

## Аналіз процесу точного висіву насіння просапних культур і обґрунтування основних напрямків його вдосконалення

У статті розглянуті основні проблеми точного посіву просапних культур, обґрунтовані актуальність та основні напрями його удосконалення для підвищення основних його технологічних показників: продуктивності і якості розподілу насіння в борозні.

**точний висів, продуктивна спроможність, якість посіву, швидкість висівного диска, розподіл насіння, середньоквадратичне відхилення**

Ефективність вирощування просапних культур в значний міри залежить від якості їх посіву, який на даний час здійснюється сівалками для точного однозернового посіву з механічними або пневмомеханічними апаратами з висівними елементами переважно дискового типу.

Огляд і аналіз [1] роботи найбільш поширених сучасних апаратів точного висіву свідчать що вони, в наслідок недостатньої досконалості, не в повній міри забезпечують необхідну якість посіву для певних, насамперед великих норм висіву як при звичайних, так і підвищених до 9...12 км/год робочих швидкостях руху означених сівалок, в наслідок чого вони не в повній міри відповідають агротехнічним вимогам (АТВ) до них. Це знижує продуктивність і зменшує ефективність посіву просапних культур. Тому усунення цих недоліків, а саме підвищення продуктивності і якості посіву просапних культур, є важливою і актуальною задачею.

Для успішного вирішення такої задачі необхідно визначити і обґрунтувати основні напрями подальшого вдосконалення процесу точного висіву та розробити і запропонувати відповідні технічні рішення, які забезпечать їх ефективну реалізацію.

Розглянемо процес однозернового точного висіву насіння означених культур найбільш поширеними на даний час висівними апаратами з вертикальним висівним елементом (диском), основним недоліком якого є насамперед недостатня рівномірність розподілу насіння в борозні для середніх і великих нормах посіву як на звичайних, так і підвищених швидкостях руху посівного агрегату.

Формування однозернового потоку насіння означеними апаратами точного висіву здійснюється їх висівними елементами, переважно дискового типу з робочими отворами або комірками, які спочатку відбирають насіння із загальної маси, що поступає в робочу камеру із бункера, а потім, в процесі їх транспортування диском до викидного вікна і видалення з них зайвого насіння, подають по одному в насіннепровід або сошник. Головними технологічними показниками для оцінки цього процесу являються його продуктивність та рівномірність розподілу насіння в борозні.

Продуктивність однозернового висівного апарату  $N_a$  визначається кількістю насіння, яка висівається за одиницю часу. Вона залежить від швидкості (частоти) обертання  $n$  висівного елемента та кількості робочих отворів (комірок)  $z$  на ньому:

$$N_a = nz, \text{ шт./с.}, \quad (1)$$

висівному елементі з їх кроком  $l_o$  виразом:  $z = \pi D / l_o$ , після підстановки в (1) представлені вирази для  $n$  і  $z$  отримаємо:

$$N_a = v_o z / \pi D, \quad (2)$$

або 
$$N_a = v_o / l_o, \quad (3)$$

де  $D$  - діаметр розташування робочих отворів на висівному елементі, м.;

Параметри  $n$ ,  $v_o$  і  $z$  висівного елемента (диска) є обмеженими певними їх максимальними значеннями  $n_{max}$ ,  $v_{o(max)}$ ,  $z_{max}$ , які залежать насамперед від типу і конструктивних особливостей висівного апарата, а також від інших факторів, що впливають на надійність і якість формування однозернового потоку і визначають його максимальну продуктивну спроможність  $N_{a(max)} = n_{max} z_{max} = v_{o(max)} z_{max} / \pi D$ , шт./с, в межах якої можливо отримати якісне однозернове заповнення робочих отворів висівного елемента насінням, що є головною умовою, необхідною для створення рівномірного насінневого потоку. Для цього необхідно, щоб продуктивна спроможність висівного апарата  $N_{a(max)}$  була достатньою, тобто не меншою, ніж максимальна продуктивність  $N_{c(max)}$  посіву насіння сівалкою в борозну, а саме:

$$N_{a(max)} \geq N_{c(max)}, \quad (4)$$

де

$$N_{c(max)} = V_{c(max)} m_{(max)}; \quad (5)$$

$V_{c(max)}$  – максимальна робоча швидкість руху сівалки, м/с;

$m_{(max)}$  – максимальна норма висіву насіння на погонному метри, шт./м.

