

Розділ 2

МАШИНИ ТА РОБОЧІ ПРОЦЕСИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 631.331.85.001.53

ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМОСТРУМИННИХ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ДИСКРЕТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ШВИДКІСНОЇ СІВБИ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Віктор Аулін, д. т. н., Андрій Панков, к. т. н., Андрій Щеглов, к. т. н.

*Центральноукраїнський національний технічний університет,
Університетський проспект, 8, м. Кропивницький, Україна,
e-mail: aulinVV@gmail.com*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2018.01.031>

Постановка проблеми. Через те що в більшості країн можливості розширення посівних площ обмежені або повністю вичерпані, стійкого нарощування виробництва зерна можливо досягти тільки за рахунок збільшення врожайності. Щоб виконати це завдання, необхідно насамперед удосконалювати технології й технічні засоби вирощування зернових культур [3].

Проте в розвитку інтенсивного землеробства виникли принципові труднощі. До них належить, передусім, зростання витрат антропогенної енергії на одиницю продукції. Підвищення врожайності у 2,5 ... 3,0 рази супроводжувалося зростанням питомих витрат енергії в 10 ... 15 разів і більше. Якщо й далі підвищувати продуктивність традиційними методами, то землеробство перетвориться на дуже енергоємну галузь [19].

Традиційні шляхи створення сільськогосподарської техніки (СГТ) не забезпечують підвищення продуктивності праці, пропорційне витратам, і віддачу капіталовкладень. Усе, що має сучасне механізоване сільськогосподарське виробництво (СГВ), не зачіпає самих його основ, закладених багато років тому. Тому зростання енергоозброєності й капіталовкладень усе більше випереджає зростання продуктивності, через що необхідно досліджувати нові можливості технічного переоснащення СГВ.

Зasadничими умовами успішного розвитку технічної сфери СГВ, згідно з [12], є:

- нова техніка, що відповідає технологічному поколінню й устрою;
- високопродуктивне використання агрегатів;
- ефективне машинобудування.

У загальному комплексі агротехнічних заходів важливе місце належить сівбі. Цю технологічну операцію вважають основною як з агрономічної, так і з техніко-економічної сторін [14].

Розвиток технічних засобів для сівби спрямовано на подальше підвищення продуктивності, універсальності та експлуатаційної надійності, поліпшення якості та зниження енергоємності сівби і зменшення ушкодження насіння [18].

До сучасних посівних машин ставлять такі вимоги: забезпечення високої продуктивності, надійності у роботі, зручність в обслуговуванні, висока якість дозування і закладення насіння в ґрунт, порівняно малі матеріаломісткість і енергоспоживання, а також поліпшене художньо-естетичне оформлення [20].

Посівні машини, які використовують нині для пунктирної сівби, мають підвищені енергоємність і матеріаломісткість й забезпечують недостатню якість сівби. Це спричинює збільшення вартості, недостатню надійність машин, підвищену трудомісткість налаштування, налагодження і обслуговування машин у цілому, а також стримує створення і впровадження у виробництво нових їх конструкцій. Недостатня якість сівби проявляється в недотриманні її норм унаслідок нестійкості синхронізації і нерівномірного розподілу насіння [25; 26].

Встановлено, що недосконалість посівних машин призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур на 15 ... 30 % [1].

Ефективність процесу сівби і якісна робота посівної машини залежать від її конструктивно-компонувальної схеми і насамперед від використаної висівної системи, основою якої є ви-

сівний апарат. Проте, незважаючи на численні теоретичні й експериментальні дослідження процесу пунктирної сівби і технічних засобів для його здійснення, резерви підвищення ефективності ще не використані.

Отже, питання дослідження й розробки нових конструкцій висівних апаратів і систем з мінімальною енергетикою виробництва і робочого процесу, високою надійністю, можливістю автоматизації робочого процесу і його керованості на кожній ділянці переміщення, зокрема в інформаційних системах землеробства (ІСЗ), є актуальними.

Тому з метою підвищення ефективності роботи, зниження енергоємності і матеріаломісткості посівних машин, їх модернізації потрібен пошук нових технічних і технологічних рішень, заснованих на сучасних досягненнях науки і техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині існує тенденція застосування в посівних машинах електричних передач. Як показує досвід застосування, на їх основі можлива реалізація гнучкого компонування і спрощення кінематичних зв'язків. Такі передачі більш придатні для автоматизації, плавного регулювання і виявляються економічно доцільними в застосуванні з активними робочими органами навіть за використання нерегульованого приводу [7; 9].

Електропривод розширює можливості техніки. Через декілька років електропривод в СГТ буде поширеним явищем в Європі й Північній Америці. Невеликі електромотори, що живляться від батареї або генератора, контролюватимуть функції, які раніше забезпечував механічний або гідравлічний привод. Електропривод дає нові можливості в експлуатації посівного устаткування: високошвидкісний вимір кількісних показників сівби, регулювання швидкості процесу, засів однієї смуги землі двома видами насіння одночасно тощо [22].

У СГТ необхідність в електроприводі зростає у зв'язку з тим, що технічні засоби стають складнішими і продуктивнішими, збільшуються функціональні можливості і, відповідно, потрібен розвинений потік потужності з її мінімальними втратами, оскільки механічний привод занадто ускладнюється в такому разі, а у гідравлічного приводу недостатній ККД.

За розрахунками фахівців, широка електрифікація повинна початися після остаточної розробки і впровадження двигунів стандарту Tier-4, хоча перші спроби робляться вже зараз. Випробування показують, що електродвигуни забез-

печують кращий пусковий момент, плавніше прискорення і краще гальмування, крім того, економія палива перевищує 20 % [21].

Існує низка висівних пристроїв, що містять у своїй конструкції поєднання дозувальних і приводних елементів з використанням різних видів енергії – механічної, електричної, пневматичної [23]. Ці апарати (електромеханічні, пневмоелектричні, пневмомеханічні, пневмоелектромеханічні) можна об'єднати в розряд комбінованих [6].

