

УДК 631

## Теоретичні дослідження нерівномірності подачі насіння щільним висівним апаратом

*Сербій Є. К., к.т.н., доц., докторант ТДАТУ*  
*Кюрчев В. М., д.т.н., проф., ректор ТДАТУ*

### Анотація

**Мета.** Дослідити вплив розмірних характеристик насіння на нерівномірність його подачі з щільного висівного апарата як щільного регулярного, однонасінневого в перетині потоку.

**Методи.** Для визначення впливу розмірних характеристик насіння на нерівномірність його подачі з висівного апарата використано математичний апарат теорії ймовірностей.

**Результати.** Досліджено три ідеалізовані умови взаємного щільного розташування насінин у каналі: співвісне, щільне та неупорядковане. Встановлено, що за співвісного та щільного розташування насінин у каналі нерівномірність їх подачі дорівнює коефіцієнту варіації їх розмірів. Для неупорядкованого розташування насінин у каналі, яке більше відповідає реальності, отримано систему аналітичних залежностей для визначення впливу розмірів насінин, коефіцієнта ширини каналу та коефіцієнта варіації розмірів насіння на нерівномірність їхньої подачі з каналу.

### Висновки

1. Перспективним рішенням точного висіву є створення регулярного безперервного щільного однозернового потоку насінин із постійною швидкістю з висівного апарата.

2. У разі співвісного та щільного розташування насінин у каналі нерівномірність подачі дорівнює коефіцієнту варіації розмірів насіння.

3. У разі неупорядкованого розташування насінин у каналі їх розмір при фіксованому коефіцієнті варіації не робить істотного впливу на рівномірність подачі.

4. Для найкращої рівномірності подачі насіння бажано, щоб насінини були максимально співвісно та щільно розташовані в каналі, коефіцієнт ширини каналу був не більше 1,5, насінини некулеподібної форми мали однакову орієнтацію в каналі.

**Ключові слова:** насіння, нерівномірність подачі, коефіцієнт варіації, висівний апарат.

UDC 631

## Theoretical studies of uneven seeding by slit seeding machine

*Serbiy E. K., PhD, associate professor, Doctoral student of TSATU*  
*Kyurchev V. M., PhD, prof., rector of TSATU*

### Annotation

**Purpose.** To investigate the influence of the dimensional characteristics of the seeds on the uneven of its feed from the slit seed machine as a dense regular, single-seeded in the intersection of the flow.

**Methods.** To determine the effect of seed dimensional characteristics on the uneven of its supply from the sowing apparatus, the mathematical apparatus of probability theory was used.

**Results.** Three idealized conditions of the mutual dense arrangement of seeds in the channel are investigated: coaxial, dense and disordered. It is established that under the coaxial and dense arrangement of seeds in the channel the uneven of their feed is equal to the coefficient of variation of

their sizes. For the disordered arrangement of seeds in the channel, which corresponds more to reality, a system of analytical dependencies has been obtained to determine the effect of seed sizes, the width of the channel and the coefficient of variation of seed sizes on the uneven of their feed from the channel.

### Conclusions

1. A promising solution for precise seeding is the creation of a regular continuous dense single-grain seed flow with constant speed from seeding machine.

2. With coaxial and dense arrangement of seeds in the channel, the uneven of the feed is equal to the coefficient of variation in their sizes.

3. In the case of an unordered arrangement of seeds in the channel, their size at a fixed variation

coefficient does not significantly affect the uniformity of the feed.

4. For better uniformity of seed supply, it is desirable that the seeds should be maximally coaxial and densely arranged in the channel, the channel

width coefficient is not more than 1.5, and the seeds of the non-spherical form have the same orientation in the channel.

**Keywords:** seed, feeding uneven, coefficient of variation, seeding machine.

УДК 631

## Теоретические исследования неравномерности подачи семян щелевым высевальным аппаратом

*Сербий Е. К., к.т.н., доц., докторант ТГАТУ*  
*Кюрчев В. Н., д.т.н., проф., ректор ТГАТУ*

### Аннотация

**Цель.** Исследовать влияние размерных характеристик семян на неравномерность их подачи щелевым высевальным аппаратом в виде плотного регулярного, односеменного в сечении потока.

**Методы.** Для определения влияния размерных характеристик семян на неравномерность их подачи с высевального аппарата использован математический аппарат теории вероятностей.

**Результаты.** Исследованы три идеализированных условия взаимного плотного расположения семян в канале: соосное, плотное и неупорядоченное. Установлено, что при соосном и плотном расположении семян в канале неравномерность их подачи равна коэффициенту вариации их размеров. Для неупорядоченного расположения семян в канале, которое больше соответствует реальности, получена система аналитических зависимостей для определения влияния размеров семян, коэффициента ширины канала и коэффициента вариации размеров семян на неравномерность их подачи из канала.

### Выводы

1. Перспективным решением точного посева является создание регулярного непрерывного плотного однозернового потока семян с постоянной скоростью подачи из высевального аппарата.

