

УДК 631.331.53

С.А. Мартиненко, доц., канд. техн. наук, Т.М. Ауліна, доц., канд. техн. наук  
Кіровоградський національний технічний університет

## Пневматичний висів зернових культур

В статті надається розроблена авторами конструкція пневматичного висівного апарату для рядового висіву зернових культур. В ній дозування потоку насіння здійснюється окремо на кожний сошник. При цьому, на відміну від котушкового висівного апарата, «активний шар» насіння утворюється з допомогою повітря підвищеного тиску, тобто створенням повітрянонасіневого потоку. Проведено теоретичне обґрунтування працездатності апарату на підставі чого визначені потрібні витрати повітря та обрано вентилятор що забезпечить роботу сівалки в цілому.

**пневматичний висів зернових культур, теоретичне обґрунтування роботи пневматичного висівного апарату**

Традиційно рядовий висів зернових культур здійснюється сівалками з котушковим висівним апаратом. Але на ланах все частіше з'являються пневматичні рядові сівалки. В більшості це сівалки с централізованим дозуванням насіння - СЗПЦ-12, ССНП-12 (Росія), СПУ-6 (Білорусія), Gigante 900 (Gaspardo, Італія). До пневматичних рядових сівалок також відносять сівалки с пневматичним транспортуванням насіння до сошника при котушковому дозаторі – сівалка «Донеір».

Порівняно з індивідуальним котушковим дозатором, централізоване дозування насіння потребує значно менше механічних передач, що спрощує конструкцію. З іншого боку погіршується рівномірність розподілу насіння між сошниками за рахунок чутливості до нерівностей поля. В деяких сівалках для запобігання цього використовують гідравлічний розподіл додаткової ваги на бічні секції задля кращого забезпечення копіювання ґрунту ( сівалка Great Plains 907HD).

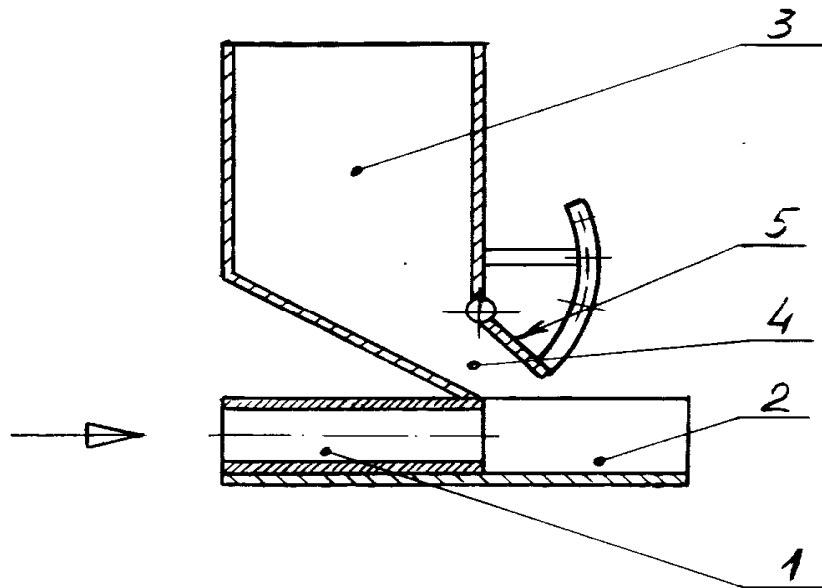
Нами була розроблена принципова конструкція пневматичного висівного апарата рядового висіву, яка, на наш погляд, поєднує переваги пневматичного висіву та індивідуального дозування. В ній дозування потоку насіння здійснюється окремо на кожний сошник. При цьому, на відміну від котушкового висівного апарата, «активний шар» насіння утворюється з допомогою повітря підвищеного тиску, тобто створенням повітрянонасіневого потоку.

Схематично це виглядає так (рис. 1). Повітропровід 1 розташовано у лотку 2. Зверху над повітропроводом встановлена ємність 3 з насінням. З неї насіння через отвір 4 витікає на лоток і під дією надлишкового тиску повітря що подається через повітропровід утворюється повітрянонасінева суміш, яка спрямовується у насіннепровід. Кількість насіння, що подається на лоток регулюється заслінкою 5.

