

Філімоніхін Г. Б.

Яцун В. В.

*Кіровоградський
національний технічний
університет*

Filimonikhin G. B.

Yatsun V. V.

*Kirovograd National
Technical University*

УДК 62-752+62-755

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ
ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОЧАСТОТНИХ
ВЕРТИКАЛЬНИХ ВІБРАЦІЙ
ПЛАТФОРМИ, ЗБУДЖЕНИХ
КУЛЬОВИМ АВТОБАЛАНСИРОМ**

Досліджено роботу двочастотного віброзбудника у вигляді кульового автобалансира на платформі з вертикальним поступальним рухом. Встановлено, що характеристики вібрацій платформи можна змінювати в широких межах зміною маси КВ, маси дебалансу на валу та частоти обертання валу.

Ключові слова: двочастотні вібрації, дебаланс, резонансна вібромашина, автобалансир.

Вступ. Серед вібраційних машин найбільш перспективними є резонансні машини [1,2]. В них збуджуються інтенсивні коливання платформи незалежно від її розмірів і маси при мінімальних витратах енергії.

Ефективність резонансних машин підвищується при використанні в них двох і більше частотних збудників вібрацій [3]. При цьому коливання із найнижшою частотою збуджують резонансні коливання платформи і призначені для виконання основного технологічного процесу. Коливання із більш високими частотами збуджують вібрації, призначені для очищення сита, та зміни механічних властивостей матеріалу, що обробляється.

В роботі [4] нами вперше запропоновано використовувати відомі пасивні автобалансири (АБ) в якості збудника двохчастотних вібрацій. Їх використання засноване на особливому режимі руху ротора з АБ – квазіперіодичному [5], що виникає при малих силах опору руху коригувальних вантажів (КВ) щодо ротора. У цьому режимі ротор обертається з зарезонансною частотою, а КВ в АБ не можуть його наздогнати, практично збираються разом і обертаються з найменшою резонансною частотою коливань ротора, чим підлаштовуються під неї.

Для дослідження цього ефекту в САПР Solidworks із застосуванням модуля Cosmos Motion було створено 3D модель вібраційної машини (грохоту) з віброзбудником у вигляді кульового АБ [6]. Одержані 3D моделюванням результати підтвердили можливість

застосування АБ в якості віброзбудника. Також було знайдено широкий діапазон зміни параметрів у середині якого гарантовано виникають двочастотні вібрації.

Метою даної роботи є експериментальне дослідження характеристик двочастотних вібрацій, збуджених АБ на натурному стенді.

§1. Загальний опис стенду. Для дослідження характеристик двочастотних вібрацій, збуджених АБ було створено стенд, в якому платформа може здійснювати різні кінематичні рухи в залежності від конструкцій опор, що її тримають.

Параметри створеного стенда було розраховано 3D моделюванням в САПР Solidworks із застосуванням модуля Cosmos Motion (рис.1, а). Стенд складається з таких елементів (рис. 1, б): асинхронного електродвигуна 1, пасової передачі 2, рухомої платформи 3, на якій встановлено дві опори 4, валу 5 встановленого в опори 4, АБ 6 та дебалансу 7, насаджених на вал 5, пружинних податливих опор 8 змінної жорсткості (рис. 1, в) і станини 9.

Стенд дозволяє: змінювати кількість КВ в АБ, масу платформи за допомогою додаткових вантажів (рис. 1, г), масу дебалансу шляхом використання декількох однакових дебалансів (рис. 1, д); спостерігати за відносним рухом КВ; змінювати частоту обертання валу, жорсткість пружинних опор; виконувати просіювання піску (відсіву); замірювати вібропришвидження платформи, спостерігати за її рухом за допомогою лазерного променя, прикріпленого до платформи.



В залежності від конструкції опор 8 платформа 3 може здійснювати такі рухи: поступальний прямолінійний; обертальний;

плоскопаралельний; вертикальній площині; горизонтальній площині.

поступальний у площині; поступальний у площині.