В електромеханічних апаратах електрика слугує для приводу робочих органів, а механіка виконує основну роботу з дозування і транспортування насіння. Проте можливі варіанти конструктивного виконання, в яких електрика покращує умови дозування насіння і винесення його з насінневої камери механічними пристроями. У пневмоелектричних апаратах електричні пристрої виконують допоміжні функції. За їх допомогою задаються різні режими роботи апаратів. Основну ж функцію з дозування, утримання і транспортування насіння виконує пневматика [17].

У просапних сівалках електропривод також знаходить застосування [27; 28]. Впровадження індивідуального електроприводу *V-Drive* (рис. 1) для висівних апаратів у просапних сівалках на кожній секції дає змогу легко встановлювати задану норму висіву й точно її витримувати, поліпшити розподіл насіння в рядку.

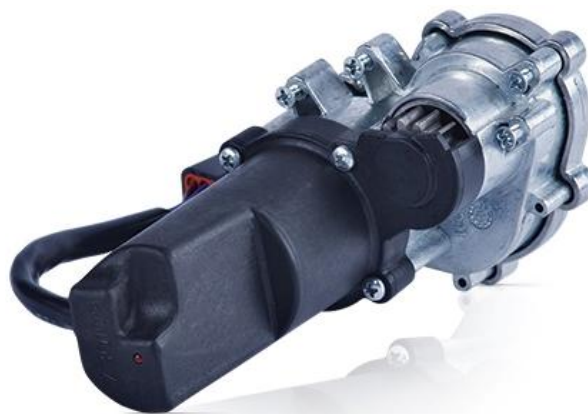


Рис. 1. Індивідуальний електричний привод *V-Drive* висівних апаратів просапних сівалок
Fig. 1. Individual electric drive *V-Drive* of seeders of row crop planters

У разі спільної роботи з навігаційним устаткуванням в ІСЗ привод дозволяє усунути явище «пересівання» на розворотах, з економією до 5 % насіння і забезпечити засів «клинів» з від-

ключенням секцій. Також досягається рівномірність сівби при роботі із «забіганням» крила сівалки [13].

Останнім часом у сівбі просапних культур спостерігається тенденція підвищення продуктивності збільшенням ширини обробки понад 9 м і робочих швидкостей руху понад 12 км/год [5; 15].

Компанія *Precision Planting* повідомила деякі деталі стосовно нового винаходу *SpeedTube* для посівних машин (рис. 2), що дозволяє їм працювати на значно вищих швидкостях, зберігаючи при цьому точну відстань між насінням [5].



Рис. 2. Висівна система *SpeedTube*
Fig. 2. Metering system *SpeedTube*

За умови інтеграції з технологіями виробників *V-Drive*, пристрій *SpeedTube* замінить традиційну систему з насіннепроводом.

У працях [4; 16; 24] встановлено, що раціональною основою принципу дії і робочого процесу висівних апаратів є їх конструкція та енергетика робочого процесу на основі пневматичної системи живлення, а нові можливості для побудови надійних, простих в обслуговуванні і недорогих пристроїв для механізації виробничих процесів і створення систем автоматичного управління в СГТ з'явилися зі створенням елементної бази струмінної пневмоавтоматики (пневмоніки) [8].

Тому на сьогодні одним із напрямів розвитку засобів механізації сівби є дослідження висівних апаратів і систем на основі елементів пневмоніки [4; 16; 24].

Постановка завдання. Метою досліджень є підвищення ефективності роботи висівних систем для пунктирної сівби, зниження енергоємності і матеріаломісткості посівних машин, автоматизація робочого процесу та управління ним на основі застосування елементів пневмоніки.

Завдання досліджень:

1. Розгляд принципової можливості застосування елементів пневмоніки у висівних апаратах і системах для пунктирної сівби.

2. Розробка алгоритмічної моделі пунктирної сівби дозувальним пристроєм з елементами пневмоніки.

3. Розробка принципової, структурної і конструктивно-компонувальної схем висівної системи для пунктирної сівби з елементами пневмоніки.

4. Розробка конструкції висівної системи з елементами пневмоніки для пунктирної сівби.

5. Випробування розробленої конструкції висівної системи і дослідження основних агротехнічних показників її роботи.

6. Визначення напрямів удосконалення і перспектив висівних систем з елементами пневмоніки для пунктирної сівби.

Виклад основного матеріалу. У процесі досліджень використовували такі пристрої та матеріали:

- моделі висівних апаратів з елементами пневмоніки АТВ-7.02 і серійні висівні апарати Н126.13.000 сівалки СУПН-8;

- прилади для вимірювання витрати (лічильник ГБРЛ, реометр-індикатор Т-2-80) і прилади для вимірювання тиску та розрідження (напоровимірювач НМП-100УЗ, тягомір ТНМП-100УЗ, мікроманометр, U-подібний манометр);

- стенд «липка стрічка»;

- посівний матеріал: насіння соняшнику і цукрових буряків;

- сівалка СУПН-8 з трактором.

У процесі досліджень розроблених висівних апаратів використовували гідравлічні методи визначення тиску, витрати і швидкості повітря у висівних апаратах і системах, а також стандартні методи випробування висівних апаратів і систем для пунктирної сівби насіння за показниками надійності сівби та їх відповідності агротехнічним вимогам.

При цьому передбачалося визначення таких показників:

- рівномірності розподілу посівного матеріалу – виміром інтервалів між насінням на липкій стрічці і в борозні;

- ушкодження посівного матеріалу – візуальним оглядом насіння після сівби;

- стійкості й рівномірності сівби окремими апаратами і між апаратами – методом зважування порцій насіння, що відповідають висіяному насінню на 100 метрах пройденого шляху;

- наявності двійників і пропусків насіння в процесі сівби – візуальним оглядом насінного ряду.

