

Г.Б. Філімоніхін, проф., д-р техн. наук, В.В. Яцун, асистент
Кіровоградський національний технічний університет

Автобалансуючий пристрій з уловлювачами для зрівноваження роторів із похилою віссю обертання

Розглянута задача зі зменшення дисбалансу, який вносить автобалансир під час розгону чи вибігу ротора з похилою віссю обертання. Запропоновано конструкцію автобалансира з уловлювачами, яка вирішує дану задачу.

автобалансир, коригувальний вантаж, уловлювач

Для усунення вібрацій і зрівноважування роторів із похилою віссю обертання на ходу використовують пасивні автобалансири (АБ), до яких відносяться кільцеві, кульові, маятникові тощо [1,2]. В них коригувальні вантажі (КВ) самі приходять у положення, в якому зрівноважують ротор і потім обертаються з ним як одне ціле. Але недоліком цих АБ є те, що під час розгону чи вибігу ротора КВ займають несиметричне положення щодо ротора, чим вносять додатковий дисбаланс до системи. В роботі [1] пропонувалася конструкція АБ з гальмами, які повинні зупинити КВ при розгоні і вибігу ротора, а при роботі ротора не заважати вільному переміщенню КВ. Недоліком такого рішення є те, що гальма зупиняють КВ не в симетричному щодо ротора положенні, а в положенні, яке відповідає певному розподілу дисбалансу. Це погіршує розгін і вибіг ротора, оскільки на невеликих швидкостях обертання ротора відбувається значна зміна напрямку дисбалансу, через перерозподіл речовини, що обробляється ротором. В [3] було запропоновано встановити перегородки, які ділять бігову доріжку на однакові сектори, для симетричного розташування КВ під час розгону та вибігу ротора. Недоліком такого рішення є те, що перегородки унеможливають повне використання балансувальної ємності КВ. В цій роботі розв'язується задача з усунення додаткового дисбалансу, який вносить АБ під час розгону чи вибігу ротора шляхом встановлення уловлювачів – пристрів для фіксування КВ в необхідному положенні на згаданих режимах роботи ротора.

Запропонований АБ (рис. 1, а) складається з корпусу, порожнини в корпусі, КВ, встановлених в порожнину з можливістю руху, та уловлювачів, встановлених в паз на зовнішній чи внутрішній стінці, що обмежує порожнину корпусу.

АБ може мати один (рис. 1, а) або декілька аналогічних рядів (рис. 1, б), можливий варіант використання уловлювачів в кульових, роликівих (рис. 1, а, б), чи маятникових АБ (рис.1, в). Уловлювачі можуть бути встановлені як на зовнішній (рис. 1, а), так і на внутрішній (рис. 2, а) стінці порожнини для КВ, а також одночасно на двох стінках (рис. 2, б).

Конструкцію АБ з уловлювачами визначають такі технічні вимоги:

- 1) уловлювачі повинні встановлюватися парно, так щоб вони затримували рух КВ в обох напрямках (рис. 1, 2);
- 2) пари уловлювачів розташовуються симетрично відносно осі ротора, з метою симетричного розташування уловлених ними КВ (рис. 1, 2);
- 3) загальна кількість уловлювачів не повинна перевищувати чотири штуки для однієї порожнини, тому що при більшій кількості уловлювачів можливе запирання частини КВ між секторами для уловлення КВ (рис. 2, в);

4) при виконанні АБ з декількома рядами, для усунення несиметричності осевих моментів інерції ротора уловлювачі на одній біговій доріжці встановлюються із зміщенням на 90^0 по відношенню до уловлювачів на іншій доріжці (рис. 1, б).