2. При соосном и плотном расположении семян в канале неравномерность подачи равна коэффициенту вариации их размеров.

3. При неупорядоченном расположении семян в канале их размер при фиксированном коэффициенте вариации не оказывает существенного влияния на равномерность подачи.

4. Для лучшей равномерности подачи семян желательно, чтобы семена были максимально соосно и плотно расположены в канале, коэффициент ширины канала был не более 1,5, семена нешарообразной формы имели одинаковую ориентацию в канале.

**Ключевые слова:** семена, неравномерность подачи, коэффициент вариации, высевальный аппарат.

**Постановка проблемы.** Різноманіття форм і розмірів насіння сільськогосподарських культур, а також схем і норм їх висіву обумовлює неможливість створення однієї універсальної сівалки, яка б задовольняла всі вимоги агровиборника. Насіння більшості просапних культур відрізняється високою сипкістю, коефіцієнтом форми близьким до одиниці, коливанням розмірів у межах фракції  $\pm 0,25$  мм у разі якісного калібрування, що дає можливість здійснювати точний висів у промислових масштабах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Традиційно так склалося, що для точного висіву використовують робочі елементи з одиничним відбором насінини із загального об'єму переважно подібні до комірок або ложечок у механічних висівних апаратах та отворів-присосок – у пневмомеханічних. Для виключно одиничного виведення насінин у висівних апаратах додатково встановлюють пристрої для видалення «зайвих» насінин із робочих елементів. Водночас постає задача «лагідно» й без шкоди для насінин видалити «зайві», що обумовлює складність висівних апаратів, зниження їх надійності, підвищення енергоспоживання й вартості та висуває жорсткі вимоги до калібрування насіння за розмірами. А проте, найкращі світові технічні рішення забезпечують нерівномірність виведення насіння з висівних апаратів, яка оцінюється коефіцієнтом варіації  $v_s$  на рівні 20–30% [1–3].

Іншою реалізацією точного висіву може бути створення регулярного безперервного,

щільного, однозернового потоку насіння із постійною швидкістю  $V_D$  з висівного апарата. Подібні технічні рішення не нові і їх реалізацію запропоновано як вібраційні висівні апарати [4, 5] переважно для суцільного висіву насіння зернових культур. У цих конструкціях лінійні розміри перетину каналу

подачі насіння (далі – каналу) на дно борозни в декілька разів перевищують розміри насіння (рис. 1, а).

Для точного висіву необхідно, щоб в перетині каналу було розміщено не більше однієї насінини (рис. 1, б).

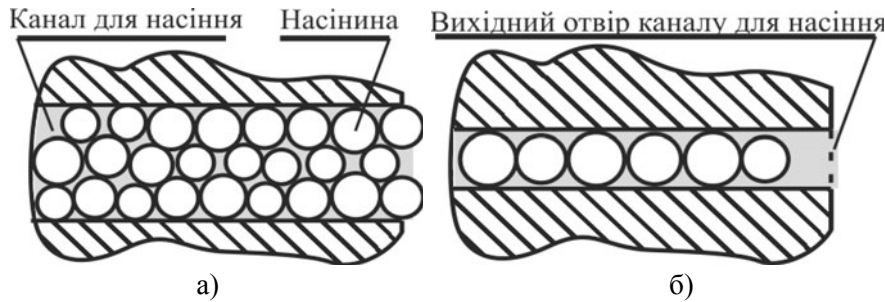


Рис. 1. Розміри каналів для насіння:

а – для суцільного висіву, б – для точного висіву

Fig. 1. Size of channels for seed:

a – for continuous sowing, b – for precise sowing

Отже, дослідження впливу розмірних характеристик насіння на нерівномірність його подачі з висівного апарата як щільного регулярного, однонасінневого в перетині потоку є актуальним напрямом досліджень.

**Мета досліджень.** Дослідити вплив розмірних характеристик насіння на нерівномірність його подачі з щільного висівного апарата як щільного регулярного, однонасінневого в перетині потоку.

**Методи досліджень.** Для визначення впливу розмірних характеристик насіння на нерівномірність його подачі з висівного апарата використано математичний апарат теорії ймовірностей.

**Результати досліджень.** Насініну будемо вважати поданою до борозни, коли центр її ваги перетне вихідний отвір каналу. Насінини будь-якої сільськогосподарської культури, навіть відкалібровані – різні за формою та розмірами і, за формальним описом, кожна з них можна представити кулеподібним тілом діаметра  $d$ . Основними

статистичними характеристиками цього параметра як випадкової величини є: середній діаметр  $D$ , середньоквадратичне відхилення  $\sigma_d$ , коефіцієнт варіації  $\nu_d = \sigma_d/D \cdot 100\%$ , щільність розподілу  $p(d)$ . Як відомо з попередніх досліджень [6, 7], розподіл розмірів насіння добре описується нормальним законом [8].

