

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДБИВАЧА НАСІННЯ ДЛЯ ПІД ГРУНТОВОГО СМУГОВОГО ПОСІВУ

Баєв І. В., к.т.н.
Південний НДЦ ННЦ «ІМЕСГ»
Тел. (0619) 424-081

Анотація – Обгрунтована оптимальна форма і конструктивні параметри відбивача насіння для підгрунтового смугового посіву з позиції забезпечення рівномірного розкидання насіння по ширині смуги висіву, швидкого сходу насіння без заторів і забивання сторонніми предметами і грунтом, простоти й надійності.

Ключові слова – підгрунтовий смуговий посів, сівалка, сошник, відбивач насіння, рівномірність розсівання, надійність.

Постановка проблеми. Підгрунтовий смуговий посів ефективніший за рядовий, оскільки забезпечує краще використання рослинами ґрунту поля. Утворити насінневу смугу можна відбивачами насіння, що встановлюються під сошниками - стрілочастими лапами. Підгрунтовий смуговий посів можна виконувати звичайною рядовою сівалкою, обладнавши її спеціальними сошниками, які можуть мати або пасивні, або активні розсіювачі насіння.

Аналіз останніх досліджень. Питанню підгрунтового смугового (розкидного) посіву приділяється багато уваги дослідників, а особливо – винахідників. Для підвищення рівномірності розсіву насіння по ширині підгрунтової смуги деякі винахідники пропонують розділяти загальний насінневий потік в насіннепроводі на декілька потоків (наприклад, на три потоки) з наступним спрямовуванням цих потоків на різні відбивачі насіння [1, 2, 3], або на різні “бігові доріжки”[4]. На наш погляд, розподіл потоку насіння значно підвищить ймовірність забивання насіннепроводів, що призведе до просівів, втрат насіння і зменшення продуктивності посівного агрегату з-за його простоїв на очищенні насіннепроводів. Тому ідея з розподілом потоку насіння нами не приймається.

Інша ідея – встановлення розподільних жолобків [5] чи лотків [6]. Оскільки ці жолобки чи лотки займають неабияку частку в досить стислому у підлаповому просторі, вони значно гальмують насінневий потік і утворюють замкнений простір з внутрішньою поверхнею лапи

і тому сприяють забиванню цього простору насінням і частками ґрунту. Тому і ця ідея нами теж не приймається.

Постановка завдання. Метою даної роботи є обґрунтування, розробка і дослідження оптимальної форми і конструктивних параметрів відбивача насіння для під ґрунтового смугового посіву з позиції забезпечення рівномірного розкидання насіння по ширині смуги висіву, швидкого сходу насіння без заторів і забивання сторонніми предметами і ґрунтом, простоти й надійності.

Основна частина. Простішими й надійнішими є пасивні розсіювачі насіння. Пасивні розсіювачі – це різноманітні спрямовувачі (відбивачі) насіння в формі плоскої чи вигнутої поверхні, поверхні обертання, а також комбінованої поверхні. Конкретні конструктивні параметри оптимального відбивача насіння залежать від форми, розміру і кута нахилу насіннепроводу, а також від форми і розміру під лапового простору сошника. При доборі відбивача насіння треба виходити насамперед з його форми.

Розглянемо два різновиди пластинчатих відбивачів насіння: без отвору і з отвором (рис. 1). Основні параметри пластинчатого відбивача насіння це ширина b_B , кут нахилу до горизонтальної площини α_B , кут нахилу (падіння насіння) θ_{II} і висота встановлення H_B .

