

УДК 631.333

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЕФЛЕКТОРНИХ ФОРСУНОК ДЛЯ ПІДГРУНТОВОГО СМУГОВОГО ВНЕСЕННЯ РІДИНИ

Зоря М.В., інженер,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. 42-14-38

Анотація – Визначені параметри дефлекторної форсунки і її встановлення на культиваторній лапі для забезпечення оптимальної підгрунтової смуги розпилу рідини.

Ключові слова – ґрунт, смуга, культиваторна лапа, дефлекторна форсунка, рідина, струмінь, кут факелу розпилу, щиток, екран, борозна.

Постановка проблеми. Підгрунтове смугове (стрічкове) внесення рідини (розчину пестицидів, добрив та ін.) в зони рядків рослин останнім часом все ширше пропонується для застосування оскільки має суттєві переваги економічного і агроекологічного характеру [1, 3, 7]. Для цього використовуються як одно струминні, так і багато струминні форсунки. Більш надійним в роботі і зручним при лаштуванні є використання одно струминних плоскофакельних форсунок. Формування ж рідинної смуги і надійне її загортання ґрунтом відбувається не тільки завдяки форсунки, а й завдяки наявності щитка-екрана, який має забезпечувати вчасний схід ґрунту на сформовану рідинну смугу.

Аналіз останніх досліджень. В Краснодарському НДІСГ розроблені два види культиваторних лап для під ґрунтового внесення гербіцидів [6]. Для виготовлення першої конструкції використовували реконструйований робочий орган культиватора КПС-4. В основі кожної стрілкової лапи був змонтований розпилювач із прохідним отвором $\varnothing 1,2$ мм, закритий від попадання на нього ґрунту горизонтальним кожухом (екраном). Другий тип робочого органа для під ґрунтового внесення гербіцидів, розроблений на базі спареної лапи-бритви, на якій встановлювався щілинний розпилювач і захисний кожух (екран).

У Дагестанському сільськогосподарському інституті створений робочий орган для під ґрунтового внесення гербіцидів на основі універсальної стрілкової культиваторної лапи [6], в задній стінці котрої є отвори для установки жиклерів, через які препарат розпорошується. Аналогічна конструкція застосована фірмами США для плоскорізів.

Найбільш цікавим є робочий орган для підгрунтового внесення гербіцидів, розроблений у Молдавському НДІ кукурудзи і сорго [6], виготовлений із правої і лівої плоскоріжучих лап-бритов, з дефлекторною форсункою, встановленою між її крилами на щитку-екрані. Але автор [6] не дає обґрунтування ні параметрів форсунки, ні щитка-екрана. Також в роботі [4] для підгрунтового внесення рідких мінеральних добрив (РМД) на базі культиватора КПЭ-3,8Б автори пропонують встановити на штатних плоскоріжучих лапах цього культиватора підживлювальні трубки з дефлекторними форсунками, які вприскують РМД в простір що утворюється між лапою і ґрунтом. Особливість запропонованих форсунок в тім, що вони мають дефлекторну поверхню яка плавно повертає струмінь рідини на кут 75° . Однак автори не дають пояснень щодо вказаного кута: чи він пов'язаний з кутом нахилу корпусу форсунки вперед до горизонтальної поверхні і забезпечує паралельність до неї площини розпилу рідини, чи він забезпечує обприскування підрізаної поверхні ґрунту і не змішування рідини з підрізаним ґрунтом.

Постановка завдання. Метою даної статті є обґрунтування параметрів дефлекторної форсунки і щитка-екрана робочого органу для підгрунтового смугового внесення рідини.

Основна частина. Відмічено, що для смугового підгрунтового внесення розчину доцільне використання одно струминних плоскофакельних дефлекторних форсунок, а формування рідинної смуги і надійне її загортання ґрунтом має відбуватись не тільки завдяки форсунки, а й завдяки наявності щитка-екрана, який при оптимальних параметрах забезпечить вчасний схід ґрунту на сформовану рідинну смугу.

Задачею дослідження є обґрунтування місця встановлення і кута нахилу плоскофакельної дефлекторної форсунки за умови рівномірного розпилу і загортання рідини по ширині смуги внесення.

