примусового осадження краплин за допомогою:

- застосування на обприскувачах розпилювачів, в які під тиском подається повітря (пнемо-гідролічні з піддувом);
- застосування інжекторних розпилювачів;
- повітряних потоків, створюваних вентилятором.

Аналіз кожного з цих способів і технічних рішень показав, що всі вони разом з перевагами мають і суттєві недоліки, що гальмує їх широке використання. Так, фірма John Deere (США) розробила обприскувач з

використанням системи TwinFluid System. У даному обприскувачі за допомогою компресора, що приводиться в дію від незалежної коробки передач, стиснене повітря під тиском надходить до багатопозиційних головок з розпилювачами. У змішувальній камері головки робоча рідина насичується повітрям, під тиском виходить із пневмо-гідролічних розпилювачів, подрібнюється та у вигляді краплин осідає на поверхню рослин. Але в пневмо-гідролічних розпилювачах з піддувом або інжекторних з подачею повітря в розпилювачі як примусово, так і за рахунок інжекції збільшується полідисперсність розпилення краплин. Це знижує біологічну ефективність дії препарату через наявність у спектрі розпилення великих краплин, що підтверджується даними фахівців фірми Hardi (Данія).

**Мета досліджень.** Зменшення знесення розпиленої рідини осаджуючим повітряним потоком в умовах дії вітру.

**Результати.** За даними проведених досліджень отримані залежності, за якими побудовані 3D-графіки процесу розпилення та осідання рідини залежно від параметрів робочого процесу і метеорологічних умов.

1. Визначення витрати рідини через розпилювачі та швидкості осаджуючого повітряного потоку

На початку досліджень було отримано тарувальні дані щодо витрат рідини через розпилювачі залежно тиску в магістралі (табл. 1), а також швидкості осаджуючого повітряного потоку залежно від положень регулювальної заслінки (табл. 2).

**Таблиця 1.** Витрата рідини через розпилювачі, л/хв  
**Table 1.** Liquid flow through spray, l/min

| Розпилювачі | Тиск, МПа |      |      |
|-------------|-----------|------|------|
|             | 0,2       | 0,4  | 0,6  |
| ST 110-04   | 1,39      | 1,94 | 2,34 |
| AD 120-04   | 1,40      | 1,92 | 2,31 |
| ID 120-04   | 1,37      | 1,93 | 2,33 |

**Таблиця 2.** Швидкість осаджуючого повітряного потоку за різних положень заслінки повітродувки

**Table 2.** The rate of precipitation of air for various the provisions of the damper blower

| Положення заслінки повітродувки               | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |
|---|----|----|----|----|----|----|
| Швидкість осаджуючого повітряного потоку, м/с | 14 | 17 | 22 | 30 | 36 | 43 |

У результаті експериментальних досліджень визначено витрату рідини через розпилювачі при різному тиску (табл. 1) та швидкості осаджуючого повітряного потоку на відстані 5 см від сопла пристрою для осадження за різних швидкостях осаджуючого повітряного потоку (табл. 2).

2. Вибір оптимального кута установки осаджуючого повітряного потоку відносно сопла розпилювача

Попередніми дослідженнями з використанням розпилювачів ST 110-03, ID 120-03

і РОСа Р.03.1.2 при тиску рідини 0,4 МПа, швидкостях бокового повітряного потоку 5 м/с і осаджуючого повітряного потоку 22 м/с при різних кутах установки осаджуючого повітряного потоку відносно сопла розпилювача встановлено, що при куті установки осаджуючого повітряного потоку 15° до вертикальної поверхні сума зібраної рідини на горизонтальній гофрованої поверхні (по поверхні ґрунту) за одну хвилину була максимальною (табл. 3).

