університет, bogomolov25@gmail.com.

**Panov Vitaliy,** PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

**Бочарніков Ігор Олександрович,** аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov25@gmail.com.

**Bocharnikov Igor,** PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

**DOI 10.5281/zenodo.14673538**

УДК 631.362

# ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМПОНОВКИ СХЕМИ ПРИВОДУ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ

**О.В. Богомолов, О.І. Завгородній, О.О. Богомолов, Є.В. Бойко, Є.М. Науменко, М.С. Шуваєв**

*Розглянуто питання вдосконалення конструкції віброфрикційних сепараторів, призначених для сепарації важкороздільних зернових сумішей, а саме компоновки схеми приводу робочого органу та спрощення за рахунок цього регулювання кута спрямованості коливань та зменшення дисипативних втрат і габаритів віброфрикційного сепаратора.*

***Ключові слова:*** *віброзбуджувачі, привод, компоновка, сепаратор, регулювання, кут спрямованості коливань.*

# ON THE ISSUE OF IMPROVING THE COMPOSITION OF THE DRIVE SCHEME OF THE VIBRO-FRICTION SEPARATOR OF SEED MIXTURES

**O. Bogomolov, O. Zavhorodniy, O. Bogomolov, E. Boyko, E. Naumenko, M. Shuvaev**

*The paper considers the issues of improving the design of vibrofriction separators intended for separation of hard-to-separate grain mixtures, namely, the arrangement of the drive scheme in the oscillatory motion of the working body by kinetically and electrically unconnected vibration exciters. It is proved that in the known vibrofriction separators, the process of adjusting the directional angle of oscillations is associated with the need to move it along the vibrating table by a value that is an undetermined parameter in advance and is carried out by selecting it in the process of adjustment.*

*The paper proposes an improvement to the drive of the vibrofriction separator by installing two self-synchronizing vibration exciters positioned on the same platform and equidistant from the center of gravity of the vibrating table. These exciters are equipped with additional curved skids, which simplify the adjustment of the oscillation directional angle, reduce dissipative losses, and decrease the overall dimensions of the vibrofriction separator.*

***Keywords:*** *vibration exciters, drive, layout, separator, adjustment, direction angle of oscillations.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** У системі заходів щодо забезпечення високих урожаїв важливе значення мають очищення, сортування та відбір біологічно найбільш повноцінного насіння. Доведення до високих посівних кондицій насіння багатьох сільськогосподарських культур традиційними методами та засобами пов'язане з певними труднощами, тому що насіння бур'янів часто суттєво не відрізняється за розмірами та аеродинамічними властивостями від насіння культурних рослин. Це найбільш характерно для таких насіннєвих сумішей, як насіння цукрових буряків, що засмічене стеблами і містить щупле, хворе, несхоже насіння; насіння овочевих культур, наприклад насіння моркви, засмічене насінням курячого проса, марі білої, гречишки розлогої; насіння цибулі, засмічене насінням курячого проса; насіння трав, наприклад еспарцету, засмічене насінням чорноголовника голчастого; насіння тимофіївки, засмічене насінням ромашки непахучої; плоди ефіроолійних культур коріандру та анісу, засмічені насінням гречишки в'юнкової, мишію, коробочками повитиці, насіння проса засмічене насінням мишію та насінням курячого проса, насіння соняшнику засмічене склероціями, насіння сої засмічене шматочками стебел. та ін.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Обробка насіннєвих сумішей на існуючих насіннєочисних лініях супроводжується значними втратами повноцінного насіння у відходи [1–5].

Очищення таких насіннєвих сумішей, проте, можливе на відброфрикційних сепараторах. Принципові схеми віброфрикційних сепараторів розглянуті в роботах [6, 7], одна з них подана на рис. 1.

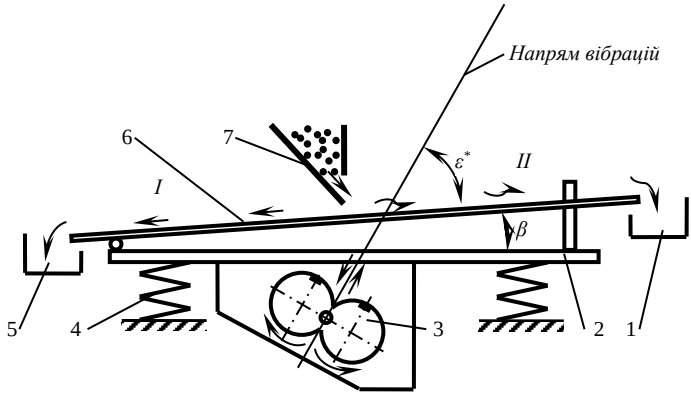


**Рис. 1. Схема віброфрикційного сепаратора: 1, 5 – приймачі продуктів поділу; 2 – вібростіл; 3 – вібратор; 4 – пружина; 6 – фрикційна поверхня; 7 – пристрій живлення**