Основними параметрами розпилу рідини форсункою є:

- 1) загальна продуктивність (видаток) форсунки Q_f ;
- 2) кут факелу розпилу ν_p ;
- 3) відсотковий розподіл рідини за секторами розпилу ρ_p ;
- 4) кут між віссю форсунки і площиною розпилу рідини. ν_f .

Ці параметри мають забезпечуватись конструкцією форсунки. Розподіл рідини за секторами розпилу форсунки можна подати у вигляді лучкової діаграми від частки еліпса з параметрами його осей a_e і b_e , де довжина радіусу відповідного сектору пропорційна відсотку рідини що в ньому розпилюється (рис. 1).

Для еліпса довжина довільного радіуса r_p визначиться по формулі [2]

$$r_p = \sqrt{a_e^2 \cdot \sin^2 \alpha_p + b_e^2 \cdot \cos^2 \alpha_p}, \quad (1)$$

де α_p – кут між радіусом r_p і поперечною віссю еліпса розпилу.

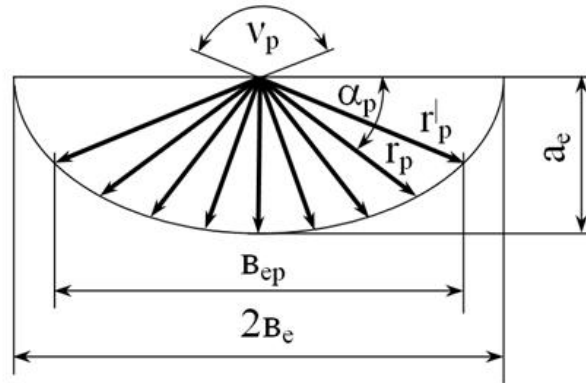


Рис. 1. Діаграма розподілу рідини при плоскофакельному розпилі.

Враховуючи кут факелу розпилу ν_p ширина розпилу B_{ep} і параметр еліпса розпилу B_e визначаються за формулами

$$B_{ep} = 2 \sin(\nu_p / 2) \sqrt{a_e^2 \cdot \cos^2(\nu_p / 2) + b_{ep}^2 \cdot \sin^2(\nu_p / 2)}; \quad (2)$$

$$B_e = \sqrt{\frac{b_{ep}^2}{4 \sin^4(\nu_p / 2)} - \frac{a_e^2}{\operatorname{tg}^2(\nu_p / 2)}}. \quad (3)$$

З урахуванням (3) вираз (1) набуде вигляду

$$r_p = \sqrt{a_e^2 \cdot \sin^2 \alpha_p + \left(\frac{b_{ep}^2}{4 \sin^4(\nu_p / 2)} - \frac{a_e^2}{\operatorname{tg}^2(\nu_p / 2)} \right) \cdot \cos^2 \alpha_p}. \quad (4)$$

При $\alpha_p = 90^\circ - \nu_p / 2$ радіус розпилу r_p^l визначиться як (див. рис. 1)

$$r_p^l = \frac{b_{ep}}{2 \sin(\nu_p / 2)}. \quad (5)$$

Рідина рухається в площині розпилу до моменту перетину її з ґрунтом. Враховуючи те, що цей перетин відбувається по ширині смуги B_{ep} на різній відстані від сопла форсунки, то фактичний розподіл рідини по смугі буде відрізнятися від теоретичного, поданого на діаграмі рис. 1.

Місце перетину площини розпилювання рідини з ґрунтом, тобто фактичний розподіл рідини по смугі розпилювання, залежить від встановлення форсунки на лапі, а саме: 1) від подовжнього і вертикального розташування форсунки; 2) від кута її нахилу до горизонтальної площини.

В залежності від встановлення форсунки змішування рідини, що розпилюється, з ґрунтом може відбуватись або з нижнім не розпушеним шаром (підшовою) борозни, або з горішнім розпушеним шаром, що сходить з поверхні лапи (зі щитка). В разі горішнього змішування його характер буде залежати і від конфігурації задньої крайки щитка. Розглянемо ці два випадки змішування рідини з ґрунтом.

а) Змішування рідини з підшовою борозни.

В цьому випадку форсунка має бути встановлена так, щоб забезпечити нахил площини розпилювання рідини до площини лез лапи

з кутом μ_1 (рис. 2а).

