УДК 621.876

А.Л. БЕСПАЛОВ, В.С. ШЕНБОР*
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра нарисної геометрії та графіки,
*кафедра автоматизації та комплексної механізації машинобудівної промисловості

ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ КОНВЕЄРІВ-СЕПАРАТОРІВ

© Беспалов А.Л., Шенбор В.С., 2006

Наведено результати досліджень вібраційних конвеєрів-сепараторів з електромагнітним приводом, призначених для розділення середовища на компоненти за розмірами. Обґрунтовані умови забезпечення рівномірного поля коливань за довжиною конвеєра. Подано дві структурні та конструктивні схеми вібраційних конвеєрів-сепараторів, розроблені за двомасовою коливальною схемою. Наведено залежності для розрахунку пружних систем конвеєрів на жорсткість та міцність.

In article the results of creation of vibration conveyor-separators with the electromagnetic occasion, that work on passage-way with the division on sieve after sizes of particles are given. Terms of providing an even field of vibrations are led on all length of transporting elements. Two structural charts of conveyor-separators, which are constructed after two by owl by the hesitate chart and led formulas for computation of resilient elements on inflexibility and durability are shown.

Вступ. Для сепарації (розділення) продуктів і виробів на компоненти і фракції широко застосовують пристрої, які отримали загальну назву – сепаратори. Їхні типи і конструкції залежать від особливостей проблем, які вони вирішують.

Постановка проблеми. Необхідність створення простих і надійних конструкцій конвеєрів-сепараторів, які працюють “на прохід” і можуть застосовуватися як в процесах відділення деталей від оброблювального середовища після вібраційної обробки, так і для сепарації (розділення) на фракції за розмірами кускових, зернових, сипких продуктів та їхніх сумішей тощо, ставить перед розробниками завдання удосконалення відомих моделей, модернізації існуючих конструкцій та створення нових перспективних моделей цих машин. Це особливо актуально в зв’язку з бурхливим розвитком пакувального обладнання, створенням нових моделей вібраційних машин, розробкою автоматизованих систем і комплексів, де виникає необхідність застосування простих, надійних та ефективних сепарувальних пристроїв, призначених для розділення об’єктів за розмірами.

Аналіз останніх досліджень. Результати аналізу існуючих типів і конструкцій сепараторів свідчать, що застосування вібраційних конвеєрів з електромагнітним приводом, які працюють “на прохід”, з розділенням продуктів на компоненти на ситах (деках) є найефективнішим. У цьому напрямку автори розробили низку структурних схем конвеєрів-сепараторів, поданих в [3], які можуть бути базовою основою для створення типових конструкцій, а також розробили і впровадили декілька типів цих машин. Недостатня увага до цього напрямку пояснюється відсутністю інформації в спеціальній літературі і періодичних науково-технічних виданнях, а також відсутністю опису конструктивних схем розроблених конвеєрів-сепараторів, методики їх розрахунку, конструювання і налагодження.

Постановка задачі. Розглянуто дві найтиповіші конструктивні схеми двомасових вібро-конвеєрів-сепараторів з електромагнітним приводом, на основі яких було розроблено, виготовлено, налагоджено і впроваджено у виробництво зразки таких пристроїв.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Метою роботи є дослідження цих конструкцій для уточнення методики розрахунку їхніх пружних систем, а також принципів конструювання та налагодження.

Виклад основного матеріалу. До двомасових конструкцій конвеєрів, структурну схему яких зображено на рис.1. і які складаються з двох коливних мас 1 і 2, пружної системи 3, електромагнітного приводу коливань 4, 5 і м'яких амортизуючих опор 6 [1], ставиться вимога забезпечення рівномірного поля коливань з кутом кидання β за всією довжиною коливних мас [1] (у цих конвеєрах-сепараторах дві маси 1 і 2 використовують для транспортування). Для виконання цієї вимоги необхідно, щоби забезпечувалася одна з двох таких умов:

1) центри мас коливних елементів мають бути суміщені;

2) лінія, що з'єднує ці центри мас, має збігатися з напрямком коливань, який задається пружною системою.