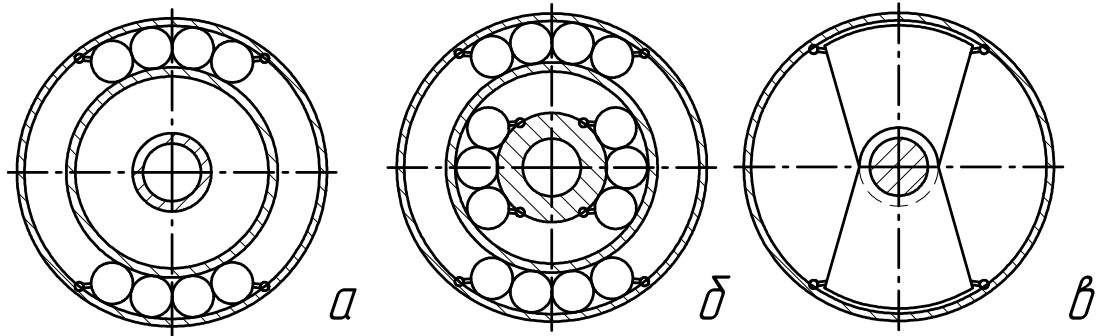
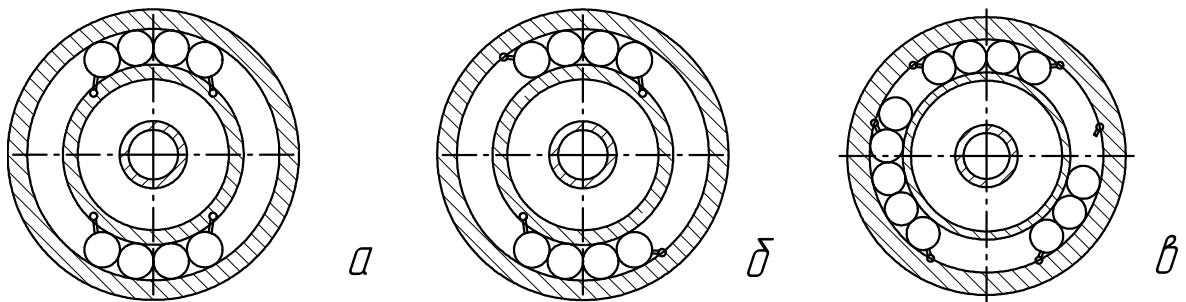


Рисунок 1 – АБ з уловлювачами (КВ уловлені)

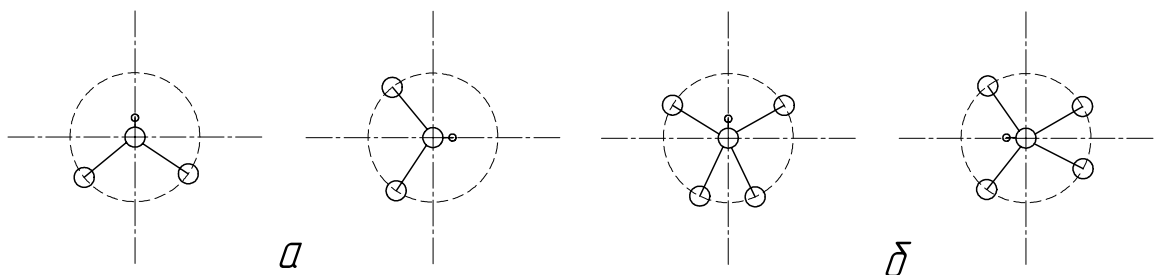


а) на внутрішній стінці порожнини для КВ; б) на внутрішній і зовнішній стінках порожнини для КВ; в) на зовнішній стінці порожнини для КВ – надмірна кількість пар уловлювачів

Рисунок 2 – Варіанти встановлення уловлювачів

Додаткові вимоги до АБ, викликані вимогами оптимального проектування:

1) число КВ в АБ повинно бути не менше 3, тому що при меншій кількості КВ, при дрейфі напрямлення невеликого дисбалансу КВ вимушені повертатися на значні кути (рис. 3, а), якщо КВ три і більше, то невеликій зміні дисбалансу буде відповідати невелика зміна кутів поворотів маятників (рис. 3, б);