Для визначення основних параметрів і режимів роботи запропонованого апарата треба розглянути окремо два етапи, з яких складається робота апарата: витік насіння під дією сили тяжіння з ємності на лоток через отвір що регулюється, та створення повітрянонасіневої суміші.

Перший етап повинен забезпечити потрібну норму висіву, а другий - транспортування насіння з поверхні лотка до насіннепроводу. Витікання насіння через отвір забезпечує потрібну норму висіву. Цей процес повинен здійснюватися стало і безперервно. Регулювання норми висіву здійснюється за допомогою заслінки що

регулює величину отвору. В подальших розрахунках щосекундна подача насіння з одного висівного апарату бралася спираючись на максимальну норму висіву насіння пшениці. Кількість висівних апаратів в сівалці – 24 (сівалка СЗ-3,6).



1 - повітропровід; 2 - лоток; 3 –ємність; 4 -отвір; 5 –заслінка

Рисунок 1 – Пневматичний висівний апарат

Процес витоку насіння з ємності під дією сили тяжіння через отвір, розміри якого ненабагато перевищують розмір насіння, розглянуто в нашій роботі [1]. Розглянемо процес створення повітрянонасіневої суміші з метою визначення її основних параметрів, а саме – потрібний надлишковий тиск повітря, його швидкість та витрати для створення «активний шару» насіння та їх подальшого транспортування.

Пневматичне транспортування є процес переміщення двокомпонентного середовища системи: повітря (суцільне середовище) – тверді частини (дисперсне середовище). Система що є в стані спрямованого руху зветься потоком. Якщо в потоці присутня дисперсне середовище, його називають дисперсним. Такий потік може складатися з двох або більше компонентів і називатися, відповідно, двокомпонентним, або багатокомпонентним. Повітрянонасіневий потік є багатокомпонентним, оскільки його дисперсне середовище складається з частин, які відрізняються між собою по фізичним, аеродинамічним та іншим властивостям.

На насіння що переміщується по лотку крім сил аеродинамічного опору діють поперечні сили. Вони є наслідком різних швидкостей обтікання насіння. Треба зазначити, що поперечні сили, які діють на насіння та причини що їх викликають неможливо точно математично описати, а наслідком їх дії є тертя насіння о лоток. Тому в теорії пневмотранспортування, за звичаєм, їх розглядають не як окремі складові опору, а відносять до загального опору тертя насіння о стінки лотка.

Швидкістю повітряного потоку що транспортує називають мінімальну швидкість, яка забезпечує надійне та стале переміщення матеріалу. Якщо цю швидкість перевищити – надійність транспортування підвищується, але в той же час підвищується потужність приводу повітрятранспортеру. При цьому потужність

приводу пропорційна кубу швидкості повітряного потоку і тому підвищення швидкості повітряного потоку більше за таку що транспортує – небажано.

За критерій швидкості транспортування обирають початок зсуву матеріалу по дну лотка. Швидкістю зсуву називають мінімальну швидкість повітряного потоку, при якій насіння, що лежать на дні лотка, починають рухатися с місця.

Розглянемо сили що діють на насініну, яка лежить на лотку (рис. 2). Це сила прямого тиску повітря  $F_{л}$ , сила взаємодії потоку повітря с площиною насініни  $P$ , підйомна Архімедова сила  $A$ , вага насініни  $G$ , та сила тертя  $F_{тр}$ .

