
ОБГРУНТУВАННЯ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОЗБУДЖУВАЧА СЕПАРАТОРА ОБ'ЄМНИХ КОЛИВАНЬ

О. М. ОМЕЛЬЯНОВ,

асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці

<https://orcid.org/0000-0003-3819-5336>

E-mail otomelyanov@gmail.com

Вінницький національний аграрний університет

І. П. ПАЛАМАРЧУК,

доктор технічних наук, професор кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК,

<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>,

E-mail: vibroprocessing@gmail.com

В. П. ВАСИЛІВ,

кандидат технічних наук, завідувач (в.о.) кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0002-2109-0522>,

E-mail: vasiliv-vp@ukr.net

М. М. МУШТРУК,

кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>

E-mail: mixej.1984@ukr.net

В. В. САРАНА,

кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0002-5102-2264>

E-mail: saranavv@ukr.net

М. М. ЖЕПЛІНСЬКА,

кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0002-7286-3003>

E-mail: jeplinska@ukr.net

З. А. БУРОВА,

кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання

переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0002-4712-6298>

E-mail: zi-na@ukr.net

М. М. ГУДЗЕНКО,

кандидат технічних наук, асистент кафедри процесів і обладнання
переробки продукції АПК

<https://orcid.org/0000-0001-7959-3627>

E-mail: gudzenkomax@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

S. FILIN,

доктор технічних наук, професор, зав кафедрою кондиціонування и
холодильного транспорта факультет морской техники и транспорта

<https://orcid.org/0000-0001-5990-4977>

E-mail: Sergiy.Filin@zut.edu.pl

Западнопоморский технологический университет

Анотація. Основними ефектами розробленої конструкції вібраційного сепаратору є збільшення рушійної сили процесу сепарації сипкої маси в цій роботі, що досягли через надання робочому циліндрично-конічному контейнеру вібраційного руху; поліпшення умов проходження часток продукції через перфорації, що досягли завдяки наданню ситовій поверхні об'ємних коливань; зменшення енерговитрат та поліпшення умов роботи опорних вузлів під час експлуатації проектного віброгрохоту, що досягли внаслідок встановлення додаткових пружних елементів між корпусом сепаратора та підшипниковими вузлами вертикального приводного валу вібробудувача. Надання робочим органам проектного вібраційного грохоту об'ємного коливального руху дає змогу підвищити продуктивність та якість процесу розділення твердотільних сипких мас. Для визначення раціональних параметрів процесу вібраційного грохочіння були отримані рівняння руху робочих органів у вигляді конічної ситової поверхні використовуючи метод рівнянь Лагранжа 2 роду. Застосовуючи рішення задачі Коші для лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь було отримано розв'язок останніх. Отримані залежності амплітуди коливань, віброшвидкості та віброприскорення, інтенсивності коливального руху дали змогу здійснити математичний аналіз силових та енергетичних характеристик віброприводу досліджуваного сепаратора. Похибе розташування конічної ситової поверхні дає змогу здійснювати просторовий гіраційний або коловий поступальний рух, що дає можливість реалізувати переваги об'ємного розділення сипких мас. Результати проведеного аналітичного дослідження дали можливість обґрунтувати оптимальний кут нахилу робочої ситової поверхні. На основі проведеного аналізу були обґрунтовані та уточнені конструктивні параметри вібробудувача та представлена конструкція цієї технічної системи.

Ключові слова: вібраційна сепарація, конічна ситова поверхня, віброгрохот, об'ємні коливання, амплітудно-частотні характеристики, енерговитрати на привод, віброшвидкість, віброприскорення, механічний комбінований вібропривод, кормова суміш, низькочастотні коливання

Актуальність.

Використання низькочастотних коливань для інтенсифікації процесів сепарації у переробному сільськогосподарському та харчовому виробництвах набуває ефективності під час обробки твердотільних сипких неоднорідних систем за мінімальної вологості, що виключає вплив адгезійних та сорбційних чинників впливу. Такі умови зумовлюють ефективну реалізацію процесів вібраційної сепарації зернокруп'яних сумішей та насіннєвого матеріалу.

