

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ШИРИНИ НЕСКІНЧЕНОЇ СТРІЧКИ СЕПАРАТОРА НАСІННЯ У ПОВІТРЯНИХ ПОТОКАХ**

*Запропоновано методику теоретичного обґрунтування раціональної ширини стрічки похилого робочого органу нового сепаратора насіння у повітряних потоках. З урахуванням ймовірності зіткнення насіння при сковзанні похилим робочим органом та необхідній продуктивності розраховується раціональна ширина та вага 1000 питома-важких насінин у бункері першої фракції.*

У час впровадження ринкових відносин та становлення України як незалежної європейської держави рентабельність сільського господарства є одними з основних факторів.

Рослинність є важливим напрямком сільськогосподарської діяльності. Тому проблема збільшення врожайності і відповідно рентабельності сільського господарства є найбільш актуальною для науки.

Відомо, що підготовка якісного насінневого матеріалу є одним з найбільш надійних шляхів збільшення врожайності та рентабельності. Саме відбір найбільш біологічно цінного насіння із загальної маси дозволяє збільшити врожайність соняшника на 1,5...2,0 ц/га.

Так, у ході апробації розроблених сепараторів у 2004 р. була встановлена перевага за врожайністю найбільш питома важкого насіння фракції I над найбільш питома легким насінням фракції II у 6 ц/га.

У загальних масштабах країни цифра буде більш ніж вражаючою.

Видатними вітчизняними вченими [1-3] були розроблені наукові основи та засоби для сепараторів у повітряних потоках та у електричному полі (коронні та електростатичні).

Засновником наукового напрямку «Біоніка» Л.Ф.Бабицьким доведено, що використання у якості поділяючого агента природного середовища – повітряного потоку є найбільш біонічно-обґрунтованим.

Існуючі наробітки вчених в основному стосуються сепараторів повітряно-відцентрових та із вертикальними потоками, в той час як кількість робіт із вдосконалення найменш енерговитратного сепаратора у горизонтальному потоці мізерна.

Нами запропоновано чотири нових сепаратори у повітряних потоках [4], які є вдосконаленими варіантами сепаратора типу «Тріумф».

Збільшення ефективності сепарування розробленими сепараторами відбувається за рахунок встановлення у них часу дії горизонтального потоку у зворотну залежність від питомої ваги кожної з насінин, що сепаруються.

Зміна часу дії горизонтального потоку на насіння відбувається шляхом зміни величини вертикальної швидкості насінин при їх потраплянні у цей потік. Конструктивно у сепараторах зміна вертикальної швидкості насіння утворюється за рахунок їх взаємодії при вільному падінні із зустрічним потоком, додаткової взаємодії із електростатичним полем на бічних стінках вертикального каналу та при сковзанні нерухомою та рухомою похилою сіткою, із під-якої всмоктується повітря.

Метою статті є розробка теоретичної методики визначення одного з важливих параметрів сепаратора - ширини стрічки  $B_{po}$ , як показано на рис.1. На рис.1(а) наведений робочий орган у робочому положенні, а на рис.1(б) - вигляд зверху.