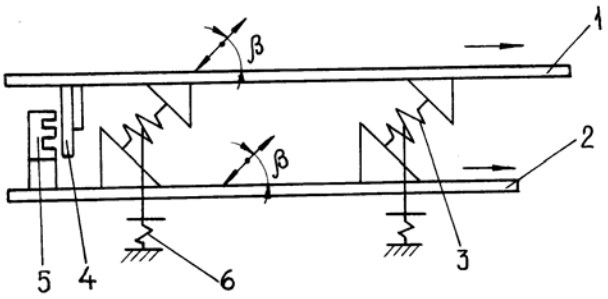

Рис. 1.Структурна схема двомасового конвеєра

Виконання наведених вище умов не завжди забезпечує рівномірне поле коливань, тому для повного забезпечення рівномірності транспортування за всією довжиною коливних транспортувальних мас необхідно забезпечити ще одну з двох умов:

3) лінія прикладання зусилля має проходити через спільний суміщений центр мас;

4) кутова власна частота антифазних коливань робочих мас $\nu_{\text{о кут.}}$ двомасової коливної системи повинна бути достатньо віддалена від основної змушувальної частоти ν, яка задається приводом коливань, і перебувати в межах відлаштування $0{,}8>z>1{,}2$, де $z=\nu/\nu_{\text{о кут.}}$

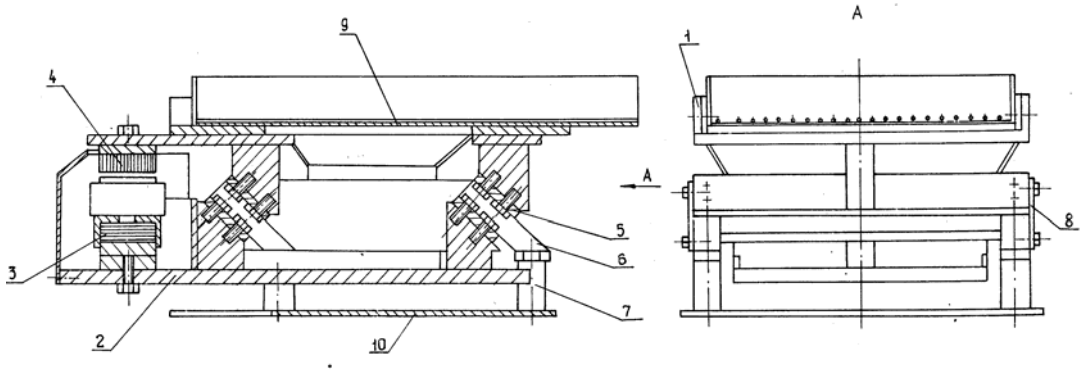

Рис. 2. Конструкція віброконвеєра-сепаратора

За схемою, в якій виконано умови 2 і 4, сконструйовано віброконвеєр-сепаратор (рис.2). Він складається з верхньої 1 і нижньої 2 мас, з'єднаних між собою двома блоками плоских пружних елементів, утворених чотирма ресорами 5. Приводом коливань є електромагнітний віброзбуджувач, що складається з електромагніта 3, закріпленого до нижньої маси та якоря 4 , встановленого на

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

верхній масі. Конвеєр опирається на основу 10 через м'які гумові амортизатори 7, встановлені у нерухомих вставках 6 кінців пружин. Робочий транспортно-сепарувальний елемент 9 може бути змінним залежно від розмірів сепарувальних частинок. Дві бокові стяжки 8 зменшують або повністю усувають можливі незначні кутові коливання на торцях вставок 6. Під час роботи пристрою суміш частинок рухається зліва направо, сепарується за розмірами, а розділені частинки двома коливними масами 1 і 2 транспортуються у різну тару.