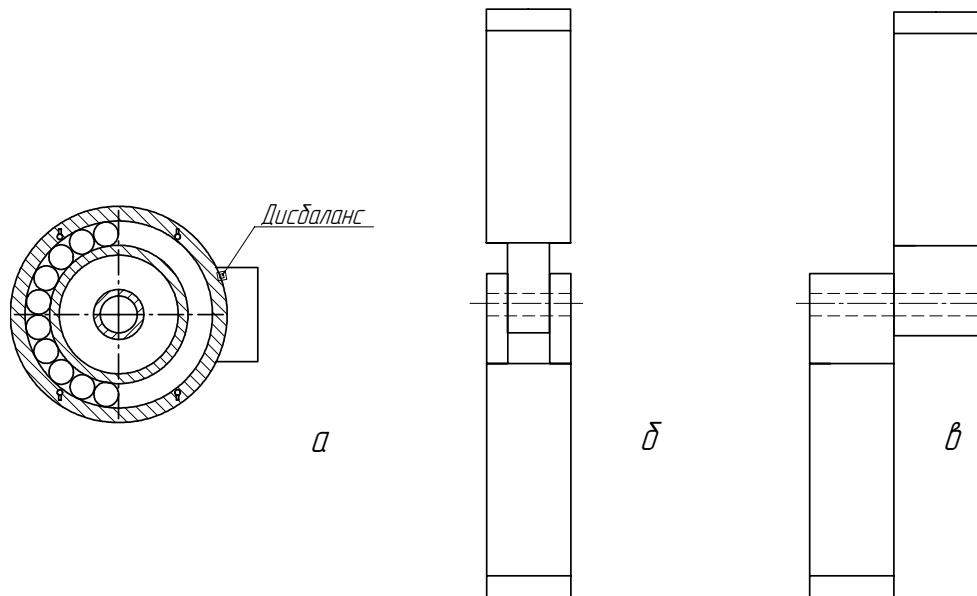
а) неоптимальна кількість КВ; б) оптимальна кількість КВ

Рисунок 3 – Робота маятничого АБ з різною кількістю маятників

2) КВ зібрані разом, повинні заповнювати половину своєї порожнини для найбільшої балансувальної ємності у заданому об'ємі (рис. 4, а);

3) для маятникових АБ центри мас КВ повинні знаходитися в одній площині для запобігання згину вала (рис.4, б, в).

В наслідок цих вимог – в новому АБ повинна бути парна кількість КВ не менша чотирьох.



а) оптимальна кількість КВ; б) раціональне виконання маятників - центри мас в одній площині;
в) нераціональне виконання маятників - центри мас в різних площинах

Рисунок 4 – Вимоги до оптимальної кількості і виконання КВ

Розглянемо приклади конкретного виконання уловлювачів. За своєю конструкцією вони мають вигляд стопорів, з'єднаних з пружним елементом (рис.5), які здатні пропускати вантаж тільки в одному напрямку.

Варіант 1. Стопор – рухоме коромисло, з'єднане з пружиною згину або пружиною стиску, встановлений в паз на зовнішній стінці порожнини для КВ (рис.5, а).

Варіант 2. Стопор – повзун, з'єднаний з пружиною розтягу або стиску (рис.5, б). Така конструкція найкраща для маятникових АБ, завдяки формі стопора.

Варіант 3. Стопор – повзун, з'єднаний з пружиною згину (рис.5, в). При такій конструкції стопора АБ може використовуватись при значних швидкостях, оскільки пружина згину має високу жорсткість.

Варіант 4. Стопор може бути виготовлений у вигляді пружної пластини з масою на вільному кінці (рис. 5, г). Маса необхідна для виключення уловлювача з роботи на необхідній швидкості обертання ротора під дією відцентрових сил, та для створення площі контакту для утримання КВ.

