

## Література

1. Webpage: Vibration diagnosis of machine faults [Internet]. 1992. Available from: <https://www.orbit-magazine.com/archives/>

### **ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПАСИВНИХ АВТОБАЛАНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ З РІДИННИМИ І СИПКИМИ РОБОЧИМИ ТІЛАМИ**

*Федіна С. А., Драч І. В.*

*Хмельницький національний університет, e-mail: cogitare410@gmail.com*

Основною причиною небажаної вібрації машин з обертовими елементами є наявність дисбалансу, який виникає, коли головна вісь інерції ротора не збігається з віссю обертання. У разі жорсткого ротора звичайна процедура балансування полягає в додаванні або видаленні коригувальних мас в двох площинах так, щоб головна вісь інерції була перенаправленою. Однак одноразове балансування, що є достатнім для ротора з фіксованим дисбалансом, не може усунути незрівноваженість ротора зі змінним дисбалансом, що залежить від кутової швидкості. Єдиною можливістю усунення дисбалансу в цьому випадку є використання автобалансуючих пристроїв (АБП) різних типів. У даний час усе більш широкого застосування в промисловій, транспортній, побутовій і прецизійній техніці знаходять АБП з рідкими і сипкими робочими тілами, призначені для балансування роторів зі змінним дисбалансом. Незважаючи на те, що перший патент на АБП з рідкими робочими тілами з'явився більше 100 років назад, а перша теоретична робота опублікована близько 70 років назад, інтерес до цієї тематики не слабшає і сьогодні. Про це свідчать як численні статті та патенти, так і фірмові технології щодо застосування АБП в різних галузях машинобудування, комп'ютерної та побутової техніки, які з'явилися за останні кілька років. Вони дозволяють знизити рівні вібрацій, зменшити знос підшипників і інших обертових частин, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення терміну служби приладів і машин. Їх розробка і застосування має не тільки важливе технічне та економічне значення, а останнім часом у зв'язку зі збільшенням робочих частот обертання машин, досить значне соціальне.

Виділяють два типи автобалансуючих пристроїв: пасивні й активні. У пасивних АБП коригувальні маси переміщуються вільно під дією внутрішніх сил, а в активних вони переміщуються примусово.

Як перший, так і другий тип АБП мають свої переваги і недоліки. Основна перевага пасивних АБП – їх простота. Вони не вимага-

ють підведення зовнішньої енергії і складної схеми керування, тому виходять досить компактними і простими у виготовленні. Активні АБП працюють на всіх швидкостях обертання ротора, але складні за конструкцією і вимагають складної системи керування.

Найбільш вивченими з пасивних пристроїв, є механічні АБП, вони так само мають широке застосування. У даній роботі виділено і зроблено порівняльний аналіз роботи АБП з рідкими і сипкими робочими тілами, які вивчені в меншій мірі і застосовуються рідше, хоча вони мають і деякі свої переваги. Механічні АБП для досить точного балансування виставляють досить високі вимоги до якості виготовлення, а саме: до шорсткості і твердості поверхні, овальності і ексцентриситету бігової доріжки куль, що в кінцевому підсумку сприяє здрожчанню їх виготовлення. Рідинні АБП позбавлені деяких з цих недоліків, вони не вимагають настільки високої якості виготовлення, дешеві у виробництві. Так само перевагами даного типу пристроїв є іскробезпка і безшумність роботи. Тому вивчення і застосування в промисловості таких пристроїв є перспективним напрямком розвитку теорії автоматичного балансування.

Історія рідинного автоматичного балансування починається з 1916 р., коли французький інженер Леблан (Leblanc) запропонував конструкцію рідинного АБП для зрівноваження екстрактора пральної машини під час її роботи. Пізніше було запропоновано АБП Сирла, АБП Дункан, а також відомі удосконалення конструкцій АБП типу Леблана. На жаль, ніде не знайдено вказівок про застосування цих запатентованих конструкцій у реальних машинах, тобто про їх впровадження у виробництво. Вперше зробив спробу теоретично обґрунтувати принцип дії АБП Леблана, кільцевих, маятникових і кульових АБП у циклах своїх статей Сирл (E.L. Thearle) [1]. Він запропонував плоску модель ротора і АБП. У її рамках у ротора існує єдина критична швидкість, при перевищенні якої ротор починає обертатися легкою стороною назовні і починає проявлятися явище самоцентрування ротора, яке і було покладено Сирлем в основу принципу роботи усіх пасивних АБП. Насправді, тут явище самоцентрування видається за явище самобалансування.