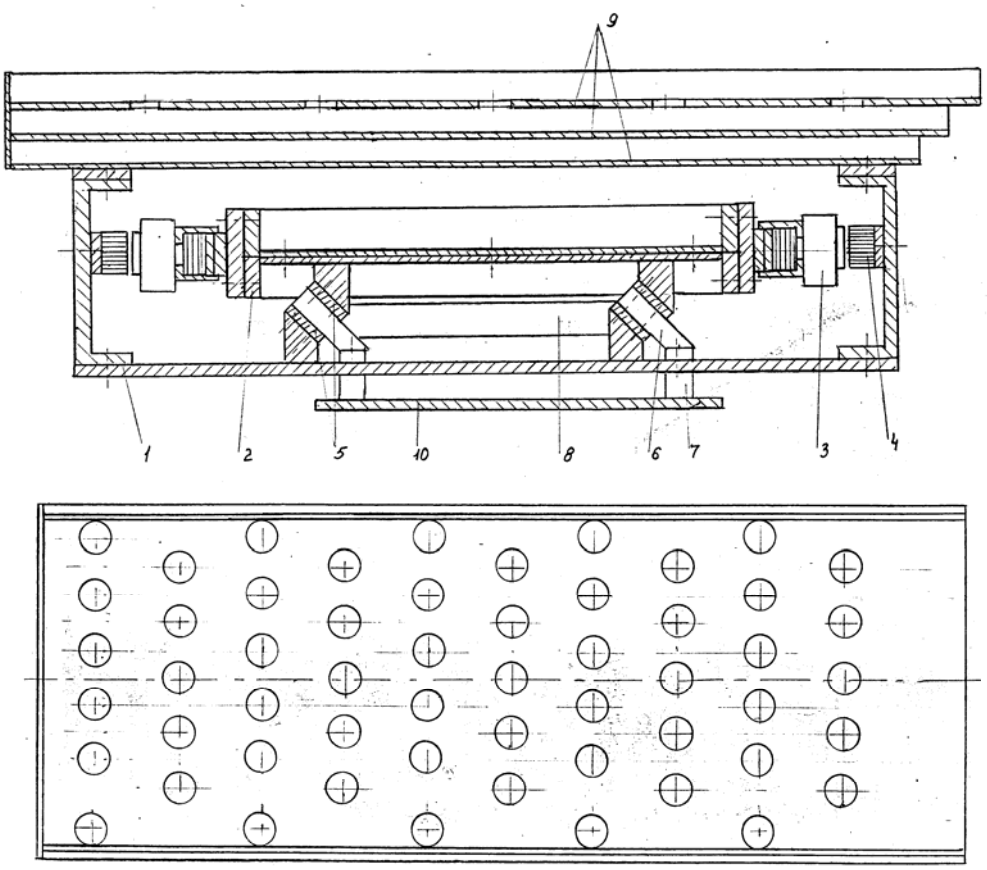

Рис.3. Конструкція конвеєра-сепаратора з суміщеними центрами мас

На рис.3 зображено конвеєр-сепаратор, для якого забезпечені умови 1,3. Центри двох коливних мас 1 і 2 цього конвеєра суміщені за рахунок виконання маси 1 у вигляді замкнутої жорсткої рами і відповідно симетрії мас 1 і 2 відносно центру мас за координатами x, y. Для приводу коливань призначені два двотактні електромагнітні віброзбуджувачі, що складаються з електромагнітів 3 і якорів 4 і двоблочна пружна система, яка складається з чотирьох ресор (пружин) 5. Аналогічно, як і в попередній конструкції (рис. 2), конвеєр встановлюють на нерухомій основі 10 через гумові амортизатори 7, розміщені під чотирма вставками 6, а пари вставок 6 стягують боковими поздовжніми стяжками 8. На верхній частині маси 1 закріплюються змінні сита, які забезпечують розділення продуктів на фракції з відтранспортуванням у різну тару. Для використання маси 2 як транспортувальної необхідна незначна модернізація конвеєра з встановленням на верхній частині маси 2 транспортувального лотка (на рис.3 не показано). Обидві розглянуті конструкції забезпечують направлені коливання коливних мас з кутом кидання β і транспортування сепарованої суміші зліва направо з розділенням на фракції в процесі транспортування.

