**Корендій В.М.**

к.т.н., асистент

Шенбор В.С.

старший викладач

**Національний
університет «Львівська
політехніка»****Korendiy V.****Shenbor V.****Lviv Polytecnic National
University****УДК 621.867****УДОСКОНАЛЕННЯ
ВІБРАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНО-
МАНІПУЛЮЮЧИХ КОНВЕЄРІВ**

У статті розглянуто техніко-експлуатаційні особливості вібраційних транспортно-маніпулюючих конвеєрів та галузі їх застосування. Запропонована удосконалена конструктивна схема транспортно-маніпулюючого пристрою та обґрунтовано його переваги. Наведені структурні схеми транспортування виробів удосконаленим і неудосконаленим конвеєрами. Розроблена методика розрахунку пружної системи удосконаленого конвеєра на жорсткість за поздовжніх, поперечних, вертикальних і кутових коливань. Розроблені та описані схеми живлення катушок транспортно-маніпулюючого конвеєра для різних способів транспортування виробів. Подані структурні схеми використання вібраційного транспортно-маніпулюючого конвеєра для автоматизації виробництва.

Ключові слова: вібраційний конвеєр, транспортно-маніпулюючий пристрій, пружна система, структурна схема, конструктивна схема, автоматизація виробництва.

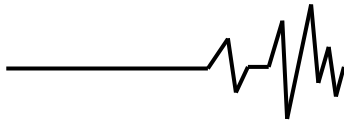
Вібраційні транспортно-маніпулюючі конвеєри з електромагнітними віброзбудниками коливань можна ефективно застосовувати в автоматизованому і механізованому виробництві, робототехнічних і робототехнологічних системах, гнучких виробничих системах [1-8]. Пристрої забезпечують транспортування деталей і виробів за будь-яким напрямком транспортуючої площини і обертання деталей навколо своєї осі в будь-якій зоні площини. Ці можливості дозволяють групувати і розподіляти вироби, подавати деталі у будь-яку зону транспортуючої площини з подальшою подачею їх на інше обладнання, касетування деталей та здійснювати ряд інших транспортних і транспортно-технологічних операцій. Завдяки таким можливостям дані пристрої мають високу гнучкість і ефективність у роботі. Незважаючи на такі можливості пристроїв, їх малу споживчу потужність, відсутність пар тертя, відносну простоту конструкцій, вони до цього часу не знайшли широкого застосування у виробничих процесах. Це можна пояснити недостатнім інформаційним представленням (рекламою) вібраційної техніки і малою зацікавленістю підприємств у новій техніці.

Постановка проблеми. У процесі створення вібраційної техніки важливим завданням є максимальне використання можливостей, які забезпечуються механічними багатомасними коливальними системами з

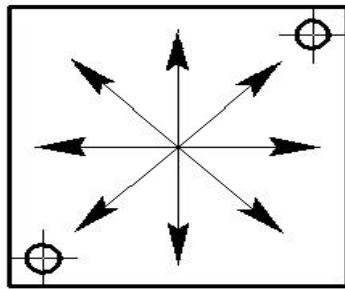
електромагнітним приводом коливань і багатокомпонентними пружними системами різних типів. Тому перед розробниками постають досить складні проблеми удосконалення відомих або створення нових структурних і конструктивних схем вібраційних пристроїв з метою розширення їх технологічних можливостей, покращання параметрів та удосконалення методик розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кафедрою механіки та автоматизації машинобудування і науково-дослідною лабораторією НДЛ-40 Національного університету «Львівська політехніка» тривалий час ведуться дослідження в галузі вібраційної техніки і технології, які були започатковані в 60-х рр. минулого століття професором Повідайлом В.О. У результаті цих робіт отримано значний доробок в цій галузі. Особливо ефективними були роботи зі створення засобів орієнтування, сепарування, лічення виробів і деталей, вібраційного транспортування, вібраційного технологічного оброблення деталей тощо. Один із учнів професора Повідайла В.О., а саме д-р техн. наук, професор Берник П.С. розвинув даний напрям у Вінницькому національному аграрному університеті [9-11].

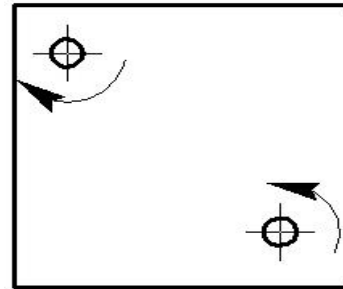
Дана публікація стосується вібраційного транспортування. Першими моделями пристроїв вібротранспортування з електромагнітними приводами і еліптичними



коливаннями, що впроваджені у виробництво, були розробки початку 80-х рр. XX ст. лабораторії НДЛ-40 Національного університету «Львівська політехніка». Вони були реалізовані творчим колективом наукових співробітників під керівництвом проф. Повідайла В.О. Роботи базувалися на двох авторських свідоцтвах СРСР [1, 2]. Вони започаткували дослідження зі створення цілої гами вібраційних реверсивних транспортерів і вібраційних транспортно-маніпулюючих модулів. Ці пристрої були застосовані в процесах автоматизації та механізації виробництва та для робототехнічних систем. На розроблених моделях виконано експериментальні дослідження для визначення оптимальних режимів роботи цих пристроїв [3].