Головною відмінною рисою механічних коливань, як одного з видів механічних впливів, є можливість передачі продукції, що обробляється енергії великої питомої потужності. Водночас можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє поширити її дію, як на значні обсяги продукції, так і локальні її прошарки (Palamarchuk et al., 2020a); можливості суміщення процесу транспортування матеріалу з його технологічною обробкою, причому для продукції, що значно різниться за своїми фізико-механічними властивостями; простота конструкції машин; відсутність обмежень за гранулометричним складом матеріалу; можливості комплексної механізації й автоматизації цілого ряду виробничих процесів; інтенсифікація технологічних процесів за рахунок створення віброкиплячого шару за технологічної обробки (Palamarchuk et al., 2020a). Ці процеси супроводжуються швидким збільшенням поверхні взаємодії компонентів або фаз, підвищенням швидкості конвективної дифузії, зниженням в'язкості, що і визначає ефекти їх інтенсифікації та забезпечення повноти протікання. Саме тому вібрація може розглядатися як універсальна форма механічних впливів на

оброблювані матеріали і знаходить широке застосування під час реалізації сепарації сипких технологічних мас, що є одним із найбільш поширених процесів харчових виробництв, зокрема, первинної переробки сільськогосподарської сировини та продукції.

Перебіг зміни вказаних процесів, в свою чергу, визначається як особливостями фізико-механічної структури матеріалу, так і закономірностями низькочастотної технологічної дії, а саме амплітудно-частотного та силового впливу, напрямком коливань робочого органу, кутом нахилу його до горизонту. Вплив вказаних чинників на коливальні системи є недостатньо дослідженим, постановка відповідних експериментів не досягає достатньої точності, що обґрунтовує актуальність цієї наукової роботи та має широкі перспективи для розвитку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Розвиток напрямів застосування вібраційного впливу в процесах розділення твердотільних сипких неоднорідних систем забезпечили велика плеяда вчених та інженерів.

Зокрема, І. І. Блехман вирішив завдання про рух матеріальної точки й частинок із плоскої й округлої форми шорсткою поверхнею, що здійснює періодичні коливання, визначив оптимальний закон коливань, обґрунтовуючи ефективний коефіцієнт тертя під час вібраційного транспортування. Гончаревич І. Ф. (Palamarchuk, Tsurkan, end Kostenko, 2016) розробив класифікацію, теорію, методи розрахунку та основи конструювання вібраційних транспортно-технологічних машин, створив основи теорії й методи визначення оптимальних режимів вібротран-

спортування сипкої маси з урахуванням динамічних навантажень машини. Биков В. С. (Palamarchuk, Tsurkan, end Kostenko, 2016) встановив залежності між конструктивними та кінематичними параметрами процесу сепарації на плоских коливальних решетах, обґрунтовуючи ефективні режими реалізації робочих процесів сучасних зерноочисних машин. На основі досліджень вібраційного переміщення дрібнодисперсної сипкої продукції В. В. Гортинського (Bal-Prylypko, Palamarchuk, end Nikolaenko, 2019) були розроблені теоретичні основи пошарового руху мас по вібруючій поверхні, вивчено рух сипучих тіл у посудині, що здійснює крутові і поступальні коливання та обґрунтовано рекомендації до процесу вібраційного поділу сипких сумішей. Дослідження механіки руху насипного матеріалу по робочому органу вібромашин дозволило Б.І. Крюкову визначити опір, що викликається аеродинамічними силами, характером руху окремих частинок, силами їх взаємного тертя і зіткнень; апроксимувати вплив даних факторів лінійними функціями від абсолютної та відносної швидкостей шару продукції. П.М. Василенко (Palamarchuk et al., 2020b) визначив значення критичної швидкості просіювання частинок через отвори решета, при куті нахилу останнього не більше 10° у напрямку сходу частинок, з урахуванням опору повітря. Найбільш повні теоретичні дослідження роботи плоского решета, що здійснює поздовжні коливальні рухи виконані у фундаментальних роботах І. Є. Кожуховського та П. М. Заїки (Palamarchuk et al., 2020a), в яких було отримано залежності якості сепарації плоского решета від таких параметрів, як кут нахилу решета до горизонту, кут напрямку коливань, форма та розташування отворів, розміри решета, їх питоме навантаження, вологість та засміченість зернового ма-