Оскільки розмір висівного каналу перевищує максимальний діаметр насінини, з метою запобігання заклинювання та спрощення заповнення каналу можливо виділити декілька ідеалізованих умов взаємного щільного розташування насіння у каналі.

*Співвісне розташування насіння у каналі* (рис. 2), за якого центри їх ваги розташовано на осевій лінії каналу. Відстань  $s$  між центрами ваги суміжних насіння дорівнює:  $s = d$ .

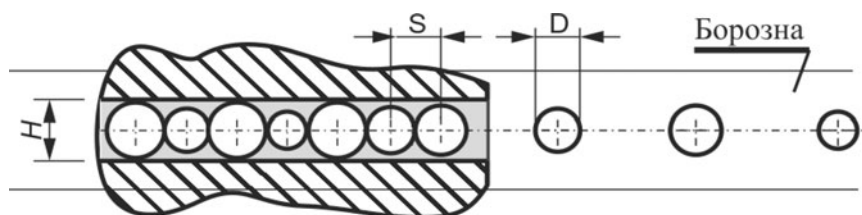


Рис. 2. Співвісне розташування насіння у каналі

Fig. 2. The relative position of the seeds in the channel

Для співвісного розташування насінин у каналі час між їх подачею обчислюється за формулою:

$$t_1 = \frac{s}{V_D}, \quad (1)$$

яка є функцією від випадкової величини  $s = d$ , отже він і сам буде випадковою величиною, основними характеристиками якої є середнє значення  $T_1$ , середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{t_1}$  та щільність розподілу  $p(t_1)$ .

Оскільки безперервна випадкова величина  $d$  зі щільністю розподілу  $p(d)$  зв'язана з випадковою величиною  $t_1 = t_1(s)$  функціональною залежністю (1), яка є монотонною та зростаючою, то щільність розподілу  $p(t_1)$  знайдемо з виразу [9]:

$$p(t_i) = p(s(t_i)) \cdot s'(t_i), \quad (2)$$

де  $s(t) = t_1 \cdot V_D$  – функція зворотна до (1),  $s'(t) = V_D$ .

Тоді виводимо вираз:

$$p(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_D} e^{-\frac{(t_1 \cdot V_D - D)^2}{2\sigma_D^2}} \cdot V_D$$

або

$$p(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_D/V_D} e^{-\frac{(t_1 - D/V_D)^2}{2(\sigma_D/V_D)^2}}. \quad (3)$$

Вираз (3) є нормальним законом розподілу з математичним очікуванням  $T_1 = D/V_D$  і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_{t_1} = \sigma_d/V_D$ .

Отже, подача насінин за постійної їх швидкості  $V_D$  з висівного апарата буде характеризуватися нерівномірністю, яка оцінюється коефіцієнтом варіації  $v_{t_1}$ , який обчислюється за формулою:

$$v_{t_1} = \frac{\sigma_{t_1}}{T_1} \cdot 100\% = \frac{\sigma_d}{D} \cdot 100\% = v_d, \quad (4)$$

що дорівнює коефіцієнту варіації розмірів насіння  $v_d$ .

*Щільне розташування насінин у каналі* (рис. 3) – насінини по чергово дотикаються до протилежних сторін каналу.

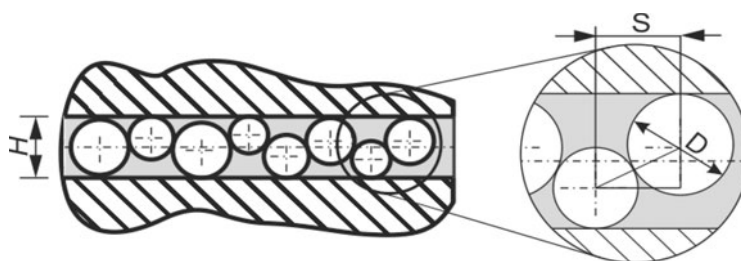


Рис. 3. Щільне розташування насінин  
Fig. 3. Dense seed placement

Для ширини каналу  $H = k \cdot D$ , де коефіцієнт  $k > 1$  показує в скільки разів ширина каналу більша за середній діаметр насіння  $D$ , відстань вздовж каналу між центрами ваги суміжних насінин буде  $s = d \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2}$ , тоді час між подачею суміжних насінин буде дорівнювати:

$$t_2 = d \frac{\sqrt{2 \cdot k - k^2}}{V_D}. \quad (5)$$

Щільність його розподілу  $p(t_2)$  відповідно до (2) при  $s(t_2) = t_2 \cdot V_D / \sqrt{2 \cdot k - k^2}$  та  $s(t_2)' = V_D / \sqrt{2 \cdot k - k^2}$  буде розрахована за формулою:

$$p(t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_D \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2} / V_D} e^{-\frac{(t_1 - D \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2} / V_D)^2}{2(\sigma_D \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2} / V_D)^2}} \quad (6)$$

Вираз (6) є нормальним законом розподілу з математичним очікуванням  $T_2 = D \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2} / V_D$  та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_{t_2} = \sigma_D \cdot \sqrt{2 \cdot k - k^2} / V_D$ , отже коефіцієнт варіації  $v_{t_2}$  нерівномірності подачі насіння буде розраховуватися за формулою:

$$v_{t_2} = \frac{\sigma_D}{D} \cdot 100\% = v_d \quad (7)$$

Нерівномірність подачі насіння  $v_{t_2}$  із постійною швидкістю в разі щільного їх розташування в каналі так само дорівнює коефіцієнту варіації розмірів насіння  $v_d$ .