а



б

Рис. 1. Схеми транспортування виробів на площині:

а) *прямолінійне транспортування за будь-яким напрямом транспортуючої площини; б) обертання деталей у будь-якій зоні площини*

Модернізація (удосконалення) пристроїв полягає у розширенні їх функціональних можливостей. Удосконалений пристрій (рис. 2) сконструйований за тримасною коливальною схемою і включає три коливальні маси величиною m_1 , m_2 і m_3 , що з'єднані між собою комбінованими пружними системами.

Робоча маса m_1 складається з транспортно-маніпулюючої площини 1, жорсткого барабана 2 з приєднанням до нього знизу електромагнітом 12 вертикальних коливань, двох пар якорів поздовжніх та двох пар якорів поперечних коливань 11 (при цьому пари якорів розміщені через 90°). Елементи робочої маси утворюють жорстку конструкцію.

Проміжна маса m_2 виконана як жорсткий квадратний короб 4, до зовнішніх поверхонь якого приєднані дві пари електромагнітів 14, 16 і 15, 17 поздовжніх коливань та дві пари електромагнітів 18, 20 і 19, 21 поперечних коливань. Пари електромагнітів розміщені через 90° , їх площини у складеній конструкції паралельні до площин якорів, а між магнітами і якорями встановлені однакові проміжки. Електромагніти у парах знаходяться на однакових відстанях відносно координатних осей (центральної осей

Окрім того деякі результати досліджень транспортування за еліптичних режимів коливань подані у роботі [4].

Формулювання мети досліджень.

Завданням даної публікації є удосконалення відомих конструкцій вібраційних транспортно-маніпулюючих пристроїв з метою розширення їх функціональних можливостей та створення методики їх розрахунку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомі моделі вібраційних транспортно-маніпулюючих модулів [5] дозволяють транспортувати вироби (деталі) за будь-яким напрямком квадратної (прямокутної, кругової чи іншої форми) транспортуючої площини (рис. 1, а) та обертати деталі в будь-якій зоні площини (рис. 1, б).

симетрії).

Реактивна маса m_3 складається з товстостінного квадрата 5, до якого знизу закріплений якорь електромагніта вертикальних коливань 13. Маси m_1 і m_2 з'єднані між собою стержневими циліндричними пружними елементами 3, розміщеними вертикально. Проміжна m_2 і реактивна m_3 маси з'єднані між собою плоскими пружними елементами 6, по чотири зверху і знизу, розміщеними вздовж координатних осей у горизонтальних площинах. Віброізолятори 7, 8 з еластичної гуми встановлені між масами m_2 і m_3 в зонах найменших горизонтальних коливань. Між ізоляторами встановлені кронштейни, через які пристрій встановлюється на основі 9.

Описана конструктивна схема пристрою має чотири ступені вільності: поздовжні, поперечні і кутові коливання мас m_1 , m_2 і m_3 , при цьому маси m_2 і m_3 рухаються як одне ціле. Четвертим ступенем вільності є коливання у вертикальному напрямку, причому маси m_1 і m_2 рухаються як одне ціле.

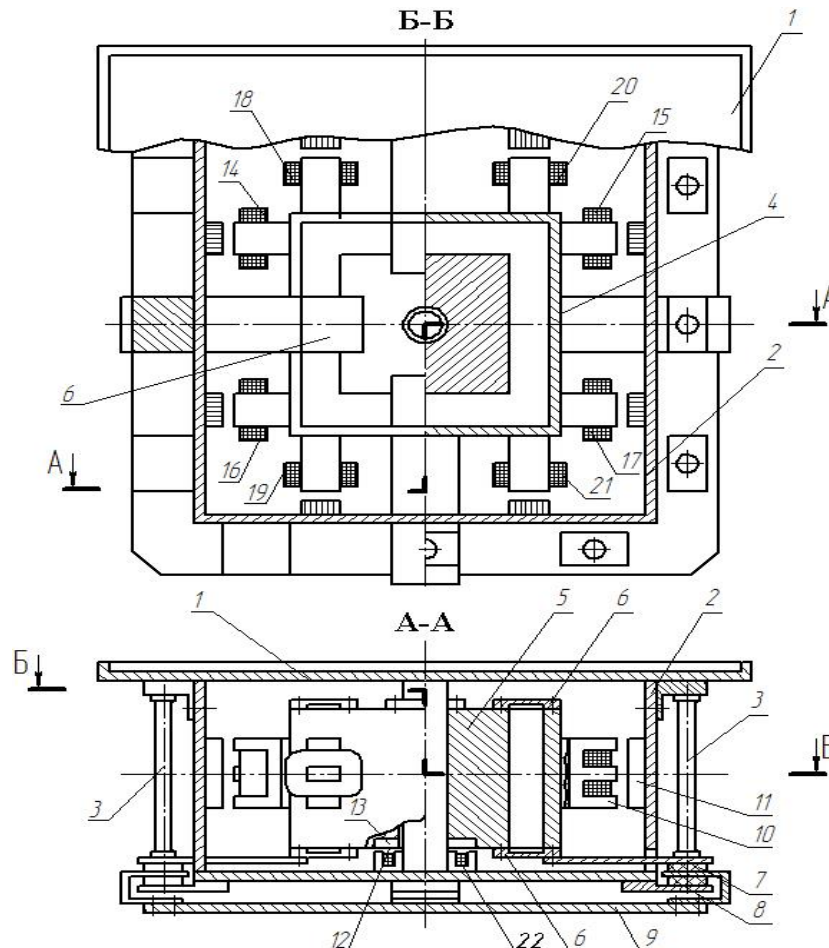
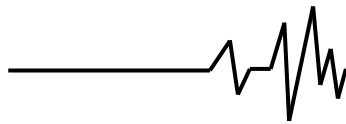