При недостатній продуктивній спроможності висівного апарата  $N_{a(max)}$ , реалізація умови (4) може досягатися відповідним зниженням продуктивності сівалки  $N_c$  за рахунок зменшення її робочої швидкості  $V_c$ . Це веде до зменшення технологічної ефективності сівалки на відповідних нормах посіву. Наприклад, для найбільш поширеної сучасної вітчизняної сівалки для точного посіву цукрових буряків УПС 12, при збільшені норми посіву насіння в межах, передбачених АТВ, згідно її інструкції по експлуатації [2], її робочу швидкість  $V_c$  необхідно зменшувати в межах від 9 до 2,5 км/год, тобто більше ніж в 3 разі. Це свідчить про суттєву недостатність продуктивної спроможності  $N_{a(max)}$  їх висівних апаратів і про необхідність її значного збільшення.

Аналіз рівнянь (1)...(3) показує, що підвищення продуктивності означених апаратів формально можливе як за рахунок підвищення швидкості обертання висівних елементів  $n$  та їх робочих отворів  $v_o$ , так і за рахунок збільшення кількості робочих отворів  $z$  на висівному елементі, тобто зменшення кроку  $l_o$  між ними.

Для більшості сучасних апаратів точного висіву, максимально допустима частота обертання  $n_{max}$  висівного елемента (диску), яка визначається величиною граничної швидкості руху робочих отворів (комірок)  $v_{o(max)}$ , як правило, не перевищує значення 0,35...0,45 м/с. Саме в цих межах швидкостей робочих отворів  $v_o$  і експлуатуються реально ці апарати. Тому подальше підвищення їх швидкості понад означених граничних величин для всіх поширених в сільському господарстві сучасних апаратів точного висіву, як правило, призводить до різкого зниження якості заповнення робочих отворів насінням і відповідного суттєвого зменшення рівномірності сформованого апаратом насінневого потоку та до відповідного погіршення кінцевої якості посіву. Тому, подальше підвищення їх продуктивності  $N_a$  до необхідної величини  $N_{c(max)}$  за рахунок підвищення їх швидкостей  $n_{max}$  і  $v_{o(max)}$  без відповідного вдосконалення їх робочого процесу і конструкції є не доцільним в наслідок обов'язкового погіршення при цьому не менш важливого технологічного показника – якості посіву.

Наступна можливість підвищення продуктивності означених апаратів, згідно рівняння (3), пов'язана зі зменшенням кроку  $l_o$  між робочими отворами за рахунок збільшення їх кількості  $z$  на висівному елементі.

Проаналізуємо потенційний резерв такого підвищення продуктивності апарата і оцінімо його вплив на якісний показник його роботи, тобто на кінцеву рівномірність точного пунктирного посіву насіння в борозні.

Потенційний резерв підвищення продуктивності апарата означеним способом при однорядному розміщенні робочих отворів на висівному елементі визначається їх діаметром  $d_o$  і кроком  $l_o$  між ними. Але діаметр робочих отворів  $d_o$  залежить від розмірів насіння і для кожної культури має свої раціональні значення. Тому, фактично єдиним керованим фактором підвищення продуктивності апарата в даному випадку являється зменшення кроку  $l_o$  робочих отворів до його мінімального значення  $l_{o(\min)}$ , який представляє суму:

$$l_o = d_o + \delta, \quad (6)$$

де  $\delta$  – відстань між робочими отворами.

При  $\delta = \delta_{\min} = 0$  маємо:

$$l_o = l_{o(\min)} = d_o, \quad (7)$$

а після підстановки (7) в (3) отримаємо максимальну продуктивність апарата  $N_{a(\max)}$  для даного випадку:

$$N^1_{a(\max)} = v_o / d_o. \quad (8)$$

Для випадку багаторядного розміщення робочих отворів на висівному елементі максимальна продуктивність  $N^k_{a(\max)}$  буде:

$$N^k_{a(\max)} = k v_o / d_o, \quad (9)$$

де  $k$  – кількість рядів робочих отворів на висівному елементі.