Сепаратор має робочу фрикційну поверхню 6, встановлену на вібростолі 2. Кут нахилу до горизонту $\beta$ цієї поверхні можна регулювати в поздовжньо-вертикальній площині. До вібростолу 2 жорстко кріпиться дебалансний двовальний віброзбуджувач спрямованої дії 3. Вібростіл встановлюється на раму за допомогою циліндричних пружин 4. Пристрій живлення 7 змонтовано над робочою поверхнею на яку компоненти суміші поступають самопливом. Продукти сепарації переміщуються в приймачі продуктів поділу 1 та 5. У приймачі 1 скочуються гладкі, круглі, пружні компоненти, приймачі 5 переміщуються під дією впливу вібрації пласкі, шерохуваті, менш пружні частинки.

Пружна підвіска у вигляді циліндричних пружин в поєднанні з віброзбуджувачем спрямованої дії забезпечує коливання робочої поверхні за прямолінійними траєкторіями, спрямованими під гострим кутом $\varepsilon$ до цієї поверхні.

Аналогічну конструкцію приводу мають і багато інших сепараторів, які використовуються наприклад в гірничорудній промисловості [8].

У будь-якому положенні віброзбуджувача лінія дії збуджуючих сил буде проходити через центр тяжіння коливальної частини, якщо віброзбуджувач скомпонований так, що центр тяжіння всієї частини, що коливається лежить на лінії контакту зубів шестерень віброзбуджувача. Тоді, повертаючи віброзбуджувач щодо осі, яка проходить через лінію контакту зубів шестерень, можна змінювати кут коливань без порушення ідентичності коливань усієї робочої поверхні.

Іноді неможливо виконати компонування робочого органу і віброзбуджувача так, щоб центр тяжіння частини, що коливається, лежав на лінії контакту зубів шестерень. У такому випадку віброзбуджувач треба встановити так, щоб лінія дії збуджуючої сили віброзбуджувача проходила через центр тяжіння частини сепаратора, що коливається.

У деяких випадках за умовами забезпечення технологічного процесу необхідно, щоб кут спрямованості коливань робочої поверхні, а отже, і вертикальна складова амплітуди коливань змінювалися (збільшувалися або зменшувалися) по довжині робочого органу сепаратора. Тоді треба лінію дії сил збудження змістити щодо центру тяжіння коливальної частини машини. Це забезпечується переміщенням корпусу віброзбуджувача вздовж вібростолу.

Однак величина цього переміщення є невизначеним параметром і забезпечення ідентичності коливань робочого органу досягається, як правило, за кілька спроб шляхом підбору величини переміщення корпусу віброзбуджувача вздовж вібростола в ту чи іншу сторону, це і є основним недоліком конструкції приводу таких віброфрикційних сепараторів.

**Мета статті –** удосконалення конструкції приводу віброфрикційних сепараторів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З вищевикладеного випливає, що регулювання кута спрямованості коливань віброфрикційних сепараторів є доволі складною та трудомісткою процедурою. Багато уваги проблеми регулювання кута спрямованості коливань приділено в роботах [6, 7].

Доведемо це на прикладі регулювання кута спрямованості у вищерозглянутому віброфрикційному сепараторі.

Як видно з рис. 1, розмістити центр тяжіння вібростола і віброзбуджувача в точці контакту зубців шестерень віброзбуджувача практично неможливо. На практиці досягають того, щоб центр тяжіння був розташований на лінії дії віброзбуджуючих сил. При переналаштуванні приводу на інший кут $\varepsilon$ спрямування коливань для сепарації, наприклад, іншого виду насіння віброзбуджувач треба повернути так, щоб кут спрямування коливань змінився (проти годинникової стрілки він збільшиться, за годинниковою стрілкою – зменшиться). Для цього вібропривід повинен бути забезпечений механізмом повороту віброзбуджувача. При цьому щоб напрям коливань проходив через центр тяжіння віброзбуджувач необхідно ще і перемістити вздовж вібростолу, якщо кут збільшують – вправо, якщо зменшують – вліво. А для цього ще потрібно щоб віброзбуджувач був розміщений на салазках, по яких він має переміщатись. Тобто по суті

потрібно провести два регулювання.