Рис. 2. Конструктивна схема транспортно-маніпулюючого конвеєра:

1 – транспортно-маніпулююча площа; 2 – жорсткий барабан робочої маси; 3 – стержневі циліндричні пружні елементи; 4 – жорсткий квадратний короб проміжної маси; 5 – товстостінний квадрат; 6 – плоскі пружні елементи; 7, 8 – віброізолятори; 9 – нерухома основа; 10, 11 – осердя та якорі електромагнітів горизонтальних коливань; 12 – електромагніт вертикальних коливань; 13 – якор електромагніта вертикальних коливань; 14, 15, 16, 17 – електромагніти поздовжніх коливань; 18, 19, 20, 21 – електромагніти поперечних коливань; 22 – котушка вертикального електромагніта

Пристрій необхідно розрахувати і налагодити на білярезонансний режим роботи. Вибираючи розміри стержневих пружин 3 і їх розміщення, власні частоти поздовжніх, поперечних і кутових коливань роблять однаковими, рівними 1,04...1,06 частоти подачі імпульсів на котушки електромагнітів поздовжньо-поперечних коливань [5]. Власна циклічна (кругова) частота поздовжніх і поперечних коливань визначається за формулою:

$$\omega_{0_{n-n}} = \sqrt{\frac{c_1 \cdot 3}{m_{n-n}}}, \quad (1)$$

де $m_{i-i} = \frac{m_1 \cdot (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}$ – зведена маса коливальної системи за поздовжніх

(поперечних) коливань; $c_1 = \frac{12 \cdot E \cdot I}{l_1^3}$ –

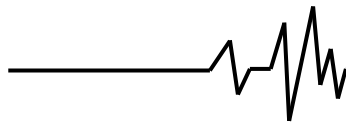
поздовжня (поперечна) жорсткість однієї стержневої пружини за згину та її жорсткого закріплення по кінцях; i – кількість стержневих пружин; I – момент інерції поперечного перерізу стержневої пружини за її згинання: якщо стержнева пружина у перерізі має круг, чим забезпечується однакова жорсткість в поздовжньому і поперечному напрямках, то для

круглого перерізу $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$, де d – діаметр

перерізу стержневої пружини;

l_1 – незащемлена довжина стержневої пружини;

E – модуль пружності матеріалу стержневої пружини (оскільки абсолютну більшість таких



пружин виготовляють з пружинної сталі, то $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па).

Жорсткість пружної системи за поздовжньо-поперечних коливань запишемо як систему рівнянь:

$$\begin{cases} c_{n-n} = \omega_{0_{n-n}}^2 \cdot m_{n-n} \\ c_{n-n} = \frac{3 \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot i}{16 \cdot l_1^3} \end{cases} \quad (2)$$

У другому рівнянні системи враховано, що завдяки конструктивному закріпленню стержнів коефіцієнт защемлення $k_3 \rightarrow 1$ [6]. Власна циклічна частота становить $\omega_{0_{n-n}} = 2 \cdot \pi \cdot \nu_{0_{n-n}}$, де $\nu_{0_{n-n}}$ – власна частота коливань системи, тобто кількість коливань за секунду ($[\nu_0] = \Gamma\mathcal{U}$). Тоді з (2) діаметр стержневої пружини, за певної наперед прийнятої робочої довжини l_1 та кількості стержнів i , які забезпечують налаштування на власну частоту в межах $\nu_{0_{n-n}} = 52 \dots 53$ Гц (за вимушуючої частоти $\nu = 50$ Гц) визначається за формулою:

$$d = 2,86 \cdot \sqrt[4]{\frac{\nu_0^2 \cdot m_i - i \cdot l_1^3}{E \cdot i}} \quad (3)$$

Для конструктивної схеми рис. 1, де $i = 12$ та пружин зі сталі матимемо:

$$d = 2,27 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[4]{\nu_0^2 \cdot m_i - i \cdot l_1^3} \quad (4)$$

Власна циклічна частота кутових коливань (коливань відносно вертикальної осі симетрії) становить:

$$\omega_{0\varphi} = \sqrt{\frac{c_\varphi}{I_{\zeta\hat{a}}}} \quad (5)$$

де $I_{\zeta\hat{a}} = \frac{I_1 \cdot (I_2 \cdot I_3)}{I_1 + I_2 + I_3}$ – зведений момент