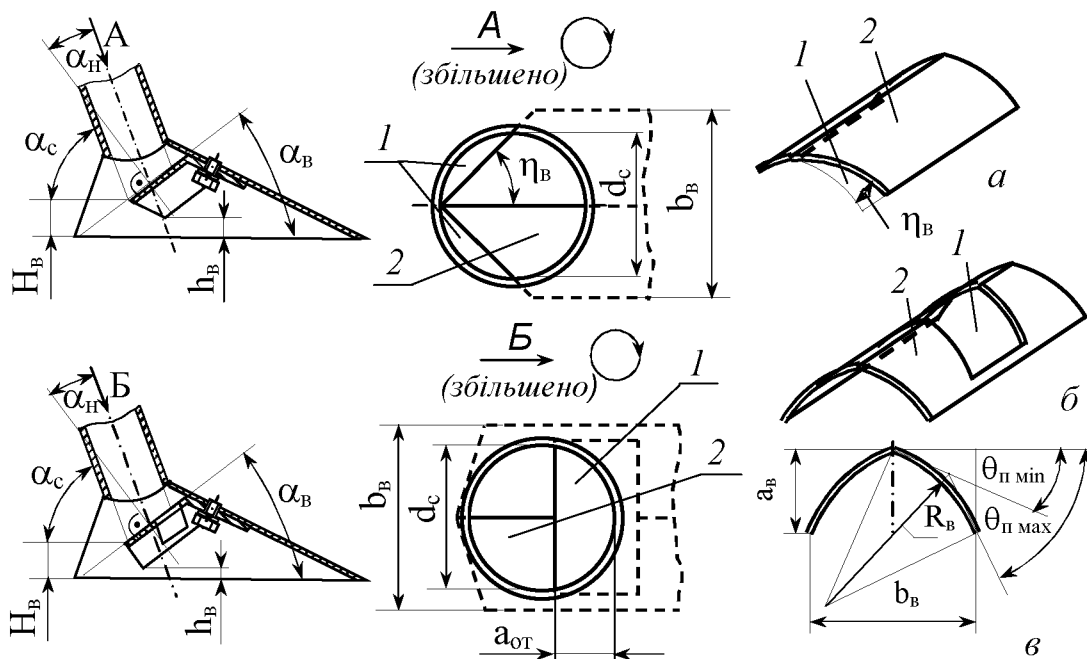


Рис. 1 – Конструкції і встановлення на анкерному сошнику пластинчатих відбивачів насіння: а – без отвору; б – з отвором; в – боковий переріз відбивної поверхні; 1 – зони проходження насіння повз відбивач; 2 – відбивна поверхня.

Утворення зон прямого проходження насіння повз відбивач досягається шляхом зрізання крил відбивача насіння з утворенням кутів η_B або шляхом вирізання в середині відбивача насіння отвору (наприклад, прямокутного), що перекриває переріз стійки-насіннепроводу на відстань $a_{от}$ від її переду.

Визначення параметрів конструкції і встановлення відбивачів проведемо за наступних умов:

- 1) все насіння має однакову масу;
- 2) насіння в стійці-насіннепроводі рухається (летить) паралельно його осі;
- 3) опір тертя і повітря на рух насіння не враховується;
- 4) швидкість насіння в потоці однакова і дорівнює швидкості насіння що сунеться по поверхні насіннепроводу;
- 5) швидкість насіння на вході в насіннепровід дорівнює значенню $V_{0н}$;
- 6) щільність потоку насіння в стійці-насіннепроводі в поперечному напрямку однакова, а в подовжньому напрямку змінюється рівномірно з лінійною залежністю від максимуму в задній частині до нуля – в передній;
- 7) кут θ_B , нормальна $V_{вн}$ і дотична $V_{вт}$ швидкості відлітання насіння від поверхні відбивача пов'язані з кутом $\theta_{п}$, та з нормальною $V_{пн}$ і дотичною $V_{пт}$ і швидкостями його падіння на цю поверхню відомими залежностями [7]

$$\operatorname{tg} \theta_{п} = k_B \cdot \operatorname{tg} \theta_B; \quad (1a)$$

$$|V_{вн}| = k_B \cdot |V_{пн}|; \quad (1б)$$

$$|V_{вт}| = |V_{пт}|, \quad (1в)$$

де k_B – коефіцієнт відтворення при ударі насіння об поверхню відбивача;

- 8) насіння після відбивання поміж собою не зіштовхуються;
- 9) після падіння на ґрунт насіння не пересувається.