Неупорядковане розташування насіння у каналі (рис. 4) – відсутній чіткий порядок розташування насіння у каналі.

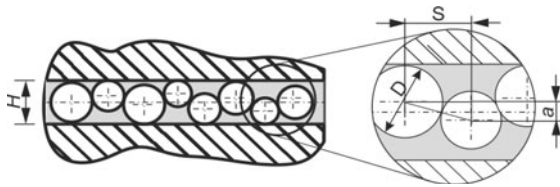


Рис. 4. Неупорядковане розташування насіння у каналі

Fig. 4. Unordered seed placement in the channel

У цьому разі насіння можуть займати будь-яке положення впоперек каналу, але водночас будуть дотикатися до суміжних насіння. Враховуючи, що розташування насіння у насіневій камері є випадковим, то без додаткових пристроїв для упорядкування їх положення впоперек каналу також буде випадковим і рівновірогідним. Отже, відстань  $a$  між центрами ваги насіння впоперек каналу буде рівномірно розподіленою величиною та змінюватися в межах від 0 до  $H - D = D(k - 1)$ :

$$a = D \cdot b, \quad (8)$$

де  $b = [0 \dots k - 1]$  – рівномірно розподілена величина з математичним очікуванням

Дисперсію  $\sigma_c^2$  випадкової величини  $c = c(b)$  знайдемо з виразу [9]  $\sigma_c^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (c(b) - C)^2 \cdot p(b)db$ , тоді виводимо вираз:

$$\sigma_c^2 = \frac{-3 \cdot \arcsin(k-1)^2 - k^4 + 4k^3 + 3k^2 - 14k + 8}{12(k-1)^2} - \frac{\sqrt{2k-k^2} \arcsin(k-1)}{2(k-1)} \quad (12)$$

$B = \frac{k-1}{2}$ , середньоквадратичним відхиленням

$\sigma_b = \frac{k-1}{2\sqrt{3}}$  та щільністю розподілу

$$p(b) = \frac{1}{k-1} [8].$$

Тоді відстань  $s$  уздовж каналу між центрами тяжіння насіння буде функцією від двох незалежних випадкових величин  $s = d\sqrt{1-b^2}$  і час між подачею суміжних насіння буде обчислено за формулою:

$$t_3 = \frac{d\sqrt{1-b^2}}{V_D},$$

зробивши заміну  $c = \sqrt{1-b^2}$ , отримаємо:

$$t_3 = \frac{d \cdot c}{V_D} \quad (9)$$

Математичне очікування  $C$  випадкової величини  $c = c(b)$  знайдемо з виразу [9]  $C = \int_{-\infty}^{\infty} c(b) \cdot p(b)db$ , тоді розрахуємо за формулою:

$$C = \frac{1}{2} \left( \sqrt{2k-k^2} + \frac{\arcsin(k-1)}{k-1} \right) \quad (10)$$

Оскільки  $t_3$  є добутком випадкових величин, то її математичне очікування знайдемо з виразу [9]  $T_3 = \frac{D \cdot C}{V_D}$  або за формулою:

$$T_3 = \frac{1}{2V_D} \cdot D \cdot \left( \sqrt{2k-k^2} + \frac{\arcsin(k-1)}{k-1} \right) \quad (11)$$

Середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{t_3}$  часу  $t_3$  як добуток випадкових величин  $d$  та  $b$  [9] визначимо з виразу:

$$\sigma_{t_3}^2 = \frac{1}{V_D^2} \cdot (\sigma_d^2 + \sigma_C^2 + D^2 \cdot \sigma_C^2 + C^2 \cdot \sigma_d^2). \quad (13)$$

Тоді нерівномірність подачі насіння  $v_{t_3}$  буде розраховуватися за формулою:

$$v_{t_3} = \frac{\sigma_{t_3}}{T_3} \cdot 100\%. \quad (14)$$

Зведення системи рівнянь (10), (11), (12), (13) і (14) до одного з отриманням явної залежності  $v_{t_3} = v_{t_3}(k, \sigma_d^2, D)$  немає сенсу через його громіздкість та недоцільність подальшого алгебраїчного перетворення або аналізу, а підстановка чисельних значень  $k, \sigma_d^2, D$  у (10)–(14) дозволяє отримати чисельне значення  $v_{t_3}$ .