**Таблиця 3.** Витрата рідини через розпилювачі за різних кутів установки осаджуючого повітряного потоку, мл/хв

**Table 3.** Liquid flow through spray nozzles at different angles of the sedimentation airflow, ml/min

| Розпилювачі   | Кут установки сопла, град |         |         |         |         |
|---------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
|               | 15                        | 22,5    | 30      | 45      | 60      |
| ST 110-03     | 1165,00                   | 1111,90 | 1081,00 | 926,80  | 899,28  |
| ID 120-03     | 1187,60                   | 1216,70 | 1195,30 | 1244,30 | 1129,40 |
| РОСа Р.03.1.2 | 885,52                    | 897,52  | 823,04  | 906,00  | 675,28  |

Аналогічні дані отримані також під час досліджень з використанням розпилювачів ST 110-04, AD 120-04, IDK 120-04 та ID 120-04 за тих же умов. Тому подальші дослідження проводились за кута установки осаджуючого повітряного потоку 15° до вертикальної поверхні.

3. Вплив осаджуючого повітряного потоку на розподіл розпиленої рідини по поверхні ґрунту

Обробкою даних експериментальних досліджень визначено розподіл розпиленої рідини за масою по довжині гофрованої поверхні залежно від впливу чинників (робочого тиску рідини в системі, швидкості бокового та осаджуючого повітряного потоків).

Встановлено, що при швидкості бокового повітряного потоку який перевищує 3 м/с раціонально застосувати примусове осадження краплин для розпилювачів ST 110-04, тому що при застосуванні примусового осадження краплин при швидкості бокового повітряного потоку до 3 м/с за тиску 0,4 МПа веде до збільшення осадження рідини на поверхню ґрунту лише на 1,6%. Аналогічні дані отримані для розпилювачів AD 120-04, для яких

раціонально застосувати примусове осадження краплин при швидкості бокового повітряного потоку більшому за 5 м/с. Дослідження показали, що застосовувати примусового осадження краплин при установці інжекторних розпилювачів ID 120-04 нераціонально, так як при швидкості бокового повітряного потоку до 7 м/с це веде до збільшення осадження рідини на поверхню ґрунту лише на 6,3%.

Вплив осаджуючого повітряного потоку особливо виражений при збільшенні швидкості бокового повітряного потоку. Для стандартних щілинних розпилювачів ST 110-04 при швидкостях бокового повітряного потоку 5 м/с і осаджуючого потоку 36 м/с збільшення відкладень рідини становить 10,5%, а для антидрейфових розпилювачів AD 120-04 при швидкості бокового повітряного потоку 7 м/с збільшення становить 10,7%. Маса розпиленої рідини розпилювачами ST 110-04, AD 120-04 та ID 120-04, яка осіла в межах фактичного покриття факелом розпилу гофрованої поверхні, наведена в таблиці 4.

**Таблиця 4.** Маса зібраної рідини у бокси для різних типів розпилювачів із застосуванням бокового і осаджуючого повітряних потоків, кг

**Table 4.** The mass of the collected fluid in the boxes for different types of sprayers with the use of lateral and precipitating air streams, kg

| Розпилювачі | Швидкість бокового повітряного потоку, м/с | Швидкість осаджуючого потоку, м/с |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|--|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             |  | 0                                 |       |       | 22    |       |       | 36    |       |       |
|             |  | Робочий тиск, МПа                 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|             |  | 0,2                               | 0,4   | 0,6   | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,2   | 0,4   | 0,6   |
| ST 110-04   | 0  | 1,240                             | 1,886 | 2,130 |       |       |       |       |       |       |
|             | 1,5  | 1,192                             | 1,720 | 2,142 | 1,228 | 1,740 | 2,128 | 1,226 | 1,718 | 2,110 |
|             | 3,0  | 1,120                             | 1,648 | 1,986 | 1,184 | 1,662 | 2,006 | 1,248 | 1,674 | 2,010 |
|             | 5,0  | 1,046                             | 1,404 | 1,776 | 1,108 | 1,446 | 1,894 | 1,160 | 1,552 | 1,950 |
| AD 120-04   | 0  | 1,262                             | 1,772 | 2,182 |       |       |       |       |       |       |
|             | 3,0  | 1,202                             | 1,680 | 2,110 | 1,232 | 1,720 | 2,134 | 1,258 | 1,748 | 2,198 |
|             | 5,0  | 1,160                             | 1,572 | 2,034 | 1,174 | 1,576 | 2,040 | 1,214 | 1,638 | 2,106 |
|             | 7,0  | 1,060                             | 1,478 | 1,824 | 1,100 | 1,524 | 1,838 | 1,176 | 1,584 | 1,908 |
| ID 120-04   | 0  | 1,240                             | 1,764 | 2,166 |       |       |       |       |       |       |
|             | 5,0  | 1,188                             | 1,686 | 2,058 | 1,212 | 1,714 | 2,084 | 1,224 | 1,720 | 2,104 |
|             | 7,0  | 1,160                             | 1,610 | 1,992 | 1,176 | 1,654 | 2,004 | 1,222 | 1,712 | 2,040 |
|             | 9,0  | 1,108                             | 1,578 | 1,932 | 1,126 | 1,588 | 1,964 | 1,184 | 1,612 | 2,020 |

