

УДК 631.33.02

М.І. Васильковський, доц., канд. техн. наук, К.В. Васильковська, асп.,
Кіровоградський національний технічний університет

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 значній мірі 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 мірі 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 мірі 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 норм 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:

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

Враховуючи, що частота обертання висівного елемента n пов'язана з коловою швидкістю робочих отворів v_o виразом $n = v_o / \pi D$, а кількість робочих отворів z на висівному елементі з їх кроком l_o виразом: $z = \pi D / l_o$, після підстановки в (1) представлені вирази для n і z отримуємо:

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

$$\text{або} \quad N_a = v_o / l_o, \quad (3)$$

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 метрі, 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 δ – 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:

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

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 збереження 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 загортання 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}_0 в межах $\pm \sigma_a$. Тобто $l_o = \bar{l}_0 \pm \sigma_a$, де σ_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 σ_a - середньоквадратичним відхиленням та відносної 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

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

Звідки крок розміщення насіння в борозні l_o буде:

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

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

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

З іншого боку

$$l_o = \bar{l}_o \pm \sigma_o, \quad (14)$$

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

$$\text{Так як} \quad \bar{l}_o = \bar{l}_o V_c / V_o, \quad (15)$$

$$\text{то} \quad \sigma_o = \sigma_a V_c / V_o. \quad (16)$$

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

Згідно визначення, показник відносної нерівномірності, тобто коефіцієнт варіації насіння в борозні v_σ дорівнює

$$v_\sigma = \frac{\sigma_o}{\bar{l}_o} \cdot 100\% \quad (17)$$

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

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

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 мірі 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 высева: 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 высева 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. Vasylykovskiy; K. Vasylykovska

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