Пружну систему розроблених конвеєрів-сепараторів зображено на рис.4 (позначення позицій збігається з рис.2 і 3). Основними необхідними розрахунками цієї системи є розрахунки на

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

жорсткість і міцність плоских пружин 5, для забезпечення стабільної роботи конвеєра в дорезонансному режимі з відлаштуванням від резонансу z= ν / ν_o =0,9 – 0,95 (ν_o – власна основна частота коливань конвеєра) і міцності (недопущення поломки) пружин при згинних коливаннях з робочими амплітудами коливань.

Якщо коливні маси однакові ($m_1=m_2$), то відповідно і жорсткості пружин, закріплених до мас m_1 і m_2, повинні бути однаковими ($c_1=c_2$) , що забезпечується їхніми однаковими товщинами ($a_1=a_2$) за рівності їхньої ширини ($в_1=в_2$) і симетрії відносно центральної осі закріплення.

Врахувавши, що пружини в блоці з'єднано послідовно-паралельним способом, за двох блоків жорсткість пружної системи конвеєра дорівнює:

$$c_k = 2c_1 = \frac{24 \cdot E \cdot I \cdot k_з}{l^3} \tag{1}$$

де $I = \frac{a_1^3 b}{12}$ – момент інерції перерізу пружини, м^4; l – робоча незащемлена довжина пружини, м; $к_з$ – коефіцієнт защемлення ($к_з$=0,8 – 1,0); Е – модуль пружності матеріалу пружин, який для пружинних сталей дорівнює Е=2... 2,1·10^{11} Па.

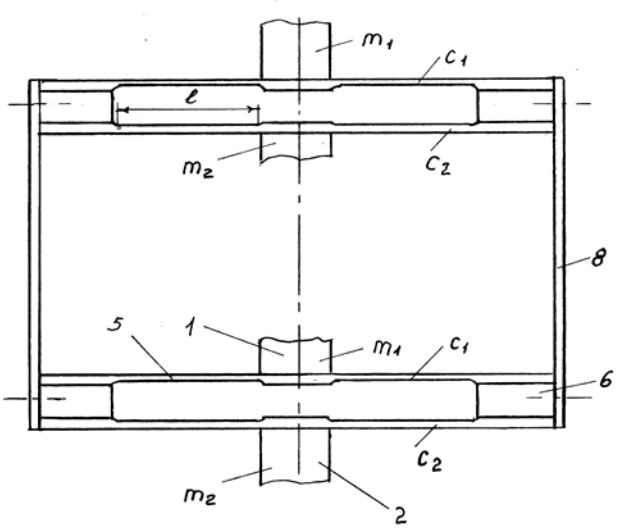

Рис. 4. Пружна система конвеєрів

Для пружних двомасових коливних систем цю жорсткість також визначають виразом

$$c_k = 4 \cdot \pi^2 \cdot \nu_o^2 \cdot M_{пр} \ , \tag{2}$$

де при $m_1=m_2$ приведена маса $M_{пр} = m_1 / 2$, кг.