інерції коливальної системи за кутових коливань;

I_1, I_2, I_3 – відповідно, центральні моменти інерції відносно вертикальної осі симетрії системи робочої, проміжної і реактивної коливальних мас;

$c_\varphi = i \cdot (c_1 \cdot r^2 + c_{kp})$ – кутова жорсткість пружної системи;

$r^2 = \frac{1}{3} \cdot \sum_{k=1}^3 r_k^2$ – середній квадратний радіус

розміщення стержневих пружин відносно вертикальної осі;

$\tilde{n}_{\hat{e}\delta} = \frac{G \cdot I_\rho}{l_1}$ – крутильна жорсткість

стержневої пружини відносно власної осі;

$I_\rho = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ – полярний момент інерції

пружини круглого перерізу;

G – модуль зсуву матеріалу пружини (для пружинної сталі $G = 8,1 \cdot 10^{10}$ Па).

Власні частоти поздовжніх (поперечних) і кутових коливань повинні бути однаковими $\omega_{0_{n-n}} = \omega_{0\varphi}$ і тоді, підставивши їх значення в (1) і (3), отримаємо величину радіуса r , який забезпечить рівність відповідних частот:

$$r = \sqrt{\frac{I_{\zeta\hat{a}}}{m_{n-n}} - \frac{c_{\hat{e}\delta}}{\tilde{n}_1}} \quad (6)$$

Підставивши в (6) вирази для c_{kp} і c_1 , отримаємо:

$$r = \sqrt{\frac{I_{\zeta\hat{a}}}{m_{n-n}} - \frac{G}{6 \cdot E}} \quad (7)$$

Розроблений за цими залежностями пристрій з розмірами транспортуючого елемента 500 x 500 мм має радіус в діапазоні $r = 200 \dots 240$ мм.

Власну вертикальну частоту коливань приймають рівною 1,15...1,3 частоти подачі імпульсів на котушку вертикального електромагніта 12 (рис. 1). Більша відлаштованість від резонансу пояснюється забезпеченням умови самостабілізації коливань [5], чим забезпечується транспортування виробів в широкому діапазоні мас транспортованих деталей. Резонансне налаштування забезпечується вибором розмірів плоских пружин 6. Власна кругова частота вертикальних коливань системи визначається за формулою:

$$\omega_{0\hat{a}} = \sqrt{\frac{\tilde{n}_2 \cdot 3'}{m_{\hat{a}}}} \quad (8)$$

де $m_{\hat{a}} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$ – зведена маса за

вертикальних коливань;

$c_2 = \frac{12 \cdot E \cdot I_2}{l_2^3}$ – згинна жорсткість плоскої

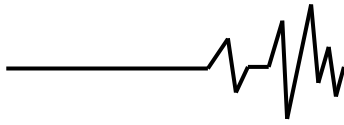
пружини;

$I_2 = \frac{a^3 \cdot b}{12}$ – момент інерції прямокутного

перерізу пружини;

a, b – відповідно, товщина і ширина перерізу плоскої пружини;

l_2 – незащемлена робоча довжина плоскої



пружины;

i – кількість плоских пружин.

Аналогічно як і для стержневої пружини, з системи рівнянь (5), (8) отримаємо розмір товщини пружини, яка забезпечить необхідне відлаштування від резонансу:

$$a = l_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \nu_{0a}^2 \cdot m_a}{E \cdot b \cdot i' \cdot k_3}}, \quad (9)$$

де ν_{0a} – власна вертикальна частота коливань;

$k_3 = 0,8 \dots 1,0$ – коефіцієнт заземлення, який враховує різницю між реальним і ідеальним закріпленням плоскої пружини [6].

Аналогічно як і за запису залежності (4), у випадку восьми плоских пружин ($i' = 8$) та виконання плоских пружин зі значним (> 5) перепадом товщини a пружини і товщини конструктивного заземлення пружин вертикальних коливань (тоді $k_3 \rightarrow 1$), залежність (9) запишеться наступним чином:

$$a = 2,86 \cdot 10^{-4} \cdot l_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\nu_{0a}^2 \cdot m_a}{b}} \quad (10)$$

Транспортно-маніпулюючий модуль працює таким чином. Живлення котушок

здійснюється від трифазної мережі змінного струму через регулятори напруги і однонапівперіодні випрямлячі. За подачі напруги на дві пари котушок поздовжніх магнітів 14, 16 і 15, 17 через два випрямлячі (діоди), ввімкнені обернено (рис. 3, живлення за двотактною схемою [7]), реалізуються поздовжні коливання мас в горизонтальній площині. За аналогічного живлення двох пар котушок поперечних магнітів 18, 20 і 19, 21 реалізуються поперечні коливання мас в горизонтальній площині. Горизонтальні поздовжні і горизонтальні поперечні гармонічні коливання не спричиняють вібраційного транспортування деталей чи матеріальних частинок, які знаходяться на транспортуючій площині. За подачі напруги на котушку 22 вертикального електромагніта 12 (рис. 3) через однонапівперіодний випрямляч за одностактною схемою живлення [7] реалізуються вертикальні коливання мас. Амплітуди коливань змінюють завдяки зміні подаючої напруги на котушки магнітів. Коливальні маси, які з'єднані пружинними елементами, коливаються у протифазі. Котушки вертикальних і горизонтальних магнітів живлять від різних фаз мережі (наприклад А і В).