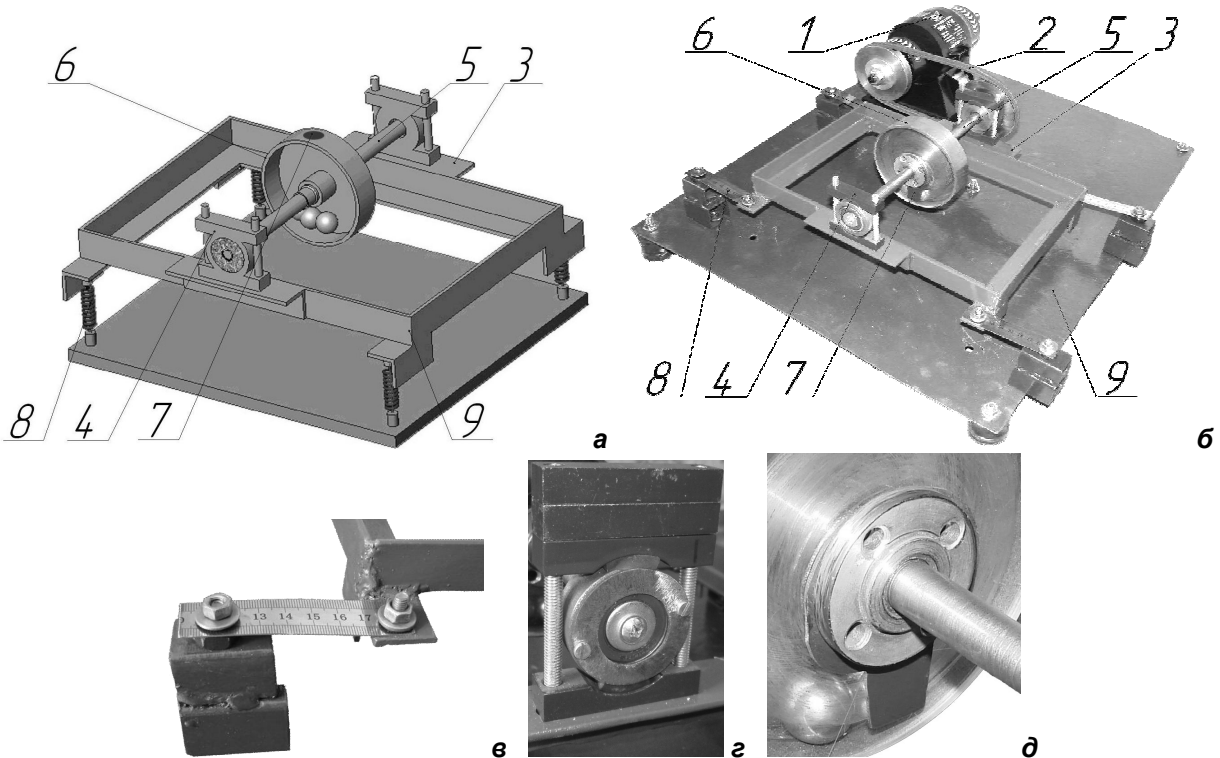


Рис. 1. Вібраційний стенд:

а - 3D модель; б - стенд; в - податлива пружинна опора; г - опора валу з додатковими масами; д - дебаланс

Для визначення характеристик вібрацій платформи використовувалися датчики акселерометри MMA6231Q 2AX 1, 5, що з'єднані з персональним комп'ютером через аналогово-цифрову плату осцилографа ADXL202EB-232A USB інтерфейсом.

Датчики акселерометри вимірюють віброприскорення на платформі стенду в

площині, паралельній площині обертання дебалансу (рис. 2).

Визначались миттєві значення віброприскорення (m/c^2) на платформі стенду в діапазоні частот 0-100 Гц (режим осцилографа), частоти і інтенсивність складових коливань в діапазоні до 100 Гц (режим спектрального аналізатора).

В- вертикальна площина
Г- горизонтальна площина

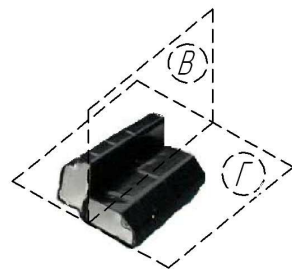


Рис. 2. Закріплення датчиків
а – схематичне; б – на платформі стенда



§2. Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети планується експериментально визначити характеристики двочастотних вібрацій, збуджених АБ, шляхом вимірювання вібропришвидшень платформи.