З (1) і (2) товщина пружини, яка забезпечує необхідне резонансне відлаштування

$$a_1 = l \sqrt[3]{\frac{\pi^2 \nu_o^2 m_1}{E \cdot b \cdot k_з}} \tag{3}$$

Розрахунок на міцність проводять як перевірковий за (4) або як проектний за (5) з визначенням наперед мінімальної довжини пружини l_{min} .

$$\sigma = \frac{3E \cdot a_1 \cdot A_1}{l^2} \le [\sigma_{-1}], \tag{4}$$

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

де σ – напруження згину, яке виникає в пружинах, Па; $[\sigma_{-1}]$ – допустиме напруження згину при знакозмінних навантаженнях, Па (для пружин зі сталі марки 60С2 $[\sigma_{-1}]=3\cdot10^8$ Па); A_1 – амплітуда коливань маси m_1 .

$$l_{min}=\frac{3A_1}{[\sigma_{-1}]}\sqrt[3]{\frac{\pi^2\nu_o^2E^2m_1}{b\cdot k_з}} \quad . \tag{5}$$

Для конструкцій, в яких маса $m_1\neq m_2$, недоцільно штучно приводити коливні маси до рівності. Для конвеєрів-сепараторів це співвідношення може знаходитися в межах $\frac{m_1}{m_2}=0,7\div1,5$, що не створює великої різниці в режимах транспортування за коливними масами. У випадку різних величин мас m_1 і m_2 розрахунок проводимо як для двох одномасних систем за умови рівності ширини пружин і симетрії відносно центральної осі закріплення пружин. Тоді необхідна товщина пружини за двох пружинних блоках

$$a_2=l\sqrt[3]{\frac{\pi^2\nu_o^2m_2}{E\cdot b\cdot k_з}}; \tag{6}$$

товщину a_1 визначають за (3), тобто

$$\frac{a_1}{a_2}=\sqrt[3]{\frac{m_1}{m_2}} \quad . \tag{7}$$

Мінімальні довжини, які забезпечують умови міцності: для пружини, закріпленої до маси m_1, l_{min1} визначається за (5), а для пружини, закріпленої до маси m_2 ,

$$l_{min2}=l_{min1}\left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{2/3} \quad . \tag{8}$$

У залежності (8) враховано, що амплітуди коливань мас m_1 і m_2 зворотно-пропорційні цим масам [2]

$$\frac{A_1}{A_2}=\frac{m_2}{m_1} \tag{9}$$

У конструкції для забезпечення міцності приймають більше значення довжини.

На розроблених конвеєрах-сепараторах проведено такі дослідження:

1.Визначено власні частоти коливань, які порівняні з розрахунковими і визначено експериментальні значення коефіцієнтів защемлення пружин.

2.Для сепараторів, виконаних за схемою, зображеною на рис. 2, визначено вплив зміни положення центрів мас на поле коливань мас m_1 і m_2.

3.Для сепараторів, виконаних за схемою рис. 3, визначено вплив зміни лінії прикладання сили на поле коливань маси m_1.

Висновок. Результати розробок, налагодження і впровадження декількох десятків пристроїв, сконструйованих за наведеними двома схемами (рис. 2, 3), показали їх високу надійність, простоту в налагодженні та експлуатації. Завдяки конструкції конвеєрів (рис. 3) та відсутності момента сили відносно спільного центра мас можна легко змінювати кут кидання, замінивши кути на елементах кріплень пружин. Результати експериментальних досліджень підтвердили високу збіжність результатів розрахунків пружних систем за прийнятою схемою пружної системи та відповідно високого коефіцієнта защемлення $k_з\approx0,94-0,96$, визначеного експериментально. Розроблені

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

конструктивні схеми можна застосовувати для проектування конвеєрів і конвеєрів-сепараторів з довжинами транспортування до 1 м (рис.2) і до 2 м (рис. 3).

