

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ПРЕЦИЗІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ СОНЯШНИКУ ЗА ОБ'ЄМНОЮ ВАГОЮ

**І. Шевченко**, д-р техн. наук, чл.-кор. НААН, проф.,  
e-mail: shevchenko9985@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4191-4146>

**Е. Алієв**, канд. техн. наук,  
e-mail: aliev@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

**Ян Р. Камінський**, д-р с.-г. наук (інж.),  
e-mail: jan\_kaminski@sggw.pl, <https://orcid.org/0000-0001-8678-8238>

Варшавський університет наук про життя – SGGW (Польща)

### Анотація

Для соняшника, кондитерського напрямку використання, об'ємна вага сім'янки – це кількісна ознака, яка впливає на продуктивність рослини. Одним із способів сепарації насінневого матеріалу за щільністю або об'ємною вагою є його розділення у псевдозрідженому шарі, найбільш ефективним засобом чого є вібропневматичний сепаратор.

**Мета досліджень** – підвищення ефективності механіко-технологічного процесу прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику за об'ємною вагою під дією вібрувальної поверхні через обґрунтування його раціональних режимних параметрів.

**Методи.** Експериментальні дослідження були проведені на експериментальному стенді на базі пневмовібростола типу ПВС, який додатково містив кутомір Digital inclinometer, частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive та анемометр Benetech GM-816. Вихідним матеріалом у проведенні експериментальних досліджень було насіння кондитерського соняшника сорту Смак селекції Інституту олійних культур НААН, відкаліброване до фракції 3,2–3,4 мм з рослинними домішками, масова частка яких складала 12,3 %. Факторами для експериментальних досліджень були подача насіння  $Q$ , кути нахилу  $\alpha$  і  $\beta$ , частота коливань  $\psi$ , швидкість повітря  $V$ .

**Результати.** У результаті експериментальних досліджень процесу сепарації насінневого матеріалу соняшника за об'ємною вагою під дією вібрувальної поверхні отримані залежності зміни коефіцієнта розподілу  $\delta$ , продуктивності  $q$  і потужності  $P$ , яка споживається пневмовібросепаратором, від факторів досліджень.

**Висновки.** За умови забезпечення ефективності процесу розділення насіння під дією вібрувальної поверхні необхідно, щоб його продуктивність  $q$  була максимальною і дорівнювала значенню подачі насіння  $q = Q = 1029$  кг/год, при цьому коефіцієнт розподілу  $\delta = 40,4$  % повинен бути найбільшим, а потужність  $P = 1,94$  кВт, яка споживається пневмовібросепаратором – найменшою. Відповідно до вищезазначеного  $\alpha = 3,8^\circ$ ,  $\beta = 4,0^\circ$ ,  $\psi = 5$  Гц,  $V = 4$  м/с.

**Ключові слова:** насіння, сепаратор, об'ємна вага, дослідження, експеримент, фактори, раціональні параметри.

**Постановка проблеми.** Завдання доведення до кондиції насінневого матеріалу батьківських компонентів гібридів соняшника, оригінального насіння – насіння первинних ланок насінництва (розсадник збереження лінії, розсадники випробування потомства першого та

другого років – РВ–1, РВ–2, розсадник розмноження першого року – Р–1) потребує використання більш досконалих технічних засобів. Для одержання однорідного генетичного насінневого матеріалу батьківських компонентів необхідно враховувати в комплексі всі ознаки, зо-

крема ознаки сім'янки. Насіння соняшнику має значне різноманіття щодо розміру, форми, об'ємної ваги та кольору. Для соняшника кондитерського напрямку використання об'ємна вага сім'янки – це кількісна ознака, яка впливає на продуктивність і рослини [1, 2].