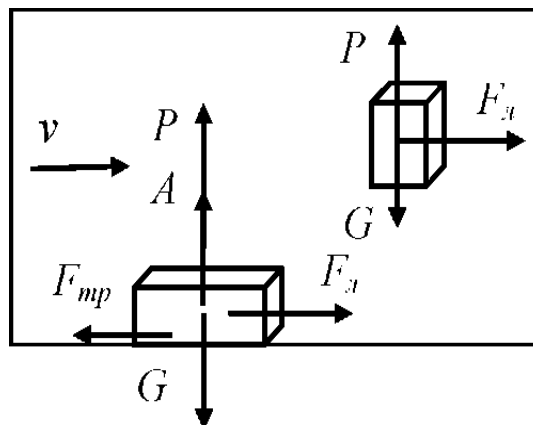


Рисунок 2 – Сили, що діють на насініну у горизонтальному лотку

Сила прямого тиску повітря  $F_{л}$  може бути знайдена з рівняння

$$F_{л} = \rho \xi_{л} S_0, \quad (1)$$

де  $\rho$  - щільність повітря,  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ;

$\xi_{л}$  – аеродинамічний коефіцієнт прямого опору нерухомої насініни;

$S_0$  – площа перерізу насініни, яка перпендикулярна потоку повітря, що набігає.

Сила взаємодії потоку повітря с площиною насініни в випадку, коли кут атаки дорівнює нулю ( насініна лежить на дні лотка), залежить від градієнта швидкості на нижній та верхній поверхнях насініни і є силою що піднімає  $P$ , яка визначається рівнянням.

$$P = \rho \xi S, \quad (2)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт аеродинамічного опору насініни при її обтіканні повітряним потоком;

$S$  – площа перерізу насініни перпендикулярна потоку.

Архімедова сила  $A$ , що діє на насініну, визначається з умови витискування її з повітряного середовища.

$$A = lbh \rho g, \quad (3)$$

де  $l, b, h$  – розміри насініни, мм;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Сила тертя насініни по дну лотка,  $F_{тр}$ .

$$F_{тр} + Gf, \quad (4)$$

де  $G$  – вага насініни;

$f$  – коефіцієнт тертя насініни по дну лотка.

Враховуючи, що сума проєкцій векторів сил на дно лотка дорівнює нулю, запишемо

$$F_{л} - (G - P - A)f = 0. \quad (5)$$

Сили  $P$  і  $A$  що входять до формули, значно менше за вагу насініни  $G$ . Тому можна прийняти, що рух матеріалу по дну лотка починається при умові

$$F_n \geq F_{тр.}$$

Цю умову можна записати у вигляді

$$v^2 \frac{\rho}{2} \xi S_0 \geq Gf.$$

Тоді швидкість потоку повітря потрібна для початку руху

$$v = \sqrt{\frac{2G}{\rho S \xi}}. \quad (6)$$

При збільшенні швидкості повітряного потоку більше за швидкість початку руху підйомна сила зростає і припіднімає насінину з дна лотка. Але, під дією гравітаційних сил насінина періодично опускається на дно і рухається вздовж лотка стрибками. Це є період несталого руху, коли швидкість насінини менше за швидкість повітря. При подальшому збільшенні швидкості повітря, швидкість руху насінини наближається до сталого коли співвідношення швидкостей насінь та повітря наближається до сталої величини.

$$\frac{v_n}{v} = \text{const}, \text{ при цьому завжди } \frac{v_n}{v} \leq 1.$$

Швидкість повітряного потоку при сталому русі є швидкістю транспортування для одиничної насінини. В потоці аеросуміші коли рухаються багато насінин, вони взаємодіють між собою та стінками лотка. При цьому, чим більше насінин, тобто чим вище концентрація суміші, тим більше зіткнень однієї з одною і із стінками лотка. Як наслідок, швидкість руху матеріалу падає. З врахуванням концентрації суміші оптимальна транспортуюча швидкість  $v_{\text{опт}}$ , м/с, знаходиться по наступній формулі:

$$v_{\text{опт.}} = (4 \mu \frac{v}{v_n} + 0,01 \rho_n + b), \quad (7)$$

де  $\mu$  - концентрація суміші;

$v/v_n$  - параметр випередження повітряного потоку;

$\rho_n$  - щільність насіння, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_n = 750 \text{ кг/м}^3$  [2];

$b$  - коефіцієнт форми та розміру насінь,  $b=14$  [3].

Витратна концентрація суміші є відношення маси насінь до маси повітря, що проходять по лотку в одиницю часу

$$\mu = M_n/M_b, \quad (8)$$

де  $M_n$  - маса насіння, переміщуваного по лотку в одиницю часу, кг/с;

$M_n = 0,01 \text{ кг/с}$ ;

$M_b$  - масовий потік повітря, кг/с.

$$M_b = Fv \rho, \quad (9)$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу лотка,  $F = 4,5 \times 10^{-4} \text{ м}^2$ .