Проведено аналіз результатів теоретичних досліджень. Розміри та форма насіння просапних й овочевих культур, які потребують точного висіву, змінюються в значному діапазоні і залежать від культури, сорту й навіть умов вирощування: розміри – від 2 до 12 мм, форма насіння – від кулеподібної (соя,

горох, капуста, буряк, гірчиця, редис, редька, спаржа) до видовженої (кукурудза, соняшник, морква, огірок).

З отриманих рівнянь (4) та (7) видно, що в разі співвісного та щільного розташування насіння нерівномірність подачі з каналу цілком залежить від коефіцієнта варіації його діаметра. У разі неупорядкованого розташування в каналі розмір насіння при незмінному коефіцієнті варіації буде чинити вплив на нерівномірність подачі (рис. 5), але, як видно з графічної залежності, цим впливом можна знехтувати без шкоди для подальших досліджень унаслідок його малого значення.

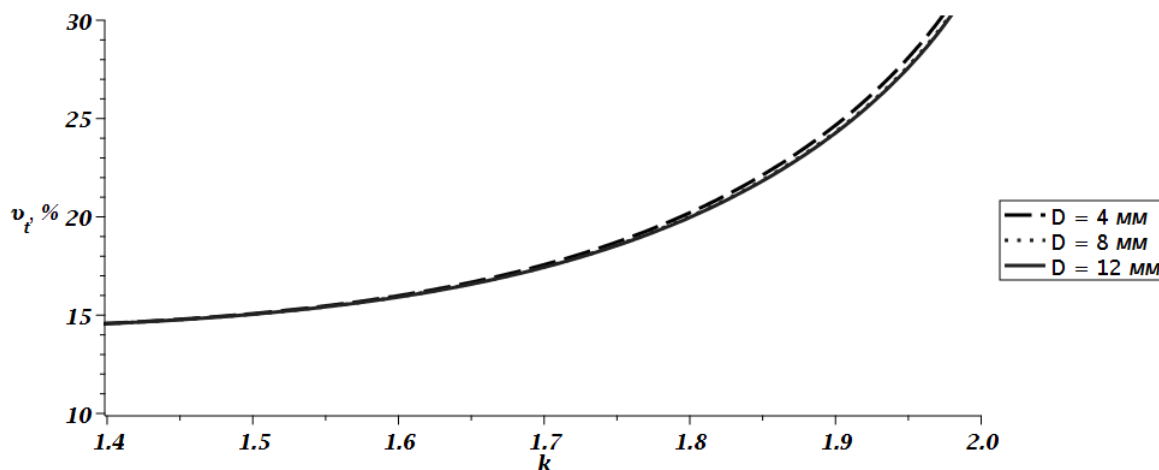
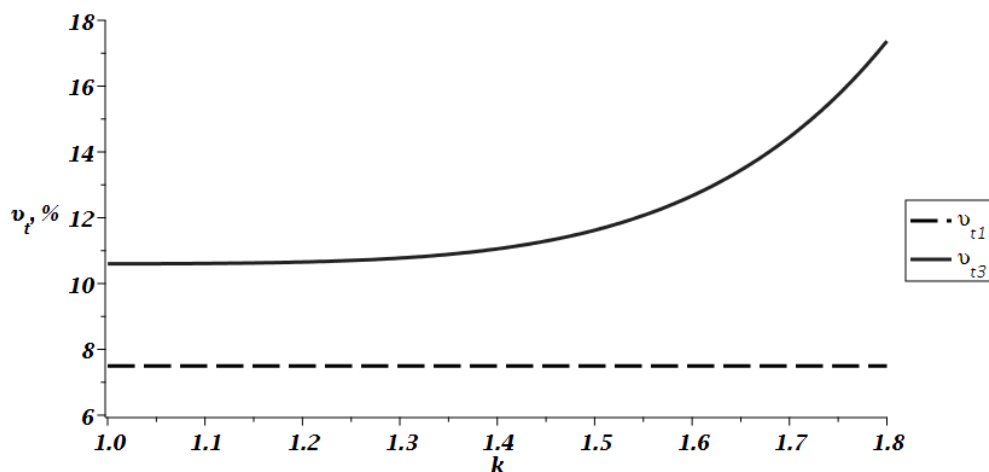


Рис. 5. Вплив розмірів насіння на нерівномірність подачі з каналу при  $v_d=5\%$   
 Fig. 5. Influence of seed sizes on uneven of feed from a channel at  $v_d = 5\%$

Вочевидь, що форма насіння буде впливати на нерівномірність його подачі з каналу.