Спроба розрахувати оптимальне значення кута нахилу відбивача зроблена в роботі [1]. Автори вважають, що удари насіння о поверхню лапи після відлітання від відбивача скорочують ширину смуги підвищують нерівномірність і його розсіву в смугі. За умови, щоб насіння не вдарялося о поверхню лапи цей кут має бути не менше 62° . На цю думку авторів доцільно зважити, але значення кутів α_B і θ_B треба уточнити виходячи з конкретних параметрів нашого сошника, який суттєво різниться з сошником в роботі [1].

Враховуючи те, що в нашому сошнику насіннепровід має нахил в подовжній площині з кутом $\alpha_c < 90^{\circ}$, доцільно розглядати політ насіння (точка А) окремо в вертикальній ХАЗ і в горизонтальній ХАУ площинах, а також в площі нормального перерізу (А-А) поверхні від-

бивача (рис. 2).

Відповідно до прийнятих умов насіння падає на відбивач в по- довжньо-вертикальній площині XAZ під кутом α_H (див. рис. 1) зі швидкістю V_{II} , яка складається з нормальної V_{Im} та дотичної V_{It} скла- дових, що мають вирази

$$V_{Im} = V_{II} \cos \alpha_H = V_{II} \sin(\alpha_c + \alpha_B); \quad (2a)$$

$$V_{It} = V_{II} \sin \alpha_H = -V_{II} \cos(\alpha_c + \alpha_B). \quad (2б)$$

Дотична швидкість відлітання V_{Bt} дорівнює дотичній швидкості падіння V_{It} й складається з горизонтальної V_{BtX} і вертикальної V_{BtZ} складових