теріалу. Заїка П. М. (Palamarchuk et al., 2020a) вперше записав систему диференціальних рівнянь просторового руху робочого органу вібраційної машини з декількома механічними вібробуджувачами, осі яких довільно орієнтовані у просторі; що дозволило вирішити завдання переміщення сільськогосподарських матеріалів як дискретних твердих тіл по робочих поверхнях сепараторів; розкрити механізм процесів самосортування, гуркошіння, вирішити проблеми забивання та очищення отворів решіт. Бакум М. В. вивчав можливість просіювання та доочищення зернового матеріалу на серійних зерноочисних машинах та зерноочисних машинах з високочастотними режимами руху робочих органів. Зільбернагель А. В. розробив методику розрахунку граничної швидкості відносного руху зерна в залежності від кута розташування продовгуватого отвору решета за умови проходження частинки через отвір. Черняков О. В. на основі моделювання руху зернового матеріалу по решету встановив, що бігармонічні коливання решета є одним з ефективних способів поліпшення технологічного процесу сепарації зерна. Котов Б. І. та Степаненко С. П. підтвердили, що перспективним напрямком подальшого підвищення продуктивності, при нормованій якості очищення зерна на віброрешетних сепараторах є інтенсифікація розпушування зернового шару гальмуючими елементами-розпушувачами, зокрема при використанні гравітаційно-інерційних, відцентрових, вібраційно-відцентрових виконавчих органів. Тіщенко Л. М. (Rogovskii et al., 2020) розробив методи розрахунків інтенсифікації процесів вібровідцентрового сепарування за технологічними показниками продуктивності та якості. Дослідження процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей В. В. Бредихіна дозволили

отримати аналітичні залежності часу розшарування та швидкості переміщення шару суміші від основних режимних і конструктивних параметрів процесу. Васильковський О. М. отримав модель процесу розділення зернової суміші на інерційному прямооточному сепараторі, яка дозволила встановити, що повнота розділення зернової суміші та питома продуктивність сепаратора одночасно підвищуються зі збільшенням швидкості пересування матеріалу по решету, максимальне значення якої обмежується умовами можливої деградації зерна при взаємодії з лопатями ротора. Козія О. Б. встановив, що якість процесу сепарації насіннєвих матеріалів на неперфорованій фрикційній коливальній поверхні суттєво залежить від конструктивних та кінематичних параметрів вібраційної зерноочисної машини: амплітуди, частоти і кута спрямованості коливань, а також кутів нахилу робочого органу до горизонту в повздовжньому і поперечному напрямках.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновки, що проблемі дослідження впливу механічних приводних органів сепараторів на динаміку їх роботи та енерговитрати практично не проводилось.

Метою дослідження є визначення режимних параметрів приводу об'ємних коливань конічного робочого органу сепаратора зерно-круп'яної продукції за рахунок теоретичного аналізу амплітудно-частотних та енергетичних характеристик цього процесу. Для досягнення поставленої мети були поставлені такі основні завдання наукової роботи: проаналізувати сучасний стан аналітичних досліджень процесів вібраційного розділення сипких мас, визначити закономірності зміни основних параметрів вібрації та обґрунтувати конструктивну схему досліджуваного сепаратора.

Матеріали і методи дослідження.

Для виконання приведених завдань була розроблена дослідна модель вібраційного грохоту, виготовлений комплекс спеціальних приладів, що забезпечують вимірювання амплітудно-частотних та енергетичних характеристик та автоматичне регулювання швидкості обертання приводного валу вібророзбуджувача. Під час проведення аналітичних досліджень були використані метод Лагранжа для складання рівнянь руху виконавчих органів приводу, метод Деламбера для визначення основних силових та енергетичних характеристик коливальної системи. Обробка отриманих залежностей проводилась у математичному середовищу MathCAD.

Результати дослідження та їх обговорення.

Досліджуваний процес розділення сипкої неоднорідної системи в якості рушійної сили містить відцентрове знакозмінне силове та моментне навантаження на технологічне середовище, для створення якого передбачили розробку вібророзбуджувача просторових коливань для приведення до руху ситової поверхні. Розроблений механізм раціонально вписується у конструкцію вібраційного грохоту з конічним ситом і може використовуватись для генерування як плоских, так і просторових коливань (Palamarchuk et al., 2020c, Deng et al., 2019). Для даного привода характерне кінематичне вібророзбудження та наявність пружинних опорних вузлів. Вертикальне розташування приводного валу даного вібророзбуджувача при горизонтальному розташуванні опорної поверхні конічного грохоту (рис.1, а), дозволяє створити гіраційний, тобто поступовий рух робо-

чих органів машини в горизонтальній площині. Для підвищення швидкості переміщення маси завантаження доцільно ситову поверхню виконати похилою (рис.1, а,б), для чого використали втулку з похилою зовнішньою поверхнею. Закріплення опорної втулки на приводному валу вібробудувача та наявність підпружиненої платформи сита приводить до гіраційного просторового руху

робочих органів віброгрохота (рис.1, а). Пружні елементи опорних вузлів частково нівелюють паразитні коливання, що можуть передаватися на конструкцію.