Швидкість повітря повинна перевищувати швидкість руху насінь. При швидкості руху сівалки 7,2 км/год, та нормі висіву 250 кг/га (пшениця), об'ємна швидкість потоку насінь через один висівний апарат повинна складати 10гр/с. Відповідно лінійна -  $v_n = 22,2 \text{ м/с}$ . З врахуванням, що швидкість повітря повинна бути більше за швидкість руху насінь, або дорівнювати їй, прийmemo  $v = 22,2 \text{ м/с}$ . Тоді підставляючи в (9), отримуємо

$$M_b = 4,5 \times 10^{-4} \times 22,2 \times 1,2 = 0,012 \text{ кг/с}.$$

Повертаючись до (8) отримуємо

$$\mu = \frac{0,01}{0,012} = 0,83.$$

Оптимальна транспортуюча швидкість повітря (7) буде

$$v_{\text{опт.}} = (4 \times 0,83 \times 1 + 0,01 \times 750 + 14) = 24,82 \text{ м/с.}$$

Витрати повітря через один висівний апарат при цьому будуть

$$Q_{\text{в.а.}} = F v_{\text{опт.}}, \\ Q_{\text{в.а.}} = 4,5 \times 10^{-4} \times 24,82 = 0,011 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Загальні витрати повітря усієї сівалки з 24 висівними апаратами

$$Q = 24 \times 0,011 = 0,26 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для забезпечення роботи сівалки можна порекомендувати вентилятор ЦАГИ типу Ц7 – 15, №10. Цей вентилятор по своїм параметрам здатний забезпечити роботу сівалки в цілому.

### Висновки:

1. Запропонована конструкція пневматичного висівного апарата для рядового висіву зернових культур.

2. Проведено теоретичний аналіз працездатності апарата та на підставі розрахунку режиму роботи апарата при максимальних нормах висіву обрано вентилятор, що забезпечує роботу сівалки в цілому.

3. Оскільки розміри отвору для витікання насіння на лоток взято орієнтовно, в подальшому буде розраховано його розміри в залежності від культури, що висівається, та відповідних норм висіву.

### Список літератури

1. Мартиненко С.А. Моделювання процесу витікання насіння з малих ємностей / Мартиненко С.А., Мартиненко Л.С., Цепя Н.І. / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. - Вип. 28 – Кіровоград: КДТУ, 1999. – 352с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування., кн. 1 / Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. – Київ.: «Урожай». 2001.-380с.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Идельчик И.Е. - М.:Машиностроение, 1975.-559с.
4. Соломахова Т.С. Центробежные вентиляторы / Соломахова Т.С., Чебышева К.В.: Справочник. – М.: Машиностроение, 1980. – 170с.

*С. Мартыненко, Т.Аулина*

#### **Пневматический высев зерновых культур**

В статье предлагается разработанная авторами конструкция пневматического высевающего аппарата для рядового высева зерновых культур. В ней дозирование потока семян осуществляется отдельно на каждый сошник. При этом, в отличие от катушечного высевающего аппарата, «активный слой» семян образуется с помощью воздуха повышенного давления, то есть созданием воздушносеменного потока. Проведено теоретическое обоснование работоспособности аппарата, на основании чего, определены нужные расходы воздуха и выбран вентилятор, способный обеспечить работу сеялки в целом.

*S.Martinenko, T. Aulina*

#### **Pneumatic sowing of cereals**

In the article the construction of pneumatic sowing vehicle developed authors is offered for the ordinary sowing of cereals. In it the dosage of stream of seed is carried out separately on every steel. Thus, unlike a spool sowing vehicle « active layer » seed appears by air of the promoted pressure, that by creation of airseed stream. The theoretical ground of capacity of vehicle is conducted on the basis of what the necessary charges of air are certain and a ventilator is chosen able to provide work of drillmashine on the whole.

Одержано 22.09.09