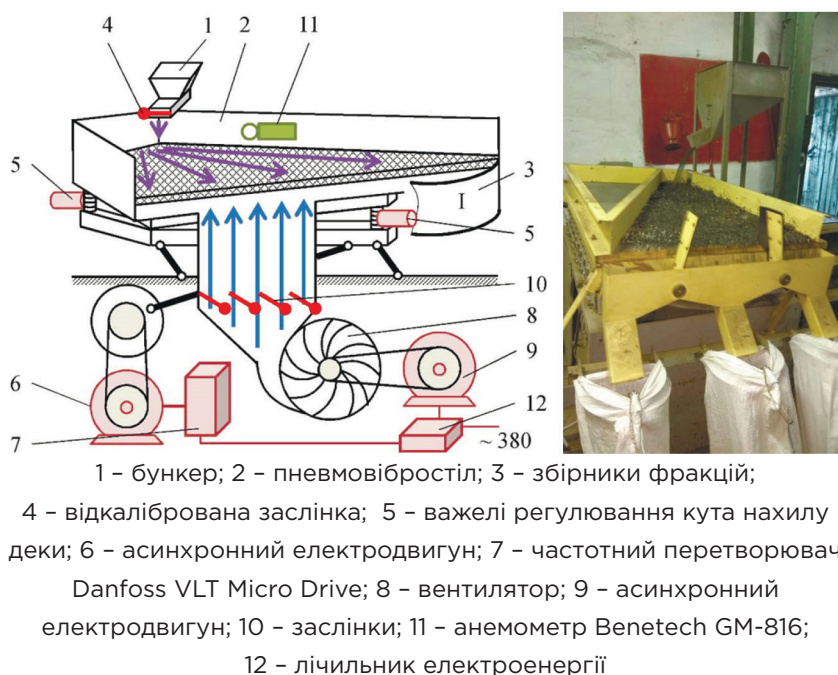
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із способів сепарації насінневого матеріалу за щільністю або об'ємною вагою є його розділення в псевдозрідженому шарі. Поділ у псевдозрідженому шарі може здійснюватися різними способами: вібраційний (вплив на насінневий шар тільки вібраціями опорної поверхні); пневматичний (вплив на насінневий шар постійним або пульсуючим повітряним потоком); вібропневматичний [3, 4, 5] (вплив на насінневий шар вібраціями опорної поверхні і повітряним потоком одночасно); пневмовідцентровий (вплив на насінневий шар надає поле відцентрових сил і повітряний потік). Найбільш ефективним способом сепарації насінневого матеріалу соняшника є вібропневмотичний. Реалізується він у вібропневмосепараторах і пневмосортувальних столах. При цьому загальна схема поділу здійснюється так: суміш потрапляє на перфоровану вібрвальну поверхню (деку), яка продувається потоком повітря. Як наслідок відбувається розшарування суміші та угруповування (сегрегація) в шарах часток з близькими фізичними ознаками. Після розшарування суміш розділяють різноманітними засобами. Підбираючи частоту коливання і кут нахилу деки, домагаються, щоб частинки, розташовані на різних рівнях і з різною щільністю, виводилися в різних місцях [6, 7].

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності механіко-технологічного процесу прецизійної сепарації насінневого матеріалу

соняшника за об'ємною вагою під дією вібрвальної поверхні через обґрунтування його раціональних режимних параметрів.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

Експериментальну перевірку отриманих теоретичних моделей [8, 9, 10] було проведено на експериментальному стенді на базі пневмовібростола типу ПВС, конструкційно-технологічна схема та загальний вигляд якого представлено на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Конструкційно-технологічна схема (а) та загальний вигляд (б) експериментальної установки для дослідження процесу сепарації насіння соняшнику за об'ємною вагою

Вихідним матеріалом у проведенні експериментальних досліджень були насіння кондитерського соняшника сорту Смак селекції Інституту олійних культур НААН, яке було відкаліброване до фракції 3,2–3,4 мм. Один дослід проводився під час пропускання через експериментальний зразок блоку подачі 100 кг насіння.

Факторами для експериментальних досліджень є подача насіння  $Q$ , кути нахилу деки  $\alpha$  і  $\beta$ , частота коливань  $\psi$ , швидкість повітря  $V$ . За результатами чисельного моделювання [9] було встановлено, що амплітуда коливань деки  $A$  не значно впливає на продуктивність  $q$  (вплив фактора – 7,4 %). Однак коефіцієнт за

повнення  $\theta$  і коефіцієнт розподілу  $\delta$  мають оптимум за амплітуди коливальних деки  $A = 0,013$  м, що і приймається як умова проведення експериментальних досліджень. Інтервали і рівні варіювання цими факторами представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Рівні варіацій факторами експериментальних досліджень процесу переміщення насіння під дією вібрувальної поверхні