Перед тим, як розглянути області застосування пасивних АБП, слід зазначити, що найбільшого застосування в техніці знайшов кульовий АБП. Пов'язано це з тим, що кульовий АБП забезпечує найбільшу точність зрівноваження ротора, а з іншого боку, його корпус може охоплювати ротор зовні, що звільняє внутрішній простір ротора. Менш використовуються роликові і маятникові АБП. При рівних габаритних розмірах вони дозволяють отримати більшу балансуєчу ємність порівнянно з кульовими АБП. Але точність зрівноваження ними ротора

менша, оскільки на ролики і маятники діють більші сили сухого тертя, ніж на кулі. Практично не використовуються кільцеві АБП, оскільки у порівнянні з габаритними розмірами мають невелику балансуєчу ємність. Також практично не використовуються сегментні АБП, оскільки на сегменти діють значні сили сухого тертя, що зменшує точність зрівноваження ними ротора. Описані типи АБП з твердими корегуючими вантажами були спочатку запропоновані для зрівноваження екстракторів машин з осушення цукру, центрифуг, екстракторів, сепараторів з вертикально розташованим валом, швидкісних роторів, зокрема шпинделів верстатів, шпинделів деревообробних верстатів, дискових пилок, шліфувальних кругів, обертових частин двигунів, гіроскопів, пропелерів літаків, і т.д. В подальшому такі пристрої знайшли застосування для зрівноваження барабанів побутових пральних машин з вертикальним і горизонтальним розташуванням барабана (останні патенти на рідинні АБП [2, 3]), автомобільних і авіаколіс [4], обертових частин двигунів внутрішнього згоряння, зокрема колінвалів, лопатей вертольотів, шпинделів шліфувальних і полірувальних верстатів, шліфувальних дисків ручних шліфувальних машин, знімних дисків і CD/DVD дисків у відповідних пристроях, які використовуються в цифровій техніці, сепараторів, вентиляторів, і в інших роторних машинах. Пропонувалося застосовувати пристрої для зрівноваження космічних апаратів і станцій, боеголовки і снарядів, положення яких стабілізується в просторі обертанням.

Прикладами крупносерійного застосування є:

– статичне зрівноважування CD/DVD дисків у відповідних приводах кульовими АБ, фірмова технологія A.B.S. (Automatic Ball Balancing System), ABS (Auto Balance System) застосовується в приводах, що випускаються під торговою маркою компанії Samsung, LG, Aopen і ін.;

– статичне зрівноважування дисків ручних шліфувальних машин (кутових і радіальних, електричних і пневматичних) кульовими АБ, фірмова технологія Autobalancer, розроблена SKF AutoBalance Systems, використовується в машинах, що випускаються під торговими марками Milwaukee (Atlas Copco), PROTOOL та ін.;

– статичне або динамічне зрівноваження барабанів автоматичних пральних машин з вертикальним і фронтальним завантаженням білизни рідинними або кульовими АБ, фірмові технології Can Balance System, Liquid balance (див. рис. 1) [5], використовуються в машинах, що випускаються під торговою маркою компанії Samsung, LG, Hitachi, Zanussi та ін.

Цікавий матеріал щодо використання пасивного автобалансування сипкими і рідкими робочими тілами коліс автомобілів міститься у [6, 7].



**Рис. 1. Технологія Liquid balance для пральних машин Samsung**



**Рис. 2. Технологія autobalance для автомобільних коліс Magnum**

Автоматичне балансування відбувається у внутрішній частині коліс (рис. 2) в результаті їх обертання при русі. У ролі балансувального матеріалу використовуються балансувальні гранули у вигляді дрібного піску, різного роду порошків і мікро-бісеру. Балансування відбувається при взаємодії відцентрової сили при обертанні колеса і вібрацій підвіски, що виникають при русі. Головною перевагою балансувальних гранул вважаються електростатичні особливості використаного матеріалу, що дозволяє їм надійно притягатися до внутрішньої поверхні покриття, таким чином, зрівноважуючи дисбаланс колеса. Головні переваги даного методу полягають в тому, що балансувальні гранули постійно виконують самобалансування колеса автотransпортного засобу, що рухається на будь-якій швидкості. Переваги балансувальних гранул: використання одноразово на весь період експлуатації шин; при ремонті шини балансувальні гранули можна зібрати, і знову засипати при монтажі колеса; гарантують точне автоматичне балансування, зберігаючи елементи підвіски і рульового керування в хорошому стані; гарантують рівномірний знос покриття через пом'якшення вібрацій від нерівностей на дорожньому покритті; у порівнянні з балансувальними порошками, не засмічує внутрішню поверхню колеса і не ускладнює її обслуговування. Бісер на відміну від балансувального порошку не вбирає в себе воду і не схильний до злипання в грудки. Покритий тоненьким шаром мастила (із застосуванням силікону) бісер не володіє тими абразивними властивостями, що притаманні піску і не завдає шкоди всередині поверхонь шини і диска. Крім цього, бісер, не закупорює вентиль ніпеля. Балансувальна процедура з використанням мікробісеру не вимагає покупки дорогих балансувальних стендів. Для шиномонтажників застосування мікробісеру має свої плюси. У істотному ступені зменшується час балансування. У підсумку – вони цілком можуть обслужити набагато більше клієнтів за робочий день. Відпадає необхідність у покупці дорогих балансувальних стендів, і навчання працівників правильному балансуванню на верстаті.