В даній роботі досліджується вібромашина із вертикальним поступальним

рухом платформи. Досліджуються характеристики двочастотних вібрацій в залежності від: маси платформи; маси КВ; маси дебалансу; швидкості обертання валу.

Межі зміни параметрів стенда занесені до таблиці 1.

Таблиця 1

Межі зміни параметрів стенда

№ експерименту	Змінювані параметри			
	Маса платформи, г	Маса КВ, г	Маса дебалансу, г	Швидкість обертання валу, об/хв
1	2300	20	5	1500
2	2600	40	10	2000
3	2900	60	15	2500
4	3200	80	20	3000

В табл. 1 підкреслені величини параметрів, що бралися в експериментах за замовчуванням. При проведенні експериментів послідовно виділявся тільки один змінний параметр (із 4). При цьому решта параметрів мали значення за замовчуванням. Всього проведено 16 експериментів (по 4 експерименти для 4 параметрів).

§3. Результати експериментів і їх обговорення.

3.1. Вплив маси платформи на характеристики вібрацій. Початкова маса платформи разом з рухомими елементами (АБ,

вал, опори) становить 2300 г. Для зміни маси платформи встановлюємо на опори, прикріплені до платформи, додаткові маси у вигляді з'ємних пластин (рис. 1, г). Маса кожної пластини становить 150 г. Кількість пластин змінюється від 2 до 6, тобто загальна маса платформи буде змінюватись в межах 2300-3200 г.

Досліджуємо вібропришвидшення платформи масою 2300 г. На спектральному аналізаторі спостерігається наявність двох складових частот: 48 Гц – від дебалансу на валу; на частоті 7 Гц – від КВ (рис. 3).

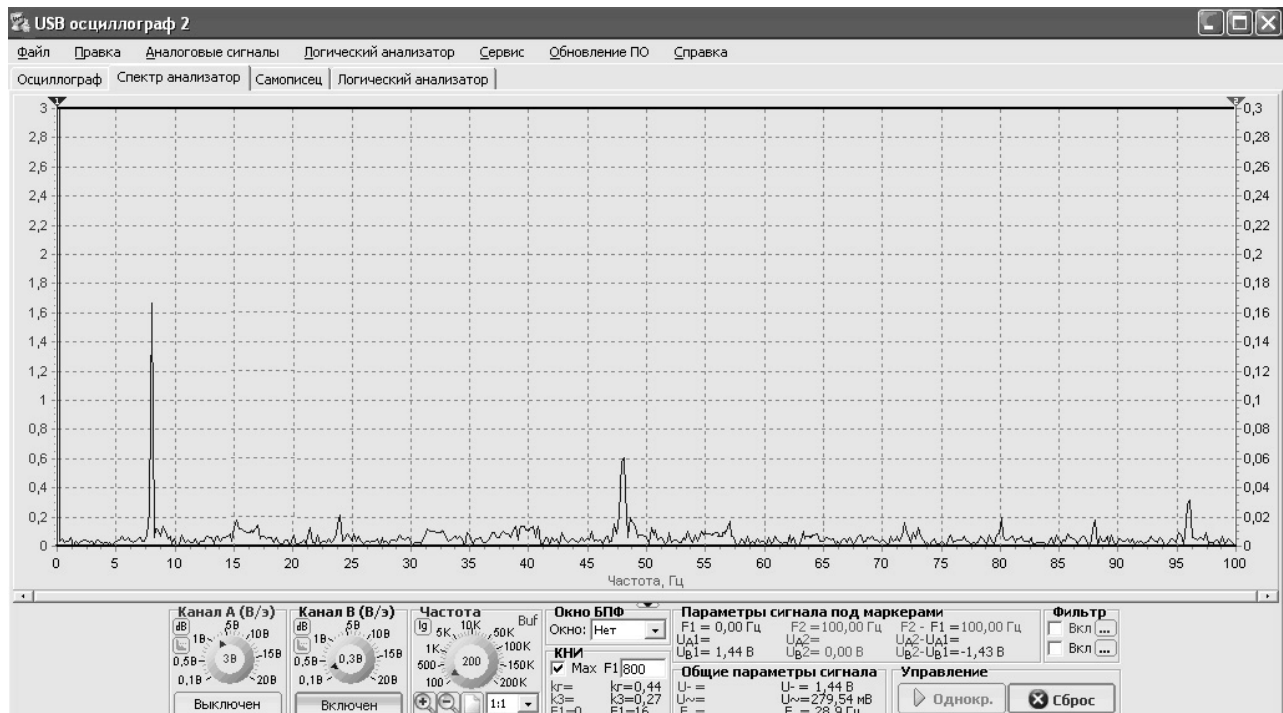
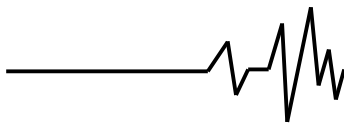