Варіант 5. Якщо АБ складається з декількох рядів, то при необхідності уловлювачі можуть встановлюватися в паз на внутрішній стінці порожнини для КВ (рис. 5, д). В такому разі стопор буде мати вигляд важеля, жорстко з'єданого з противагою. Для утримання важеля у відкритому положенні дана конструкція має пружину стиску. Противага служить для закриття важеля під дією відцентрових сил на певній швидкості.

Тип уловлювачів не впливає на роботу АБ, а лише дає варіанти їх конструктивного виконання.

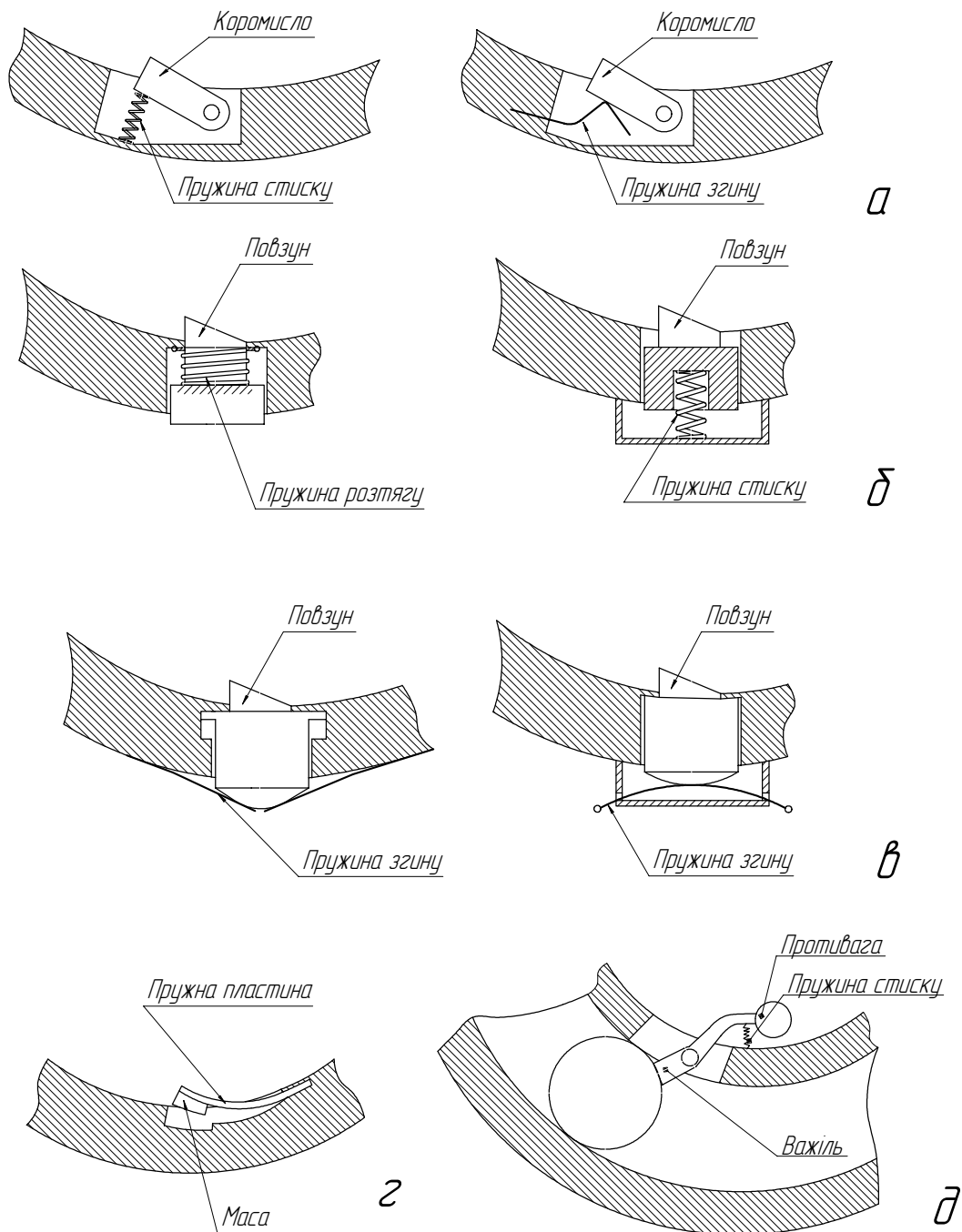
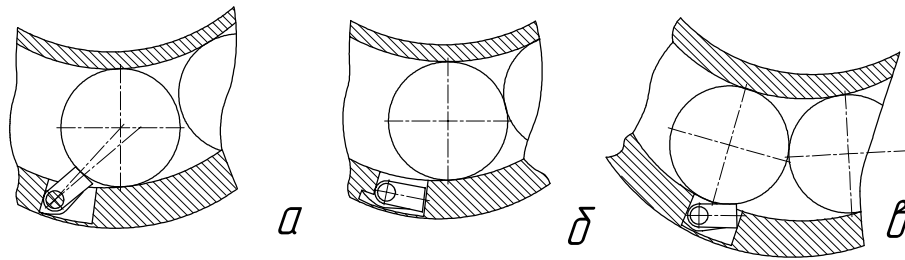