Результати досліджень передбачають відображення виконання завдань досліджень:

1. Питання розробки принципів, структурних і конструктивно-компонувальних схем висівних апаратів і систем з елементами пневмоніки показано в роботах [8; 11], тому на підставі цих праць можна зробити узагальнення про можливість створення працездатних моделей таких систем.

2. Системний аналіз існуючих висівних апаратів і систем для пунктирної сівби дав змогу встановити, що одним із напрямів підвищення ефективності технологічного процесу пунктирної сівби є його принципова структурна зміна на основі алгоритмічної моделі дискретного автоматизованого принципу дії висівних апаратів, пов'язаних гнучкою дискретною синхронізацією з переміщенням посівної машини. Для цього необхідно реалізувати крокове функціонування висівного апарата з пневматичним дозуванням, транспортуванням і викидом насіння [24].

3. У даній праці пропонується та досліджується принципово-структурна схема висівної системи для пунктирної сівби з кроковим приводом висівного барабана (рис. 3) і верхньою подачею насіння, де з 24 присосок одночасно працює на транспортування насіння 21 присоска. При цьому пропонується алгоритм робочого процесу полягає в кроковому переміщенні присосок барабанного висівного апарата, утриманні насіння на позиції розвантаження і їх спрямованому пневмоскиданні присосками, а також управлінні операціями процесу сівби за допомогою пневмоімпульсів, які генеруються датчиком швидкості пристроєм синхронізації блока управління і обробляються логічними елементами пневмоніки в блоці управління.

4. На основі алгоритмічної моделі процесу пунктирної сівби і принципово-структурної схеми висівної системи розроблена конструкція висівного апарата з елементами пневмоніки. У результаті досліджень встановлено, що оптимальним технічним рішенням за показниками надійності й відповідності агротехнічним вимогам є конструктивно-компонувальне рішення висівної системи з пневмомеханічним висівним апаратом барабанного типу і з такими присосками, в яких відбувається реверс повітряного потоку, а також з кроковим приводом робочого органа (рис. 4).

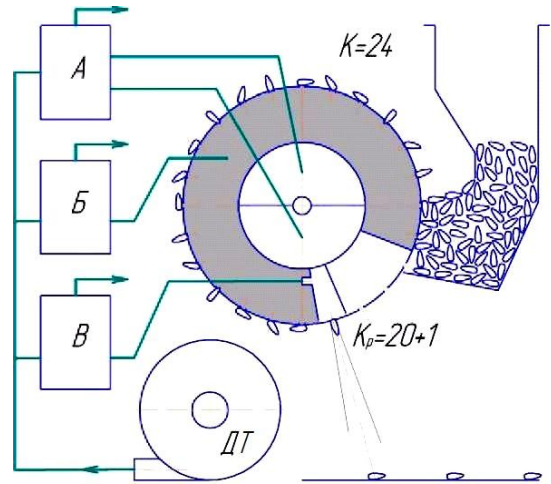


Рис. 3. Принципово-структурна схема пропонованої висівної системи з апаратами верхньої подачі насіння: *A* – блок розподілу, *Б* – блок створення розрідження; *В* – блок реверсу повітряного потоку; *ДТ* – джерело тиску; *K* – загальна кількість присосок;

K_p – кількість робочих присосок

Fig. 3. Fundamentally-structural diagram of the proposed meter system apparatus the upper feed seed: *A* – distribution block, *B* – block vacuum; *B* – unit reverse airflow; *ДТ* – pressure source; *K* – the total number of suction cups; *K_p* – working suction cups

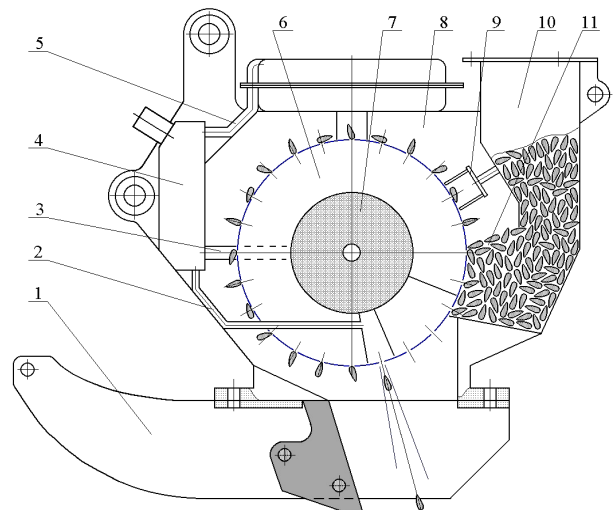


Рис. 4. Конструктивно-компонувальна схема пропонованого пневмомеханічного висівного апарата для пунктирної сівби насіння:

1 – сошник; *2* – реверсний канал; *3* – канал розрідження; *4* – блок управління; *5* – канал надмірного тиску; *6* – барабан; *7* – кроковий привод; *8* – корпус; *9* – скидач; *10* – завантажувальний канал; *11* – насіннева камера

Fig. 4. Structurally-layout scheme of the proposed rotor of the sowing unit for dotted planting seeds:

1 – plowshare; *2* – reverse channel; *3* – vacuum; *4* – control unit; *5* – channel overpressure; *6* – drum; *7* – stepper drive; *8* – body; *9* – collar; *10* – loading channel; *11* – seed camera

Висівний апарат (див. рис. 4) обладнаний барабаном *б* із присосками, скидачем «зайвого» насіння *9*, блоком управління *4* і кроковим приводом *7*. Барабан виконаний з радіальними перегородками, що утворюють у ньому окремі камери. Отвори-присоски розташовуються по периметру барабана в один ряд. Скидач «зайвого» насіння – вилочкового типу, з еластичною оболонкою. Кроковий привод містить елементи струминної техніки і перетворювач обертання. Крокове обертання барабана покращує умови захвату насіння, оскільки його лінійна швидкість періодично змінюється від нуля до максимуму.