У результаті реалізації матриць повного факторного експерименту для кожного дослідження встановлено вплив різних чинників на кількість розпиленої рідини. За даними проведених досліджень процесу осадження розпилених краплин залежно від впливу чинників отримані залежності (1, 2, 3):

- для розпилювачів ST 110-04 –

$$Y = - 0,794444P^2 - 0,0644301V^2 - 0,0984808PV + 0,00113525VW + 3,0163P - 0,00184284W + 0,707534, \quad (1)$$

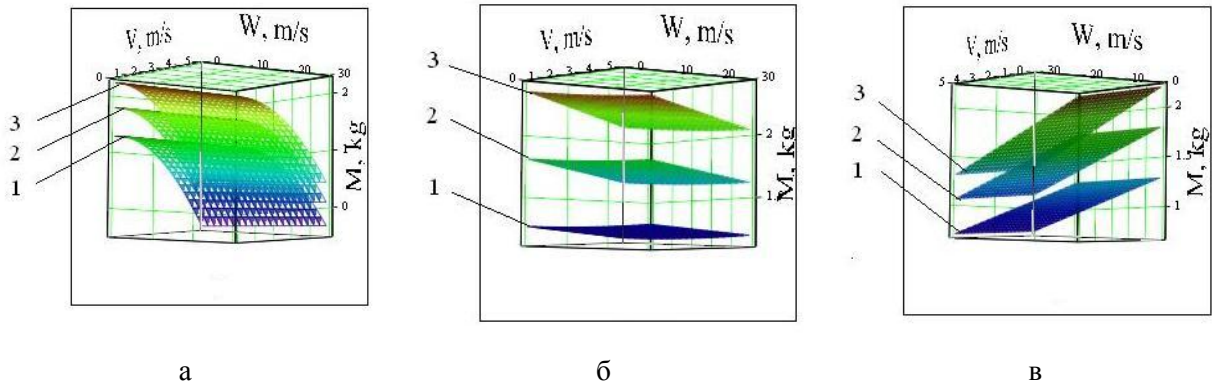
- для розпилювачів AD 120-04 –

$$Y = 0,0000615389W^2 - 0,121905PV + 2,72508P + 0,720524, \quad (2)$$

- для розпилювачів ID 120-04 –

$$Y = - 1,31944P^2 + 0,000049039W^2 - 0,0258333PV + 3,34694P - 0,0140556V + 0,669079. \quad (3)$$

Отримані аналітичні залежності дають змогу визначити кількості розпиленої осадженої рідини при відповідних технологічних значеннях (робочий тиск у системі та швидкість осаджуючого потоку) і метеорологічних факторів (швидкості вітру), за якими побудовані 3D-графіки процесу розпилення й осідання рідини залежно від параметрів робочого процесу та метеорологічних умов (рис. 1).



1 – 0,2 МПа; 2 – 0,4 МПа; 3 – 0,6 МПа.