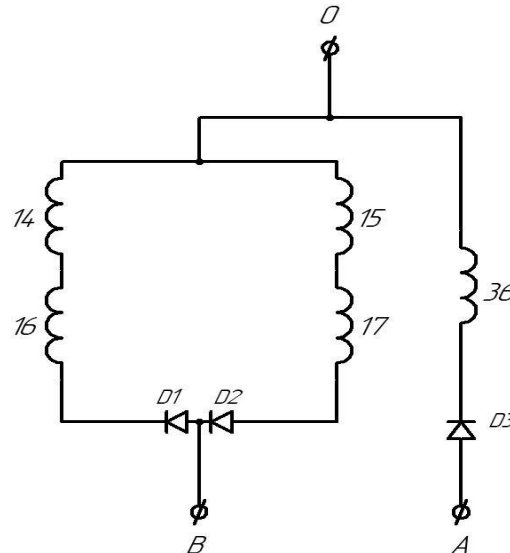


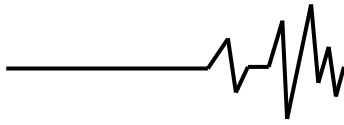
Рис. 3. Схема живлення котушок електромагнітів горизонтально-поздовжніх і вертикальних коливань для поздовжнього вібротранспортування

За вертикального прискорення транспортуючої площини, яке не перевищує прискорення вільного падіння $W = \frac{A_g \cdot \omega^2}{g} \leq 1$,

де A_g – вертикальна амплітуда коливань, а $\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu$ – вимушена циклічна частота коливань, деталі (матеріальні частинки) рухаються разом з транспортуючою площиною, не відриваючись від неї.

Якщо напруга подається одночасно на поздовжні (поперечні) і вертикальний електромагніти від різних фаз (рис. 3), в залежності від комутації фаз і випрямлячів, транспортуєча поверхня (як і будь-яка коливальна маса) отримає еліптичні коливання в поздовжньому або поперечному напрямку і деталі (продукти) транспортуватимуться в поздовжньому або поперечному напрямках.

Реверс транспортування здійснюється



зміною комутації взаємно обернених діодів, або діода вертикального магніта. За одночасного під'єднання поздовжніх і поперечних магнітів від однієї фази за незалежним двотактним живленням та можливістю подавати різні регульовані напруги на пари магнітів поздовжніх і поперечних коливань та живлення вертикального магніта від іншої фази за однократною схемою живлення пристрій може транспортувати вироби за будь-яким напрямком транспортувальної поверхні.

Напрямок транспортування залежить від співвідношення амплітуд поздовжніх і поперечних коливань та комутації живлення на котушки магнітів. Оптимальний кут зсуву фаз між живленням горизонтальних і вертикальних котушок складає $60^\circ \dots 90^\circ$ (в деяких випадках до 120°), що забезпечується зсувом фаз трифазної мережі змінного струму або фазовим зсувачем (фазорегулятором).

Якщо живлення на вертикальний електромагніт не подавати, а заживити однаковою напругою поздовжні і поперечні магніти за двотактними схемами зі зсувом фаз між ними 90° , кожна точка транспортувальної поверхні (у плані) буде описувати круг, і деталі з невеликим контактним тиском (відношення ваги деталі до площі опорної поверхні), встановлені на транспортувальній поверхні, за рахунок різних сил тертя в різних точках контакту обертатимуться навколо своїх осей незалежно від місця свого розміщення. Напрямок обертання залежить від кута зсуву фаз між поздовжніми і поперечними коливаннями (90° чи 270°). Якщо напруга на котушки обох пар поздовжніх 14, 15 та 16, 17, а також на котушки обох пар поперечних 18, 19 та 20, 21 магнітів віброзбудників подається у протифазі таким чином, що в фазі знаходяться по чотири котушки віброзбудників, тобто в одній фазі знаходяться котушки магнітів 15, 16, 18, 21, а в іншій 14, 17, 19, 20, тоді виникатиме змінний кутовий момент. Цьому також сприяє розміщення

віброзбудників на певній відстані від поздовжньої (поперечної) осі пристрою. Віброзбудник вертикальних коливань у цьому режимі увімкнений. В результаті деталі транспортуватимуться за круговими траєкторіями відносно вертикальної осі вправо або вліво, а радіус траєкторії залежить від положення деталей на початку цього режиму.

Схема розглянутого вище підключення котушок зображена на рис. 4. Якщо для цього режиму площину оснастити спіраллю, деталі можна нагромадити на площині у спіралі, а ввімкнувши реверс вібротранспортування надати їм рух у зворотному напрямку, тобто витранспортувати їх з робочої площини (рис. 5, б).