Робочий процес висівного апарата протікає так. Насіння з бункера самопливом завантажувальним каналом *10* надходить до насінневої камери *11*, де виконується його захват присосками барабана. У міру обертання барабана насіння проходить зону скидача, де «зайве» відокремлюється від присосок і далі транспортується до нижньої частини апарата на позицію розвантаження. Тут насіння при надходженні синхроімпульсу до блока управління *4* пневматично викидається під певним кутом проти руху посівної машини. Утримання насіння присоскою і подальший його викид здійснюються за рахунок реверсу повітряного струменя в присосній камері барабана, пов'язаний із керованим струминним ежектором.

За умови встановлення в апарат відповідного барабана, можна виконувати гніздовий висів із кількістю насіння у гнізді 1...2, 2, 2...3 і 3 шт.

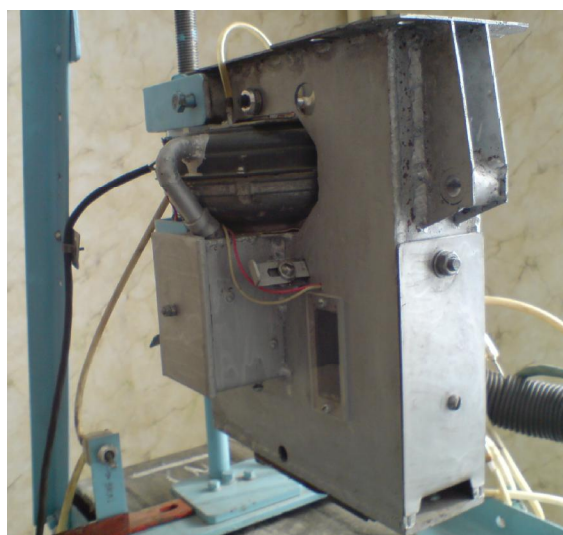
Складові пропонованої конструкції висівної системи з елементами пневмоніки для пунктирної сівби зображені на рис. 5.

Пневматичні імпульси для подальшого посилення і здійснення робочого процесу сівби у висівному апараті (рис. 5, *а*) виробляються в блоці управління (рис. 5, *б*) генератором пневматичних імпульсів, що складається з пневмоструминного датчика *1* з ніпелями і перфорованого диска *2*, який обертається від опорно-приводного колеса посівної машини. Далі імпульси калібруються формувачем імпульсів постійної тривалості *3* з елементами пневмоніки *4*. Формувач імпульсів разом із генератором утворює блок управління і синхронізації процесу висіву зі швидкістю переміщення. Повітря під тиском надходить від джерела високого тиску через фільтр *5*.

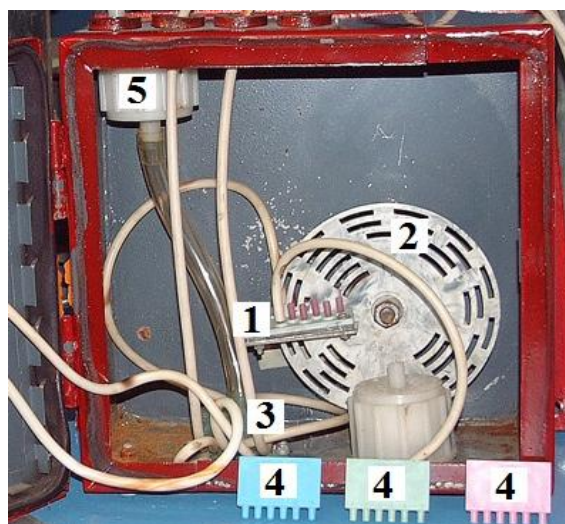
Розрідження в транспортувальних присосках барабана створюється керованим елементом-ежектором, причому кроковий привод висівного барабана працює на надмірному тиску повітря.

Гарантований викид насінин з присоски і якісний їх розподіл уздовж борозни забезпечує блок реверсу «*В*» (див. рис. 3), до складу якого

входить керований елемент-ежектор. Тому для визначення можливості раціонального використання елемента-ежектора для подачі барабаном насіння соняшнику були також проведені експериментальні дослідження гідравлічних показників роботи ежекторного пристрою. При цьому використовувався елемент-ежектор зі соплом не круглого, а прямокутного перерізу, який простіший у виготовленні.



а



б

Рис. 5. Висівна система для пунктирної сівби:

а – висівний апарат; *б* – блок управління:

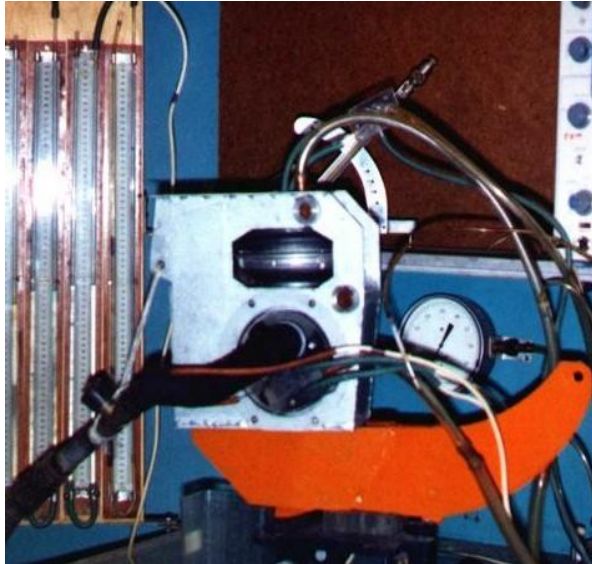
1 – датчик; *2* – перфорований диск; *3* – формувач імпульсів постійної тривалості; *4* – елементи пневмоніки; *5* – фільтр

Fig. 5. The metering system for dotted planting:

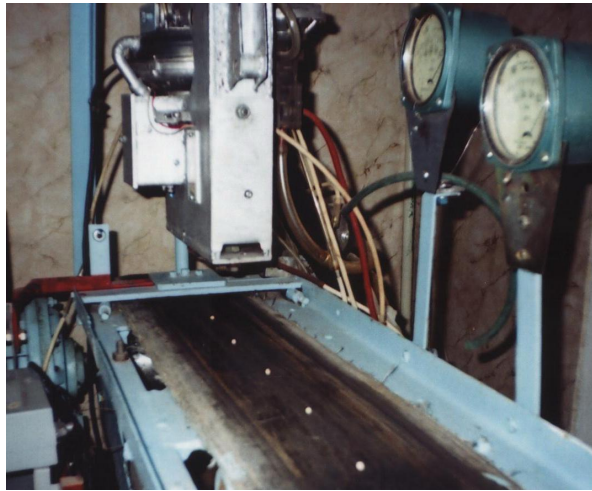
а – sowing machine; *б* – the control unit:

1 – sensor; *2* – perforated disc; *3* – the shaper of pulses of constant duration; *4* – the elements of fluidics; *5* – filter

За результатами порівняльних випробувань і визначення основних агротехнічних показників роботи пропонуваного (АТВ-7.02, рис. 6) і серійного (Н126.13.000 сівалок сівби СУПН-8) висівних апаратів встановлено, що рівномірність розподілу насіння краща в розробленого апарата.



а



б

Рис. 6. Розроблені висівні апарати з елементами пневмоніки для пунктирної сівки:

а – апарат випробовується на стійкість сівки;

б – апарат випробовується на рівномірність сівки на липкій стрічці

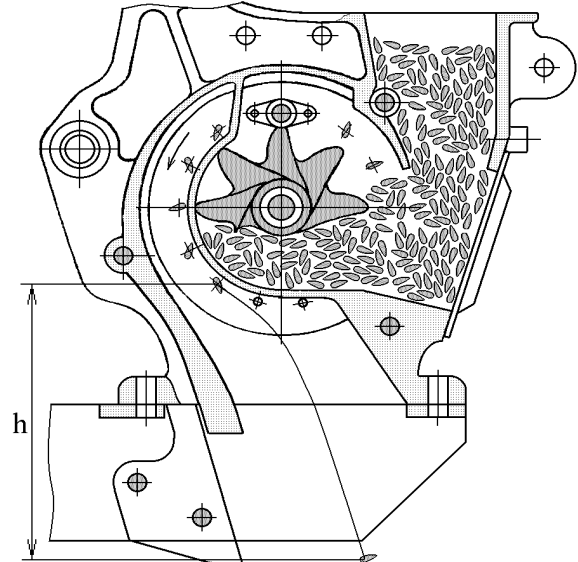
Fig. 6. Developed seed devices with elements of fluidics for dotted planting:

а – the apparatus shall be tested for resistance seeding;

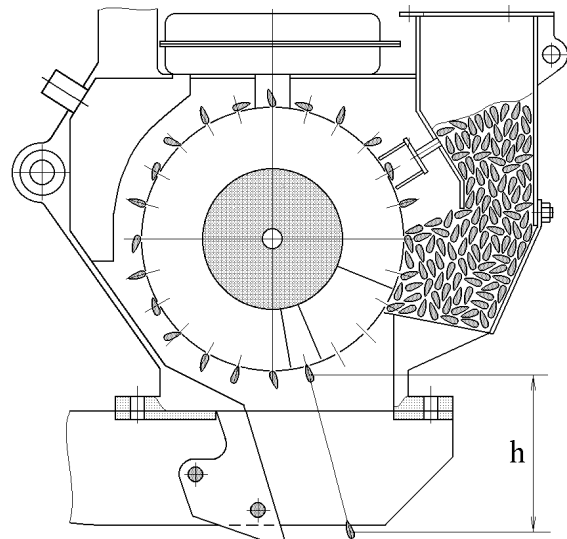
б – the device shall be tested for uniformity of seeding on the sticky tape

При кількісному визначенні рівномірності проводилося порівняння якості роботи апаратів на робочих висотах скидання (для Н 126.13.000

висота $h = 18,2$ см, для АТВ-7.02 – $h = 7,2$ см, рис. 7), яке показало, що перевага щодо рівномірності розподілу насіння ($\Delta\sigma$) буде в розробленого апарата і становить 2,7 см (для насіння соняшнику) і 4 см (для насіння цукрових буряків).



а



б

Рис. 7. Схема скидання насіння робочим органом висівного апарата:

а – серійним Н126.13.000; б – розробленим АТВ-7.02

Fig. 7. Scheme of seed discharge working body of the sowing device:

а – serial H126.13.000; б – developed ATB-7.02

Висів був стійкий, при цьому нерівномірність формування початкового потоку в апаратах і між апаратами становила не більше ніж 2 % для розробленого і 3 % для серійного апаратів, що відповідає агротехнічним вимогам до посівних машин пунктирної сівки.