Перетин площини розпилу рідини з площиною підшви борозни буде відбуватись по прямій поперечній лінії що проходить через точку $Л_{r1}$ з подовжньою відстанню від сопла форсунки l_{p1} . Потрібний кут нахилу форсунки l_{p1} визначиться як

$$\alpha_{\phi 1} = 90^{\circ} - \mu_1 - \nu_{\phi} = \arctg(l_{p1}/a_{\phi}) - \nu_{\phi}, \quad (6)$$

де ν_{ϕ} – кут між віссю форсунки і площиною розпилу рідини (конструктивний параметр форсунки);

a_{ϕ} – висота розташування сопла форсунки над площиною лез лапи.

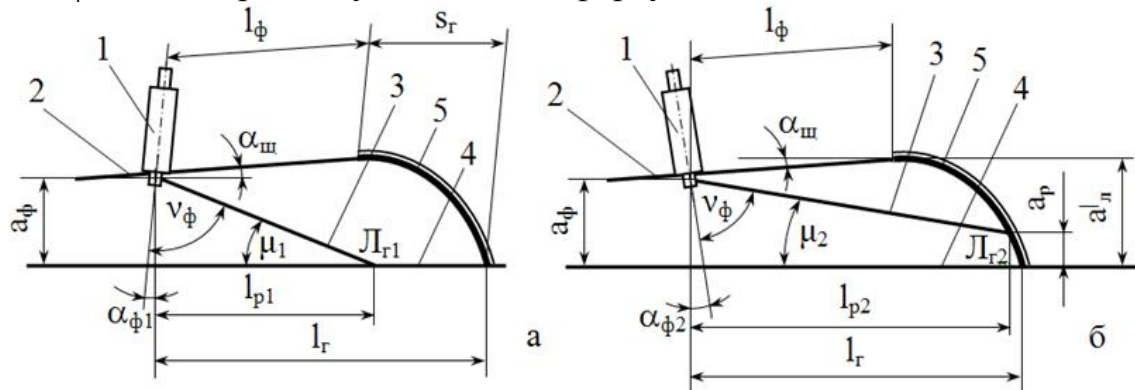


Рис. 2. Встановлення форсунки при змішуванні рідини: а – з підшовою борозни; б – з розпушеним ґрунтом що сходить зі щитка; 1 – форсунка; 2 – щиток-екран; 3 – площина розпилу рідини; 4 – площина лез лапи; 5 – шар ґрунту що сходить зі щитка.

Повне забезпечення перетину площини розпилу рідини з площиною підшви борозни може забезпечити тільки форсунка з кутом розпилу рідини $\nu_p < 180^{\circ}$ (див. рис. 1), причому між цим кутом, кутом $\alpha_{\phi 1}$, висотою a_{ϕ} , відстанню l_{p1} і кутом ν_{ϕ} існують наступні залежності

$$\alpha_{\phi 1} = \arccos\left(\frac{2 a_{\phi}}{e_{cp}} \operatorname{tg}(\nu_p / 2)\right) - \nu_{\phi}, \quad (7)$$

$$\nu_p = 2 \arctg\left(\frac{e_{cp}}{2 a_{\phi}} \cos(\nu_{\phi} - \alpha_{\phi 1})\right), \quad (8)$$

$$l_{p1} = a_{\phi} \cdot \operatorname{tg}(\nu_{\phi} - \alpha_{\phi 1}). \quad (9)$$

В разі, якщо ширина смуги внесення рідини e_{cp} збігається з шириною розпилу e_p (рис. 3а), подовжня відстань від сопла форсунки до лінії перетину площини рідини з підшовою борозни визначиться як (див. рис. 2а)

$$l_{p1}^{\parallel} = \frac{e_{cp} \cdot \sin(\nu_{\phi} - \alpha_{\phi 1})}{2 \operatorname{tg}(\nu_p / 2)}. \quad (10)$$

Якщо подовжня відстань від сопла форсунки до лінії перетину площини рідини з підшовою борозни l_{p1}^{\parallel} буде більша за l_{p1} (рис. 3б), то нова ширина розпилу e_{cp}^{\parallel} визначиться на підставі формули (10)

$$B_{cp}^{\parallel} = \frac{l_{p1}^{\parallel} \cdot 2 \operatorname{tg}(v_p / 2)}{\sin(v_{\phi} - \alpha_{\phi 1})}, \quad (11)$$