Для аналізу нерівномірності подачі «кулеподібного» насіння з каналу обрано сою сорту «Алмаз» [10], насіння якої мають наступні геометричні розмірні характеристики: середнє значення – 6,27 мм, середньоквадратичне відхилення – 0,47 мм і коефіцієнт варіації – 7,5%. За рівняннями (10)–(14) отримано графічну залежність (рис. 6) впливу ширини каналу, вираженого через коефіцієнт  $k = [1,0 \dots 1,8]$ , на нерівномірність подачі насіння  $v_t$ .



**Рис. 6.** Залежність впливу коефіцієнта  $k$  ширини каналу на нерівномірність подачі кулеподібного насіння (соя, сорт «Алмаз»,  $D = 6,27$  мм,  $\sigma_d = 0,47$  мм,  $v_d = 7,5\%$ )  
**Fig. 6.** Dependence of the influence of the coefficient  $k$  of the channel width on the unevenness of the feeding of the parietal seed (soybean, variety “Diamond”,  $D = 6.27$  mm,  $\sigma_d = 0.47$  mm,  $v_d = 7.5\%$ )

З отриманої графічної залежності видно, що для співвісного та щільного розташування насінин у каналі коефіцієнт варіації подачі насінин незмінний і становить 7,5%. За умови неупорядкованої орієнтації насінин, яка більше відповідає реальній, внаслідок їх хаотичного розташування в насінневі камері, неідеально гладкої поверхні та складної форми, зі збільшенням коефіцієнта ширини каналу зростає коефіцієнт варіації подачі насіння  $v_t$ . Водночас можна виділити 2 ділянки: в діапазоні  $k = [1,0 \dots 1,5]$  коефіцієнт варіації  $v_t$  майже лінійно зростає від 10,7 до 12%, а під час подальшого збільшення  $k$  – нелінійно, як ступенева функція. Отже, з погляду

найкращої рівномірності подачі кулеподібного насіння бажано, щоб:

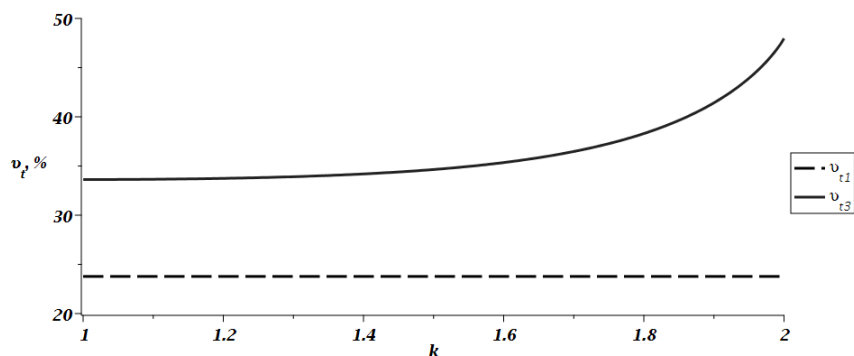
- насіння було максимально співвісно та щільно розташовано в каналі;
- коефіцієнт ширини каналу був не більше 1,5.

Насіння всіх культур відрізняється від кулеподібного, особливо суттєва ця відмінність для насіння довгастої форми. Так, для легкої фракції насіння гібридів кукурудзи Ушицький, П'ятихатський, Борозенський, Солонянський, Збруч [11] співвідношення максимального розміру (довжина насіння) до мінімального (товщина) сягає 200% (табл. 1).

**Таблиця 1. Середні розмірні характеристики гібридів кукурудзи**  
**Table 1. Average dimensional characteristics of maize hybrids**

Лінійні розміри насінини, мм	Фракції					
	легка			важка		
	$D$ , мм	$\sigma_d$ , мм	$v_d$ , %	$D$ , мм	$\sigma_d$ , мм	$v_d$ , %
Довжина	10,43	0,20	1,92	9,96	0,27	2,71
Ширина	8,85	0,17	1,92	9,01	0,17	1,89
Товщина	5,03	0,19	3,78	6,13	0,27	4,40
Середній розмір	8.1	2,78	34,26	8,37	2,0	23,84

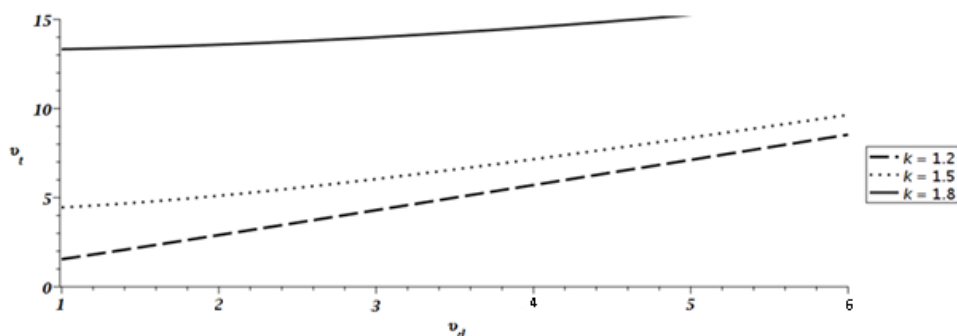
Якщо прийняти рівноймовірною можливою орієнтацію насіння в каналі («плазом», «на ребро», або «навстоячки»), то середній розмір важкої фракції насіння гібридів кукурудзи, обчислений за значеннями довжини, ширини та товщини, буде  $D = 8,37$  мм, середньоквадратичне відхилення –  $\sigma_d = 2,0$  мм, а коефіцієнт варіації –  $v_d = 23,84\%$ . За цих умов, навіть за співвісного або щільного розташування насінин у каналі, нерівномірність подачі насіння з каналу є неприпустимою для точного висіву (рис. 7).