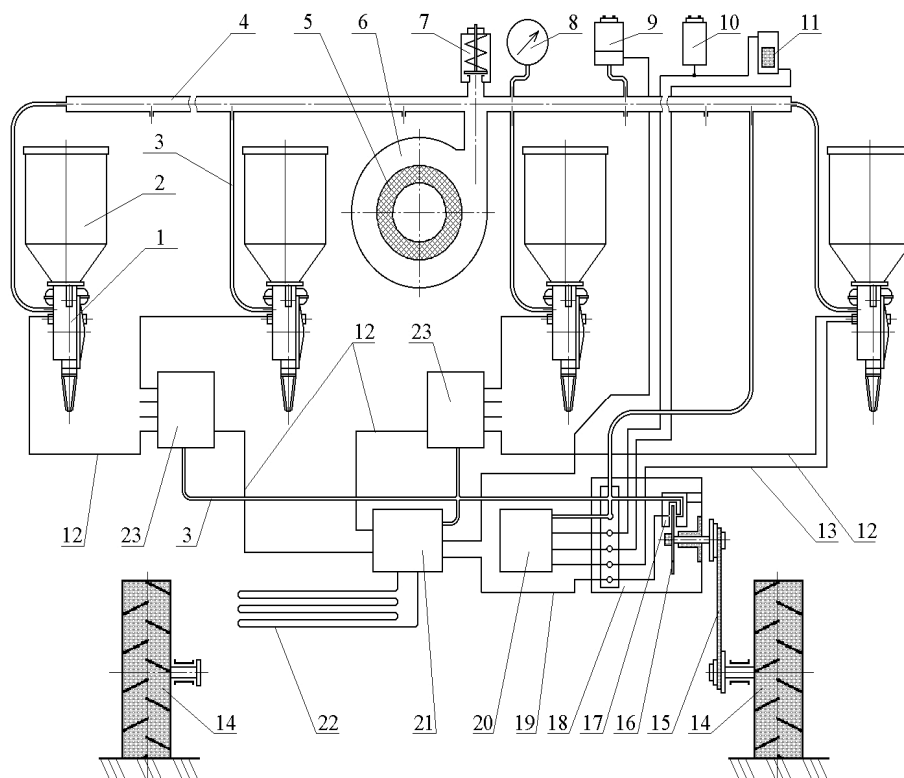


Рис. 8. Схема посівної машини для пунктирної сівби з висівними апаратами на основі елементів пневмоніки: 1 – висівний апарат; 2 – бункер; 3 – повітропровід живлення; 4 – магістральний повітропровід; 5 – фільтр; 6 – джерело живлення; 7 – стабілізатор тиску; 8 – манометр; 9, 10 – порти; 11 – індикатор; 12 – трубки імпульсів; 13 – контрольна трубка; 14 – опорне колесо; 15 – пасова передача; 16 – перфорований диск; 17 – датчик швидкості; 18 – корпус блока управління; 19 – сигнальний канал; 20 – блок контролю висіву; 21 – приймальний блок; 22 – лінія затримки; 23 – підсилювач імпульсів

Fig. 8. The scheme of sowing machines for dotted planting with sowing machines on the basis of elements of fluidics: 1 – sowing machine; 2 – bunker; 3 – feed hose; 4 – main air line; 5 – filter; 6 – power supply; 7 – pressure regulator; 8 – manometer; 9, 10 – ports; 11 – display; 12 – tube shocks; 13 – the control tube; 14 – wheel; 15 – belt drive; 16 – perforated disc; 17 – the gauge of speed; 18 – control unit; 19 – the signaling channel; 20 – control unit seeding; 21 – receiving unit; 22 – delay line; 23 – amp pulses

На рис. 8 подано принципову схему машини з висівними апаратами на основі елементів пневмоніки, а на рис. 9 – розроблену висівну систему в процесі польових випробувань.

Лабораторно-стендові й польові випробування висівної системи показали високу якість сівби (коефіцієнт варіації 18,2...25,4 % і точність інтервалів між сходами рослин 86,7...85 %) для розробленого апарата. Для серійного апарата ці значення становлять 25...30 % і 80...82 %, що відповідає агротехнічним вимогам до пунктирних сівалок.

Поліпшені показники розробленого апарата пояснюються наявністю примусового пневмоскидання насіння на дно борозни (рис. 7) і, отже, відсутністю розкочування насіння від заданого положення.



Рис. 9. Посівна машина з висівними апаратами пунктирної сівби на основі елементів пневмоніки на польових випробуваннях

Fig. 9. Sowing machine for dotted planting based on the elements of fluidics on field trials

За час досліджень у нового апарата, на відміну від серійного, не спостерігалось ушкоджень посівного матеріалу, оскільки принцип дії серійного висівного апарата дискового типу не дає змоги уникнути ушкоджень насіння, кількість якого у серійного апарата сягає 2 %, знижуючи тим самим польову схожість посівного матеріалу.

Подальше вдосконалення принципово-компонувальної і конструктивної схем, а також зниження енерговитрат на процес сівби розробленим висівним апаратом з кроковим приводом висівного барабана забезпечується нижньою подачею насіння (рис. 10).

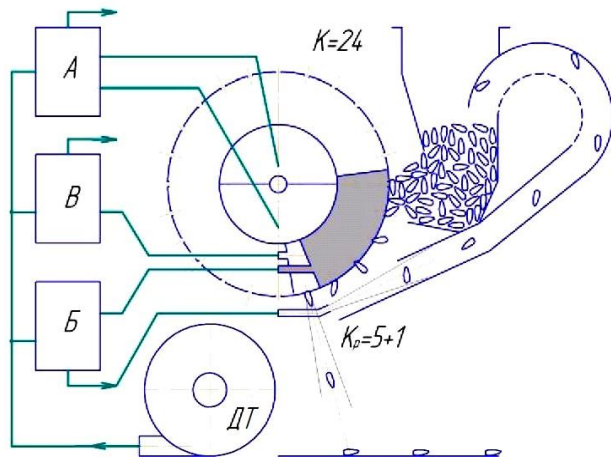


Рис. 10. Схема висівної системи з апаратом з нижньою подачею насіння:

A – блок розподілу, *Б* – блок створення розрідження; *B* – блок реверсу повітряного потоку; *ДТ* – джерело тиску; *K* – загальна кількість присосок;

K_p – кількість робочих присосок

Fig. 10. The scheme of the seeding system machine with bottom feed seed:

A – distribution block, *Б* – block vacuum; *B* – unit reverse airflow; *ДТ* – pressure source; *K* – the total number of suction cups; *K_p* – working suction cups

Якщо обергати барабан за годинниковою стрілкою, то до місця подачі насіння знадобиться відстань, що відповідає розташуванню шести присосок (тобто п'яти транспортувальних і однієї реверсної присоски), що забезпечить зниження витрати повітря в 3-4 рази, а отже, і загальне зниження експлуатаційних енерговитрат. Однак за нижньої подачі необхідно видаляти зі зони скидання «зайве» насіння, що просипалося в проміжок між барабаном і насінневою камерою. Для цього пропонується використовувати повітряний потік на виході з ежектора (блок *B*), який раніше не був задіяний. Згідно з розрахунками, витрата повітря на виході з ежектора, що створює

розрідження для п'яти присосок, забезпечить достатню швидкість потоку (близько 20 м/с) перерізом 20×20 мм для транспортування «зайвого» насіння назад у насінневу камеру.