Рис. 3. Спектр вібропришвидшень коливань платформи



На осцилограмі вібропришвидження платформи, після встановлення її руху, спостерігається крива, що є сумою двох коливальних рухів із частотами, що істотно розрізняються (рис. 4).

Кількість швидких коливань платформи за 1 секунду становить близько 50, що

відповідає частоті обертання електродвигуна (50 Гц або 3000 об/хв). Кількість повільних коливань платформи за 1 секунду становить 7, що відповідає резонансній частоті коливань платформи. На цієї частоті (7 Гц) застряють КВ.

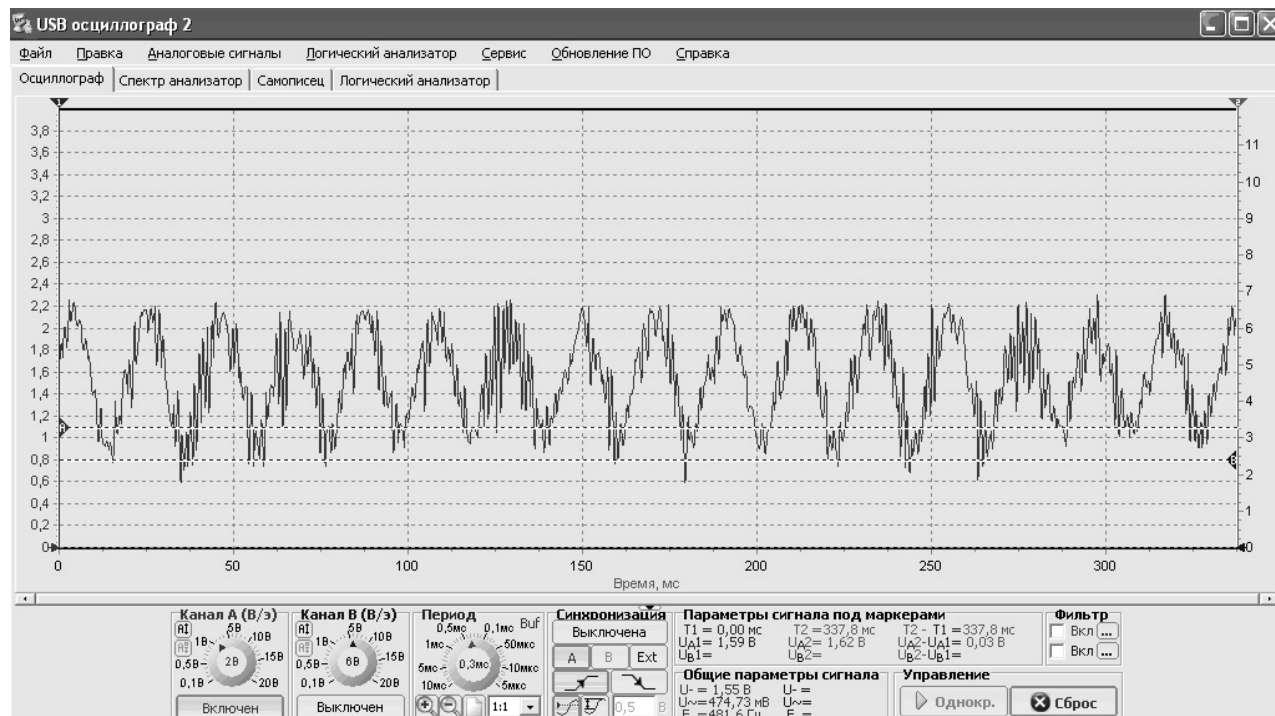


Рис. 4. Осцилограма вібропришвидшень платформи

Поступово збільшуємо додаткову масу до максимальної 3200 г і спостерігаємо за показами осцилографа та спектрального аналізатора (рис. 5).