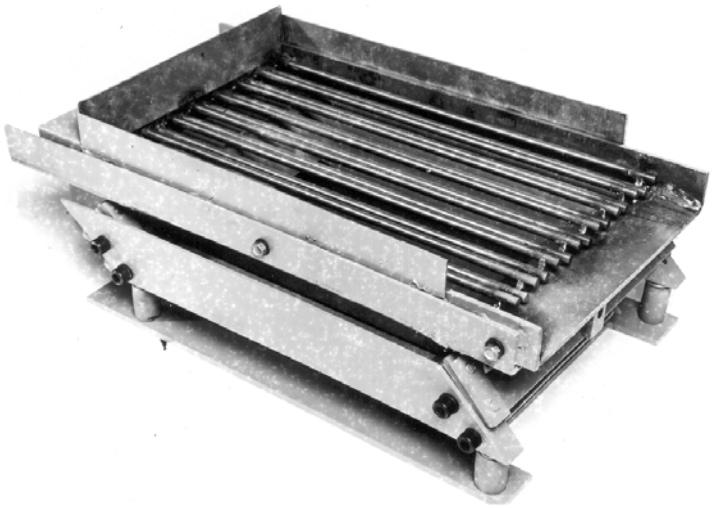

Рис. 5. Діючий віброконвеєр-сепаратор

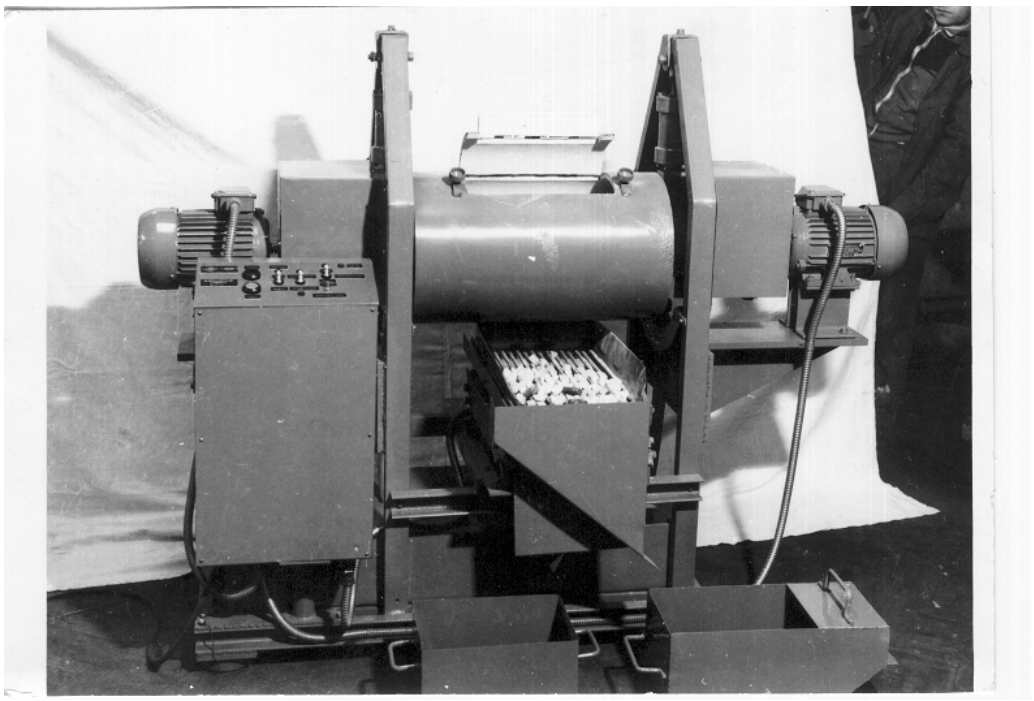

Рис. 6. Застосування віброконвеєра-сепаратора

На рис. 5 показано розроблений віброконвеєр-сепаратор для відділення деталей від абразивних тригранних призм, виконаний за схемою рис.2. На рис.6 показано застосування цього сепаратора у механізованій дебалансній вібраційній машині.

1. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах. Т. 4. – М.: Машиностроение. 1981. – 151 с. 2. Повидайло В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей. – Минск: Машгиз, 1962. 3. Шенбор В.С. Беспалов А.Л. Розробка структурних схем вібраційних конвеєрів-сепараторів // МАТЗ "Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні". – 1998. – Вип.33. – С. 20–23.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua