



УДК: 664.6: 62-93

**DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS OF VIBRATING SIFTERS
ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОСІЮВАЧІВ****Fedoriv V.M. / Федорів В.М.***Ph.D in Engineering, Asc. Prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4499-0910

Oleksandrenko V.P. / Олександренко В.П.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2404-2104

Martynyuk A.V. / Мартинюк А.В.*Ph.D in Engineering, Asc. Prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-8277-1308

*Khmelnytskyi National University,**11 Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016**Хмельницький національний університет,
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016*

Abstract. *The aim of the study of the vibration sieving process is to determine the movement of bulk products by inclined vibrating surfaces with the development of new designs of flour sieves.*

It has been found that the presence of an adhesive bond between particles and the contacting sieving surface significantly affects the process of vibration movement of bulk materials.

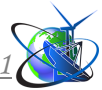
The graphical dependences of the initial sliding angle on the angle of inclination of a vertically oscillating flat surface for high-grade wheat flour and powdered sugar were determined. The initial phase angle of sliding with increasing angle of inclination of the sifting deck relative to the horizon decreases exclusively for all highly dispersed bulk food products.

The study found that for first-grade potato starch, the initial phase slip angle φ_3 has a maximum value, and for high-grade wheat flour, a minimum value at any angle of inclination of the sieving surface in the range $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$. Moreover, for high-grade wheat flour, an increase in the vibration parameter W from 6 to 7 reduces the value of the phase angle φ_3 in the range of $25^\circ - 45^\circ$.

It has been proven that the adhesion coefficient directly affects the value of the initial phase slip angle. The value of the adhesion coefficient largely depends not only on the nature of the highly dispersed product under study, but also on the angle of inclination in the intensity of vertically directed vibrations of the sieving surface. With an increase in the intensity of oscillations W from 4 to 7 at fixed inclination angles α (25° , 30° , 35°), the adhesion coefficient for flour, powdered sugar, and starch increases first in a parabolic fashion and reaches a maximum, and then decreases. For wheat flour of the highest grade with a moisture content of 13.8, fixed angles of inclination of the flat surface of 25° , 30° , and 35° correspond to the maximum values of the adhesion coefficient of 1.07 at $W = 7$, 1.02 at $W = 6$, and 1.06 at $W = 5$.

Key words: *sieve, vibration, sieving, adhesion, vibrating surface, adhesion coefficient, vibrating sifter.*

Introduction. Reducing the negative effects of adhesion and rational use of the forces of adhesive interaction of bulk particles with the contacting working surface makes it possible to intensify sieving. Therefore, the development of a progressive method of sieving on vibrating surfaces based on the adhesive properties of bulk food particles is timely and practically important. The introduction of this innovation in equipment for the production and processing of bulk food products will reduce their energy consumption, increase production volumes and improve the quality of finished bakery, confectionery, pasta and food concentrates [1,3,4,5].



Research methodology.

The main condition for the product to be able to be sieved through a flat sieve is its sliding. The limiting acceleration, at which the inertia force is equal to the friction force, for spherical particles depends on the intensity of the oscillation, the coefficient of friction of the oscillation, the acceleration of free fall, and the radius of the particle.

In the process of vibratory screening, based on the vibration movement, in the simplest case, of two fractions in opposite directions, the movement of particles down an inclined surface, is carried out in a thin permitted layer of the product. Such a layer is represented as a set of separate, non-coupled particles whose interactions with the vibrating plane are approximated by the law of dry friction [2,7,8,11].

Based on the results of the experiments, a new simplified design of a vibrating sifter using a crank mechanism was developed to reduce energy consumption.

Research results.

In the course of the study to determine the adhesion coefficient of highly dispersed particles, it was found that the adhesion coefficient *fad* directly affects the value of the phase slip angle [6,9,10].

The results of the study of the dependence of the coefficient *fad* of highly dispersed food products on the angle of inclination of the sieving plane are shown in Figures 1-2 and in the form of analytical equations.

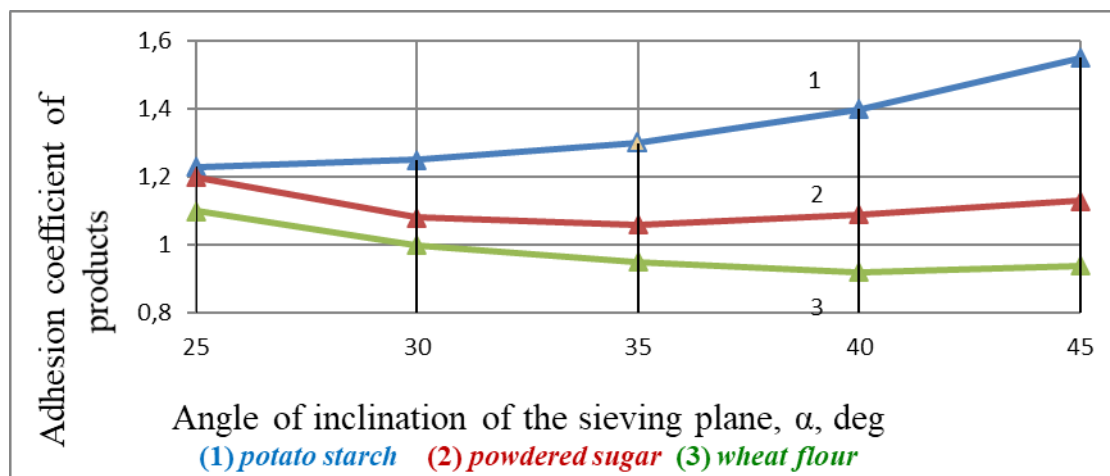
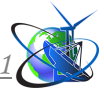


Figure 1 – Adhesion coefficient of highly dispersed products depending on the angle of inclination of the sieve surface

Analysis of these dependencies shows that the value of the adhesion coefficient largely depends not only on the nature of the highly dispersed product under study, but also on the angle of inclination and intensity of vertically directed vibrations of the flat sieving surface $W=4-5$, the adhesion coefficient *fad* for high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch increases with an increase in the angle of inclination α in the range from 25° to 40° [14,16,17,19,21,22].

At a vibration intensity of $W=6-7$ for first-grade potato starch, the tendency to increase the adhesion coefficient *fad* with an increase in the angle of inclination of the sieving surface α from 25° to 45° is maintained. However, for higher-grade flour and powdered sugar, at a vibration intensity of $W=6$, with an increase in the angle of



inclination of the surface within $\alpha=25^\circ$ to 45° , the coefficient first decreases and then increases. At the vibration intensity of the inclined sieving surface $W = 7$, the adhesion coefficient f_{ad} decreases for these products with an increase in the adhesion coefficient f_{ad} , which are different for the studied products. For potato starch, the range of variation of f_{ad} is the widest, and for wheat flour, the narrowest. Parabolic curves, graphical dependencies depicting f_{ad} of wheat flour of the highest grade, powdered sugar from potato starch of the first grade on the angle of inclination of the sieving surface α , do not intersect anywhere. The order of their location is preserved in all graphs. For the plot of first-grade potato starch, the coefficient f_{ad} takes the maximum and for the plot of first-grade wheat flour the minimum values of the angle of inclination of the sieving surface at $\alpha = 25^\circ-40^\circ$, and again an increase is observed at $\alpha = 40^\circ-45^\circ$.

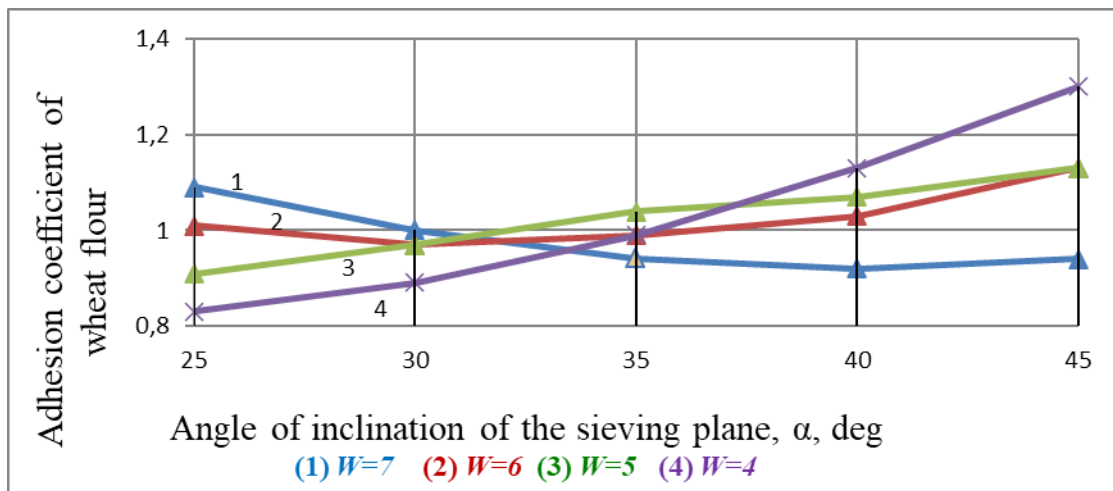


Figure 2 – The adhesion coefficient of high-grade wheat flour depending on the angle of inclination of the sieving surface at different levels of its oscillation intensity

In Fig. 2. shows families of curves depicting graphical dependences of the adhesion coefficient of high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch on the angle of inclination of the die at different levels of intensity of its oscillations [12,13,15,18,20,23].

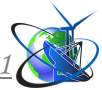
As can be seen from Fig. 2, the value of the coefficient f_{ad} for the highest grade of powdered sugar flour at the intensity of oscillations of the sieving surface $W = 3$ is determined: in the area $\alpha = 25^\circ-35^\circ$ by parabolic functions:

$$f_{ad} = 4,75 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)^2 + 1,42 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,5 \tag{1}$$

$$f_{ad} = 4,6 \cdot 10 - 3(\alpha - \alpha_0)^2 + 1,53 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,59 \tag{2}$$

With an increase in the intensity of oscillations within the range of $W = 4-5$ and $W = 6-7$, the range of determination of the f_{ad} coefficient expands and corresponds to the areas $\alpha = 25^\circ-40^\circ$ and $\alpha = 25^\circ-45^\circ$.

The intersection of the curves corresponding to different levels of oscillation intensity $W = 4-7$ occurs for high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch. The equality of the coefficients f_{ad} at the points of intersection of the curves corresponding to the determined angles of inclination of the sieving surface α



indicates a direct proportional dependence of the adhesion force of the layer of highly dispersed particles F_{Nad} on the vibration intensity of the separating surface. For example, the intersection of the curves corresponding to vibration intensities $W = 4$ and $W = 7$ at the point fixed by the surface inclination angle $\alpha = 35,5^\circ$ indicates a direct proportional dependence of the adhesion force of the layer of high-grade flour only for the specific specified levels of vibration intensity, and not $W = 5$ or $W = 6$.

Of particular interest is the family of curves for first-grade potato starch. The point of intersection of the three curves with levels of intensity of oscillations of the sieving surface $W = 4-7$ is the only one and is determined by the coordinates $f_{ad} = 1,32$; $\alpha = 33,6^\circ$. In this case, it can be argued that there is a continuous direct proportional relationship between the adhesion force of the starch layer and the intensity of oscillations of the sieving surface at a fixed angle of its inclination α .

When the range of inclination angle $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$ is expanded, the error of the f_{ad} coefficient does not exceed 12% for flour, 15% for powdered sugar, and 20% for starch.

Conclusions.

The analysis of the results of studies to determine the adhesion coefficients of a layer of highly dispersed particles showed that the efficiency of the sieving process is assessed by the ratio of productivity to energy consumption in the relevant means. In the process of vibratory sieving, based on the vibration movement of two fractions in opposite directions, the movement of particles down an inclined surface, is carried out in a thin permitted layer of the product. Such a layer is represented as a set of separate, non-coupled particles, whose interactions with the vibrating plane are approximated by the law of dry friction. The vibration movement of highly dispersed particles connected by autoglue bonds up an inclined surface is carried out in a polylayer. The thickness of the polylayer depends on the vibration intensity and the angle of inclination of the vibrating surface relative to the horizon.

Based on the results obtained, it can be argued that the design of the vibrating sifter can significantly reduce the resistance to material flow, more rationally use the drive energy, and increase the efficiency of sifting bulk materials.

References

1. Kravchenko M., Stadnyk I., Piddubnyi V., Karpyk H., Hidzhelitskyi V. Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2019. – Vol. 13(1). – P. 429-437.
2. Kovalev, O. V., Nikolaev, I. M., Fedorov, V. M. Establishment of optimal operating modes of baking ovens. *Odesa National Academy of Food Technologies Scientific works* 3 (45). – 2014. – P. 61-65.
3. Piddubnyy V., Kahanets-Havrylko L., Fedoriv V., Senchishin V., Stadnyk I. Peculiarities of heat exchange in dough under rotary rollers action. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*. – Vol 109, № 1.). – 2023. – P. 43-53.
4. Samiilenko S., Bondar V., Piddubnyi V., Shutyuk V., Bilyk O., Fedoriv V. Thermodynamic Analysis of the Thermal Manufacturing Complex of Sugar Production: Criteria for Energy Efficiency of an Enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 3 (8(111)) – P.6-13.



5. Stadnyk I., Piddubnyy V., Chagaida A., Fedoriv V. Dynamics of interaction of components during mixing. Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU. —2022. — Vol 107. № 3. — P. 86-98.
6. Stadnyk I., Sokolenko A., Piddubnyy V., Vasylykivsky K., Chahaida A., Fedoriv V. Justification of thermodynamic efficiency of the new air heat pump in the system of redistribution of energy resources at the enterprise. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. — 2021. — Vol. 15. — P. 680-693.
7. Stadnyk I., Piddubnyi V., Chahaida A., Fedoriv V., Hushtan T, Kraievskya S., Kahanets-Havrylko L., Okipnyi I. Energy Saving Thermal Systems on the Mobile Platform of the Mini-Bakery. Strojnícky časopis-Journal of Mechanical Engineering.—2023. —Vol. 73(1), P.169-186.
8. Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Oleksandrenko V.P., Bilyk Yu.M. Cavitation-Erosion Wear Resistance of Fluoroplastics in Model Food Production Media. J. Frict. —2019. —Vol. 40, P.468-474.
9. M. S. Stechyshyn, A. V. Martynyuk, Y. M. Bilyk, V. P. Oleksandrenko, N. M. Stechyshyna. Influence of the ionic nitriding of steels in glow discharge on the structure and properties of the coatings. Fiz.-Khim. Mekh. Mater., 53, No. 3, 49–55 (2017). English translation: Mater. Sci.,53, No. 3, 343–349 (2017).
10. Fedoriv, V.M. (2005), Doslidzhennya protsesu prosiyuvannya sykykh materialiv z metoyu udoskonalennya konstruktsiy prosiyuvachiv i zbil'shennya efektyvnosti yikh roboty [Research of process of sifting of loose materials for the purpose of perfection of designs of sifters and increase of efficiency of their work]. Author's ref. dis. .Cand. Tech. Science: 05.18.12, 19 [in Ukrainian].
11. Fedoriv, V.M., Burlaka, O.M., Koval'ov, O.V., Babko, E.M., & Osaulenko, Y.V.(2006), Shlyakhy udoskonalennya obladnannya dlya prosiyuvannya sykykh materialiv [Ways to improve equipment for sifting bulk materials]. Khlebopekarskoe y kondyterskoe delo, 6, 24–25 [in Ukrainian]
12. Пат. 34107А UA, МПК А21В7/00, В07В1/00. Просіювач. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. (UA). Заявл 02.06.1999 – № 99063046; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1.
13. Ковальов О.В., Федорів В.М. Визначення критичного прискорення плоских сит для вібраційних просіювачів. Збірник наукових праць. Вип. 10 – Київ: УДУХТ –2001. –С. 112-113.
14. Ковальов О.В., Федорів В.М. Дослідження процесу просіювання сипких матеріалів. ІV Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція. – НУХТ –2015. –С. 62-64.
15. Ковальов О.В., Федорів В.М. Просіювання сипких матеріалів. Харчова і переробна промисловість. –2004. –№ 5. –С. 24-25.
16. Логвінський Р.В., Доломакін Ю.Ю., Ковальов О.В., Федорів В.М. Теоретичні розрахунки і практичні вимірювання параметрів теплообміну в конвективних хлібопекарських печах // Ukrainian Food Journal. – 2012. – № 1. – С. 86-90.
17. Стадник І.Я., Піддубний В. А., Федорів В. М., Хареба О. В. Підгорний В. В. Сучасні технології та енергетичні потоки при формуванні борошняних напівфабрикатів. Монографія. Тернопіль: Ви-тво ТНТУ імені Івана Пулюя,



2021. 372 с.

18. Стечишин М. С. Технологія азотування в тліючому розряді сталей різального комплексу м'ясоподрібнювальних машин / М. С. Стечишин, В. П. Олександренко, М. В. Лук'янюк, В. В. Люховець, М. М. Лук'янюк // Проблеми трибології. – Хмельницький: ХНУ. 2017. – № 2. – С.50-55.

19. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. Обладнання для просіювання сипких матеріалів. Харчова промисловість. Міжвідомчий тематичний науковий збірник УДУХТ. –2000. –№ 45. –С. 234-236.

20. Федорів В.М., Стадник І.Я., Бабко Є.М., Миколів І.М., Ковальов О.В. Ефективність процесу просіювання сипких матеріалів. Хранение и переработка зерна. – 2015. – №11-12. – С. 51-54.

21. Федорів В.М., Бурлака О.М., Ковальов О.В., Бабко Є.М., Осауленко Ю.В. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів. Хлебопекарское и кондитерское дело. –2006. –№ 6. –С. 24-25.

22. Федорів В.М., Ковальов О.В., Осауленко Ю.В., Бабко Є.М. Високоінтенсивні просіювачі борошна // Зерно і хліб. – 2004. – № 3. – С. 47.

23. Шевченко О., Ткачук Н., Стадник І., Деркач А. Реологічний підхід до валкового нагнітання середовища. Наукові праці НУХТ. К.: НУХТ, 2017. Т. 23. № 1. С. 104–112.

Анотація. Метою дослідження процесу вібропросіювання є визначення переміщення сипких продуктів похилими віброуючими поверхнями з розробкою нових конструкцій просіювачів борошна

Виявлено, що наявність адгезійного зв'язку часток з контактуючою просіюючою поверхнею, істотно впливає на процес вібропереміщення сипких матеріалів.

Визначено графічні залежності початкового кута ковзання від кута нахилу вертикально коливної плоскої поверхні для пшеничного борошна вищого сорту і цукрової пудри. Початковий фазовий кут ковзання зі збільшенням кута нахилу площини просіювання деки щодо горизонту зменшується винятково для всіх високодисперсних сипучих харчових продуктів.

У ході дослідження встановлено, що для картопляного крохмалю першого сорту початковий фазовий кут ковзання φ_3 має максимальне, а для пшеничного борошна вищого сорту - мінімальне значення при будь-якому куті нахилу поверхні просіювання у діапазоні $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$. Причому для пшеничного борошна вищого сорту збільшення параметра вібрації W від 6 до 7 знижує величину фазового кута φ_3 в діапазоні - $25-45^\circ$.

Доведено, що коефіцієнт адгезії безпосередньо впливає на величину початкового фазового кута ковзання. Значення коефіцієнта адгезії багато в чому залежить не тільки від природи досліджуваного високодисперсного продукту, але також від кута нахилу в інтенсивності вертикально спрямованих коливань поверхні просіювання. Зі зростанням інтенсивності коливань W від 4 до 7 при фіксованих кутах нахилу α ($25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$) коефіцієнт адгезії для борошна, цукрової пудри і крохмалю росте спочатку по параболічній залежності і досягає максимуму, а потім спадає. Для пшеничного борошна вищого сорту вологістю 13,8 фіксованим кутам нахилу плоскої поверхні $25^\circ, 30^\circ$ і 35° відповідають максимальні значення коефіцієнта адгезії 1,07 при $W = 7$; 1,02 при $W = 6$ і 1,06 при $W = 5$.

Ключові слова: сито, вібрація, просіювання, адгезія, віброуюча поверхня, коефіцієнт адгезії, вібраційний просіювач.

Стаття відправлена: 06.02.2024 р.

© Федорів В.М.