Рівні варіацій факторів	Фактори				
	Подача насіння Q, кг/год ( $x_1$ )	Кут нахилу $\alpha$ , ° ( $x_2$ )	Кут нахилу $\beta$ , ° ( $x_3$ )	Частота коливань $\psi$ , с <sup>-1</sup> ( $x_4$ )	Швидкість повітря V, м/с ( $x_5$ )
Нижній рівень (-)	1000	1	1	5	3
Основний рівень (0)	1400	3	3	7,5	3,5
Верхній рівень (+)	1800	5	5	10	4
Інтервал варіацій факторів	400	2	2	2,5	0,5

За критерії оптимізації було прийнято: продуктивність –  $q$ , споживану потужність –  $P$  і коефіцієнт розподілу –  $\delta$ .

Продуктивність пневмовібростола  $q$  визначалася вимірюванням маси насіння  $M$ , яке пройшло через нього, і відповідного часу  $\tau$ . Розрахунок проводився за формулою:

$$q = \frac{M}{\tau} \quad (1)$$

Потужність, яка витрачається установкою, вимірювалася повіреним лічильником електроенергії і розраховувалася за формулою:

$$P = \frac{\Delta E}{\tau} \quad (2)$$

де  $\Delta E$  – показання електролічильника, Вт · год;  $\tau$  – час проведення дослідів, год.

Оскільки завданням сепарації насіння соняшника під час його переміщенні під дією вібрувальної поверхні є розділення на 3 фракції (голе ядро, виконані, неповністю виконані і пусті), то на експериментальній установці виставлено 3 забірні зони. У кожному досліді для кожної забірної зони визначається фракційний склад загально-

прийнятою методикою [384] і розраховується відповідний коефіцієнт розподілу  $\delta$ , який визначається так. Нехай вхідний матеріал необхідно розділити на  $N$  фракцій, тоді кількість забірних зон повинна дорівнювати  $N$ . Для кожної забірної зони

визначається фракційний склад насінневої суміші, який математично можна представити як квадратну матрицю  $N \times N$ :

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1N} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{N1} & w_{N2} & \dots & w_{NN} \end{pmatrix} \quad (3)$$

де  $w_{ij}$  – масова доля фракції  $i$  в забірнику  $j$ :

$$w_{ij} = \frac{m_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N m_{ij}} \cdot 100\% \quad (4)$$

$m_{ij}$  – маса фракції  $i$  в забірнику  $j$ .

Коефіцієнт розподілу  $\delta$  визначається як найбільша сума діагональних елементів матриці (2.35):

$$\delta = \max \left( \sum_{k=1}^N w_{kk}, \sum_{k=1}^N w_{k(k+1)}, \dots, \sum_{k=1}^N w_{k(k+N-1)}, \sum_{k=1}^N w_{(k+1)k}, \dots, \sum_{k=1}^N w_{(k+N-1)k} \right) \quad (5)$$

де  $k$  – натуральне число.

Експериментальні дослідження були проведені за D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна другого порядку для 5 факторів (45 дослідів) у триразовій повторності. Обробка результатів досліджень, проведених методом математичного факторного планування експериментів, виконувались за допомогою комп'ютерної програми Mathematica. Математична модель визначається за кожним критерієм оптимізації.

Розділенням насінневого матеріалу соняшника на пневмовібростолі типу ПВС отримано фракції, які можна розділити на 3 групи: виконані; неповністю виконані, пусті та органічні (рослинні) домішки; голе ядро й уражене грибовими хворобами.

За результатами досліджень отримано:

- математичну модель впливу досліджуваних факторів на коефіцієнт розподілу  $\delta$ :

$$\begin{aligned} \delta = & -147,163 - 4,8605 \alpha - 0,460969 \alpha^2 + \\ & + 28,1812 \beta - 1,04909 \beta^2 + 105,827 V + \\ & + 1,82315 \alpha V - 5,3159 \beta V - 13,3333 V^2 - \\ & - 10,1229 \psi - 0,472683 \beta \psi + 0,6 V \psi + \\ & + 0,493084 \psi^2; \end{aligned} \quad (6)$$