Використовуючи метод Лагранжа були отримані основні рівняння руху робочого контейнеру (Palamarchuk et al., 2019, Zhu et al., 2019, Ashtiani, Salarikia end Golzarian, 2017) та їх розв'язок за допомогою рішень Коші:

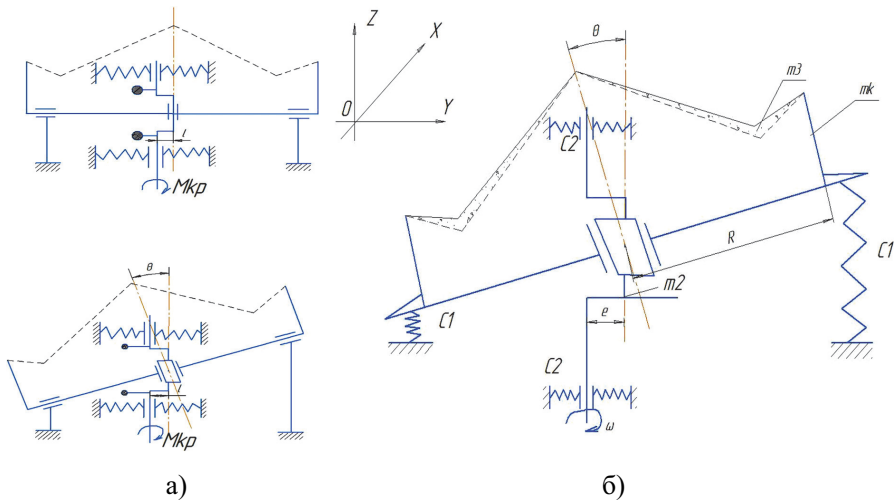


Рис.1. Принципова схема розробленого вібраційного грохоту з приводом об'ємних коливань за прямого та похилого розташування робочої ситової поверхні: Мкр – крутний момент на приводному валу; ω – кутова швидкість обертання приводного валу; C1 та C2 – жорсткості пружних елементів відповідно кінцевого робочого органу та приводного валу; θ – кут нахилу втулки для регулювання нахилу ситової поверхні

$$x = e^{-0.5\alpha_x t} \left[\frac{F_m (\omega_2^2 - k_x^2)}{(k_x^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_2^2} \cos \rho_x t + \left(\frac{\vartheta_{x_0}}{\rho_x} - \frac{0.5 F_m \alpha_x \rho_x^{-1} (k_x^2 + \omega_2^2)}{(k_x^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_2^2} \right) \sin \rho_x t + \right. \\ \left. + \frac{F_m (\alpha_x \omega_2 \sin \omega_2 t + (k_x^2 - \omega_2^2) \cos \omega_2 t)}{(k_x^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_2^2} \right] \quad (1)$$

$$y = e^{-0.5\alpha_y t} \left(\frac{F_m \alpha_y \omega_2 \cos \rho_y t}{(k_y^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_2^2} + \left(\frac{\vartheta_{y_0}}{\rho_y} + \frac{F_m \omega_2 \rho_y^{-1} (0.5 \alpha_y^2 - k_y^2 + \omega_2^2)}{(k_y^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_2^2} \right) \sin \rho_y t \right) + \\ + \frac{F_m ((k_y^2 - \omega_2^2) \sin \omega_2 t - \alpha_y \omega_2 \cos \omega_2 t)}{(k_y^2 - \omega_2^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_2^2} \quad (2)$$

де ω_2 - кутова швидкість приводного валу віброзбуджувача; $k_y^2 = \frac{C_y}{m_0}$ та $k_x^2 = \frac{C_x}{m_0}$ - власні частоти коливань системи; $\alpha_x = 2\sqrt{k_x^2 - \omega_2^2}$ та $\alpha_y = 2\sqrt{1485 - \omega_2^2}$ - коефіцієнти дисипації системи у відповідних напрямках; $F_m = \frac{m_1}{m_0} e \omega_2^2$ - питомий модуль змушуючої сили; $\rho_x = \sqrt{k_x^2 - 0.25\alpha_x^2}$ та $\rho_y = \sqrt{k_y^2 - 0.25\alpha_y^2}$ - приведені частоти коливань системи.