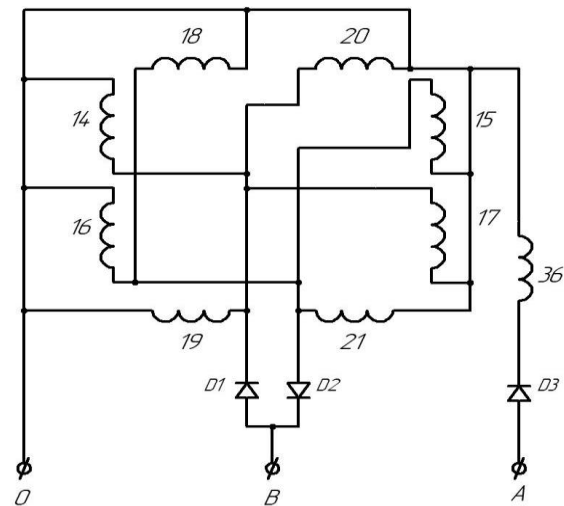
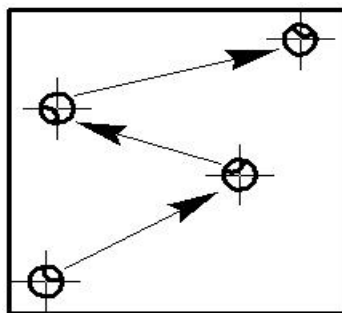
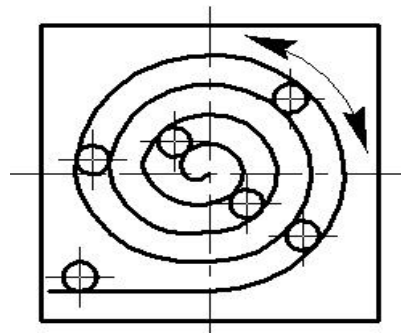


Рис. 4. Схема живлення електромагнітів котушок поздовжньо-поперечних і вертикальних коливань для реалізації вібротранспортування за круговими траєкторіями

Удосконалений конвеєр, окрім вказаних вище можливостей, дозволяє транспортувати вироби за будь-якими траєкторіями площини з одночасним обертанням деталі навколо своєї осі (рис. 5, а) та за круговими траєкторіями (рис. 5, б).

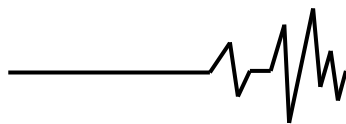


а



б

Рис. 5. Способи вібротранспортування деталей удосконаленим конвеєром:
а) транспортування виробів за будь-якими траєкторіями площини з одночасним обертанням деталі навколо своєї осі; б) транспортування виробів за круговими траєкторіями



Структурні схеми вібраційних транспортно-технологічних систем зображені на рис. 6. Ці схеми створюються на основі реверсивних вібротранспортерів і вібраційних транспортно-маніпулюючих модулів (транспортів, конвеєрів).

За схемою рис. 6, а, деталі, які подаються транспортером на транспортер-маніпулятор розподіляються за трьома напрямками і далі, за необхідністю подаються на транспортер-маніпулятор, з якого, в свою чергу, знову подаються за певним напрямком на лінійний транспортер. За схемою рис. 6, б, деталі нагромаджуються на транспортно-маніпулюючому модулі щільно (можна у касеті). За схемою рис. 6, в, деталі нагромаджуються у спіральному магазині маніпулятора, куди потрапляють з транспортера. Нагромаджені деталі, у відповідності з технологічним процесом, видаються в певну зону, з якої потрапляють на інший транспортер.

Схема рис. 6, г, забезпечує укладання виробів на рухому стрічку конвеєра. Використовуючи реверсивний транспортер і транспортно-маніпулюючий модуль підвісних типів можна передавати ряди набраних виробів на рухому стрічку конвеєра [8]. Щільність укладання деталей за двома координатами забезпечується продуктивністю подачі деталей в систему і швидкістю стрічки. Оскільки застосовуються транспортери з еліптичними коливаннями, системи укладання (передачі) груп (рядів) деталей забезпечують роботу з легкоушкоджуваними деталями. Розміщення транспортерів над сіткою (стрічкою) конвеєра забезпечує укладання, пакування, передачу тощо деталі чи групи деталей, що є неможливим за застосування роботів або маніпуляторів. Такі системи можуть мати більш розширені можливості, тому що комбінація однокоординатних і двокоординатних пристроїв дозволяє створювати унікальні системи для гнучкого виробництва.