Важливо відмітити, що зміна кількості робочих отворів на висівному елементі, насамперед при їх збільшенні, тобто при зменшенні кроку  $l_o$ , може негативно впливати на процес їх заповнення насінням, і тому не завжди забезпечує бажаний, тобто позитивний результат підвищення продуктивності висіву при збереженні його якості. Тому проведемо аналіз впливу зменшення кроку  $l_o$  на другий важливий показник процесу висіву насіння, яким являється кінцева рівномірність його розподілу в борозні.

Для зручності аналізу поділимо умовно весь технологічний процес висіву на наступні три стадії (фази), які протікають одна за одною в наступній послідовності:

1) формування однозернового насінневого потоку висівними елементами, при якому здійснюється спочатку відбір насіння робочими отворами або комірками із загальної маси, що поступає в робочу камеру із бункера, а потім, в процесі його транспортування до викидного вікна, здійснюється видалення зайвого насіння з висівного елемента;

2) подача насіння у викидне вікно і його рух до дна борозни;

3) укладка насіння в борозну та його загорання ґрунтом.

Остаточна, тобто кінцева якість розподілу насіння в борозні залежить від характеру функціонування всіх означених фаз, але насамперед вона визначається рівномірністю, сформованого насінневого потоку в першій фазі процесу, а потім від ступені її збереження в наступних двох фазах. Тому розглянемо спочатку формування насінневого потоку в першій фазі процесу і проаналізуємо фактори, які визначають його рівномірність.

Аналіз показує, що рівномірність сформованого висівним елементом насінневого потоку в першій фазі процесу визначається наступними двома факторами, а саме: якістю однозернового заповнення робочих отворів насінням та рівномірністю інтервалів їх розташування на висівному елементі.

При наявності комірок на висівному елементі їх діаметр  $d_k$ , з метою підвищення надійності їх заповнення насінням, завжди приймається більшим, ніж максимальний розмір (діаметр) насіння  $d_c$  для відповідної фракції. А тому, фактичний крок  $l_a$  між центрами двох суміжних насінин на висівному елементі апарата може коливатися від середнього кроку розташування робочих отворів на висівному елементі  $\bar{l}_o$  в межах  $\pm \sigma_a$ .

Тобто  $l_o = \bar{l}_o \pm \sigma_a$ , де  $\sigma_a$  – середньоквадратичне відхилення інтервалів для насіння на висівному елементі, яке пов'язане з неточністю виготовлення робочих отворів та їх

розміщення на висівному елементі, а також зі зміщенням центрів ваги насіння відносно центрів робочих отворів.

Таким чином, рівномірність насінневого потоку, сформованого висівним елементом залежить не тільки від якості заповнення його робочих отворів, а також від неточності їх виготовлення та асиметричності розташування насіння відносно них на висівному елементі. Тому, навіть при наявності 100% однозернового заповнення робочих отворів насінням, сформований висівним елементом насінневий потік на виході із висівного апарата, як правило, має певну нерівномірність, яка надалі, в наступних двох фазах процесу висіву, в залежності від наявності певних умов і факторів, може як збільшуватися, так і зменшуватися. Оцінка цієї нерівномірності інтервалів (кроку) для насінневого потоку на виході із апарата здійснюється показниками абсолютної нерівномірності  $\sigma_a$  - середньоквадратичним відхиленням та відносною нерівномірності  $v_a$  - коефіцієнтом варіації, який визначається за формулою:

$$v_a = 100 \% \sigma_a / \bar{l}_0. \quad (10)$$

З рівняння (10) витікає, що відносна нерівномірність, тобто коефіцієнт варіації  $v_a$ , сформованого висівним елементом насінневого потоку, буде тим вищою, чим менший середній крок  $\bar{l}_0$  розміщення робочих отворів на висівному елементі. Тому згідно рівняння (10), для підвищення рівномірності насінневого потоку на виході із апарата, необхідно збільшувати величину кроку  $\bar{l}_0$  робочих отворів на висівному елементі за рахунок зменшення їх кількості  $z$ . Але зменшення кількості робочих отворів на висівному елементі автоматично знижує продуктивність апарата і тому, для забезпечення якісного посіву великих норм, необхідно зменшувати швидкість руху посівного агрегату або вдосконалювати процес точного посіву означених культур і засоби його реалізації в напрямку підвищення їх швидкісної спроможності.