У якості критеріїв оцінки розробленого віброприводу використовували наступні показники: амплітуду коливань робочого контейнера для номінального режиму А; кутову швидкість приводного валу ω ; витрати потужності на привод коливальної системи для номінального режиму N та його мінімальне значення N_{min} ; віброшвидкість $v = A \cdot \omega$ та віброприскорення, $a = A \cdot \omega^2$ коливального руху; інтенсивність коливань $I = a \cdot v = A^2 \cdot \omega^3$.

Використовуючи складені рівняння руху виконавчих органів віброгрохоту та їх математичний аналіз, у математичному середовищі MathCAD отримали графічні залежності для кінематичних та енергетичних параметрів досліджуваного віброприводу сепаратору для 50 положень опорної втулки, середні значення яких представлено на рисунках 2, 3, 4.

Досліджуючи зміни потужності на приводному валу залежно від кута повороту опорної втулки було відзначено синусоїдальний характер зміни даної величини (рис. 3). Це дало можливість визначити піки мінімальних значень енерговитрат для певних кутів повороту втулки. Подвійні піки кінематичних характеристик вказують на наявність у системі двох пружних зв'язків.

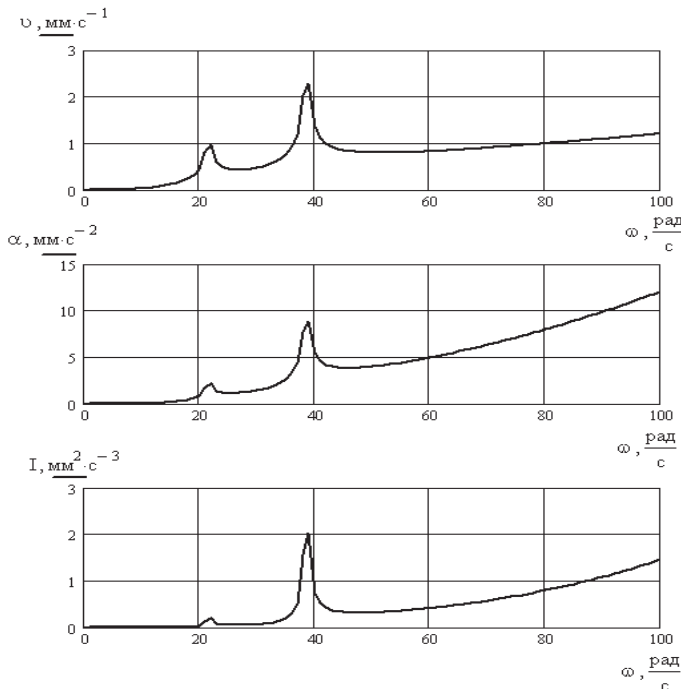


Рис. 2. Залежності середніх значень кінематичних характеристик віброзбуджувача грохоту від кутової швидкості приводного валу: v – віброшвидкість; a – віброприскорення; $I = a \cdot v$ – інтенсивність коливань

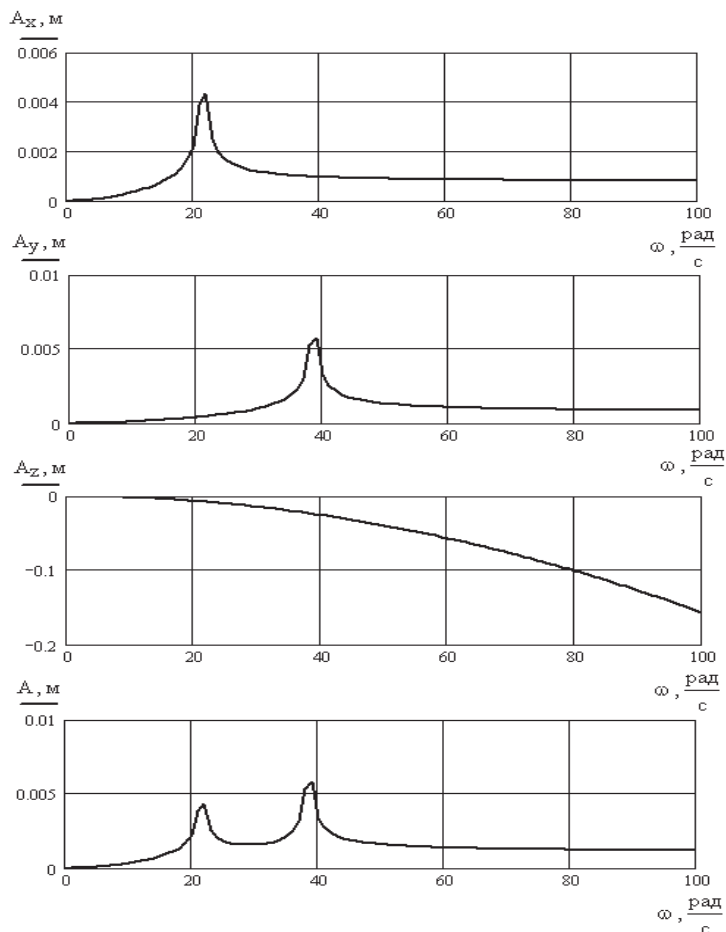


Рис. 3. Залежності середніх значень складових амплітуди коливань від кутової швидкості приводного валу

Як видно із рис. 4 огинаюча мінімальних значень потужності на приводному валу змінюється за синусоїдальним законом із періодом зміни кута між осями робочого контейнера та приводного валу рівним $\Theta_{min} = 22^\circ$. Таке достатньо велике значення даного конструктивного параметра не є доцільним за технологічними та конструкційними ознаками. Тому під час вибору оптимального кута Θ можна використати залежність

$$\Theta_{min} = 360 - z_{max} \Theta \quad (3)$$

де z_{max} – максимальне ціле число для отримання у рівнянні (3) позитивного значення: очевидно, що за $z_{max} = 16$; $\Theta_{min} = 14^\circ$

На основі проведених теоретичних досліджень було розроблено конструкцію гіраційного віброприводу просторових коливань (рис.5), на якому представлені основні структурні складові розробленого віброзбуджувача, зокрема механізм регулювання нахилу робочої поверхні опорної втулки.

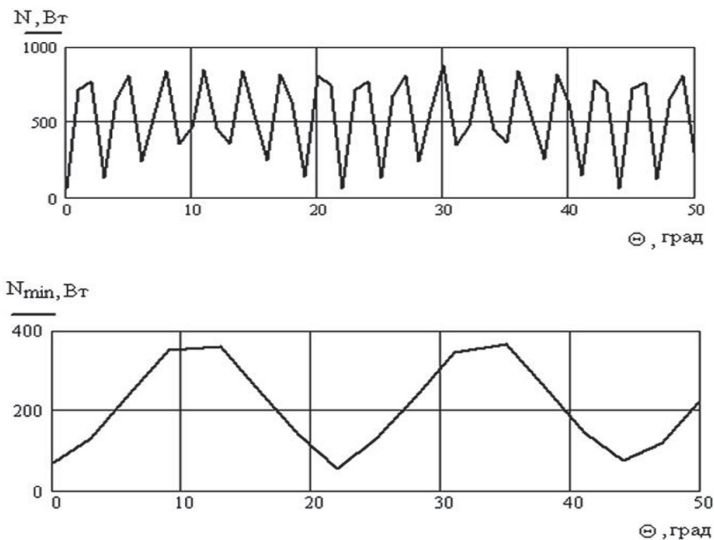


Рис. 4. Залежності середніх значень витрат потужності на процес вібраційної сепарації від кутової швидкості приводного валу: N – потужність на приводному валу; $N_{\min}$ – мінімальне значення потужності на приводному валу; Θ – кут між віссю приводного валу та віссю OZ