а розрахункові параметри еліпса розпилу пропорційно збільшаться, тобто

$$B_e^{\parallel} = B_e \cdot B_{cp}^{\parallel} / B_{cp}, \quad (12a)$$

$$a_e^{\parallel} = a_e \cdot B_{cp}^{\parallel} / B_{cp}, \quad (12б)$$

Найбільше значення відстані l_{p1}^{\parallel} визначиться виходячи з відстані вільного падіння ґрунту з поверхні лапи (щитка) на дно борозни, тобто (див. рис. 2)

$$l_{p1}^{\parallel} < l_r = l_{\phi} + s_r = l_{\phi} + V \sqrt{2g(\dot{a}_{\phi} + l_{\phi} \cdot \sin \alpha_{\phi}) + V^2 \cdot \sin^2 \alpha_{\phi}} / g. \quad (13)$$

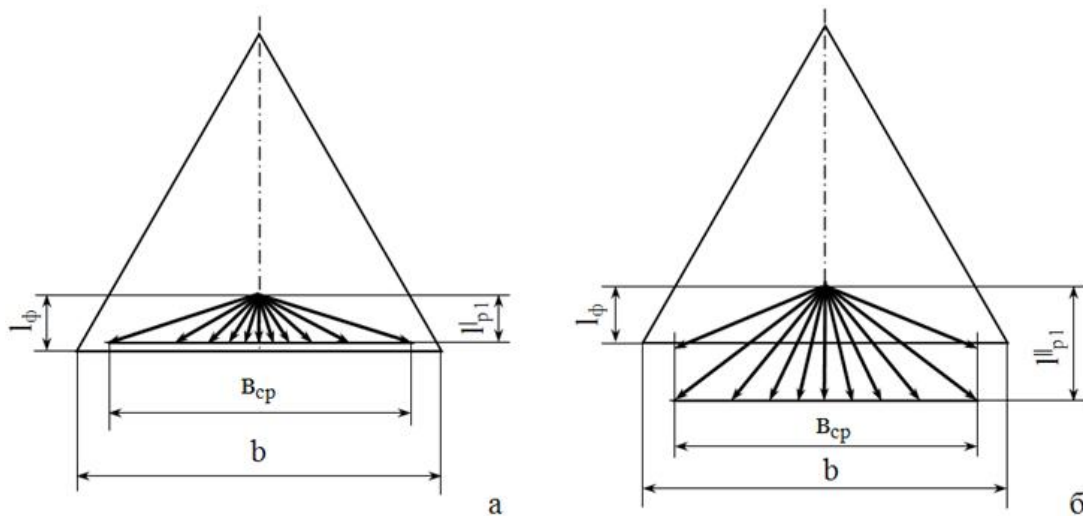


Рис. 3 – Схема перетину розпиленої рідини з підшовою борозни:
а – в разі якщо $B_{cp} = B_e$ і $l_{p1} = l_{p1}^{\parallel}$; б – в разі якщо $l_{p1} = l_{p1}^{\parallel} > l_{p1}$.

Відповідно до формули (13) при $a_{\phi} = 0,025$ м, $l_{\phi} = 0,05$ м, $\alpha_{ш} = 10^0$ і $V = 2$ м/с $l_r = 0,23$ м.

Результати розрахунків, виконаних за формулами (1)...(12) для кращих варіантів по двом схемам перетину розпиленої рідини з підшовою борозни (див. рис. 3), подані в якості графіків на рис. 4. Як бачимо з графіків, найкращий розподіл розпилу рідини ρ_p по ширині смуги її внесення досягається в разі перетину розпиленої рідини з підшовою борозни за схемою рис. 3а – для варіантів 2 і 14; за схемою рис. 3б – для варіантів 9 і 5; для обох схем рис. 3 – для варіантів 3 і 4, 5 і 6.

б) Змішування рідини з ґрунтом, що сходить з поверхні лапи (зі щитка).