**Рис. 7.** Залежність впливу коефіцієнта  $k$  ширини каналу на нерівномірність подачі легкої фракції насіння гібридів кукурудзи ( $D = 8,37$  мм;  $\sigma_d = 2,0$  м;  $v_d = 23,84\%$ )

**Fig. 7.** Dependence of the influence of the coefficient  $k$  of the channel width on the uneven of the feeding of the light fraction of seeds of hybrids of corn ( $D = 8.37$  mm;  $\sigma_d = 2.0$  m;  $v_d = 23.84\%$ )

Для рівномірної подачі насінин некулеподібної форми (наприклад, насіння гібридів кукурудзи), які мають занадто великий коефіцієнт варіації за середнім розміром, бажана однакова їх орієнтація в каналі. У цьому разі відстань між насінинами  $s$  (рис. 2) буде визначатися лише одним з їх розмірів – довжиною, шириною або висотою і коефіцієнт варіації розміру не буде перевищувати 5% (табл. 1). Отже, буде можливість варіювати шириною каналу зі збереженням коефіцієнта варіації подачі насіння з каналу до 20% (рис. 8).



**Рис. 8.** Залежність нерівномірності подачі від коефіцієнта варіації розмірів насіння  $v_d$  та коефіцієнта  $k$  ширини каналу (при  $D = 5,0$  мм)

**Fig. 8.** Dependence of supply uneven on the coefficient of variation of seed size  $v_d$  and coefficient  $k$  of channel width (at  $D = 5.0$  mm)

### Висновки

1. Перспективним рішенням точного висіву є створення регулярного безперервного щільного однозернового потоку насінин із постійною швидкістю з висівного апарата.
2. У разі співвісного та щільного розташування насінин у каналі нерівномірність подачі дорівнює коефіцієнту варіації розмірів насіння.
3. У разі неупорядкованого розташування насінин у каналі їх розмір при фіксованому коефіцієнті варіації не робить істотного впливу на рівномірність подачі.
4. Для найкращої рівномірності подачі насіння бажано, щоб насінини були максимально співвісно та щільно розташовані в каналі, коефіцієнт ширини каналу був не більше 1,5, насінини некулеподібної форми мали однакову орієнтацію в каналі.

### Бібліографія

1. Мировой рекорд Tempo. URL: <https://www.vaderstad.com/ru/seyalki-propashnie/seyalki-tempo> (дата звертання 10.07.2018).
2. Кожушко М., Ценюх Я. Аналіз результатів досліджень просапних сівалок в умовах західного регіону / Праці УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2016. С. 114–119.
3. Потапов А. А. Параметры и режимы работы многофункциональной сошниковой группы пропашной сеялки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2011. 23 с.
4. Пастухов В. І., Бакум М. В., Кириченко Р. В., Живолуп В. В. Використання експериментальної сівалки з вібраційно-дисковими висівними апаратами при сівбі насіння овочевих культур на кінцеву густоту. *Механізація*



сільськогосподарського виробництва: вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2013. Вип. 135 (Технічні науки).

5. Пат. 37998 Україна. Висівний вібраційно-дисковий апарат / П. М. Заїка, М. В. Бакум, Р. В. Кириченко. № 200802501; заявл. 18.02.2008; опубл. 15.12.2008. Бюл. № 24.

6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / О. М. Царенко [та ін.]. Київ: Мета, 2003. 448 с.

7. Кириченко Р. В. Визначення основних механіко-технологічних властивостей насіння ріпаку, люцерни та моркви. *Механізація сільськогосподарського виробництва: вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків, 2011. Вип. 107 (Технічні науки). Т. 1.

8. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1972. 308 с.

9. Теория вероятностей / А. В. Печинкин [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 456 с.

10. Копець К. Є. Розробка та обґрунтування параметрів пристрою підготовки зерен сої до сушіння: дис. ... канд. техн. наук: 05.-5.11 / ЛНТУ. Луцьк, 2016. 189 с.

11. Особливості аеродинамічного сепарування однокомпонентних насінневих сумішей на прикладі кукурудзи / М. Я. Кирпа [та ін.]. *Зернові культури*. 2017. № 1. Т. 1. С. 45–50.

#### Bibliografia

1. Myrovoy rekord Tempo URL: <https://www.vaderstad.com/ru/seyaliki-propashnie/seyaliki-tempo> (data zvertannia 10.07.2018).