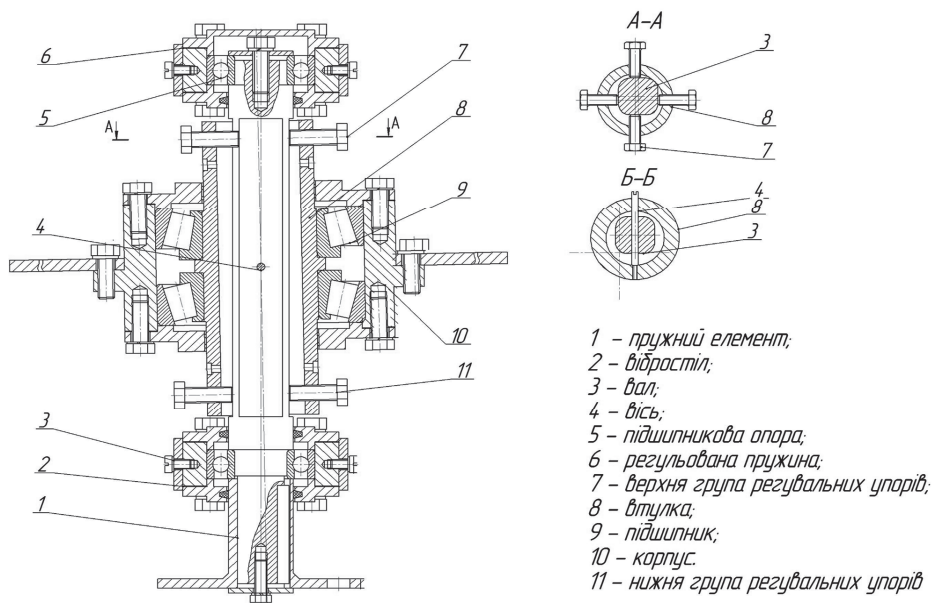


Рис. 5. Конструктивна схема віброзбудувача з прямою втулкою досліджуваного ситового сепаратору

Висновки і перспективи

1. Використовуючи рівняння Лагранжа другого роду були складені залежності для основних незалежних рухів виконавчих органів досліджуваного віброгрохоту та за допомогою методу Коші був отриманий їх розв'язок, що дозволив визначити закономірності зміни.
2. На основі отриманих рівнянь руху виконавчих органів вібраційного грохоту були отримані залежності основних кінематичних та енергетичних параметрів досліджуваної схеми віброзбудження сепаратора.
3. Режими мінімальних витрат потужності на приводному валу чергуються приблизно через кожні 22° повороту робочої поверхні опорної втулки до вертикалі; оптимальний кут між осями робочого контейнера та приводного валу за технологічними та конструкційними ознаками для досліджуваної машини складає 14°, що дало можливість уточнити конструктивну схему віброзбудувача розробленого грохоту.

Список використаних джерел

1. Palamarchuk, I., Rogovskii, I., Titova, L., Omelyanov, O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for rural development. Jelgava, Latvia. 2020. vol. 20. p. 291-298.
2. Паламарчук, І.П., Цуркан, О.В., Костенко, О.М. Вібраційні процеси та обладнання у переробному сільськогосподарському виробництві. Вінниця: ВЦ ВНАУ.- 2016.- 266 с.
3. Баль-Прилипка, Л.В., Паламарчук, І.П., Ніколаєнко, М.С. Моделювання інтенсифікації системи очищення промислових стоків на м'ясопереробних підприємствах. Продовольча індустрія АПК. 2019. №3-4. С.10-15.

4. I. Palamarchuk, M. Mushtruk, V. Sukhenko, V. Dudchenko, L. Korets, A. Litvinenko, O. Deviatko, S. Ulianko, N. Slobodyanyuk. Modelling of the process of vibromechanical activation of plant raw material hydrolysis for pectin extraction. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2020. vol. 14. p. 239-246.
5. I.L., Rogovskii, I.P., Palamarchuk, S.A., Voinash, I.P., Troyanovskaya, A.F., Butenko, V.A., Sokolova Engineering of constructive parameters of vibroaspiration separator of oil-containing grain seeds Journal of Physics: ConferenceSeries 2020. vol. 1679. no. 4. 042034.
6. Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Zheplinska, M. Substantiation of regime parameters of vibrating conveyor infrared dryers. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2019. vol. 13(1). p.751-758.
7. Deng, F., Sun, D., Sun, J., Wen, M., Hu, et al. Experimental simulation of erosion behavior of monolayer metal screen in sandstone reservoir. Engineering Failure Analysis. 2019. vol.105. p.255-265.
8. Palamarchuk, I., Kiurchev, S., Kiurcheva, L., Verkhohantseva, V. Analysis of main process characteristics of infrared drying in the moving layer of grain produce. «Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations». 2019. p. 317-322
9. Zhu, Z., Li, Y., Sun, D.W., Wang, H.W. Developments of mathematical models for simulating vacuum cooling processes for food products—a review. Critical reviews in food science and nutrition. 2019. vol.59(5). p.715-727.
10. Ashtiani, S.H. M., Salarikia, A., Golzarian, M.R. Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of peppermint leaves under hot-air and infrared treatments. Information Processing in Agriculture. 2017. vol.4(2). p.128-139.