$$V_{BtX} = -V_{II} \cos(\alpha_c + \alpha_B) \cos \alpha_B; \quad (3a)$$

$$V_{BtZ} = -V_{II} \cos(\alpha_c + \alpha_B) \sin \alpha_B. \quad (3б)$$

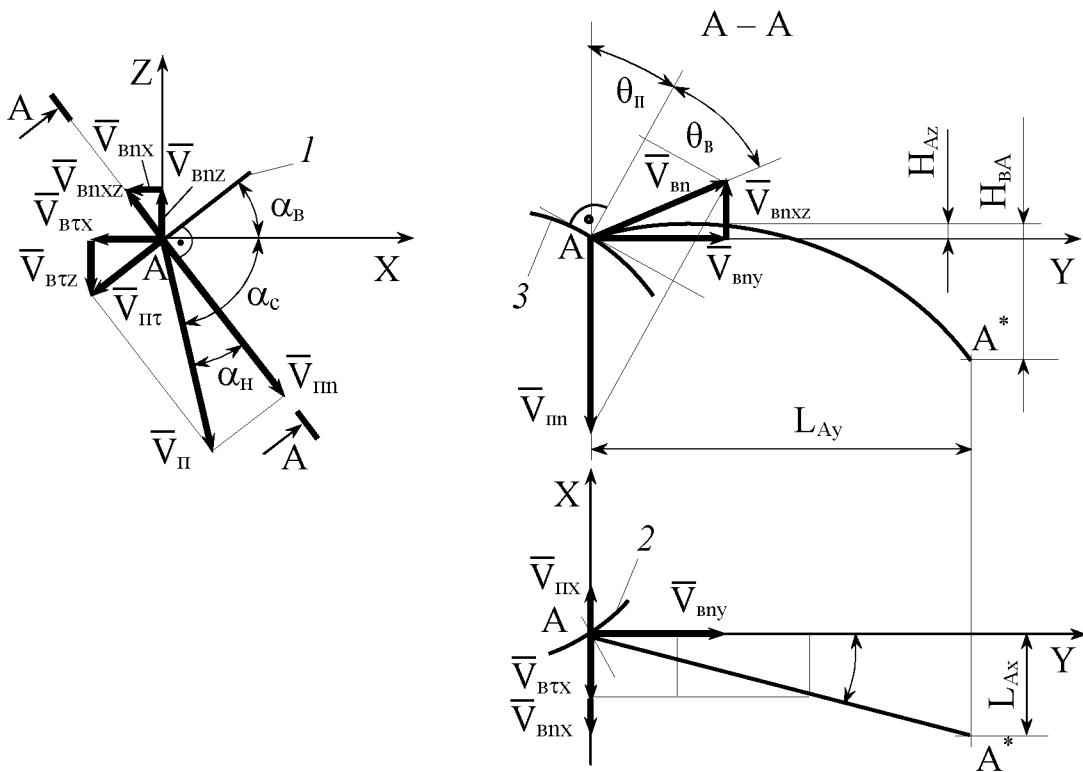


Рис. 2 – Схема польоту насіння в поперечно-вертикальній і в го- ризонтальній площинах: 1 – вертикальний, 2 – горизонтальний і 3 – нормальний перерізи відбивача насіння.

Відповідно до умови 7 нормальна швидкість відлітання $V_{Bn} \cos \theta_B$ пов'язана з нормальною швидкістю падіння $V_{Im} \cos \theta_{II}$ наступною за- лежністю (див. рис.2)

$$V_{Bn} \cos \theta_B = k_B \cdot V_{Im} \cos \theta_{II}. \quad (4)$$

Розкладемо швидкість V_{Bn} на бокову V_{Bny} і площинну V_{BnXZ} скла- дові

$$V_{Bny} = V_{Bn} \sin(\theta_{II} + \theta_B); \quad (5a)$$

$$V_{BnXZ} = V_{Bn} \cos(\theta_{II} + \theta_B). \quad (5б)$$

В подовжньо-вертикальній площині швидкість $V_{\text{внхЗ}}$ буде мати вертикальну $V_{\text{внЗ}}$ і горизонтальну $V_{\text{внХ}}$ складові, вирази яких будуть мати такий вигляд

$$V_{\text{внЗ}} = V_{\text{внхЗ}} \cos\alpha_{\text{н}} = V_{\text{вн}} \cos(\theta_{\text{п}} + \theta_{\text{в}}) \sin(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}); \quad (6\text{а})$$

$$V_{\text{внХ}} = V_{\text{внхЗ}} \sin\alpha_{\text{н}} = V_{\text{вн}} \cos(\theta_{\text{п}} + \theta_{\text{в}}) \cos(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}). \quad (6\text{б})$$

У відповідності до рис. 2 і враховуючи попередні залежності після перетворень горизонтальна, вертикальна і бокова швидкості відлітання насіння будуть мати наступні вирази

$$V_{\text{вХ}} = V_{\text{п}}[(k_{\text{в}} \cos^2 \theta_{\text{п}} - \sin^2 \theta_{\text{п}}) \sin(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}) \sin\alpha_{\text{в}} + \cos(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}) \cos\alpha_{\text{в}}]; \quad (7\text{а})$$

$$V_{\text{вЗ}} = V_{\text{п}}[(k_{\text{в}} \cos^2 \theta_{\text{п}} - \sin^2 \theta_{\text{п}}) \sin(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}) \cos\alpha_{\text{в}} + \cos(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}) \sin\alpha_{\text{в}}]; \quad (7\text{б})$$

$$V_{\text{вУ}} = V_{\text{п}}(1+k_{\text{в}}) \sin(\alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{в}}) \sin\theta_{\text{п}} \cos\theta_{\text{п}}. \quad (7\text{в})$$

Відносну дальність польоту насіння з точки А в відповідному напрямку можна визначити як (див. мал. 2)

$$L_{\text{АХ}} = V_{\text{АВХ}} \cdot t_{\text{ВА}}; \quad H_{\text{АЗ}} = V_{\text{АВЗ}} \cdot t_{\text{ВА}}; \quad L_{\text{АУ}} = V_{\text{АВУ}} \cdot t_{\text{ВА}}, \quad (8)$$

де $t_{\text{ВА}}$ – час відлітання насіння з точки А.