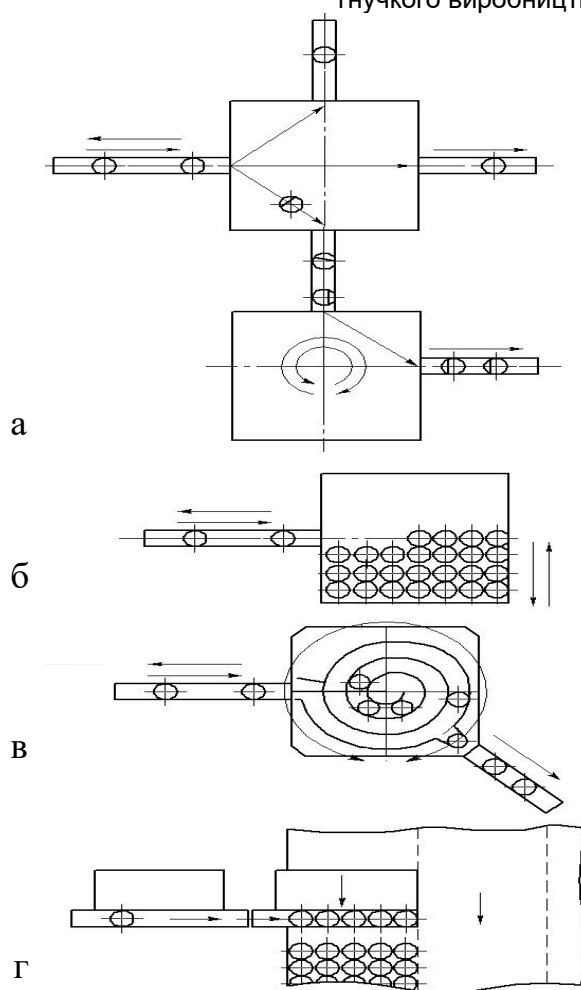
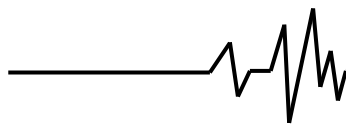


Рис. 6. Структурні схеми вібраційних транспортно-технологічних систем:

а) подача деталей транспортером на транспортер-маніпулятор та їх розподілення за трьома напрямками; б) щільне нагромадження деталей на транспортно-маніпулюючому модулі; в) нагромадження деталей у спіральному магазині маніпулятора; г) укладання виробів на рухому стрічку конвеєра

**Висновки:**

1. Модернізований транспортно-маніпулюючий модуль має більші технологічні можливості маніпулювання деталями на площині.

2. За програмування пристрою від ЕОМ чи комп'ютера, можливе транспортування деталей за будь-якою наперед заданою траєкторією на площині з обертанням деталей навколо своєї осі.

3. Значно покращені характеристики удосконаленого транспортно-маніпулюючого пристрою суттєво розширюють можливості його застосування в автоматизованому і роботизованому виробництвах та в гнучких виробничих системах.

Список використаних джерел

1. А.с. 1033393 СССР, В 65 G 27/08. Вибрационный конвейер / В.А. Повидайло (СССР). – № 3421660/27-03; заявл. 12.04.82; опубл. 07.08.83; Бюл. № 29.

2. А.с. 1033395 СССР, В 65 G 27/32. Вибрационное устройство автоматического группового ориентирования изделий / В.А. Повидайло (СССР). – № 3423877/27-03; заявл. 12.04.82; опубл. 07.08.83; Бюл. № 29.

3. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.

4. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И.С. Бляхеров и др.; под общ. ред. И.А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

5. Повидайло В.О. Вібраційні процеси та обладнання: Навчальний посібник / В.О. Повидайло. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 248 с.

6. Shenbor V. Analysis and Improvement of Two-Mass Vibrating Tubular Conveyers with Two-Cycle Electromagnetic Drive / V. Shenbor, P. Koruniak, V. Korendiy, V. Brusentsov, M. Brusentsova // *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. – 2016. – Vol. 2, No. 1. – pp. 55-64.

7. Koruniak P. Ways of Improvement of Operational Efficiency of Hopper Devices / P. Koruniak, V. Shenbor, V. Korendiy, A. Bezpалov, V. Brusentsov // *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. – 2016. – Vol. 2, No. 2. – pp. 79-87.

8. Шенбор В. Синтез гнучких вібраційних транспортно-технологічних систем / В. Шенбор, В. Брусенцов, Ю. Шенбор // Тринадцятий Міжнародний симпозиум українських інженерів-

механіків у Львові: матеріали симпозиуму. – Львів: КНПАТРИ ЛТД, 2017. – С. 185–186.

9. Берник П.С. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук, В.В. Яськов, І.А. Зозуляк. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. – 336 с.

10. Берник П.С. Конвеєрні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки / П.С. Берник, І.П. Паламарчук. – К.: Вища школа, 1996. – 237 с.

11. Берник П.С. Вібраційні лоткові сушарки / П.С. Берник, П.Д. Денісов, І.А. Зозуляк // *Вібрації в техніці і технологіях*. – 2000. – № 1 (13). – С. 32-33.

Список джерел у транслітерації

1. Povidailo V.A. (1983). *Vibratsionnyi konveer [Vibratory conveyor]*. Copyright certificate SU 1033393 A, B 65 G 27/08. [in Russian].

2. Povidailo V.A. (1983). *Vibratsionnoe ustroystvo avtomaticheskogo gruppovogo orientirovaniia izdelii [Vibrating device for automatic group orientation of products]*. Copyright certificate SU 1033395, B 65 G 27/32. [in Russian].

3. Lavendel E.E., et al. (1981). *Vibratsionnye protsessy i mashiny [Vibratory processes and machines]*. Moscow: Mashinostroenie. [in Russian].

4. Bliakherov I.S. (1990). *Avtomaticheskaia zagruzka tekhnologicheskikh mashin [Automatic loading of technological machines]*. Moscow: Mashinostroenie. [in Russian].