В цьому випадку перетин площини рідини з ґрунтом має відбуватись по лінії L_{r2} на відстані l_{p2} , яка визначиться за формулою (рис. 2б)

$$l_{p2} = l_{\phi} + V \sqrt{2g(a_{\phi} - a_p + l_{\phi} \cdot \sin \alpha_u) + V^2 \cdot \sin^2 \alpha_u} / g, \quad (14)$$

при цьому кут факелу розпилу v_p і кут нахилу форсунки $\alpha_{\phi 2}$ визначаються як

$$v_p \approx 2 \arctg(0,5 v_{cp}/l_{p2}); \quad (15)$$

$$\alpha_{\phi 2} = 90^{\circ} - \mu_2 - v_{\phi} = \arctg[l_{p2}/(a_{\phi} - a_{p1})] - v_{\phi}. \quad (16)$$

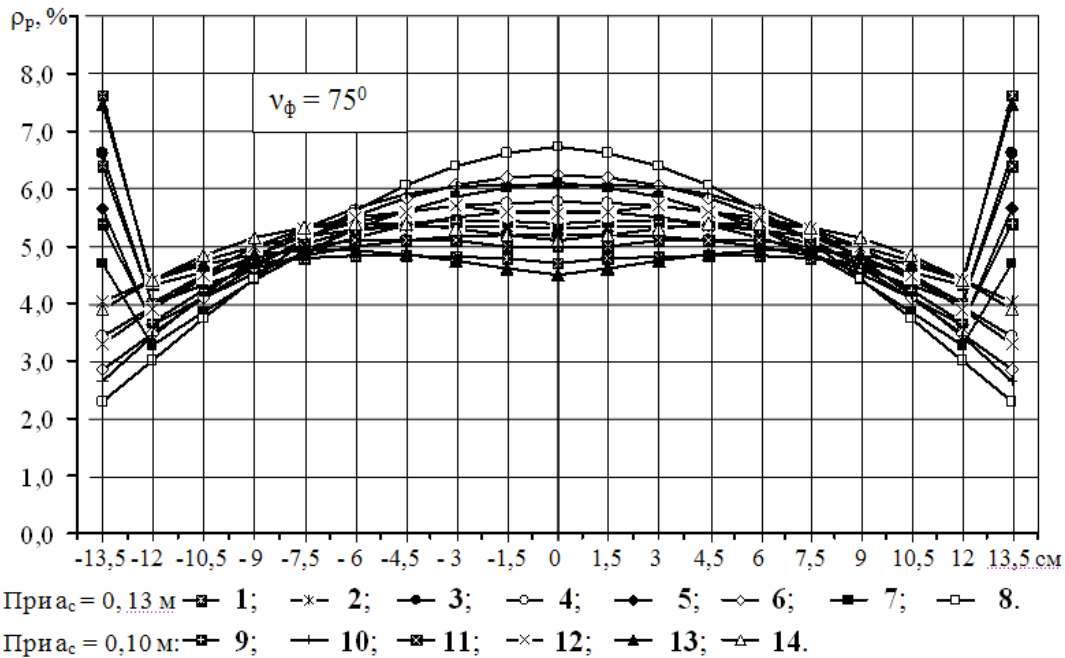


Рис. 4. Залежність показника розпилу рідини ρ_p по ширині смуги її внесення ($\pm 13,5$ см) від параметрів розпилу і встановлення форсунки: **1 і 2** – $v_p = 90^{\circ}$; $a_{\phi 1} = 3,9^{\circ}$; $v_e = 0,23$ м; $l_{p1}^I = 0,13$ м; **3 і 4** – $v_p = 100^{\circ}$; $a_{\phi 1} = 1,8^{\circ}$; $v_e = 0,19$ м; $l_{p1}^I = 0,11$ м; **5 і 6** – $v_p = 110^{\circ}$; $a_{\phi 1} = -0,9^{\circ}$; $v_e = 0,17$ м; $l_{p1}^I = 0,09$ м; **7 і 8** – $v_p = 120^{\circ}$; $a_{\phi 1} = -4,5^{\circ}$; $v_e = 0,16$ м; $l_{p1}^I = 0,07$ м; **9 і 10** – $v_p = 120^{\circ}$; $a_{\phi 1} = -4,5^{\circ}$; $v_e = 0,16$ м; $l_{p1}^{II} = 0,07$ м; **11 і 12** – $v_p = 110^{\circ}$; $a_{\phi 1} = -0,9^{\circ}$; $v_e = 0,18$ м; $l_{p1}^{II} = 0,09$ м; **13 і 14** – $v_p = 100^{\circ}$; $a_{\phi 1} = 1,8^{\circ}$; $v_e = 0,21$ м; $l_{p1}^{II} = 0,11$ м (всі графіки з парними позначками – з перетином розпиленої рідини з підшовою борозни за схемою рис. За, а з непарними позначками – за схемою рис. Зб).