Час польоту насіння за умови, що висота його розташування після польоту (точка А*) нижча ніж в момент вильоту (точка А) на вищину розташування відповідної точки відбивача $H_{\text{ВА}}$, визначиться за законом вільного польоту [7]

$$t_{\text{ВА}} = \frac{V_{\text{АВЗ}}}{g} \left[1 + \text{Знак}(V_{\text{АВЗ}}) \sqrt{1 + 2g H_{\text{АЗ}} / V_{\text{АВЗ}}^2} \right], \quad (9)$$

Підставивши в формули (8) вирази (7) і (9), отримаємо залежності для відносної дальності польоту насіння в заданому напрямку. При цьому слід зважати на обмеження дальності відльоту насіння під лаповим простором, а саме

$$L_{\text{АУ макс}} = b_{\text{л}} / 2; \quad H_{\text{АЗ}} \leq 0, \quad (10)$$

де $b_{\text{л}}$ – ширина захвату лапи.

Користуючись формулами (7)...(9), а також обмеженнями (10) методом підстановки (з використанням офісної програми Excel) визначалися оптимальні значення куту нахилу насіннепроводу $\alpha_{\text{с}}$ і куту встановлення відбивача $\alpha_{\text{в}}$, а також інтервал значень куту $\theta_{\text{в}}$, при заданих значеннях швидкості падіння насіння $V_{\text{пн}}$ і коефіцієнта відтворення $k_{\text{в}}$, що відповідають цим обмеженням.

Для різного насіння швидкість падіння є майже однаковою і при вільному падінні з висоти 0,5 м складає біля 3 м/с, але коефіцієнти відтворення при відлітанні від твердої (наприклад, металевої) поверхні дуже різняться, що унеможливує виготовлення універсального відбивача насіння з такого матеріалу.

Проведені лабораторні спостереження щодо відлітання насіння різних культур від горизонтальних плит з різних матеріалів класичним методом [7] показали, що для м'яких матеріалів коефіцієнти відтворення для різного насіння становляться меншими, але дуже близькими

за значеннями, тобто вони «вирівнюються на нижчому рівні». Так в разі гумової відбивної поверхні коефіцієнти відтворення для гороху і гірчиці не мали суттєвої різниці і знаходилися в межах $0,3 \pm 0,05$. Тому в розрахунках для лапи з $d_c = 30$ мм, $b_{\Pi} = 150$ мм і $H_B = 25$ мм приймалося $V_{\Pi} = 3$ м/с і $k_B = 0,3$.

Як видно з графіків (рис. 3), найбільша дальність бокового відлітання насіння L_y відбувається при куті $\theta_{\Pi} = 20^{\circ}$, хоча найбільше значення бокової швидкості – при $\theta_{\Pi} = 45^{\circ}$. Це пов'язано з впливом вертикальної швидкості V_{Bz} , яка при $\theta_{\Pi} = 45^{\circ}$ становить мінус 1,3 м/с (скерована донизу) і значно скорочує час польоту насіння. Негативні ж значення вертикальної і подовжньої швидкостей при кутах $\theta_{\Pi} > 20^{\circ}$ сприяють швидкому сходженню насіння з відбивача і падіння на ґрунт з меншою абсолютною подовжньою швидкістю, що поліпшує умови вкладання насіння на ґрунт. Крім того негативна (скерована назад) подовжня швидкість унеможлиблює накопичення насіння у підлаповому просторі і забивання сошника.

Таким чином запропонований пластинчастий відбивач (див. мал. 1) з параметрами, поданими на мал. 3 щонайкраще відповідає всім умовам щодо забезпечення якісного підґрунтового смугового розсіву насіння майже усіх с.-г. культур. Кут нахилу поверхні відбивача має знаходитись в межах від $\theta_{\text{вмін}} = 20^{\circ}$ до $\theta_{\text{вмак}} = 60^{\circ} \dots 70^{\circ}$. При цьому радіус кривизни поверхні відбивача R_B при його ширині $b_B = 30$ мм має становити 35 мм, висота $a_B = 15 \dots 17$ мм (див. рис. 1).