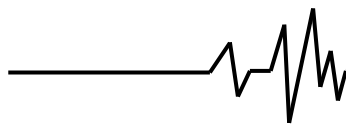
5. Povidailo V.O. (2004). *Vibratsiini protsesy ta obladnannia [Vibratory Processes and Equipment]*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. [in Ukrainian].

6. Shenbor V., Koruniak P., Korendiy V., Brusentsov V., Brusentsova M. (2016). Analysis and Improvement of Two-Mass Vibrating Tubular Conveyers with Two-Cycle Electromagnetic Drive, *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, 2/1, 55-64.

7. Koruniak P., Shenbor V., Korendiy V., Bezpалov A., Brusentsov V. (2016). Ways of Improvement of Operational Efficiency of Hopper Devices, *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, 2/2, 79-87.

8. Shenbor V., Brusentsov V. & Shenbor Yu. (2017). Syntez hnuchkykh vibratsiinykh transportno-tekhnolohichnykh system [Synthesis of flexible vibratory transporting and technological systems]. *Materials of the 13th International symposium of Ukrainian mechanical engineers in Lviv*, 185–186. [in Ukrainian].

9. Bernyk P.S., et al. (2004). *Mekhanichni protsesy i obladnannia pererobnoho ta*



kharchovoho vyrobnytstva [Mechanical processes and equipment for processing and food production]. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. [in Ukrainian].

10. Bernyk P.S. & Palamarchuk I.P. (1996). *Konveierni vibratsiini mashyny dlia ozdobluiualno-zmitsniuvalnoi obrobky* [Conveyor vibratory machines for finishing-strengthening processing]. Kyiv: Vyshcha shkola. [in Ukrainian].

11. Bernyk P.S., Denisov P.D. & Zozuliak I.A. (2000). *Vibratsiini lotkovi susharki* [Vibration tray driers], *Vibratsii v tekhnitsi i tekhnolohiiakh* [Vibrations in technique and technologies], 1(13), 32-33. [in Ukrainian].

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНО-МАНИПУЛИРУЮЩИХ КОНВЕЙЕРОВ

В статье рассмотрены технико-эксплуатационные особенности вибрационных транспортно-манипулируемых конвейеров и области их применения. Предложена усовершенствованная конструктивная схема транспортно-манипулирующего устройства и обосновано его преимущества. Приведены структурные схемы транспортировки изделий усовершенствованным и неусовершенствованным конвейерами. Разработана методика расчёта упругой системы усовершенствованного конвейера на жёсткость при продольных, поперечных, вертикальных и угловых колебаниях. Разработаны и описаны схемы питания катушек транспортно-манипулируемого конвейера для различных способов транспортировки изделий. Представлены

структурные схемы использования вибрационного транспортно-манипулирующего конвейера для автоматизации производства.

Ключевые слова: вибрационный конвейер, транспортно-манипулирующее устройство, упругая система, структурная схема, конструктивная схема, автоматизация производства.

IMPROVEMENT OF VIBRATORY TRANSPORTING AND MANIPULATING CONVEYORS

In the article, there are considered technical and operational peculiarities of vibratory transporting and manipulating conveyors and the fields of their implementation. The improved design diagram of the transporting and manipulating device is proposed and its advantages is substantiated. Structural schemes of products transportation using the improved and unimproved conveyors are presented. A technique for calculating the elastic system of the improved conveyor is developed taking into account the permissible rigidity under longitudinal, transverse, vertical and angular vibrations. The power supply circuits of the coils of the transporting and manipulating conveyor are developed and described for different ways of products transportation. The structural diagrams of the use of vibratory transporting and manipulating conveyor in the field of production automation are presented.

Keywords: vibratory conveyor, transporting and manipulating device, elastic system, structural diagram, design diagram, production automation.

Відомості про авторів

Корендій Віталій Михайлович – кандидат технічних наук, асистент кафедри «Механіка та автоматизація машинобудування» Національного університету «Львівська політехніка» (вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013, e-mail: Vitalii.M.Korendii@lpnu.ua).

Шенбор Владислав Станіславович – старший викладач кафедри «Механіка та автоматизація машинобудування» Національного університету «Львівська політехніка» (вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013, e-mail: Vladyslav.S.Shenbor@lpnu.ua).

Корендий Виталий Михайлович – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Механика и автоматизация машиностроения» Национального университета «Львовская политехника» (ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, Украина, 79013, e-mail: Vitalii.M.Korendii@lpnu.ua).

Шенбор Владислав Станиславович – старший преподаватель кафедры «Механика и автоматизация машиностроения» Национального университета «Львовская политехника» (ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, Украина, 79013, e-mail: Vladyslav.S.Shenbor@lpnu.ua).

Vitaliy Korendiy – PhD, Assistant of the Department of Mechanics and Automation of Mechanical Engineering of Lviv Polytechnic National University (S. Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: Vitalii.M.Korendii@lpnu.ua).

Vladislav Shenbor – Senior Lecturer of the Department of Mechanics and Automation of Mechanical Engineering of Lviv Polytechnic National University (S. Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: Vladyslav.S.Shenbor@lpnu.ua).