References

1. Palamarchuk, I., Rogovskii, I., Titova, L., Omelyanov, O. (2020). Experimental eval-

- uation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for rural development. Jelgava, Latvia. 20. 291–298.
2. Palamarchuk, I., Tsurkan, O., Kostenko, O. (2016). Vibratsiini protsesy ta obladnannya u pererobnomu silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Vibration processes and equipment in processing agricultural production]. Vinnitsa: Higher School of Higher Education. 266.
 3. Bal-Prylypko, L.V., Palamarchuk, I.P., Nikolaenko, M.S. (2019). Modeliuvannya intensyfikatsii systemy ochyshchennia promyslovykh stokiv na miasopererobnykh pidpriemstvakh. Modeling the intensification of industrial wastewater treatment at meat processing plants. The agro-food industry. (3-4). 10-15.
 4. Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Sukhenko, V., et al. (2020). Modelling of the process of vibromechanical activation of plant raw material hydrolysis for pectin extraction. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 14. 239-246.
 5. I.L., Rogovskii, I.P., Palamarchuk, S.A., Voinash, I.P., et al. (2020) Engineering of constructive parameters of vibroaspiration separator of oil-containing grain seeds Journal of Physics: ConferenceSeries. 1679. 4. 042034.
 6. Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Zheplinska, M. (2020). Substantiation of regime parameters of vibrating conveyor in infrared dryers. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 13(1).
 7. Deng, F., Sun, D., Sun, J. et al. (2019). Experimental simulation of erosion behavior of monolayer metal screen in sandstone reservoir. Engineering Failure Analysis. 105. 255-265.
 8. Palamarchuk, I., Kiurchev, S., Kiurcheva, L., Verkholantseva, V. (2019). Analysis of main process characteristics of infrared drying in the moving layer of grain produce. «Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations». 317-322.
 9. Zhu, Z., Li, Y., Sun, D. W., Wang, H.W. (2019). Developments of mathematical models for simulating vacuum cooling processes for food products—a review. Critical reviews in food science and nutrition. 59(5). 715-727.
 10. Ashtiani, S.H.M., Salarikia, A., Golzarian, M.R. (2017). Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of peppermint leaves under hot-air and infrared treatments. Information Processing in Agriculture. 4(2). 128-139.

I. P. Palamarchuk, V. P. Vasylyv, V. V. Sarana, M. M. Mushtruk, M. M. Zheplinska, Z. A. Burova, M. M. Gudzenko, S. Filin, O. M. Omelyanov (2021). SUBSTANTIATION OF AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS AND DESIGN PARAMETERS

OF VIBRATION EXCITER IN VOLUME OSCILLATION SEPARATOR. ANIMAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY, 12(2):48-59. <https://doi.org/10.31548/animal2021.02.006>

Abstract. *The main effects of the developed design for vibratory separator: the increased driving force in the process of bulk material separation in this work, achieved by providing the working cylindrical-conical container with vibrational motion; improving the conditions for the passage of product particles through openings, achieved by providing the sieve surface with volume oscillations; reduction of energy consumption and improvement of operating conditions for support nodes during the operation of the designed vibrating screen, achieved due to the installation of additional elastic elements between the separator body and bearing assemblies of the vertical drive shaft in vibration exciter. Providing the working bodies of the designed vibrating screen with volume oscillating motion allows increasing the performance and quality of the separation process of solid bulk materials. To determine the rational parameters for vibration*

screening process, the equations of motion of working bodies as a conical sieve surface were obtained using the method of the Lagrange equations of the second order. When applying solutions of the Cauchy problem for linear nonhomogeneous differential equations, the solution of the latter was obtained. The obtained dependences of oscillation amplitudes, vibration velocity and vibration acceleration, and the intensity of oscillating motion allowed us to perform a mathematical analysis for power and energy parameters of vibration drive in the developed separator. The inclined placement of the conical sieve surface allows for spatial gyration or circular translational motion, which makes it possible to realize the advantages of volumetric separation of bulk materials. The results of the conducted analytical study made it possible to substantiate the optimal inclination angle for working sieve surface. Based on our analysis, the design parameters of vibration exciter were substantiated and clarified, and the design of this technical system was demonstrated.

Keywords: *vibration separation, conical sieve surface, vibrating screen, volume oscillations, amplitude-frequency characteristics, energy consumption for drive, vibration velocity, vibration acceleration, mechanical combined vibration drive, feed mixture, low-frequency oscillations*
