

І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, М.М. Косінов, доц., канд. техн. наук,  
В.В. Амосов, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

## Обґрунтування оптимальної довжини зони заповнення вертикально-дискового висівного апарата

В статті розглянуто основні фактори, які впливають на якість заповнення чарунок висівного диска насінинами, зокрема такі, як відносна швидкість насінин по диску і довжина зони заповнення насінневої камери. За результатами експериментальних досліджень визначено оптимальну довжину зони заповнення, при якій забезпечується якісне заповнення чарунок диска насінинами.

**чарунка, насінина, відносна швидкість насінин, зона заповнення, колова швидкість висівного диска**

Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень процесу точного висіву показує, що найбільш важливими факторами, які впливають на якість заповнення чарунок вертикально-дискового висівного апарата насінинами, є відносна швидкість насінин по диску і довжина зони заповнення насінневої камери, тобто шлях чарунок, який вони проходять під нижнім шаром насіння [1].

Траєкторія руху нижнього шару насінин по робочій поверхні висівного диска не завжди співпадає з зоною розташування чарунок по колу. Крім того, в умовах всебічного тиску, насінини, проходячи над чарункою, не завжди можуть запасти в неї, навіть якщо їх відносна швидкість буде нижче критичного значення. Тобто, не при кожній зустрічі насінини з чарункою відбувається заповнення останньої. Очевидно, що чим більше таких зустрічей, тим більше вірогідність заповнення чарунок. Кількість зустрічей чарунки з насіниною  $K$  прямо пропорційна величині (довжині) зони заповнення  $R \cdot \theta$  і може бути визначена за наступною формулою

$$K = R \cdot \theta \cdot \frac{v_r}{v_o \cdot (L - r)}, \quad (1)$$

де  $v_r$  - відносна швидкість насінини по диску;

$v_o$  - колова швидкість висівного диска;

$L$  - довжина (діаметр) чарунки;

$r$  - радіус насінини.

Враховуючи позитивний вплив збільшення кількості зустрічей чарунки з насінинами, а отже, і збільшення довжини зони заповнення на якість заповнення чарунок насінинами, останню завжди намагаються вибрати максимальною, але слід враховувати, що необґрунтоване збільшення її довжини призводить до зростання габаритів і маси вертикально-дискових висівних апаратів.

Оптимальне значення величини  $K$ , а отже і довжини зони заповнення, можна обґрунтувати, використовуючи для цього категорії теорії ймовірності. При цьому процес западання насінини в чарунку слід розглядати як складну подію, яка, в свою чергу, складається з двох простих незалежних у сукупності подій: співпадання насінини з чарункою і наступного її западання в чарунку [2].

Тоді оптимальну (мінімальну) кількість зустрічей чарунки з насінинами, при якій відбудеться її заповнення, можна визначити наступним чином.

$$K = \frac{1}{P_1 \cdot P_2}, \quad (2)$$

де  $P_1$  – вірогідність того, що насінина співпаде з чарункою;

$P_2$  – вірогідність проходу насінини в чарунку.

Якщо прирівняти праві частини рівнянь (1) і (2), то можна отримати величину довжини зони заповнення, яка забезпечує оптимальну кількість зустрічей чарунки з насінинами, тобто гарантує її надійне заповнення.

$$R \cdot \theta = \frac{\vartheta_\delta \cdot (L - r)}{\vartheta_r \cdot P_1 \cdot P_2}. \quad (3)$$

Величини  $\vartheta_r$ ,  $P_1$  і  $P_2$ , які входять в рівняння (3), залежать від умов роботи висівного диска ( $\vartheta_\delta$ ), розмірів чарунок і насінини ( $L$  і  $r$ ), а також від конструкції висівного диска (наявності проточок в зоні розташування чарунок, фасок на вході насінин в чарунку і т. д.), і тому їх значення необхідно уточнювати в процесі експериментальних досліджень. Необхідно відмітити, що навіть експериментальним шляхом визначити окремо вірогідності реалізації кожної із двох простих подій: співпадань насінини з чарункою  $P_1$  і наступного проходу насінини в чарунку  $P_2$  дуже складно. Оскільки для практичного використання (визначення оптимальної довжини зони заповнення) більш важливо знати вірогідність сумісної реалізації цих простих подій  $P_1 \cdot P_2$ , тобто западання насінини в чарунку, то при проведенні експериментальних досліджень звичайно обмежуються визначенням останньої величини ( $P_1 \cdot P_2$ ).

Експериментальні дослідження по визначенню величин, які входять в рівняння (3), проводять в наступній послідовності. Спочатку для різних умов роботи висівного диска і різних конструкцій дисків визначають вірогідність заповнення чарунок насінинами при одноразовій їх зустрічі  $P_1 \cdot P_2$  (при проведенні цих експериментів робочу поверхню висівного диска перекривають таким чином, щоб на ній залишилася відкритою лише одна чарунка), а потім, уточнивши значення величини відносної швидкості насінин  $\vartheta_r$  для різних режимів роботи (для різних колових швидкостей висівного диска  $\vartheta_\delta$ ), за рівнянням (3) визначають оптимальну довжину зони заповнення  $R \cdot \theta$ .