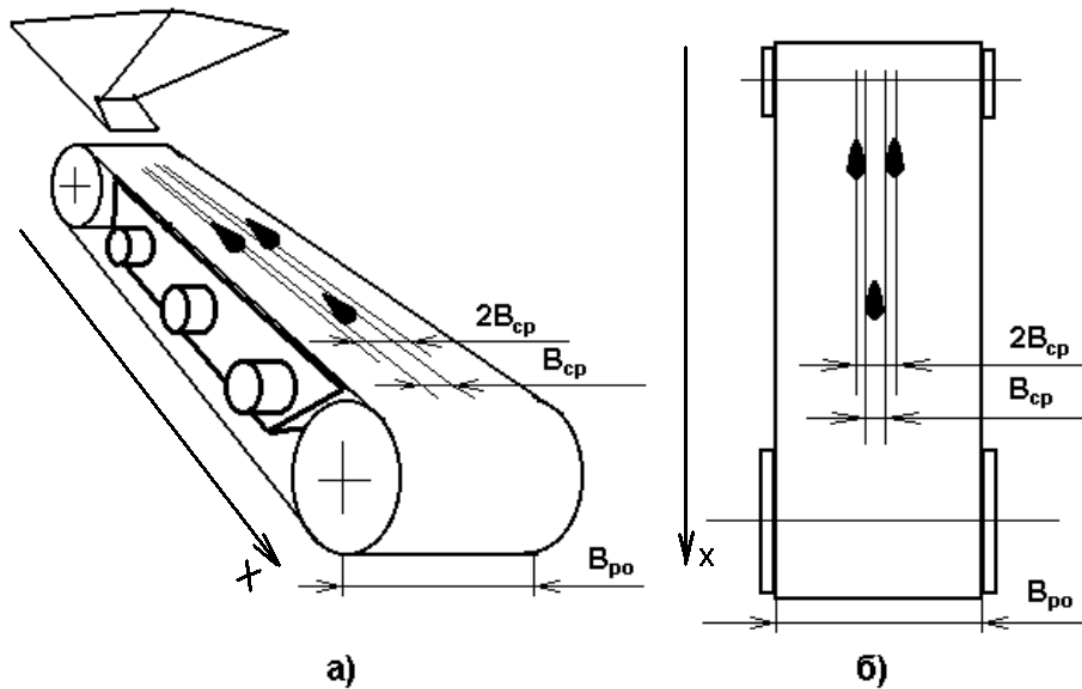


Рис. 1. Схема, що пояснює методику обґрунтування умови визначення імовірності зіткнення насінин різної питомої ваги, що ковзають із різною швидкістю поверхнею рухомою нескінченної стрічки похилого робочого органу

Визначимо імовірність того, що будь-яка насінина займе якусь визначену ділянку ширини нескінченної стрічки похилого робочого органу, яка за величиною дорівнює середній ширині насінин у фракції  $b_{cp}$ , що сепарується, (визначається шляхом заміру ширини 200 насінин та визначення середньої величини поміж них) користуючись рівнянням.

$$P_{po.1.n} = \frac{b_{cp}}{B_{po.n}}, \quad (1)$$

де  $b_{cp}$  - середня товщина насінин у фракції, що сепарується, м;  
 $B_{po.n}$  - ширина нескінченної стрічки похилого робочого органу, м.

Для того, щоб в результаті зіткнення насінина збільшила свою швидкість, вона повинна бути питомо легкою. Тому, визначивши у відповідності до агровимог мінімальну власну вагу насінин, які необхідно відбирати в ході сепарування до бункеру питомо важких фракції I, для отримання там необхідної середньої ваги 1000 насінин  $80 \pm 2g$ ; розрахуємо імовірність того, що будь-яка насінина є питомо легкою  $P_{po.2}$ .

$$P_{po.2} = \int_{m_x - 3\sigma}^{G_{min}} F(x) dx, \quad (2)$$

де  $G_{min}$  - мінімальна власна вага насінин, що при сепаруванні потрапляють до бункеру питомо-важких, кг;  
 $F(x)$  - функція нормального розподілення власної ваги насінин [5].

Запишемо імовірність того, що питомо-легка насінина займе якесь визначене положення на поверхні сітки похилого робочого органу  $P_{po.3.n}$ .

$$P_{po.3.n} = P_{po.1.n} * P_{po.2} = \frac{b_{cp}}{B_{po.n}} * \int_{m_x - 3\sigma}^{G_{min}} F(x) dx, \quad (3)$$

де  $P_{po.1.n}$  - імовірність того, що насінина займе визначене положення (1);

$P_{po.2}$  - імовірність того, що насінина є питома легкою (2).

Обґрунтуємо умову можливого наздоганяння питома легкої насінини, що іде попереду, питома важкою насіниною, що йде позаду. Для цього розглянемо схему ковзання насінин на поверхні нескінченної стрічки похилого робочого органу, зображену на рис.1(б).

Аналізуючи характер можливого зіткнення насінин, відзначимо, що зіткнення можливе за умови потрапляння питома важкої насінини симетрично до центра ваги питома легкої насінини на ділянці, шириною у  $2 \cdot b_{cp}$  (див. рис. 1(б)).

Далі запишемо імовірність того, що будь - яка насінина потрапить у ділянку, шириною  $2 \cdot b_{cp}$  (див. рис. 1(б)), де вона може зіткнутися із питома-легкою насіниною, що іде попереду, використовуючи формулу  $P_{po.4}$ .

$$P_{po.4} = \frac{2 \cdot b_{cp}}{B_{po}}, \quad (4)$$

де  $b_{cp}$  та  $B_{po}$  - параметри, що описані у рівнянні (1).

Щоб наздогнати питома легку, насінина повинна бути питома важкою. Визначимо імовірність того, що будь - яка насінина є питома важкою, користуючись формулою  $P_{po.5}$ .

$$P_{po.5} = \int_{G_{min}}^{m_x+3\sigma} F(x)dx = 1 - P_{po.2} = 1 - \int_{m_x-3\sigma}^{G_{min}} F(x)dx, \quad (5)$$

де  $G_{min}$  та  $F(x)$  - параметри, що описані у рівнянні (2).

Надалі запишемо імовірність того, що питома важка насінина потрапить у ділянку, шириною  $2 \cdot b_{cp}$  (див. рис. 1(б)), де вона може зіткнутися із питома легкою насіниною, що іде попереду  $P_{po.6.n}$ :

$$P_{po.6.n} = \frac{2b_{cp}}{B_{po.n}} * \left( 1 - \int_{m_x-3\sigma}^{G_{min}} F(x)dx \right). \quad (6)$$

Таким чином, імовірність того, що дві насінини: одна з яких — питома легка, а інша — питома легка потраплять у частину ширини вертикального каналу, де в результаті їх руху з різною швидкістю вони можуть зіткнутися, описується формулою:

$$P_{po.7.n} = P_{po.3.n} * P_{po.6.n} = \left( \frac{b_{cp}}{B_{po.n}} * \int_{m_x-3\sigma}^{G_{min}} F(x)dx \right) * \left( \frac{2b_{cp}}{B_{po.n}} * \left( 1 - \int_{m_x-3\sigma}^{G_{min}} F(x)dx \right) \right), \quad (7)$$

де  $P_{po.3.n}$ ,  $P_{po.6.n}$  - величини ймовірностей, що розраховуються за рівняннями (3) та (6).

Для визначення середнього додавання величини вертикальної (ковзання) швидкості питома легкої насінини при її зіткненні із питома-важкою, що іде позаду, для даного варіанту виконання похилого робочого органу скористаймося схематично зображеними у підрозділі випадками зіткнення насінин при різних відстанях між їх центрами тяжіння.

Відзначимо, що в залежності від кута  $\gamma$  між вертикаллю та лінією, що з'єднує центри тяжіння насінин, максимальна величина передання імпульсу від питома-важкої до питома легкої у напрямку вертикалі, складає при  $\gamma = 0^\circ$ ,  $R' = R \cos 0^\circ = R$ ; при  $\gamma = 45^\circ$ ,  $R' = R \cos 45^\circ = 0.7R$ ; при  $\gamma = 90^\circ$ ,  $R' = R \cos 90^\circ = 0R = 0$  [5].

Для отримання середньої величини дії реакції  $R'$  з боку питома важкої насінини на питома легку при їх зіткненні необхідно поділити отриману загальну інтегральну площу кривої на інтервалі  $S_{nn}$  ( $0; 2b_{cp}$ ) на загальну довжину цього інтервалу  $2 \cdot b_{cp}$  та помножити на реакцію  $R$ , для чого скористаймося рівнянням (5) [5].

Тепер розрахуємо середню швидкість руху усередненої за параметрами питома важкої насінини серед питома-важких фракції I, для чого визначимо середню власну вагу, насінини у бункері фракції I за формулою  $G_{пв.ср}$ .

$$G_{пв.ср} = \frac{\int_{m_x+3\sigma}^{m_x} F(x) dx}{(m_x + 3\sigma) - G_{min}}, \quad (8)$$

де  $G_{min}$  - мінімальна власна вага насінин, що при сепаруванні потрапляють до бункеру питома важких, г;

$F(x)$  - функція нормального розподілену власної ваги насінин [6].

Запишемо рівняння руху насінин похилим робочим органом із нескінченною стрічкою, яка рухається з лінійною швидкістю  $V_{лін.н.}$  (див. рис. 1),

$$V_{пox.1} = \left( g \sin \alpha - fg \cos \alpha - f_n \frac{kF}{m} V_{пов.н}^2 \right) t_{пox.1} + C_{1пox.1}, \quad (9)$$

де  $V_{пов.н}$  - раціональна швидкість потоку на поверхні нескінченної стрічки похилого робочого органу, м/с;

$\alpha$  - раціональний кут нахилу похилого робочого органу із нескінченною стрічкою, °;

$f_n$  - коефіцієнт тертя насінин об поверхню нескінченної стрічки похилого робочого органу;

$k, F, m$  - коефіцієнт аеродинамічного опору, середня площа Міделевого перетину насінин та середня власна вага однієї насінини.

$t_{пox.1}$  - змінна часу, с;

$C_{1пox.1}$  - постійна рівняння руху, що визначається з початкових умов руху.

Знаходимо  $C_{1пox.1} = V_{лін.н.}$ , підставивши початкові умови при  $t_{пox.1} = 0$ ;  $V_{пox.1} = V_{лін.н.}$ .

Для спрощення розрахунків припустимо, що насінини, при її потраплянні на поверхню рухомої нескінченної стрічки відразу набирають швидкість руху стрічки  $V_{лін.н.}$ , тобто розглядати процес набуття швидкості насінинною при її потраплянні на поверхню нескінченної стрічки ми не будемо. Таким чином, рівняння залежності швидкості (відносно вісі x, розташованою уздовж поверхні стрічки похилого робочого органу, на рис. 1) насінини від часу прийме остаточний вигляд

$$V_{пox.1} = \left( g \sin \alpha - fg \cos \alpha - f_n \frac{kF}{m} V_{пов.н}^2 \right) t_{пox.1} + V_{лін.н.} \quad (10)$$

Розкладаючи  $V = dS/dt$ , отримуємо:

$$S_{пox.1} = \left( g \sin \alpha - fg \cos \alpha - f_n \frac{kF}{m} V_{пов.н}^2 \right) \frac{t_{пox.1}^2}{2} + V_{лін.н.} * t_{пox.1}. \quad (11)$$

Середню вертикальну (ковзання) швидкість питома важкої насінини із середньою власною вагою  $G_{пв.ср}$  у бункері фракції I на поверхні нескінченної стрічки похилого робочого органу визначимо, використовуючи рівняння руху та знайдену раніше раціональну величину довжини похилого робочого органу  $L_{ро.н.}$ .

Для цього знайдемо час ковзання насінини  $t_{пв.ср.н}$  із середньою власною вагою  $G_{пв.ср}$  похилим повітряно-сітчастим робочим органом, підставивши  $S_{пox.1} = L_{ро.н.}$  у рівняння руху насінини рухомою нескінченною стрічкою похилого робочого органу (3.15) [5].

Далі знайдемо кінцеву швидкість  $V_{пв.к.н}$  нашої насінини ( $k = k_{ср}$ ,  $F = F_{ср}$ ) із власною вагою  $G_{пв.ср}$ , підставивши  $t_{пв.ср.н}$  у рівняння (3.15) [5].

$$V_{пв.к.н} = V_{пox}(t_{пв.ср.н}). \quad (12)$$

Знайдемо середню швидкість за формулою  $V_{пв.ср.н}$ .

$$V_{\text{пв.ср.н}} = \frac{V_{0.н} + V_{\text{пв.к.н}}}{2}, \quad (13)$$

де  $V_{\text{пв.к.н}}$  - кінцева швидкість питома важкої насінини із середньою серед фракції I власною вагою  $G_{\text{пв.ср}}$  та середніми геометричними параметрами ( $k=k_{\text{ср}}$ ,  $F=F_{\text{ср}}$ ), яка розрахована за рівнянням (12), м/с;

$V_{0.н}$  - початкова швидкість руху насінини дорівнює лінійній швидкості руху нескінченної стрічки похилого робочого органу  $V_{\text{лін.н}}$ , визначена за умови отримання найвищої продуктивності, м/с.

Аналогічно знаходимо середню швидкість руху усередненої за параметрами питома легкої насінини серед питома-легких фракцій II та III, для чого визначимо середню власну вагу  $G_{\text{пл.ср}}$  насінини у бункері фракцій II,III, скориставшись формулою.

$$G_{\text{пл.ср}} = \frac{1 - \int_{G_{\text{мін}}}^{m_x + 3\sigma} F(x) dx}{G_{\text{мін}} - (m_x - 3\sigma)}, \quad (14)$$

де  $G_{\text{мін}}$ ,  $F(x)$  - змінні, що описані у (2).

Середню вертикальну (ковзання) швидкість питома легкої насінини із середньою власною вагою  $G_{\text{пл.ср}}$  у бункері фракцій II,III на поверхні нескінченної стрічки похилого робочого органу визначимо, використовуючи рівняння (13) та знайдену раніше раціональну величину довжини похилого робочого органу  $L_{\text{ро.н}}$ .

Для цього знайдемо час ковзання насінини  $t_{\text{пл.ср.н}}$  із середньою власною вагою  $G_{\text{пл.ср}}$  похилим повітряно-сітчастим робочим органом, підставивши  $S_{\text{пох.1}} = L_{\text{ро.н}}$  у рівняння руху насінини рухомою нескінченною стрічкою похилого робочого органу (3.15) [5].

Далі, знайдемо кінцеву швидкість  $V_{\text{пл.к.н}}$  нашої насінини  $G_{\text{пл.ср}}$ , підставивши  $t_{\text{пл.ср.н}}$  у рівняння (3.14) [6].

Знайдемо середню швидкість за такою формулою.

$$V_{\text{пл.ср.н}} = \frac{V_{0.н} + V_{\text{пл.к.н}}}{2}, \quad (15)$$

де  $V_{\text{пл.к.н}}$  - кінцева швидкість питома легкої насінини із середньою серед фракцій II, III власною вагою  $G_{\text{пл.ср}}$  та середніми геометричними параметрами ( $k=k_{\text{ср}}$ ,  $F=F_{\text{ср}}$ ), м/с;

$V_{0.н}$  - початкова швидкість руху насінини дорівнює лінійній швидкості руху нескінченної стрічки похилого робочого органу  $V_{\text{лін.н}}$ , м/с.

Маючи середню величину реакції  $R'_R$  та використавши відоме рівняння для випадку абсолютного непружного зіткнення, знайдемо нову швидкість руху двох насінин після того, як питома важка з них наздогнала питома легку, за формулою.

$$V_{\text{пв.н+пл.н}} = \frac{R'_R m_{\text{пв.ср.н}} V_{\text{пв.ср.н}} + m_{\text{пл.ср.н}} V_{\text{пл.ср.н}}}{m_{\text{пв.ср.н}} + m_{\text{пл.ср.н}}}, \quad (16)$$

де  $m_{\text{пв.ср}}$  - середня власна маса усередненої питома важкої насінини у бункері фракції I, г;

$m_{\text{пл.ср}}$  - середня власна маса усередненої питома-легкої насінини у бункері фракцій II,III, г.

Визначимо величину втрати при зіткненні величини вертикальної (ковзання) швидкості  $\Delta V_{\text{пв.з.н}}$  для усередненої питома-важкої насінини у бункері фракції I за наступною формулою.

$$\Delta V_{\text{пв.з.н}} = V_{\text{пв.ср.н}} - V_{\text{пв.н+пл.н}}, \quad (17)$$

де  $V_{\text{пв.ср.н}}$  - середня швидкість руху похилим робочим органом питомо-важкої насінини із середньою власною вагою, серед насінин фракції I  $G_{\text{пв.ср}}$  та середніми геометричними параметрами ( $k=k_{\text{ср}}$ ,  $F=F_{\text{ср}}$ ) до зіткнення (13), м/с;

$V_{\text{пв.н+пл.н}}$  - швидкість руху двох насінин після того, як питомо важка з них наздогнала питомо легку, за формулою (16), м/с.

Аналогічно визначимо величину набуття при зіткненні величини вертикальної (ковзання) швидкості  $\Delta V_{\text{пл.з.н}}$  для усередненої питомо-легкої насінини у бункері фракцій II та III за наступною формулою.

$$\Delta V_{\text{пл.з.н}} = V_{\text{пв.н+пл.н}} - V_{\text{пл.ср.н}}, \quad (18)$$

де  $V_{\text{пл.ср.н}}$  - середня швидкість руху похилим робочим органом питомо легкої насінини із середньою власною вагою серед насінин фракцій II,III  $G_{\text{пл.ср}}$  та середніми геометричними параметрами ( $k=k_{\text{ср}}$ ,  $F=F_{\text{ср}}$ ) до зіткнення (15), м/с;

$V_{\text{пв.н+пл.н}}$  - швидкість руху двох насінин після того, як питомо-важка з них, наздогнала питомо легку, за формулою (16).

Для визначення впливу зміни величини вертикальної (ковзання) швидкості насінин при зіткненні, на їх розподіл у процесі сепарування по бункерах фракції I-III зобразимо криву нормального розподілення власної ваги фракції насінин, що сепаруються, та графік залежності вертикальної швидкості насінин при їх сході із нескінченної стрічки похилого робочого органу, зображену на рис. 2.

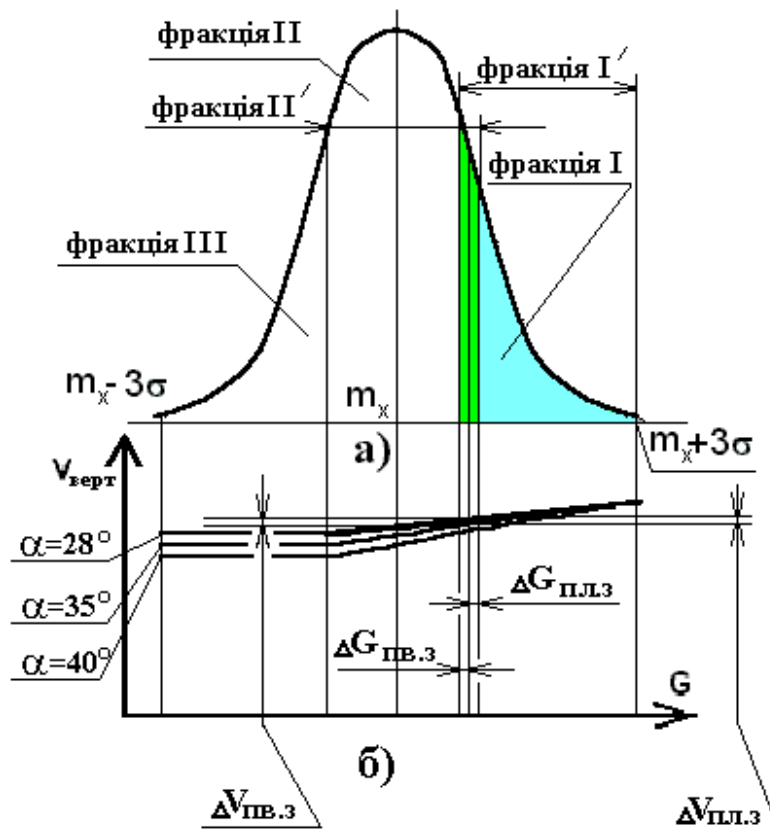


Рис. 2. Схема, що пояснює методику визначення зміни фракцій насінинами із близькою питомою вагою на ділянці їх розподілу по фракціях I-II, в результаті їх зіткнення при проходженні довжини нескінченної стрічки похилого робочого органу

За рахунок зіткнення насіння при проходженні робочого органу, в результаті збільшення вертикальної швидкості частина пито-легкого насіння (на величину  $\Delta V_{\text{пл.з}}$ , див. рис. 2(б)) потрапляє у бункер фракції I, а частина пито-важкого насіння потрапляє у фракцію II (змінює швидкість на величину  $\Delta V_{\text{пв.з}}$ , див. рис. 2(б)).

В результаті середня вага 1000 насіння фракції I зменшується на величину  $\Delta G_{\text{пл.з}}$  (див. рис. 2(б)), а середня вага 1000 насіння фракції II збільшується на величину  $\Delta G_{\text{пв.з}}$  (див. рис. 2(б)).

### **Висновки**

1. Розроблена методика теоретичного обґрунтування раціональної ширини нескінченної стрічки похилого робочого органу дозволяє обчислити її з максимальною точністю, ґрунтуючись на статистичних характеристиках фракції насінин, що сепаруються, та виходячи з потрібної розрахункової продуктивності.

2. Запропонована методика враховує можливе зіткнення насінин при русі похилим робочим органом, а також можливе погіршення якості пито-важкого насіння у бункері фракції I.

3. Необхідно в подальшому розробити теоретичні методики обґрунтування інших раціональних параметрів запропонованих енергозберігаючих сепараторів.

*The technique of theoretical substantiation of rational width of a tape of the inclined working body to a body of the new separator of seeds in air flows is offered. In view of probability collision seeds at sliding by an inclined working body and necessary productivity rational width and weight 1000 dense seeds in the bunker of the first fraction pays off.*

### **Література**

1. Котов Б.І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасінноочисної техніки // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. Машин. - Кіровоград. - 2001. - Вип. 31. - С. 110-111.
2. Бушуев Н.М. Семечистительные машины. Теория, конструкция и расчет. -М.-С:Машгиз, 1962.-238 с.
3. Патент України №34040. Спосіб сепарування та пристрій для його реалізації (варіанти). Єрмак В.П. Заявлено 18.05.1999. Опубліковано 15.08.2003. в №8.
4. Єрмак В.П. Сучасні способи сепарування насіння у повітряних потоках // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 11. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ. - 2004. - С. 40 - 44.
5. Єрмак В.П. Обґрунтування способу сепарування насінин соняшника в повітряних потоках. Дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук. - Луганськ: ЛНАУ, 2003. -166с.
6. Єрмак В.П. Теоретичне порівняння максимальної величини зміни вертикальної швидкості насінин для запропонованих шляхів вирішення проблеми підготовки насінного матеріалу та теоретичне порівняння якості роботи запропонованих способів сепарування // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для с.-г. виробництва імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого); Редкол.: М.В. Савчук (голов. ред.) та ін. - Дослідницьке. - 2004. - Вип.7(21). - С.143-148.

*Одержано 16.08.2005 р.*