З осцилограм на рис. 5 видно, що нижча частота коливань платформи зменшується із зростанням маси платформи. Отже КВ автоматично підлаштовуються під зміну маси

платформи, забезпечуючи її резонансні коливання.

Було проведено додаткові експерименти, в ході яких різко змінювалися додаткові маси. Для цього на працюючу платформу кидалися шматочки пластичного в'язкого матеріалу масою від 20 до 60 г.

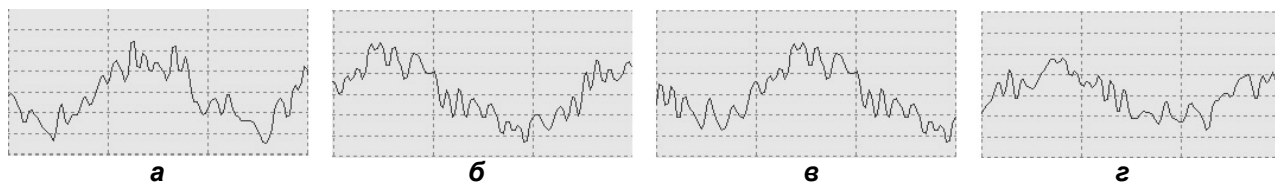


Рис. 5. Вплив на осцилограму вібропришвидшень платформи зміни маси платформи: а – $m_n=2300$ г; б – $m_n=2600$ г; в – $m_n=2900$ г; г – $m_n=3200$ г

Від цього осцилограма вібропришвидшень майже не зазнавала змін, що свідчить про стабільність двохчастотних вібрацій.

3.2. Вплив маси КВ на характеристики вібрацій. Початкова маса КВ становить 20 г, що відповідає масі однієї

кулі. Поступово збільшуємо масу КВ, шляхом збільшення кількості куль до 4. Максимальна маса куль 80 г.

В результаті експерименту встановлено, що збільшення маси КВ прямопропорційно збільшує амплітуду повільних вібропришвидшень платформи (рис. 6).

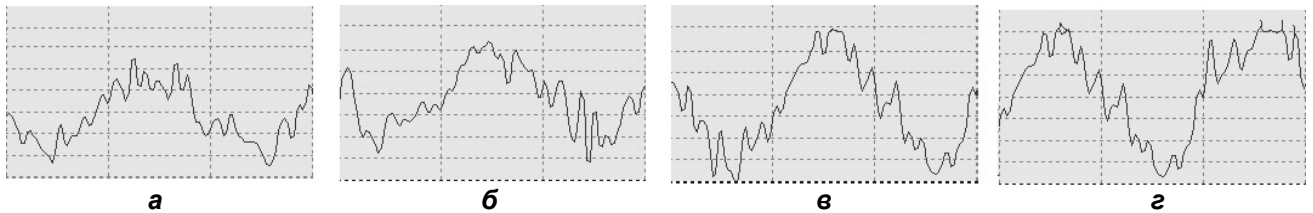
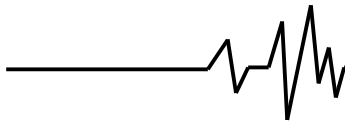


Рис. 6. Вплив на осцилограму вібропришвиджень платформи зміни сумарної маси КВ:
а – $m_{кв}=20$ г; б – $m_{кв}=40$ г; в – $m_{кв}=60$ г; г – $m_{кв}=80$ г

Це прямопропорційно збільшує енергію коливань, спрямовану на виконання основної технологічної функції (сепарації, класифікації, просіювання тощо).

3.3. Вплив маси дебаланса на характеристики вібрацій. В якості дебаланса на валу застосовуємо жорстко закріплений маятник (рис. 1, д). Початкова маса дебаланса

становить 5 г. Поступово збільшуємо масу дебаланса, шляхом використання декількох однакових дебалансів. Максимальна кількість дебалансів - 4, що відповідає масі 20 г.

В результаті експерименту встановлено, що збільшення маси дебаланса на валу прямопропорційно збільшує амплітуду швидких коливань платформи (рис. 7).