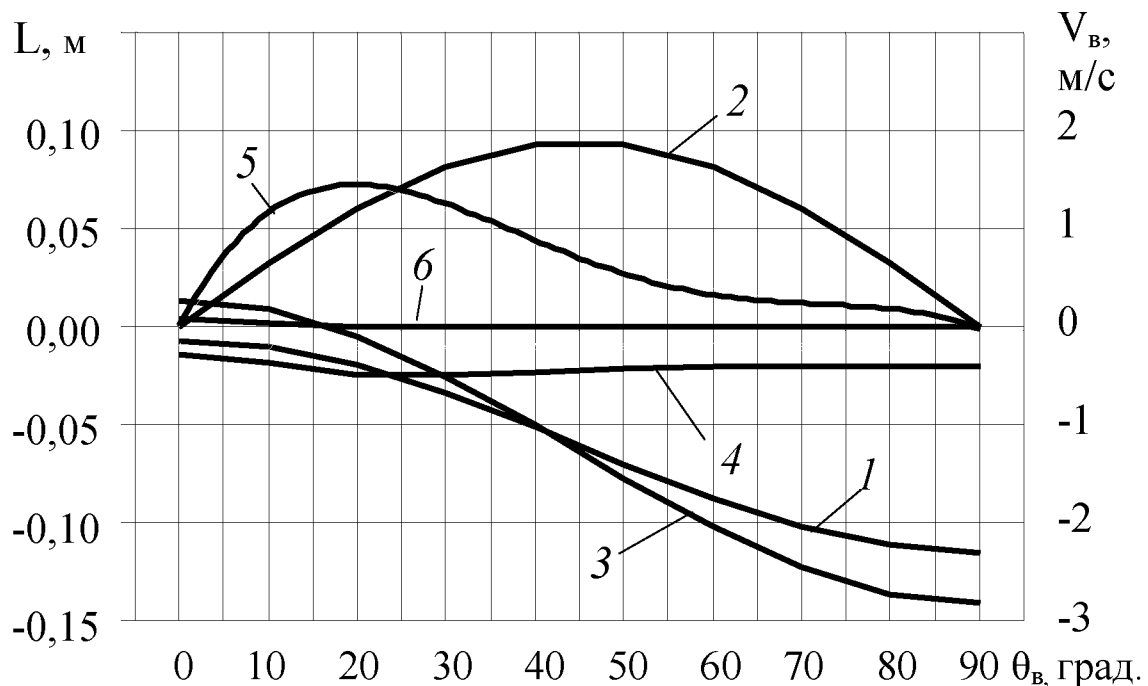


Рис. 3 – Залежність швидкості і довжини відлітання насіння від поверхні відбивача при $\alpha_c = 70^{\circ}$; $\alpha_B = 35^{\circ}$; $H_B = 25$ мм; $V_{\Pi} = 3$ м/с і $k_B = 0,3$: 1 – V_{Bx} ; 2 – V_{By} ; 3 – V_{Bz} ; 4 – L_x ; 5 – L_y і 6 – L_z .

Тепер визначимо розподіл насіння в смузі висіву для двох варіантів: а – без отвору, і б – з отвором (див. рис. 1), враховуючи умову б щодо щільності потоку насіння в стійці-насіннепроводі

$$Q_{\text{нс}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{d_{\text{с}}} \int_0^{d_{\text{с}}} v_{\text{с}}(x) \cdot x \cdot dx, \quad (11)$$

де $Q_{\text{нс}}$ – видаток насіння через стійку-насіннепровід, штук/с;

$\rho_{\text{н}}$ – максимальна щільність потоку насіння в стійці-насіннепроводі (біля задку стійки-насіннепроводу), штук/(мм²·с);

$v_{\text{с}}(x)$ – ширина перерізу стійки-насіннепроводу на відстані x від її передку, мм.

$$Q_{\text{нс}} = 10 N_{\text{н}} \cdot b_{\text{м}} \cdot V_{\text{а}}, \quad (12)$$

де $N_{\text{н}}$ – норма висіву насіння, штук/га;

$b_{\text{м}}$ – ширина міжряддя, $b_{\text{м}} = b_{\text{л}}$, мм;

$V_{\text{а}}$ – швидкість руху посівного агрегату, м/с.