Результати по визначенню величини  $P_1 \cdot P_2$  наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Вплив режиму роботи ( $\vartheta_\delta$ ) і конструкції висівного диска на вірогідність заповнення чарунок диска насінинами при одноразовій їх зустрічі  $P_1 \cdot P_2$

Колова швидкість висівного диска $\vartheta_\delta$ , м/с	Вірогідність заповнення чарунок диска насінинами при одноразовій їх зустрічі $P_1 \cdot P_2$			
	Конструкція висівного диска			
	Експериментальний (з проточками)			Серійний (без проточок)
	Глибина проточок, h, мм			
	0,5	1,0	1,5	
0,078	0,083	0,086	0,087	0,063
0,114	0,076	0,078	0,078	0,051
0,202	0,067	0,070	0,071	0,034
0,258	0,039	0,044	0,045	0,026

Як бачимо з таблиці, вірогідність заповнення чарунок експериментальних дисків (з проточкою в зоні розташування чарунок) значно вище ніж серійних (без проточки). Встановлено, що при збільшенні глибини проточки з 0,5 мм до 1,0 мм вірогідність заповнення чарунок зростає, а при подальшому збільшенні глибини проточки (до 1,5 мм) вірогідність майже не змінюється. Також було встановлено, що при збільшенні колової швидкості диска з 0,202 м/с до 0,258 м/с вірогідність заповнення чарунок насінинами значно погіршується як у серійних, так і в експериментальних дисках.

В наступній серії експериментальних досліджень з використанням швидкісної фотозйомки вивчали залежність відносної швидкості насінин від режиму роботи висівного диска ( $v_\delta$ ) і фрикційних властивостей матеріалу диска (коефіцієнта тертя насінин по його поверхні –  $f$ ). За результатами цих дослідів було встановлено зв'язок між величинами  $v_r$  і  $v_\delta$  у вигляді рівняння :

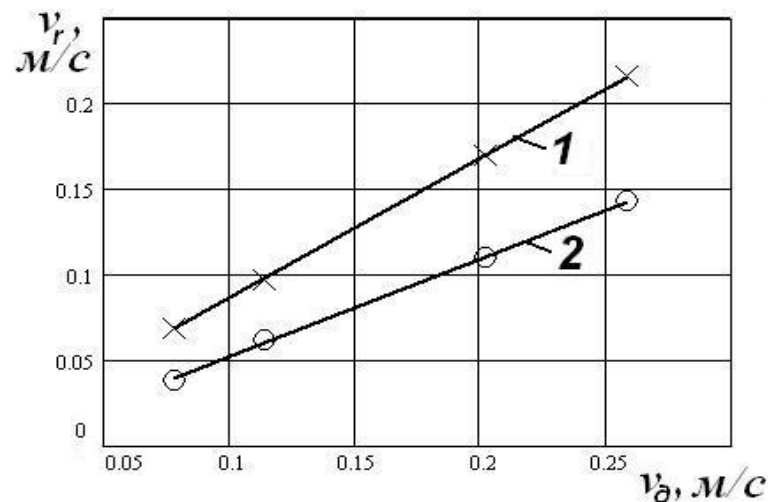
$$v_r = A \cdot v_\delta + B . \quad (4)$$

Коефіцієнти  $A$  і  $B$ , які входять у це рівняння, враховують фрикційні властивості матеріалу висівного диска. Їх визначають методами математичної статистики. Досліди проводили для двох видів матеріалу дисків: алюміній (коефіцієнт тертя насіння цукрових буряків по алюмінію  $f = 0,38$ ) і технічна гума ( $f = 0,53$ ). В результаті проведених дослідів було визначено чисельні значення цих коефіцієнтів, які для вказаних матеріалів становили відповідно:  $A = 0,82$ ,  $B = 0,005$  і  $A = 0,58$ ,  $B = 0,004$ .

Після експериментального визначення величин  $P_1 \cdot P_2$  і  $v_r$ , за рівнянням (3) можна знайти оптимальну (мінімальну) довжину зони заповнення, яка забезпечує якісне заповнення чарунок диска насінинами.