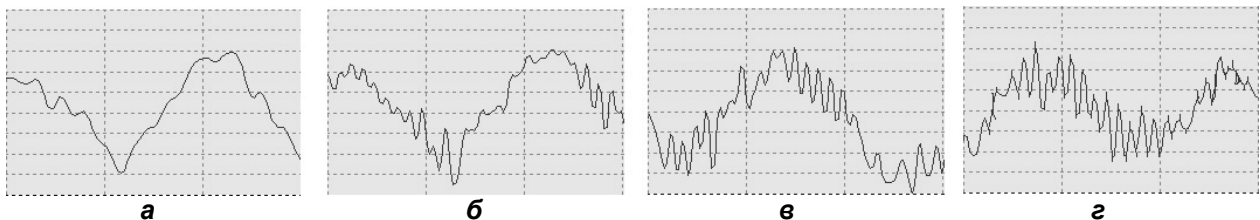


Рис. 7. Вплив на осцилограму вібропришвиджень платформи зміни сумарної маси дебалансу:
а – $m_{\delta}=5$ г; б – $m_{\delta}=10$ г; в – $m_{\delta}=15$ г; г – $m_{\delta}=20$ г

Це прямопропорційно збільшує енергію коливань, спрямовану на самоочищення платформи і зміну через вібрації механічних властивостей матеріалу, що обробляється.

3.4. Вплив частоти обертання ротора на характеристики вібрацій. Для зміни частоти обертання ротора, були

використані шківні різних діаметрів. Частота обертання змінювалась в діапазоні від 1500 до 3000 об/хв. Було встановлено, що збільшення частоти обертання ротора збільшує за квадратичним законом амплітуду швидких коливань платформи (рис. 8).

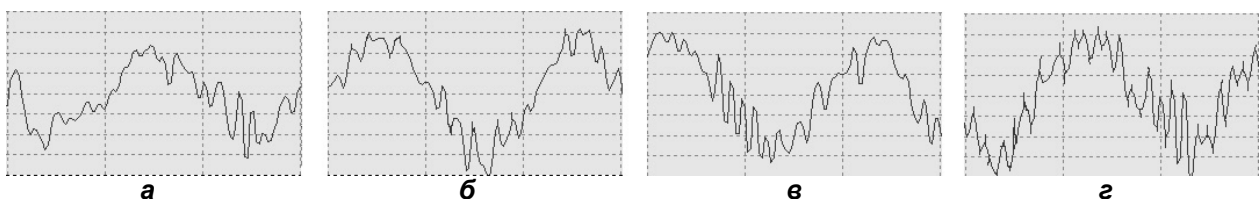


Рис. 8. Вплив на осцилограму вібропришвиджень платформи зміни частоти обертання ротора:
а – $\omega=1500$ об/хв; б – $\omega=2000$ об/хв; в – $\omega=2500$ об/хв; г – $\omega=3000$ об/хв.

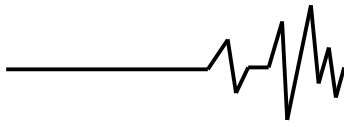
Це за квадратичним законом збільшує енергію коливань, спрямовану на самоочищення платформи і зміну через вібрації механічних властивостей матеріалу, що обробляється.

Висновки

1. Двохчастотні збудники вібрацій у вигляді пасивних АБ збуджують бігармонічні

коливання платформи. Нижня частота коливань збуджується КВ і співпадає з резонансною частотою коливань платформи, а верхня – збуджується дебалансом і співпадає з частотою обертання валу.

2. Характеристики вібрацій платформи можна змінювати в широких межах зміною маси КВ, маси дебалансу на валу та частоти обертання валу. При зміні маси платформи КВ



автоматично змінюють частоту обертання, чим підлаштовуються під нову резонансну частоту коливань платформи.

3. З використанням двохчастотних збудників вібрацій у вигляді пасивних АБ можна створювати енергоефективні резонансні вібромашини.

Список використаних джерел

1. Благов, И.С. Справочник по обогащению углей [Текст] / ред.: И. С. Благов, А. М. Коткин, Л. С. Зарубин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Недра, 1984 г. – 614 с.

2. Ланець, О. С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): монографія [Текст] / О. С. Ланець. — Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2008. — 324 с.