Для круглого перерізу стійки-насіннепроводу [8]

$$v_{\text{с}}(x) = 2\sqrt{d_{\text{с}} \cdot x - x^2}. \quad (13)$$

З урахуванням виразу (13) інтегруємо невизначений інтеграл [9]

$$\int v_{\text{с}}(x) \cdot x \cdot dx = \frac{2\sqrt{(d_{\text{с}} - x)x^5}}{3} - \frac{d_{\text{с}}\sqrt{(d_{\text{с}} - x)x^3}}{6} - \frac{d_{\text{с}}^2\sqrt{(d_{\text{с}} - x)x}}{4} + \frac{d_{\text{с}}^3 \arctg \sqrt{\frac{(d_{\text{с}} - x)}{x}}}{4} \quad (14)$$

і визначений інтеграл

$$\int_0^{d_{\text{с}}} v_{\text{с}}(x) \cdot x \cdot dx = \frac{\pi d_{\text{с}}^3}{8} = 0,393 d_{\text{с}}^3. \quad (15)$$

Підставивши вирази (12) і (15) в (11), після перетворень отримаємо вираз для $\rho_{\text{н}}$

$$\rho_{\text{н}} = \frac{80 N_{\text{н}} \cdot b_{\text{м}} \cdot V_{\text{а}}}{\pi d_{\text{с}}^2}. \quad (16)$$

Видаток насіння, що попадає в центральну смугу шириною $d_{\text{с}}$ через зони 1 повз відбивач (див. рис. 1), визначимо як різницю між загальним видатком насіння через насіннепровід і часткою цього видатку, що попадає на відбивач (напрямок інтегрування з передку на зад):

для відбивача без отвору (див. рис. 1а)

$$\begin{aligned} Q_{\text{нд}} &= Q_{\text{нсз}} - Q_{\text{нвз}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{d_{\text{с}}} \left(\int_0^{d_{\text{с}}} v_{\text{с}}(x) \cdot x \cdot dx - \int_0^{d_{\text{с}}/2} v_{\text{с}}(x) \cdot x \cdot dx - 2 \int_{d_{\text{с}}/2}^{d_{\text{с}}} (d_{\text{с}} - x) \cdot x \cdot dx \right) = \\ &= \rho_{\text{н}} \cdot d_{\text{с}}^2 \left(\frac{\pi}{16} - \frac{1}{12} \right) = 0,113 \rho_{\text{н}} \cdot d_{\text{с}}^2, \quad (17) \end{aligned}$$

що складає 29 % від $Q_{\text{НС}} = 0,393 \rho_{\text{Н}} \cdot d_{\text{С}}^2$, а смуга шириною $d_{\text{С}} = 30$ мм складає тільки 20 % від ширини міжряддя $b_{\text{М}} = 150$ мм;

для відбивача з отвором в разі коли $a_{\text{от}} = d_{\text{С}} / 2$ (див. мал. 1б)

$$Q_{\text{нд}} = Q_{\text{НСЗ}} - Q_{\text{НВЗ}} = \frac{\rho_{\text{Н}}}{d_{\text{С}}} \int_0^{d_{\text{С}}/2} v_{\text{С}}(x) \cdot x \cdot dx = \rho_{\text{Н}} \cdot d_{\text{С}}^2 \left(\frac{\pi}{16} - \frac{1}{12} \right) = 0,113 \rho_{\text{Н}} \cdot d_{\text{С}}^2, (18)$$

тобто обидва відбивачі (з отвором і без отвору) щодо розкидання насіння за підрахунками рівноцінні. З точки зору технологічності виготовлення, міцності й надійності роботи доцільно використовувати відбивач без отвору. Якщо ж задню поверхню такого відбивача виготовити як поверхню обертання дуги його поперечного перерізу з радіусом $R_{\text{В}}$ (див. рис. 1а), то розподіл насіння у середині смуги має дещо поліпшитися.