Застосування елементів пневмоніки у висівних системах має в цілому значні перспективи. Відомо, що системи управління на основі елементів пневмоніки можуть працювати в ускладнених умовах експлуатації [2; 10]. Є й інші переваги висівних систем на основі елементів струминної пневмоавтоматики, а саме:

- низька вартість комплектувальних деталей;
- простота технології виготовлення (лиття, роздруківка на 3D-принтері);
- мала матеріаломісткість, мініатюрність і швидкодія;
- мінімум рухомих механічних деталей;
- відсутність індивідуальних регулювань для встановлення норм висіву;
- відсутність приводів і коробок зміни передач, точок мащення;
- простота налаштування норми висіву, перебудови на різні схеми посіву;
- відносно мала споживана потужність висівної системи;
- можливість повної автоматизації і контролю робочого процесу.

Крім зазначених переваг висівних систем з елементами пневмоніки, необхідно відзначити можливість легшого здійснення автоматизації процесу висіву пропонованими апаратами, у тому числі і в системі точного інформаційного землеробства. Цього досягають за рахунок дискретного принципу дії висівних апаратів, що полегшує їх адаптацію до електронних пристроїв, на відміну від аналогового робочого процесу багатьох застосовуваних висівних апаратів і систем.

Висновки. Сучасний рівень розвитку механізованих процесів у сільському господарстві вимагає пошуку нових можливостей для підвищення рентабельності рослинництва і ефективності використання посівної техніки.

1. Аналіз існуючих конструкцій висівних апаратів для пунктирної сівби показує, що вони складні і мають недостатню якість сівби, а також підвищену енергоємність робочого процесу.

2. Пропоновані конструктивно-компонувальні схеми висівних апаратів з елементами пневмоніки і їх технічна реалізація визначають оптимальні рішення для швидкісної пунктирної сівби, а також диференційованого розподілу посівного матеріалу по площі поля в ІСЗ, за

дотримання показників надійності і відповідності агротехнічним вимогам.

Бібліографічний список

1. Астахов В. С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Горки, 2007. 377 с.
2. Аулин В. В., Панков А. А., Замота Т. Н. Надёжность рабочих процессов технических средств АПК с элементами пневмоники. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2016. № 5. С. 117–125.
3. Блажинский Г., Петровец В. Интенсивная технология возделывания зерновых культур с применением постоянной колеи. *Техника в сельском хозяйстве*. 1988. № 5. С. 60–63.
4. Бурков Ю. Г., Горюнов В. А., Дьячков Е. А. Использование элементов струйной техники для посева семян сеялками. *Датчики и системы*. 2009. № 3. С. 30–32.
5. В скором времени может появиться сеялка со скоростью посева 20 км/час. *Агромир*. URL: <http://wiki.ru/sites/agromir/id-news-485865.html>.
6. Высевающие аппараты пропашных сеялок. URL: <http://hoztehnika.ru/2011-07-17-11-40-42/2011-07-18-03-10-53/288-vusevauschie-aparatu-propashnuh-seyalok.html>.
7. Жук А. Ф., Кабаков Н. С., Сушевская Г. Д. Обоснование комплекса почвообрабатывающих машин с электроприводом рабочих органов для возделывания озимых зерновых культур. *Научные труды ВИЭСХ*. Москва, 1983. 107 с.
8. Залманзон Л. А. Специализированные аэрогидродинамические системы автоматического управления. Москва: Наука, 1978. 464 с.
9. Кабанов И. Д., Епишков Н. Е., Редько И. Я. Повышение технико-экономических показателей мобильных технологических агрегатов с помощью электрических передач. *Повышение технико-экономических показателей сельскохозяйственных тракторов*. Челябинск, 1985. С. 30–33.
10. Касимов А. М. Развитие пневматических средств автоматизации. *Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения»*. Москва, 2010. С. 640–652.
11. Коваль В. Я., Кириченко В. Е., Щеглов А. В. Результаты испытаний дозирующей системы пневматического действия. *Совершенствование технологического процесса и конструкций рабочих органов сельскохозяйственной техники*: сб. науч. тр. Харьков: ХГАУ, 1992. С. 49–54.
12. Краснощеков Н. В. Итоги и основные направления агроинженерных исследований по научному обеспечению АПК. *Техника в сельском хозяйстве*. 2000. № 4. С. 3–6.
13. Модернизация сеялок. URL: <http://intris.com.ua/agricultural-machinery/modernizatsiya-seyalok.html>.
14. Мухин С. П. Систематизация высевающих аппаратов машин посевного комплекса. *Достижения науки и техники АПК*. 1992. № 7. С. 33–35.
15. Панков А. А., Аулин В. В., Черновол М. И. Технические средства процесса посева на основе элементов пневмоники: монография. Кировоград, 2016. 242 с.
16. Панков А. А., Щеглов А. В. Совершенствование пневматических высевающих аппаратов. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. 2011. Спец. вип. № 30. С. 338–341.
17. Петров А. М., Машков С. В., Котрухова Е. С. Анализ конструкций высевающих аппаратов точного посева пропашных сеялок и посевных комплексов. *Образование, наука, практика: инновационный аспект*: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню российской науки, 5-6 февр. 2015 г. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. Т. 2. С. 109–111.
18. Погорельый Л. В. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники. Киев: Техніка, 1990. 176 с.
19. Свентицкий И. И. Биоэнергетические аспекты системных решений в высокоинтенсивном земледелии. *Техника в сельском хозяйстве*. 1988. № 3. С. 46–50.
20. Соклаков В. В. Режимы и параметры универсальной дозирующей системы дифференцированного посева семян: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Зерноград, 2003. 179 с.
21. Технологии, которые изменяют сельское хозяйство. Техника с электрическим приводом. URL: <http://agro-inform.com.ua/?p=440>.
22. ТОП-10 технологических решений будущего для сельского хозяйства. URL: <http://businessviews.com.ua/ru/business/id/top-10-tehnologicheskikh-reshenij-buduschego-dlja-selskogo-hozjajstva-646/>.
23. Фирсов А. С., Голубев В. В. Анализ конструкций высевающих аппаратов для возделывания сельскохозяйственных культур. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. № 4 (42). С. 85–88.
24. Щеглов А. В. Перспективная высевающая система. Критерии выбора схемы. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. 2010. № 20. С. 202–206.
25. Belodedov V., Nosko P., Boyko G. et al. Parameter optimization of dosator for technique cultures on the quantity intervals, close by to calculation. *MOTROL. Commission of Motorization and Power Energetics in Agriculture*. 2013. Vol. 13, No. 4. P. 18–24.
26. Belodedov V., Nosko P., Fil P., Stavitskiy V. Parameter optimization using coefficient of variation of intervals for one-seed sowing apparatus with horizontal disk during maize seeding. *MOTROL. Commission of Motorization and Power Energetics in Agriculture*. 2007. Vol. 7. P. 31–37.
27. Eikel G. Der elektronische Pillenabstand. Fachbericht Kleine Unicorn synchro – drive. *Prof. Magazin fur Agrartechnik*. 1995. No. 2. S. 29–33.
28. Holtmann W. Rubensaat mit Elektronik Kette. *Prof. Magazin fur Agrartechnik*. 1997. No. 5. S. 76–79.