3. Букин, С.Л. Интенсификация технологических процессов вибромашин путем реализации бигармонических режимов работы [Текст] / С.Л. Букин, С.Г. Маслов, А.П. Лютый, Г.Л. Резниченко // Обогащение полезных ископаемых: Наук.-техн. зб. - 2009. - Вып. 36(77) - 37(78). - С. 81-89.

4. Застосування пасивного автобалансира як збудника кругових двохчастотних вібрацій [Текст] : пат. на корисну модель № 92337 У Україна, F04D 29/66. Г.Б. Філімоніхін, В.В. Яцун (Україна); КНТУ. Заявл. 18.03.2014; Опубл. 11.08.2014, Бюл.№15.

5. Філімоніхін, Г.Б. Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 352 с.

6. Филимонович, Г.Б. 3D моделирование возбуждения автобалансиrom двухчастотных колебаний платформы грохота с использованием Solidworks и Cosmos motion [Текст] / Г.Б. Филимонович, В.В. Яцун // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2014. - Чернігів: ЧДІЕУ, 2014. - С. 218-221.

Список джерел в транслітерації

1. Blagov, Y.S. Spravochnyk po obogashheniyu uglej [Tekst] / red.: Y. S. Blagov, A. M. Kotkin, L. S. Zarubin. - 2-е yzd., pererab. y dop. - M. : Nedra, 1984 g. – 614 s.

2. Lanec', O. S. Vysokoefektyvni mizhrezonansni vibracijni mashyny z elektromagnitnym pryvodom (Teoretychni osnovy ta praktyka stvorennya): monografija [Tekst] / O. S. Lanec'. — L'viv: Vyd-vo Nac. un-tu «L'viv's'ka politehnika», 2008. — 324 s.

3. Bukyn, S.L. Yntensyfykacyja tehnologycheskyh processov vybromashyn putem realizacyy bygarmonycheskyh rezhymov raboty [Tekst] / S.L. Bukyn, S.G. Maslov, A.P. Ljutyj, G.L. Reznynchenko // Obogashhenye poleznyh uskoraemyh: Nauk.-tehn. zb. - 2009. - Vyp. 36(77) - 37(78). - S. 81-89.

4. Zastosuvannja pasyvnogo avtobalansyra jak zbudnyka krugovyh dvochastotnyh vibracij [Tekst] : pat. na korysnu model' № 92337 U Ukrai'na, F04D 29/66. G.B.Filimonihin, V.V.Jacun (Ukrai'na); KNTU. Zajavl. 18.03.2014; Opubl. 11.08.2014, Bjul.№15.

5. Filimonihin G.B. Zrivnovazhennja i vibrozahyst rotoriv avtobalansyramy z tverdymy koryguval'nymy vantazhamy. Kirovograd: KNTU, 2004. 352 p.

6. Fylymonyhyn, G.B. 3D modelyrovanye vobuzhdenyja avtobalansyrom dvuhchastotnyh kolebanyj platfomy grohota s yspol'zovanyem Solidworks y Cosmos motion [Tekst] / G.B. Fylymonyhyn, V.V. Jacun // Matematychnе ta imitacijne modeljuvannja system. MODS 2014. - Chernigiv: ChDIEU, 2014. - S. 218-221.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХЧАСТОТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВИБРАЦИЙ ПЛАТФОРМЫ, ВОЗБУЖДЕННЫХ ШАРОВАМИ АВТОБАЛАНСИРОМ

Аннотація. *Исследована работа двухчастотного вибровозбудителя в виде шарового автобалансира на платформе с вертикальным поступательным движением. Установлено, что характеристики вибраций платформы можно изменять в широких пределах изменением массы шаров, массы дебалансира на вале и частоты вращения вала.*

Ключевые слова: *двухчастотные вибрации, дебаланс, резонансная вибромашина, автобалансир.*

EXPERIMENTAL RESEARCH OF TWO- FREQUENCY VERTICAL VIBRATIONS OF THE PLATFORM BY PASSIVE AUTOBALANCERS

Annotation. *We investigated the work of two-frequency vibration generator by ball passive autobalancers on the platform with a vertical reciprocating motion. We have determined that characteristics of vibrations of a platform can be changed over a wide range change of mass of balls, mass of a debalans on a shaft and frequencies of rotation of a shaft.*

Key words: *dual-frequency vibration, imbalance, resonance vibrator, autobalancing.*