Тому в більшості конструкцій регулювання цього кута не проводять, як і видно з конструкції представленої на рис. 1. Якість процесу сепарації при цьому звісно знижується.

Нами пропонується удосконалити конструкцію приводу віброфрикційних сепараторів із забезпеченням простого методу регулювання кута спрямованості коливань вібростола. Для цього пропонується конструкція вібропривода з двох віброзбуджувачів, що самосинхронізуються, розташованих на одній платформі на однаковій відстані від центра тяжіння вібростолу за допомогою додаткових криволінійних салазок. Конструктивна схема такого сепаратора представлена на рис. 2.

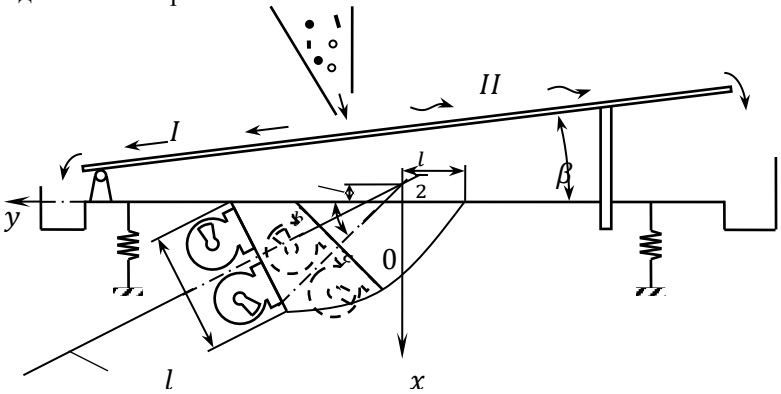


**Рис. 2. Конструктивна схема сепаратора з удосконаленною схемою компоновки приводу**

На рис.3 представлена схема розрахунку форми кривої для додаткових салазок.

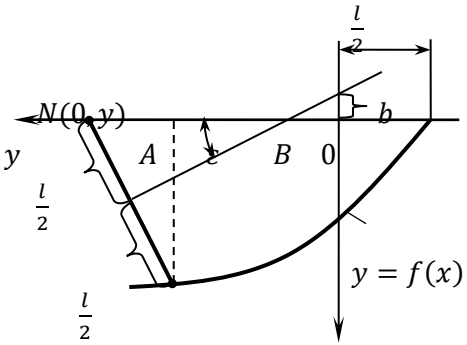


**Рис. 3. Схема розрахунку форми кривої для додаткових салазок**

Сепаратор складається з фрикційної поверхні 1, встановленої на вібростолі 2. До вібростолу, жорстко кріпиться платформа 3, на якій розміщені віброзбуджувачі 4. При цьому верхня частина платформи 3 переміщується по горизонтальних салазках 5, а верхня по додаткових криволінійних салазках 6, що мають форму кривої, яка визначається з виразу:

$$y = \frac{2bx + l^2}{2\sqrt{l^2 - x^2}} - \sqrt{l^2 - x^2}, (0 \le x \le l),$$

де $N$ – точка закріплення платформи на основних горизонтальних салазках;

$M$ – точка закріплення платформи на додаткових салазках;

$A$ – проекція точки $M$ на осі $y$;

$B$ – точка перетину лінії дії сил, що збуджують з віссю $y$;

$\varepsilon$ – кут спрямованості коливань;

$b$ – відстань від основних салазок до центра тяжіння вібростолу;

$l$ – довжина платформи.

Подача суміші на робочу поверхню в цьому сепараторі здійснюється живильником 7. Для приймання продуктів розподілу призначені приймачі 8 та 9.

Працює сепаратор у такий спосіб. Встановлюють за одне регулювання необхідний кут спрямованості коливань, та включають сепаратор в роботу. Вихідна суміш з живильника 7 подається на поверхню, що сепарує, продукти розподілу потрапляють в приймачі 8 та 9 в залежності від фізико-механічних властивостей. У верхні приймачі потраплять шерохуваті, пласкі насіння у нижні – круглі, гладкі. У разі зміни кута спрямованості коливань достатньо перемістити платформу по салазках, вона одночасно переміщуються по основним і додатковим криволінійним салазкам, за одне регулювання, при цьому лінія дії збуджуючих сил завжди проходить через центр тяжіння вібростолу. При цьому віброзбуджувачі переміщуються на мінімальній відстані від вібростолу, за рахунок цього зменшуються дисипативні втрати та габарити сепаратора.

**Висновки.** Таким чином за рахунок удосконалення приводу конструкції віброфрикційного сепаратора шляхом встановлення віброзбуджувачів, що самосинхронізуються на платформі забезпеченої додатковими криволінійними салазками спрощується регулювання кута спрямованості коливань та зменшуються дисипативні втрати та габарити сепаратора.

**Список джерел інформації / References**

1. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Іващенко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. Харків: «Діса+», 2023. 408 с.

Bredykhin V.V., Bohomolov O.V., Slipchenko M.V., Kis′-Korkishchenko L.V., Ivashchenko S.H., Irkliyenko V.I., Chernyayev O.O., Tikunov S.R. Naukovi osnovy oshchadlyvoyi pidhotovky nasinnya z polipshenym biolohichnym potentsialom. Monohrafiya. Kharkiv: «Disa+», 2023. 408 s.

2. Li, J., et al. (2020). Optical Sorting Technology in Millet Processing: Enhancing Quality and Reducing Losses. Journal of Agricultural Engineering.

3. Zhang X., et al. (2019). Innovative Pneumatic and Optical Sorting System for Small Graine Seeds, International Journal of Agricultural Machinery and Technology.

4. Ali, M., et al. (2021). Pneumatic Separation of Millet Seed: Comparative Efficiency of Mechanical and Airflow System. Agricultural Technology Research.

5. Gupta, A., et al. (2020). Energy Efficiency in Seed Processing and Modern Equipment. Journal of Sustainable Agricultural and Systems.

6. Богомолов А.В. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей монография. Х.: ХНТУСХ им. П. Василенко, 2013. 308 с.

Bogomolov A.V. Separatsiya trudnorazdelimykh sypuchikh smesey monografiya. KH.: KHNTUSKH im. P. Vasilenko, 2013. 308 s.

7. Заика П.М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / П.М. Заика, Г.Е. Мазнев. М.: Колос, 1978. 278 с.

Zaika P.M. Separatsiya semyan po kompleksu fiziko-mekhanicheskikh svoystv / P.M. Zaika, G.Ye. Maznev. M.: Kolos, 1978. 278 s.

8. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. Т. 4. М.: Машиностроение, 1980.

Vibratsii v tekhnike: Spravochnik v 6 t. t.4. M.: Mashinostroyeniye, 1980.

9. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины. М.: Наука, 1983.

Spivakovskiy A.O., Goncharevich I.F. Vibratsionnyye i volnovyye transportiruyushchiye mashiny. M.: Nauka, 1983.

**Богомолов Олексій Васильович**, д-р техн. наук, професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, bogomolov.ph@gmail.com.

**Bogomolov Oleksiy**, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, bogomolov.ph@gmail.com.

**Завгородній Олексій Іванович**, д-р техн. наук, професор кафедри фізики та вищої математики, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

**Zavhorodnyi Oleksiy**, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Physics and Higher Mathematics, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

**Богомолов Олександр Олексійович**, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний

університет, bogomolov25@gmail.com.

**Bogomolov Oleksandr**, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, bogomolov25@gmail.com.

**Бойко Євгеній Володимирович**, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

**Boiko Evgenii**, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

**Науменко Едуард Миколайович**, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

**Naumenko Eduard**, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

**Шуваєв Микита Сіргійович**, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, oipxv@ukr.net.

**Chuvaev Mikita**, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, oipxv@ukr.net.

**DOI 10.5281/zenodo.14673636**

UDC 664.857.081.6

## RESEARCH OF THE PRODUCTION PROCESS OF DRY PECTIN CONCENTRATES

**G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, V. Chervonyi, D. Horielkov, M. Vasylenko**

*The expediency of membrane processing of pectin extracts in the mode with vibration mixing is substantiated. The influence of temperature, pressure and duration of the process of membrane concentration and purification of pectin extracts on the characteristics of ultrafiltration membranes of the PAN type has been established. Rational parameters and regimes of the process of ultrafiltration concentration and purification of pectin extracts have been determined.*

***Keywords:*** *pectin concentrates, membrane module, biological fluids, dry substances, pectin-containing raw materials, ultrafiltration.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ ПЕКТИНОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

**Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, В.М. Червоний, Д.В. Горєлков, М.О. Василенко**

*Здійснено огляд сучасних методів проведення процесів мембранної обробки пектинових екстрактів. Розглянуто питання пошуку нових технічних рішень для процесу концентрування та очищення пектинового екстракту,*