Найбільш важливе практичне значення для точного посіву мають показники розподілу насіння в борозні. Тому розглянемо очікуваний результат розподілу вихідного потоку в борозні при зміні кроку розміщення робочих отворів на висівному елементі, за умовою, що в наступних двох фазах процесу висіву не відбувається його перерозподіл.

З умови рівності продуктивності висіву насіння апаратом  $N_a$  і сівалки  $N_c$  в борозну можна записати

$$V_o / l_o = V_c / l_c, \quad (11)$$

Звідки крок розміщення насіння в борозні  $l_c$  буде:

$$l_c = l_o V_c / V_o. \quad (12)$$

Тоді, зробивши заміну  $l_o = \bar{l}_0 \pm \sigma_a$ , рівняння (12) може бути представлено наступним чином

$$l_c = \bar{l}_0 V_c / V_o \pm \sigma_a V_c / V_o \quad (13)$$

З іншого боку

$$l_c = \bar{l}_c \pm \sigma_c, \quad (14)$$

де  $\bar{l}_c$  - середній крок між насінинами в борозні;  $\sigma_c$  - показник абсолютної нерівномірності (середньоквадратичне відхилення) насіння в борозні.

Так як  $\bar{l}_c = \bar{l}_0 V_c / V_o$ , (15)

то  $\sigma_c = \sigma_a V_c / V_o$ . (16)

З рівняння (16) слідує, що абсолютна нерівномірність, тобто середньоквадратичне відхилення розподілу  $\sigma_c$  насіння в борозні буде в стільки разів більше відповідного показника для вихідного потоку насіння  $\sigma_a$ , в скільки разів поступова швидкість руху сівалки  $V_c$  більша швидкості  $V_o$  обертання робочих отворів висівного елементу.

Згідно визначення, показник відносної нерівномірності, тобто коефіцієнт варіації насіння в борозні  $v_\sigma$  дорівнює

$$v_\sigma = \frac{\sigma_\sigma}{\bar{I}_\sigma} \cdot 100\% \quad (17)$$

Після підставлення в рівняння (17) виразів (15) і (16) отримаємо

$$v_\sigma = \frac{\sigma_a \cdot \frac{V_c}{V_o}}{\bar{I}_o \cdot \frac{V_c}{V_o}} \cdot 100\% = \frac{\sigma_a}{\bar{I}_o} \cdot 100\% = v_a. \quad (18)$$

З рівняння (18) слідує, що за умови відсутності перерозподілу насінневого потоку в другій і третій фазах, відносна нерівномірність розподілу насіння в борозні дорівнює відносній нерівномірності розподілу насіння у вихідному потоці.

Розглянемо основні причини, які приводять до перерозподілу сформованого вихідного насінневого потоку в наступних фазах і визначимо необхідні умови для їх усунення або зменшення негативного впливу.

Перерозподіл інтервалів між насінням в заключній фазі висіву, тобто в процесі їх укладки в борозну, як правило, здійснюється або за рахунок відскоку насіння від борозни і їх наступного неоднакового польоту в повздовжньому напрямку, або за рахунок їх нерівнозначного перекочування по борозні в наслідок наявності значної відносної швидкості та різних розмірів, форми та орієнтації окремих насінин відносно дна борозни.

Одна з основних умов виключення перерозподілу вихідних інтервалів в процесі укладки насіння в борозну полягає в усуненні можливості їх перекочування насамперед шляхом погашення відносної швидкості насіння в борозні. Для цього необхідно забезпечити зменшити різницю повздовжньої складової швидкості викиду насіння з апарата зі швидкістю переміщення посівного агрегату при протилежному направленні їх векторів.