- математичну модель впливу досліджуваних факторів на продуктивність пневмовібростола  $q$ :

$$\begin{aligned} q = & -1901,46 + 159,113 \alpha - 60,3788 \alpha^2 + \\ & + 136,126 \beta - 12,7299 \beta^2 + 0,461994 Q + \\ & + 0,136598 \alpha Q + 0,04875 \beta Q - 0,000329705 Q^2 - \\ & - 208,153 V + 42,6091 \alpha V + 0,185833 Q V + \\ & + 74,1 V^2 + 370,192 \psi - 7,06667 \alpha \psi - 13,7667 \beta \psi - \\ & - 51,6543 V \psi - 9,56714 \psi^2; \end{aligned} \quad (7)$$

- математичну модель впливу досліджуваних факторів на потужність  $P$ , споживану експериментальною установкою:

$$\begin{aligned} P = & 1,19276 - 0,300625 \alpha - 0,00630208 \alpha^2 - \\ & - 0,0780208 \beta - 0,011093 \beta^2 + 0,000789236 Q + \\ & + 0,0000604167 \beta Q - 3,3463 \cdot 10^{-7} Q^2 - \\ & - 0,0525 V + 0,06 \alpha V + 0,000195833 Q V + \\ & + 0,0936667 \psi - 0,0101667 \beta \psi. \end{aligned} \quad (8)$$

За умови забезпечення ефективності процесу розділення насіння під дією вібраторної поверхні необхідно, щоб його продуктивність  $q$  була максимальною і дорівнювала значенню подачі насіння  $q = Q$ , при цьому коефіцієнт розподілу  $\delta$  повинен бути найбільшим, а потужність  $P$ , споживана пневмовібросепаратором – найменшою, тобто:

$$\begin{cases} \delta(Q, \alpha, \beta, \psi, V) \rightarrow \max, \\ P(Q, \alpha, \beta, \psi, V) \rightarrow \min, \\ q(Q, \alpha, \beta, \psi, V) = q. \end{cases} \quad (9)$$

Вирішивши задачу (9) за допомогою програмного пакета Mathematica, отримали оптимальні технологічні режими процесу сепарації насіння соняшнику під час його переміщення під дією вібраторної поверхні:

$$\begin{aligned} q = Q = & 1029 \text{ кг/год}, \\ \alpha = & 3,8^\circ, \beta = 4,0^\circ, \\ \psi = & 5 \text{ Гц}, V = 4 \text{ м/с}, \\ \delta = & 40,4\%, P = 1,94 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (10)$$

**Висновки.** Експериментально дослідивши процес сепарації насінневого матеріалу соняшника за об'ємною вагою під дією вібраторної поверхні, отримали залежності зміни коефіцієнта розподілу  $\delta$ , продуктивності  $q$  і потужності  $P$ , споживаної пневмовібросепаратором, від подачі насіння  $Q$ , швидкості повітряного потоку  $V$ , частоти коливань деки  $\psi$ , кутів нахилу деки  $\alpha$  і  $\beta$ .

За умови забезпечення ефективності процесу розділення насіння під дією вібраторної поверхні необхідно, щоб його продуктивність  $q$  була максимальною і дорівнювала значенню подачі насіння  $q = Q = 1029$  кг/год, при цьому коефіцієнт розподілу  $\delta = 40,4\%$  повинен бути найбільшим, а потужність  $P = 1,94$  кВт, яка споживається пневмовібросепаратором – найменшою. Відповідно до вищезазначеного  $\alpha = 3,8^\circ$ ,  $\beta = 4,0^\circ$ ,  $\psi = 5$  Гц,  $V = 4$  м/с.

## Література

1. Петренко В. П., Кривошеєва, О. В., Леонова, Н. М. Створення високобілкових ліній соняшника для кондитерського напрямку селекції. Сучасні технології селекційного процесу сільськогосподарських культур: збірник тез міжнародного наукового симпозиуму (7-8 лип. 2004 р.). УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків. 2004. С. 138-139.
2. Леонова Н. М., Кириченко В. В., Сивенко А. А. Проявление эффекта гетерозиса и комбинационная способность линий подсолнечника кондитерского типа. Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского 19 научно-исследовательского института масличных культур. Краснодар. 2015. Вып. 1 (161). С. 16-21.
3. Галкин В. Д., Хандриков В. А., Хавыев А. А. Сепарация семян в вибропневмосжиженном слое: технология, техника, использование: монография. М-во с.-х. РФ; федеральное гос. бюджетное об

разов. учреждение высш. образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». Пермь: ИПЦ «Прокростъ». 2017. 170 с.