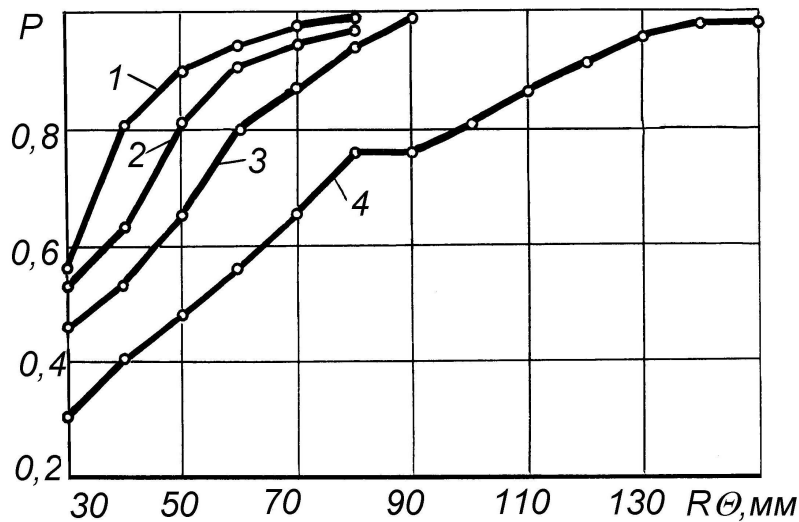
Слід відмітити, що теоретична довжина зони заповнення  $R \cdot \theta_T$ , визначена за рівнянням (3), відрізняється від фактичної довжини  $R \cdot \theta_\phi$ , оскільки при її визначенні не враховується товщина перемички між чарунками на висівному диску. З урахуванням конкретних значень діаметра чарунок і товщини перемички між ними ( $d_\delta = 6,1$  мм і  $\Delta = 3,8$  мм) співвідношення між цими зонами буде таке:

$$R \cdot \theta_\phi = R \cdot \theta_T + \frac{R \cdot \theta_T \cdot \Delta}{d_\delta} = R \cdot \theta_T \left(1 + \frac{\Delta}{d_\delta}\right) = 1,62 \cdot R \cdot \theta_T \quad (5)$$



1 – алюміній; 2 – гума

Рисунок 1 – Залежність відносної швидкості насінин  $v_r$  від колової швидкості висівного диска  $v_\delta$  для різних матеріалів диска



1 – 0,078; 2 – 0,114; 3 – 0,202; 4 – 0,258

Рисунок 2 – Залежність вірогідності заповнення чарунок висівного диска насінинами  $P$  від довжини зони заповнення  $R \cdot \theta$  при різних режимах роботи висівного диска  $v_0$ , м/с

В табл. 2 і на рис. 2 наведено результати аналітичного визначення оптимальної довжини зони заповнення і фактичної її довжини, отриманої за результатами експериментів. Порівнюючи значення оптимальних зон заповнення, отриманих експериментальним шляхом (графіки на рис. 2), з їх значеннями, визначеними аналітичним шляхом (за рівняннями (3) і (5)), наведеними в табл. 2, можна побачити, що вони близькі між собою і зробити висновок, що при проектуванні вертикально-дискових висівних апаратів для обґрунтування оптимальної довжини зони заповнення можна користуватися формулами (3) і (5).

Таблиця 2 – Дані аналітичного визначення оптимальної (мінімальної) довжини зони заповнення

Колова швидкість диска $v_0$ , м/с	Відносна швидкість насінин $v_r$ , м/с	Вірогідність заповнення чарунок насінинами при одноразовій зустрічі $P_1 \cdot P_2$	Теоретична мінімальна довжина зони заповнення $R \cdot \theta_T$ , мм	Фактична мінімальна довжина зони заповнення $R \cdot \theta_\phi$ , мм
0,078	0,069	0,086	44,03	71,32
0,114	0,098	0,078	49,96	80,92
0,202	0,171	0,070	56,53	91,58
0,258	0,217	0,044	90,52	146,64

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

Для конкретних умов роботи (висів насіння цукрових буряків фракції 4,5×5,5мм, висівний диск з чарунками  $\varnothing 6,1$  мм, кількість чарунок в одному ряду – 70, матеріал диска – алюміній, колова швидкість диска  $v_0 = 0,202$  м/с) оптимальна довжина зони заповнення становить близько 90 мм, що майже вдвічі менше, ніж у висівному апараті сівалки ССТ-12В. Це свідчить про можливість зменшення довжини зони заповнення серійного висівного апарата без погіршення якості заповнення чарунок диска

насінинами, а отже, і про можливість зменшення габаритів і маси серійних висівних апаратів.

## Список літератури

1. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур.– М.: Машиностроение, 1976.– 272 с.
2. Комаристов В.Е., Косинов М.М., Гребенюк В.М. Анализ основных факторов, влияющих на заполнение единичных и групповых ячеек семенами.// Конструирование и технология пр-ва с.-х. машин: Респ. межвед. науч.-техн. сб.–Вып.11.– К.: ТЕХНІКА, 1981.– С.11–15.

В статье рассмотрены основные факторы, которые влияют на качество заполнения ячеек высевающего диска семенами, в частности, относительная скорость семян по диску и длина зоны заполнения семенной камеры. По результатам экспериментальных исследований определена оптимальная длина зоны заполнения, при которой обеспечивается качественное заполнение ячеек диска семенами.

In the article basic factors which affect quality of filling of cells of sowing disk by seeds are considered, in particular, relative speed of seeds on a disk and length of area of filling of seminal chamber. On results experimental researches optimum length of area of filling, at which the high-quality filling of cells of disk is provided by seeds, is definite.