Визначимо значення l_{p2} , v_p і $\alpha_{\phi 2}$ за формулами і за результатами розрахунків для кращих варіантів побудуємо графіки показника розпилу ρ_p (рис. 5).

Із графіків рис. 5 видно, що показник розпилу рідини ρ_p по ширині смуги її внесення в разі перетину розпиленої рідини з горішнім ґрунтом, що сходить з лапи, набагато краще ніж в разі її перетину з підшовою борозни (див. рис. 4).

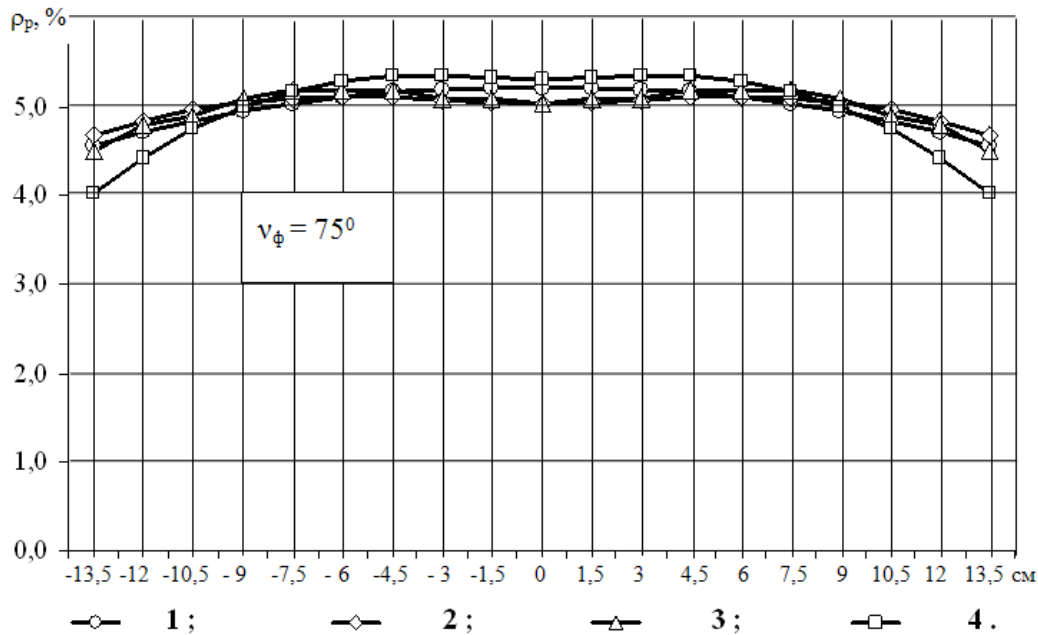


Рис. 5. Залежність показника розпилення рідини ρ_p по ширині смуги її внесення ($\pm 13,5$ см) при перетині розпиленої рідини з ґрунтом, що сходить з лапи, від параметрів розпилення і встановлення форсунки:
1 – $\rho_p = 60^\circ$; $\alpha_{\phi 2} = 9,2^\circ$; $a_p = 0,002$ м; $a_e = 0,23$ м; $v_e = 0,33$ м; $l_{p2} = 0,23$ м;
2 – $v_p = 70^\circ$; $\alpha_{\phi 2} = 12,5^\circ$; $a_p = 0,017$ м; $a_e = 0,17$ м; $v_e = 0,31$ м;
 $l_{p2} = 0,19$ м; **3** – $v_p = 80^\circ$; $\alpha_{\phi 2} = 15,4^\circ$; $a_p = 0,026$ м; $a_e = 0,14$ м; $v_e = 0,27$ м;
 $l_{p2} = 0,16$ м; **4** – $v_p = 90^\circ$; $\alpha_{\phi 2} = 18,1^\circ$; $a_p = 0,032$ м; $a_e = 0,13$ м;
 $v_e = 0,23$ м; $l_{p2} = 0,13$ м.