Для експериментальної перевірки були виготовлені дослідні відбивачі насіння двох типів, зовнішні поверхні яких були покриті шаром гуми біля 2 мм завтовшки. Ці відбивачі встановлювалися на анкерних і дисково-анкерних [10] сошниках у вигляді стрілочастих лап



Мал. 4 - Порівняльні сходи озимої пшениці, посіяної: а – смуговими анкерними і б – дисково-анкерними сошниками; в – рядовими дисковими сошниками.

на переобладнаній сівалці СЗ-3,6 як показано на мал. 1. Сходи посіяної озимини підтвердили очікувані результати (рис. 4).

Висновки. Для забезпечення якісного і надійного підгрунтового смугового посіву с.-г. культур доцільно використовувати анкерні або дисково-анкерні сошники з пластинчастими відбивачами насіння з обгумованою відбивною поверхнею, оптимальні параметри яких обґрунтовані в даній роботі.

Література

1. Самокиш М.И., Рудь А.В., Мошенко И.О. Изыскание и исследование рабочего органа для разбросного посева зерновых / М.И. Самокиш., А.В. Рудь., И.О. Мошенко. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Республиканский тематический научно-технический сборник, вып. 49.- К, 1980, с. 58-63.
2. А.С 1085540 СССР, МКИ³ А01С7/20. Сошник / Манихин Н.И., ВНИИОЗ-№3543313/30-15; Заявл.18.01.83,Опубл.15.04.84, Бюл. № 14.
3. А.С. 1628888 СССР, МКИ⁵ А01С7/20. Сошник / Кочетков В.С., Рудаков Г.М. и др., Ворошиловоградский СХИ - №4661374/15; Заявл.13.03.89, Опубл. 23.02.91, Бюл. № 7.
4. А.С. 1486079 СССР, МКИ⁴ А01С7/20. Сошник для разбросного посева / Новаков С.А., Ворошиловоградский СХИ - №4252284/30-15; Заявл. 28.05.87, Опубл. 15.06.89, Бюл. №22.
5. А.С. 1501945 СССР, МКИ⁴ А01С7/20. Сошник для разбросного высева семян и удобрений / Бутрин В.Г., Прилипкин Н.А., Черепенников Н.Н., - №4207183/30-15; Заявл. 04.01.87, Опубл.23.08.89, Бюл. № 31.
6. А.С. 1424753 СССР, МКИ⁴ А01С7/20. Сошник для разбросного посева семян и внесения удобрений / Белоконь А.П., №4035667/30-15; Заявл. 12.03.86., Опубл. 23.09.88, Бюл. № 35.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг Ученики для втузов. 9-е изд.– М.: Наука, 1974. – 478 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике /Под ред. Г. Гроше и В. Циглера. Пер. с немецкого. М.: Наука, 1981. - 718 с.
9. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / Двайт Г. Б. // - М.: Наука, 1973.- 228 с.
10. А 01С7/20 (2006.01) Дисково-анкерный сошник / Басев І.В., Олефіренко С.П., Федоренко В.В. u2007 07292. Заявл. 26.06.2007. Опубл. 11.03.2008. Бюл. № 5.

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF A REFLECTOR SEEDS FOR STRIP CROP UNDER GROUND

I. Bajev

Summary

The optimum form and design parameters of a reflector seeds for nunder ground of strip crop from a position of maintenance of uniform scattering seeds on width of a strip drill, fast fall down seeds without jams and packed by extraneous subjects and ground, simplicity and reliability is proved.