2. Kozhushko M., Tseniukh Ya. Analiz rezultativ doslidzhen prosapnykh sivalok v umovakh zakhidnoho rehionu / Pratsi UkrNDIPVt im. L. Pohoriloho. 2016. S. 114–119.

3. Potapov A. A. Parametry u rezhymy raboty mnohofunktsionalnoi soshnykovoï hruppy propashnoi seialky: avtoref. ... dys. kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Stavropolskiy hosudarstvennyi ahrarniy unyversytet. Stavropol, 2011. 23 s.

4. Pastukhov V. I., Bakum M. V., Kyrychenko R. V., Zhyvolup V. V. Vykorystannia eksperymentalnoi sivalky z vibratsiino-dyskovymy vysivnymy aparatamy pry sivbi nasinnia ovochevykh kultur na kintsevu hustotu. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva: visnyk KhNTUSH*. Kharkiv, 2013. Vyp. 135 (Tekhnichni nauky).

5. Zaika P. M., Bakum M. V., Kyrychenko R. V. Vysivnyi vibratsiino-dyskovyi aparat: pat. 37998 Ukraina. № 200802501; zaiavl. 18.02.2008; opubl. 15.12.2008. Biul. № 24.

6. Mekhaniko-tekhnolohichni vlastyvoli silskohospodarskykh materialiv: pidruchnyk / O. M. Tsarenko [ta in.]. Kyiv: Meta, 2003. 448 s.

7. Kyrychenko R. V. Vyznachennia osnovnykh mekhaniko-tekhnolohichnykh vlastyvoitei nasinnia ripaku, liutserny ta morkvy. *Mekhanizatsiia*

*silskohospodarskoho vyrobnytstva: visnyk KhNTUSH*. Kharkiv, 2011. Vyp. 107 (Tekhnichni nauky). T. 1.

8. Hmurman V. E. Teoryia veroiatnostei y matematycheskaia statystyka. Moskva: Vysshaya shkola, 1972. 308 s.

9. Teoryia veroiatnostei / A. V. Pechynkin [y dr.]. M.: Yzd-vo MHTU ym. N. Э. Baumana, 2004. 456 s.

10. Kopets K. Ye. Rozrobka ta obgruntuvannia parametriv prystroiu pidhotovky zeren soi do sushinnia: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.-5.11 / LNTU. Lutsk, 2016. 189 s.

11. Osoblyvosti aerodynamichnoho separuvannia odnokomponentnykh nasinnievyykh sumishei na prykladi kukurudzy / M. Ya. Kyrpa [ta inshi]. *Zernovi kul'tury*. 2013. S. 45–50.

#### References

1. World Tempo Record. URL: <https://www.vaderstad.com/ru/seyaliki-propashnie/seyaliki-tempo> (application date 10.07.2018).

2. Kozhushko M., Tseniukh Y. Analysis of research results of seed drills in the conditions of the western region. / Work of UkrNIIPVT them. L. Pogorilogo. 2016. Pp. 114–119.

3. Potapov A. A. Parameters and modes of operation of the multifunctional coil group of the seeding seeder: . Ph.D.: 05.20.01 / Stavropol State Agro University. Stavropol, 2011. 23 p.

4. Pastukhov V. I., Bakum M. V., Kirichenko R. V., Zhyvolup V. V. The use of an experimental seed drill with vibrating disk seeding machines in the seeding of vegetable seeds on the final density. *Mechanization of agricultural production: herald of KhSTUAC*. Kharkiv, 2013. Issue 135 (Technical Sciences).

5. Zaika P. M., Bakum M. V., Kirichenko R. V. Seeding vibration disk machine: pat. 37998 Ukraine. № 200802501; stated 18.02.2008; has published 12.15.2008, Bull. No. 24.

6. Mechanical and technological properties of agricultural materials: textbook / O. M. Tsarenko [etc.]. Kiyv: Meta, 2003. 448 p.

7. Kirichenko R. V. Determination of basic mechanical and technological properties of rapeseed, alfalfa and carrot seeds. *Mechanization of agricultural production: herald of KhSTUAC*. Kharkiv, 2011. Issue 107 (Technical Sciences). Vol. 1.

8. Gmurman V. E. Theory of Probability and Mathematical Statistics. Moscow: Izdv-o MSTU them. N. E. Baumana, 1972. 308 p.

9. Theory of Probabilities / Pechinkin A. V. [and others]. Moscow: Izdv-o MSTU them. N. E. Baumana, 2004. 456 p.

10. Kopets K. E. Development and substantiation of parameters of a device for preparing soybeans for drying: dis ... PhD: 05.05.11 / LNTU. Lutsk, 2016. 189 p.

11. Peculiarities of aerodynamic separation of one-component seed mixtures on an example of corn / M. Ya. Kirpa. Sowing, 2013. Pp. 45–50