Особливо привабливим є варіант **2**. В цьому варіанті не тільки найкращий показник розпилення рідини ρ_p , але й найзручніші умови встановлення форсунки (кут $\alpha_{\phi 2} = 12,5^\circ$ що дуже близько до кута нахилу щитка $\alpha_{щ} = 10^\circ$). У варіанті **1** кути $\alpha_{\phi 2}$ і $\alpha_{щ}$ також добре збігаються, але тут струмінь майже вклинюється між ґрунтом що падає і підшоною, оскільки $a_p = 2$ мм, а це, враховуючи товщину площини струменя, може зумовити нестабільність процесу змішування рідини з ґрунтом, хоча загальний ефект змішування може бути досить якісним. Головна умова реалізації цього варіанту внесення рідини – це наявність вузько струминних форсунок з кутом розпилення $v_p = 70^\circ$. До речі, найбільший кут розпилення рідини, при якому можливий даний спосіб внесення рідини, становить $v_p = 90^\circ$.

Таким чином, розглянуті два способи перемішування рідини з ґрунтом в борозні (див.рис. 3) є сприйнятливими. Перший спосіб є більш прогнозований, оскільки струмінь в ньому короткий і розповсюджується в порожньому просторі. При другому способі струмінь набагато довший і розповсюджується в просторі псевдо скрапленого шару ґрунту що сходить з лапи. Який спосіб кращий може показати лише екс-

перимент.

Показники роботи форсунки визначались при розпилюванні чистої води під тиском 0,3 МПа (3 кгс/см²) [5]. Вимірювався видаток за 1 хв. Q_{ϕ} , кут факелу розпилу v_p , кут між віссю форсунки і площиною розпилу рідини v_{ϕ} , а також відсотковий розподіл рідини ρ_p за секторами розпилу у трьохкратній повторності. При перевірці форсунки закріплялись у вертикальному положенні. Позаду факелу розпилу на відстані $f_p = 15$ см також вертикально встановлювався спеціальний жолобчастий щит шириною 40 см (рис. 6), з кожного жолобка якого рідина збиралась в окрему ємність. Ширина кожного жолобка $a_{ж} = 4$ см, а вишина їх ребер – 2 см. Жолобчастий щит встановлювався і фіксувався під час розпилювання. Потім між факелом і щитом встановлювався екран, а після стікання рідини з жолобків до них приєднувались ємності, по 0,5 л, екран швидко прибирався і на протязі 1 хв. проводився збір рідини після чого подача рідини різко припинялась. На протязі досліду на жолобчастому щиті проводився замір розміру s_p і кутів v_p і v_{ϕ} , а по закінченню досліду рідина з кожної ємності зливалась у мірний циліндр і визначався її об'єм. Для заміру кутів використовувався регульований шаблон.

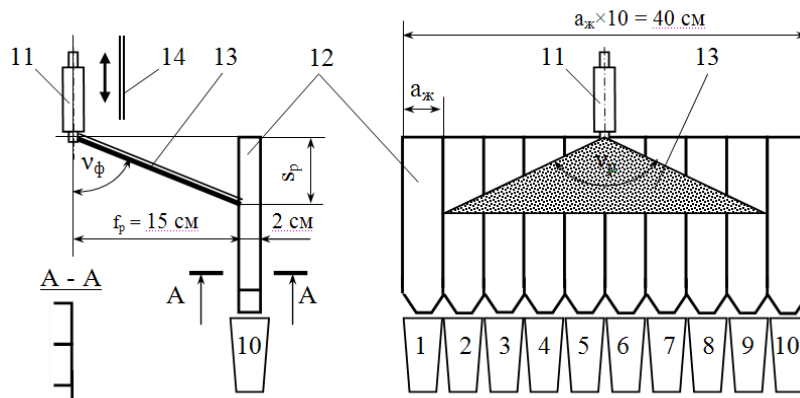


Рис. 6. Вимір параметрів розпилу форсунки; 1...10 – ємності для збору рідини; 11 – форсунка; 12 – жолобчастий щит; 13 – площина розпилу рідини; 14 – екран.