**Рис. 1** Вплив швидкості бокового вітру і осаджуючого повітряного потоку на кількість відкладеної рідини: а – ST 110-04, б – AD 120-04 і в – ID 120-04

**Fig. 1** Effect of lateral wind velocity and precipitation airflow on the amount of deposited fluid: а – ST 110-04, b – AD 120-04 and c – ID 120-04

### Висновки

1. Установлено, що найбільший вплив на кількість осадженої рідини мають тиск в системі та швидкість вітру, причому серед розпилювачів найкраще себе зарекомендували антидрейфові розпилювачі AD 120-04 в поєднанні з примусовим осадженням розпиленних крапель. А застосування інжекторних розпилювачів для примусового осадження розпиленних краплин є нераціональним, тому що осаджуючий потік буде додатково збільшувати дисперсність розпиленних краплин і самі краплини будуть руйнуватись у повітрі, не досягаючи поверхні рослин.

2. Вплив осаджуючого повітряного потоку особливо виражений при збільшенні швидкості вітру. Для стандартних щільних розпилювачів ST 110-04 при його швидкості 5 м/с і швидкості осаджуючого потоку 36 м/с збільшення відкладень рідини становить 10,5%, а для антидрейфових розпилювачів AD 120-04 при швидкості бокового повітряного потоку 7 м/с збільшення становить 10,7%.

### Бібліографія

1. СОУ 74.3-37-266: 2005. Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань.

2. Ковшов В. Н. Постановка инженерного експеримента. К.; Донецк: Высшая школа, 1982. 120 с.

3. Заїка П. М. Машины для защиты растений от вредителей и болезней. *Теория сельскохозяйственных машин*. Харьков: Око, 2002. Т. 1 (ч. 4). 272 с.

4. Маркевич А. Е., Немировец Ю. Н. Основы эффективного применения пестицидов: справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. Горки: Учреждение образования «Могилевский государственный учебный центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграрной реформы», 2004. 60 с.

### Bibliografia

1. SOU 74.3-37-266: 2005 Vyprobuvannya sil's'kohospodars'koyi tekhniki. Obpryskuvachi traktorni ta samokhidni. Prohrama i metody vyprobuvan'.

2. Kovshov V. N. Postanovka inzhener-nogo ehksperimenta. K., Doneck: Vysshaya shkola, 1982. 120 s.

3. Zaika P. M. Mashyny dlia zakhystu roslyn vid shkidnykiv i khvorob. *Teoriia silskohospodarskykh mashyn*. Kharkiv: Oco, 2002. T. 1 (ch. 4). 272 s.

4. Markevych A. E., Nemyrovets Yu. N. Osnovy éffektivnoho pryomenenyya pestytsydyov:

spravochnyk v voprosakh y otvetakh po mekhanyzatsyy y kontrolyu kachestva pryomenyaya pestytsydiv v sel'skom khozyaystve. Hor'ky: Uchrezhdenye obrazovanyya "Mohylevskyy hosudarstvennyy uchebnyy tsentr podhotovky, povyshenyya kvalyfykatsyy, perepohotovky kadrov, konsul'tyrovanyya y aharnoy reformy", 2004. 60 s.

### Bibliography

1. JMA 74.3-37-266: 2005 Test agricultural equipment. Sprayers for tractor and self-propelled. Program and test methods.

2. Kovshov V. N. Production of an engineering experiment. K., Donetsk: Higher school, 1982. 120 p.

3. Zaika P. N. Machines for protecting plants from pests and diseases. *The theory of agricultural machines*. Kharkiv: Eye, 2002. T. 1 (part 4). 272 s.

4. Markevich A. E., Nemirovets Yu. N. Fundamentals of effective use of pesticides: a reference book on questions and answers on mechanization and quality control of pesticide use in agriculture. Hor'ky: Education Institution "Mogilev State Training Center for Training, Training, Retraining Personnel, Counseling and Agrarian Reform", 2004. 60 p.