Аулін В., Панков А., Щеглов А.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМОСТРУМІННИХ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ДИСКРЕТНОЇ ДІЇ
ДЛЯ ШВИДКІСНОЇ СІВБИ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Пошук нових можливостей для підвищення ефективності процесу сівби є актуальним завданням. Для покращання якості роботи, зниження енергоємності та матеріаломісткості посівних машин, а також їх модернізації необхідне застосування нових технічних і технологічних рішень, заснованих на сучасних досягненнях науки і техніки. Останнім часом у сівбі просапних культур існує тенденція підвищення продуктивності збільшенням робочих швидкостей руху сівалок понад 12 км/год, що реалізується застосуванням у них індивідуальних електричних приводів, зокрема для висівних апаратів.

Встановлено, що нові можливості у створенні надійних, простих в обслуговуванні і недорогих пристроїв для механізації виробничих процесів, у тому числі й для сівби, а також побудови систем автоматичного управління у сільському господарстві з'явилися з використанням елементної бази струмінної пневмоавтоматики (пневмоніки). У представлених дослідженнях розглянуто застосування елементів пневмострумінної техніки під час розробки висівних пристроїв для пунктирної сівби.

Лабораторні та виробничі випробування показали високу якість розподілу насіння на сівбі (точність інтервалів у розробленого і серійного апаратів відповідно становить: для насіння цукрових буряків – 100 і 83 %, для насіння соняшнику – 100 і 85 %). За час досліджень у розробленому апараті, на відміну від серійного, не спостерігалось ушкоджень посівного матеріалу, що підвищує схожість насіння. Висів є стійким, а нерівномірність формування вихідного потоку по апаратах і між апаратами була не більш ніж 2 % для розробленого і 3 % для серійного висівних апаратів, що відповідає агротехнічним вимогам до сівалок пунктирної сівби.

Ключові слова: сівба, висівний апарат, висівна система, автоматизація, пневмоніка, дискретність, швидкість, ефективність.

Aulin V., Pankov A., Shcheglov A.

**THE RESEARCH OF JET PNEUMATIC SOWING DEVICES OF DISCRETE ACTION FOR RAPID
SOWING IN THE INFORMATION SYSTEM OF AGRICULTURE**

The current level of development of mechanized processes in agriculture requires the search for new opportunities to improve the profitability of crop production and the efficiency of the use of sowing equipment. Therefore, to improve the quality of work, reduce energy and material consumption of sowing machines, as well as their modernization, it is necessary to use new technical and technological solutions based on modern achievements of science and technology. Analysis of existing designs of sowing machines for dotted sowing shows that they are complex, have insufficient quality of sowing, as well as increased costs of materials and energy for the implementation of the working process. Recently, in the field of sowing row crops, there is a tendency to increase productivity by increasing the operating speeds of seeders more than 12 km/h, which is realized by using individual electric drives in them, in particular for sowing machines.

It is established that new opportunities in the creation of reliable, easy to maintain and inexpensive devices for mechanization and automation of production processes, including for dotted sowing, as well as the construction of automatic control systems in agriculture, appeared with the use of the element base of jet pneumatic automation (fluidics). In the presented studies, the application of elements of air-jet technology in the development of sowing devices for dotted sowing is considered.

Laboratory and production tests of the developed devices showed high quality of seed distribution during sowing (accuracy of intervals in the developed and serial devices, respectively, is: for beet seeds – 100 and 83 %, for sunflower seeds – 100 and 85 %). During the research in the developed apparatus, in contrast to the serial, there was no damage to the seed material, which increases the germination of seeds. Sowing is stable, while the uneven formation of the output flow on the machines and between the machines was not more than 2 % for the developed and 3 % for serial machines, which corresponds to the agrotechnical requirements for the operation of seeders dotted sowing.

The proposed design and layout schemes of sowing machines with elements of fluidics and their technical implementation determine the optimal solutions for high-speed dotted sowing, as well as the differentiated distribution of sowing material over the field area in the information systems of agriculture, subject to indicators of reliability and compliance with agrotechnical requirements.

Key words: sowing, sowing device, metering system, automation, fluidics, discreteness, speed, efficiency.

Стаття надійшла 04.11.2018