4. Завгородний А. И., Обыхвост А. В. Очистка семян гречихи на вибрационном сепараторе с малогабаритными деками. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2006. № 4. С. 50-51.

5. Заика П. М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. М.: Машиностроение. 1977. 305 с.

6. Заика П. М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства. Учебное пособие. М.: МИИСП. 1981. 141 с.

7. Заїка П. М., Бакум М. В., Михайлов А. Д., Козій О. Б. Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах. Вібрації в техніці та технологіях. 2012. № 3 (67). С. 106-111.

8. Алієв Е. Б. Фізико-математичний апарат пружно-демпферної взаємодії насінин під дією віброуючого решета. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 47, ч. I. Кропивницький: ЦНТУ. 2017. С. 31-39.

9. Алієв Е. Б. Фізико-математична модель процесу переміщення насінневого матеріалу олійних культур під дією віброуючої поверхні. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». Вінниця: ВНАУ. № 1 (88). 2018. С. 54-59.

10. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V. M., Trukhanska O. O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No. 1. P. 95-104.

## Literature

1. Petrenkova V. P., Krivosheeva O.V., Leonova N. M. The Turning of the Viscose-Like Lines to the Sonyashnik for Confectionery Directly Selective. Modern tech-

nologies of selection of processes from cultural cultures: a collection of international science symposium (7-8 lip. 2004 p.). UAAN, V. Ya. Yuryev In-t of Plant Growing. Kharkiv 2004. p. 138-139.

2. Leonova N. M., Kirichenko, V. V., Sivenko A. A. Manifestation of the heterosis effect and the combining ability of confectionery sunflower lines. Oilseeds: scientific and technical bulletin of the All-Russian 19 Research Institute of Oilseeds. Krasnodar. 2015. Vol. 1 (161). Pp. 16-21.

3. Galkin V. D., Khandrikov V. A., Khavyev, A. A. Separation of seeds in a vibro-fluidized bed: technology, technology, use: monograph. M-s. RF; federal state budget image. institution of higher. images. “Perm State agrarian and technological un-t them. Acad. D.N. Pryanishnikov. Perm: CPI Prokrost. 2017. 170 p.

4. Zavgorodniy A. I., Obyhvost A. V. Cleaning of buckwheat seeds on a vibratory separator with small decks. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. 2006. No. 4. S. 50-51.

5. Zaika P. M. Dynamics of vibration grain cleaning machines. M.: Mechanical Engineering. 1977. 305 p.

6. Zaika P. M. Vibration seed cleaning machines and devices. Tutorial. M.: MIISP. 1981. 141 p.

7. Zaika P. M., Bakum M. V/, Mikhailov A. D., Koziy O. B. Separation of flax seeds on vibration separators. Vibration in technology and technology. 2012. No. 3 (67). Pp. 106-111.

8. Aliev E. B., Physics and mathematical apparatus of elastic-damping interaction of seeds under the action of a vibrating sieve. National interdepartmental scientific and technical collection. Design, manufacture and operation of agricultural machines, vp. 47, part I. Kropivnitsky: TsNTU. 2017. pp. 31-39.

9. Aliev E.B., Physical and mathematical model of the process of moving the seeds of oilseed crops under the action of the vibrating surface. All-Ukrainian Scientific and Technical Journal «Vibration in Technology and Technologies». Vinnytsya: VNAU. No. 1 (88). 2018. S. 54-59.

10. Aliev E. B., Bandura V. M., Prysh-

liak V. M., Yaropud V. M., Trukhanska O. O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. IN-MATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No. 1. P. 95-104.

### Literatura

1. Petrenkova V. P., Kryvoshejeva O. V., Leonova N. M. Stvorennja vysokobilkovyh linij sonjashnyku dlja kondyters'kogo naprjamku selekcii'. Suchasni tehnologii' selekciynogo procesu sil's'kogospodars'kyh kul'tur: zbirnyk tez mizhnarodnogo naukovogo sympoziumu (7-8 lyp. 2004 r.). UAAN, In-t roslynnyctva im. V.Ja. Jurjeva. Harkiv. 2004. S. 138-139.
2. Leonova N. M., Kyrychenko V. V., Syvenko A. A. Projavlenye efekta geterozysa y kombynacyonnaja sposobnost' lynyj podsolnechnyka kondyterskogo typu. Maslychnye kul'tury : nauchno-tehnycheskyj bjulleten' Vserossyjskogo 19 nauchno-ysledovatel'skogo ynstituta maslychnyh kul'tur. Krasnodar. 2015. Выр. 1 (161). S. 16-21.
3. Galkyn V. D., Handrykov V. A., Nавyyev A. A. Separacyja semjan v vybropnevmoozhyzhenom sloe: tehnologija, tehnyka, yspol'zovanye: monografija. M-vo s.-h. RF; federal'noe gos. bjudzhetnoe obrazov. uchrezhdenye vyssh. obrazov. «Permskyj gos. agrarno-tehnologych. un-t ym. akad. D.N. Prjanyshnykova». Perm': YPC «ProkrostЪ». 2017. 170 s.
4. Zavgorodnyj A. Y., Obyhvost A. V. Ochystka semjan grechyhy na vybracyonnom separatore s malogabarytnymy dekamy. Visnyk Poltavs'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'. 2006. № 4. S. 50-51.
5. Zayka P. M. Dynamyka vybracyonnyh zernoochystitel'nyh mashyn. M.: Mashynostroenye. 1977. 305 s.
6. Zayka P. M. Vybracyonnye semjaochystitel'nye mashyny y ustrojstva. Uchebnoe posobyе. M.: MYYSP. 1981. 141 s.
7. Zai'ka P. M., Bakum M. V., Myhajlov A. D., Kozij O. B. Separacija nasinnja l'onu na vibracijnyh separatorah. Vibracii' v tehnicu ta tehnologijah. 2012. № 3 (67). S. 106-111.
8. Alijev E. B. Fyzyko-matematychnyj aparat pruzhno-dempfernoi' vzajemodii' nasynyn pid dijeju vibrujuchoho resheta. Zagal'noderzhavnyj mizhvidomchyj naukovu-tehnychnyj zbirnyk. Konstrujuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil's'kogospodars'kyh mashyn, vyp. 47, ch. I. Kropyvnyc'kyj: CNTU. 2017. S. 31-39.
9. Alijev E. B. Fyzyko-matematychna model' procesu peremishhennja nasinnjevogo materialu olijnyh kul'tur pid dijeju vibrujuchoi' poverhni. Vseukrai'ns'kyj naukovu-tehnychnyj zhurnal «Vibracii' v tehnicu ta tehnologijah». Vinnycja: VNAU. № 1 (88). 2018. S. 54-59.
10. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V. M., Trukhanska O. O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. IN-MATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No. 1. P. 95-104.

UDC 631.362.3

## RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF PRECISION SEPARATION OF SUNFLOWER SEED BY VOLUME WEIGHT

**I. Shevchenko**, Dr. Hab (Agr./Eng./Tech.), Professor, Corresponding Member of the NAAS, e-mail: shevchenko9985@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4191-4146>

**E. Aliiev**, Ph.D., e-mail: aliev@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>  
Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

**Jan R. Kaminski**, Dr. Hab (Agr./Eng.),  
e-mail: jan\_kaminski@sggw.pl, <https://orcid.org/0000-0001-8678-8238>  
Warsaw University of Life Sciences - SGGW (Poland)

### Summary

For sunflower, confectionary use, the volumetric weight of achene is a quantitative trait that affects plant productivity. One of the methods for separating the seed material according to density or bulk density is its separation in the fluidized bed. The most effective means of separating seeds in the fluidized bed is the vibropneumatic separator.

**The purpose of research** is to increase the efficiency of the mechanic-technological process of precision separation of sunflower seed material by volume weight under the action of a vibrating surface by justifying its rational regime parameters.

**Methods.** Experimental studies were carried out on an experimental test bench based on a pneumatic vibro table of the PVA type, which additionally contained a Digital inclinometer, a Danfoss VLT Micro Drive frequency converter and a Benetech GM-816 anemometer. The initial material during the experimental studies were seeds of confectionary sunflower variety Smak, selections of the Institute of Oilseeds NAAS, which were calibrated for a fraction of 3.2-3.4 mm and contained vegetable impurities, the mass fraction of which was 12.3%. Factors for the experimental studies were the seed supply  $Q$ , the angles of inclination of the deck  $\alpha$  and  $\beta$ , the frequency of oscillation  $\psi$ , air velocity  $V$ .