Характеристики розпилу визначались за формулами

$$Q_{\phi} = \sum_{j=1}^{N_{\phi}} v_{pj}, \quad (17)$$

$$v_p = 2 \arctg \left(\frac{a_{ж} (N_{жс} - N_{жс}^l)}{2 \sqrt{f_p^2 + s_p^2}} \right), \quad (18)$$

$$v_{\phi} = 90^{\circ} - \arctg(a_p/f_p), \quad (19)$$

$$\rho_{pj} = 100 v_{pj} / Q_{\phi}, \quad j = 1 \dots N_{щ}, \quad (20)$$

де $N_{щ}$ – кількість жолобків на щиті, $N_{щ} = 10$;

$N_{ж}$, $N_{ж}^I$ – найменший і найбільший номер жолобка, з якого була зібрана рідина;

v_{pj} – об'єм рідини в j -ій ємності.

Досліди проводились з шістьма експериментальними форсунками дефлекторного типу з діаметром отвору 1,2 мм у двохкратній повторності.

В результаті проведених дослідів і розрахунків для експериментальних форсунок дефлекторного типу з діаметром отвору 1,2 мм отримані наступні значення характеристики розпилу: $Q_{\phi} = 0,68$ л/хв.; $v_p = 94^{\circ}$; $v_{\phi} = 75^{\circ}$. Дані щодо величини ρ_{pj} наведені в табл.

Таблиця 1 – Розподіл рідини ρ_p за секторами розпилу

№ жолобка j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розподіл ρ_{pj} , %	-	9,2	11,9	13,9	14,9	15,0	14,0	11,7	9,1	-

Ступінь нерівномірності розпилу дефлекторними форсунками з діаметром отвору 1,2 мм і видатком $Q_{\phi} = 0,68$ л/хв. склала 47 %.

Фактична середня ширина і товщина ґрунтово-рідинної смуги (ґрунту, змоченого розчином) відповідно склала для варіантів розпилу: на підшву борозни (див. рис. 2) 27 ± 2 см і $0,5 \pm 0,3$ см; на розпушений ґрунт що сходить зі щитка лапи 32 ± 5 см і $1,0 \pm 1,0$ см.

Висновки. Найкращі результати розпилу показали дефлекторні форсунки з кутом факелу розпилу 70° . Варіант розпилу на підшву борозни дає більш стабільну ґрунтово-рідинну смугу, а варіант розпилу на розпушений ґрунт що сходить зі щитка лапи – дещо більші розміри цієї смуги.

Література.

1. Бакиров Р.Н. К вопросу снижения нормы расхода препаратов при подавлении сорняков./ Р.Н. Бакиров. В кн. Механизация сельскохозяйственного производства. Научные труды Крымского Государственного аграрного университета. - Симферополь, 1997, с.27-29.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике /Под ред. Г. Гроше и В. Циглера. Пер. с немецкого. – М.: Наука, 1981. – 718 с.
3. Вихрачѐв В.Н. Ленточное внесение гербицидов / В.Н.Вихрачѐв // Кукуруза и сорго, 2003, №5, с. 17.
4. Колесникова В.А. Приспособление к культиватору КПЭ-3,8Б для внесения ЖМУ / В.А. Колесникова, В.Н. Мищенко.// МЭСХ, 1998, №3, с. 8-9.
5. Рекомендации по ленточному внесению гербицидов на по-

- севах кукурузи./ *Н.А. Шабала, В.И. Кисничан, М.А. Розинский и др.* – Кишинёв, 1988. – 14 с.
6. *Шабала Н.А.* Механизация возделывания кукурузы / *Н.А.Шабала.* – Кишинев: Молдагроинформреклама, 1991. – 174 с.
7. *Шабала М.О.* Технологія стрічкового вирощування кукурузи на ділянках гібридизації. / *М.О. Шабала, М.В. Зоря.*//Праці ТДАТА. - Вип. 11. - Мелітополь, ТДАТА, 2003, с. 17-19.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЛЕКТОРНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Зоря М. В.

Аннотация

Определены параметры дефлекторной форсунки и ее установки на культиваторной лапе для обеспечения оптимальной подпочвенной ленты распылу жидкости.

DEFINITION OF PARAMETERS DEFLECTOR INJECTOR FOR OF STRIPED SPRAYS OF A LIQUID

M. Zorya

Summary

Are determined the parameters deflector injector and its installation on cultivator paw for maintenance of an optimum strip sprays of a liquid.