Вирішення такого завдання також пов'язане з необхідністю суттєвого підвищення швидкості викиду насіння з робочих отворів висівних елементів до величини поступальної швидкості посівного агрегату, реальний розрив між якими для більшості сучасних як вітчизняних, так зарубіжних сівалок точного посіву просапних культур є досить великий. Наприклад, якщо гранично допустимі швидкості робочих отворів висівних елементів найбільш поширених сівалок не перевищують значення 0,3 – 0,5 м/с, то їх робочі швидкості, згідно агротехнічних вимог, повинні досягати до 2,5 - 3,3 м/с. Усунення цього розриву можливе лише на основі суттєвого вдосконалення процесу точного висіву і створення нових більш швидкісних висівних апаратів, що дозволить покращити їх функціонування як в першій, так і в третій фазах і забезпечить підвищення їх ефективності на точному посіву просапних культур як за рахунок збільшення його продуктивності, так і якості.

Таким чином, з аналізу означеного процесу можна зробити наступні висновки:

1) Найбільш поширені сівалки точного посіву просапних культур є недостатньо досконалими і тому не в повній міри задовольняють агротехнічні вимоги до них;

2) Головний недолік більшості означених сівалок пов'язаний з їх недостатньою продуктивною спроможністю, яка не дозволяє забезпечувати якісний посів середніх і великих норм на звичайних і підвищених до 9...12 км/год робочих швидкостях посівного агрегату;

3) Усунення основних недоліків процесу точного посіву просапних культур і підвищення його ефективності пов'язані з необхідністю покращення його головних технологічних показників, а саме підвищення продуктивності посіву і покращення його якості для середніх і великих норм при звичайних і на підвищених робочих швидкостях сівалок;

4) Покращення основних технологічних показників точного посіву вимагає в першу чергу значного підвищення швидкісної спроможності висівних апаратів до рівня, який наближається до значень поступальної швидкості посівного агрегату;

5) Підвищення рівномірності розподілу насіння в борозні пов'язане насамперед з якістю сформованого в першій фазі насінневого потоку, яка залежить від величини кроку розміщення робочих отворів на висівному елементі. Встановлено, що його збільшення покращує кінцеву рівномірність розподілу інтервалів насіння в борозні.

Для практичної реалізації і перевірки означених вище висновків на кафедрі СГМ Кіровоградського технічного університету було розроблено нове технічне рішення пневмо механічного апарата [3] для точного висіву просапних культур з примусовим захопленням насіння висівним елементом на великих швидкостях робочих отворів висівного елемента до  $3^x$  м/с. Попередні дослідження і випробування нового апарата підтвердили його надійну працездатність і високу технологічну ефективність на висіву насіння цукрових буряків, кукурудзі та інших просапних культур.

## Список літератури

1. Бойко А.И., Свирень Н.А. Теоретические исследования высевающих аппаратов точного посева: Монография. – Кировоград: 2009. -276с.
2. Сеялки универсальные пневматические навесные УПС-8, УПС-12 и их модификации. Инструкция по эксплуатации. – Кировоград: 2010. ОАО «Красная звезда» - 92 с.
3. Петренко М.М. Вдосконалення пневмо механічного висівного апарата для точного висіву насіння просапних культур / Петренко М.М., Васильковський М.І., Васильковська К.В. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, том 1 «Механізація сільськогосподарського виробництва» – 2011. Випуск 107. – С. 359-363.

*М. Васильковський, Е. Васильковська*

### **Анализ процесса точного посева семян пропашных культур и обоснование основных направлений его внедрения**

В статье рассмотрены основные проблемы точного посева пропашных культур, обоснованы актуальность и основные направления его усовершенствования для повышения основных его технологических показателей: производительности и качества распределения семян в борозде.

*М. Vasylovskyy; K. Vasylovskaya*

### **Precise analysis of the process of seeding row crops and substantiation of the basic directions of its implementation**

The article describes the main problems the exact planting row crops, and the urgency of the main directions of its improvement to increase main technological parameters: the productivity and quality of the distribution of seeds in the furrow.

Одержано 25.10.12