**Results.** As a result of experimental studies of the separation of sunflower seed by volume weight under the action of a vibrating surface, the dependences of the change in the distribution coefficient  $\delta$ , productivity  $q$  and power  $P$  consumed by the pneumo-separator on factors of research are obtained. Findings. Under the condition of ensuring the effectiveness of the seed separation process under the action of the vibrating surface, it is necessary that its productivity  $q$  be maximum and equal to the seed supply value  $q = Q = 1029 \text{ kg/h}$ , while the distribution coefficient  $\delta = 40.4\%$  should be the largest and the power  $P = 1.94 \text{ kW}$  consumed by the pneumatic vibration separator - the smallest. Based on the above,  $\alpha = 3.8^\circ$ ,  $\beta = 4.0^\circ$ ,  $\psi = 5 \text{ Hz}$ ,  $V = 4 \text{ m/s}$ .

**Keywords:** seeds, separator, volumetric weight, research, experience, factors, rational parameters.

УДК 631.362.3

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ПРЕЦИЗИОННОЙ СЕПАРАЦИИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО ОБЪЕМНОМУ ВЕСУ

И. Шевченко, д-р техн. наук, чл.-корр. НААН, проф.,  
e-mail: shevchenko9985@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4191-4146>

Э. Алиев, канд. техн. наук,  
e-mail: aliev@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>

Институт масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины

Ян Р. Каминский, д-р с.-г. наук (инж.),  
e-mail: jan\_kaminski@sggw.pl, <https://orcid.org/0000-0001-8678-8238>  
Варшавский университет наук о жизни – SGGW (Польша)

### Аннотация

Для подсолнечника, кондитерского направления использования, объемный вес семянки – это количественный признак, который влияет на производительность растения. Одним из способов сепарации семенного материала по плотности или объемному весу является его разделение в псевдосжиженном слое. Наиболее эффективным средством разделения семян в псевдосжижен-

ном слое является вибропневматический сепаратор.

**Цель исследований** – повышение эффективности механико-технологического процесса прецизионной сепарации семенного материала подсолнечника по объемному весу под действием вибрирующей поверхности путем обоснования его рациональных режимных параметров.

**Методы.** Экспериментальные исследования были проведены на экспериментальном стенде на базе пневмовибростола типа ПВС, который дополнительно содержал угломер *Digital inclinometer*, частотный преобразователь *Danfoss VLT Micro Drive* и анемометр *Benetech GM-816*. Исходным материалом при проведении экспериментальных исследований были семена кондитерского подсолнечника сорта Смак селекции Института масличных культур НААН, которые были откалиброваны на фракцию 3,2-3,4 мм и содержали растительные примеси, массовая доля которых составляла 12,3%. Факторами для экспериментальных исследований были подача семян  $Q$ , углы наклона деки  $\alpha$  и  $\beta$ , частота колебаний  $\psi$ , скорость воздуха  $V$ .

**Результаты.** В результате экспериментальных исследований процесса сепарации семенного материала подсолнечника по объемному весу под действием вибрирующей поверхности получены зависимости изменения коэффициента распределения  $\delta$ , производительности  $q$  и мощности  $P$ , потребляемым пневмовибросепаратором, от факторов исследований. Выводы. При условии обеспечения эффективности процесса разделения семян под действием вибрирующей поверхности необходимо, чтобы его производительность  $q$  была максимальной и составляла значению подачи семян  $q = Q = 1029$  кг/ч, при этом коэффициент распределения  $\delta = 40,4\%$  должен быть самым большим, а мощность  $P = 1,94$  кВт, потребляемая пневмовибросепаратором – наименьшей. Исходя из вышесказанного  $\alpha = 3,8^\circ$ ,  $\beta = 4,0^\circ$ ,  $\psi = 5$  Гц,  $V = 4$  м/с.

**Ключевые слова:** семена, сепаратор, объемный вес, исследования, опыт, факторы, рациональные параметры.