Недолік: сприяють утворенню нальоту на внутрішній поверхні покриття; мають абразивні властивості, грудочки при взаємодії з вологою здатні утворювати тверді грудки.

Описаний метод балансування використовується в основному для коліс вантажного транспорту, автобусів і позашляховиків. Застосування рідинних робочих тіл для автоматичного балансування коліс важкого вантажного автомобіля наочно описано в (рис. 3) [7].



**Рис. 3. Рідинне балансування коліс великих вантажних автомобілей**

### **Література**

1. Thearle E.L. Automatic dynamic balancers / Thearle E.L. Part 1 – Leblanc balancers // Machine Design, 1950a, Vol. 22 No 9, pp. 119–124.

2. Patent US 5782110 A. Clothes washing machine with balancing device: patent US 5782110 A / Do Weon Kim Owner name: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD., KOREA, REPUBLIC OF, Free format text: ASSIGNMENT OF ASSIGNORS INTEREST;ASSIGNOR:KIM, DO WEON;REEL/FRAME:008218/0298, Effective date: 19961004

3. Patent US 20060254321 A1. Washing machine : patent US 20060254321 A1 / Hee Lim, Jae Chang, Owner name: LG ELECTRONICS INC., KOREA, REPUBLIC OF Free format text: ASSIGNMENT OF ASSIGNORS INTEREST;ASSIGNORS:LIM, HEE TAE;CHANG, JAE WON;REEL/FRAME:017843/0652, Effective date: 20060502

4. <https://www.youtube.com/watch?v=-pdjsfruQjI> – Using technology developed by the US Air Force TAABS automatic dynamic wheel balancers will keep any truck wheel perfectly balanced while on the road at all times by using centrifugal force and patented design the TAAB makes the wheel rebalance itself mid trip. The savings truckers gain from these are enormous. Go to [taabs-int.com](http://taabs-int.com) to learn more.

5. <https://www.manualslib.com/manual/1239249/Samsung-Wm1255ags-Xen.html?page=15#manual>

6. <http://koleso-sovetsk.ru/204-avtomaticheskaya-balansirovka-granulami.html>

7. <https://www.youtube.com/watch?v=94-CdexJ3Xk> – Fluid Balance For Heavy Truck Tires, опубликовано: 16 мая 2013 г.: Tired of the road vibration? This is how I did a fluid balance on my M923 6X6 with 14.00x20 tires. You will not find a faster or easier way to do this to already mounted tires than I show here.

## СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ЦЕНТРИФУГ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Чоловский Р. Г.<sup>1</sup>, Драч И. В.<sup>2</sup>, Ткачук В. П.<sup>3</sup>

Хмельницкий национальный университет.

E-mail: <sup>1</sup>roma\_c@mail.ru, <sup>2</sup>cogitare410@gmail.com, <sup>3</sup>kachukv.p@gmail.com

Основным сырьем для производства сахара является сахарная свекла, которая содержит 15–22 % сахарозы. Производство сахара из свеклы является сложным физико-химическим процессом. Сахарозу извлекают из клеток диффузией, после чего применяют химические и теплофизические воздействия для отделения сахара от несахаров и превращение его в чистый кристаллический продукт.

В результате сложной технологической цепочки различных процессов образуются густая масса (7,5 % воды) — утфель первой кристаллизации и межкристалльная жидкость — зеленая патока.

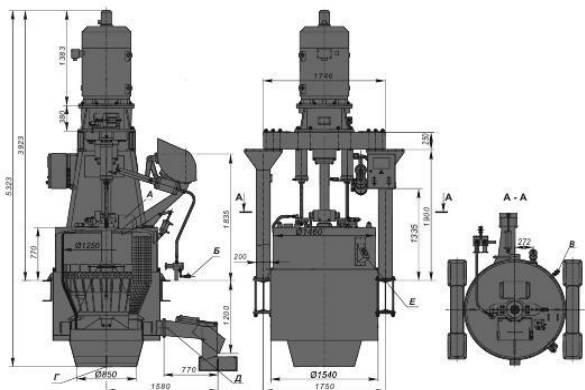


Рис. 1. Центрифуга ФН-1251Л

Отделение межкристалльного раствора утфеля от кристаллов сахара производят в центрифугах периодического (рис. 1) или непрерывного действия.