Рисунок 5 – Конструкція уловлювачів

АБ працює наступним чином. Під час пуску в кожному з уловлювачів знаходиться однакова кількість КВ, розташованих симетрично відносно ротора. Під час розгону ротора (рис. 6, а) відцентрові сили ще малі і уловлювачі ще працюють і тримають КВ в згаданих положеннях, тому КВ розганяються синхронно з ротором і не вносять при цьому додаткового дисбалансу в систему.

Поступово зі збільшенням швидкості відцентрові сили зростають. При певній швидкості ω^* ці сили більші ніж сила тиску пружини на уловлювач і він зачиняється, даючи можливість вільного руху КВ по стінці порожнини. Кутова швидкість ω^* повинна бути більша за швидкість $\omega_{кр}$, при переході через яку починається автобалансування.



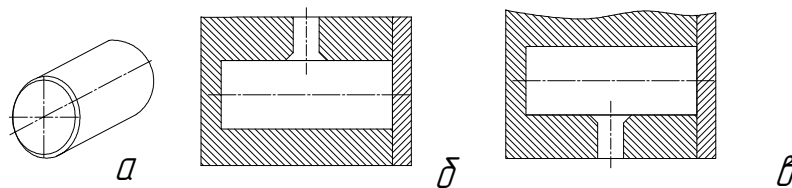
а) розгін ротора $\omega < \omega_{кр}$; б) обертання ротора з робочою швидкістю $\omega > \omega_{кр}$; в) вибіг ротора $\omega < \omega_{кр}$

Рисунок 6 – Робота уловлювачів

При досягненні ротором робочої швидкості обертання (рис. 6, б), КВ під дією діючих на них сил самі займають положення, в якому зрівноважують ротор, і далі обертаються з ним як одне ціле (рис. 4, а).

При гальмуванні ротора відцентрові сили поступово зменшуються. У діапазоні швидкостей $\omega_{кр} < \omega < \omega^*$ – відкриваються уловлювачі, проте автобалансування триває. При падінні швидкості нижче $\omega_{кр}$ автобалансування припиняється і КВ під дією виникаючих тангенціальних сил починають рухатися, доки не досягнуть уловлювачів (рис. 6, в). Як наслідок вони уловлюються, завдяки чому відбувається спокійний вибіг ротора.

Від виду КВ залежить форма порожнини для КВ, та варіанти розміщення пазу для уловлювача. На рис. 7 зображений КВ – ролик, форма порожнини для роликів, та варіанти розміщення пазу для уловлювача.

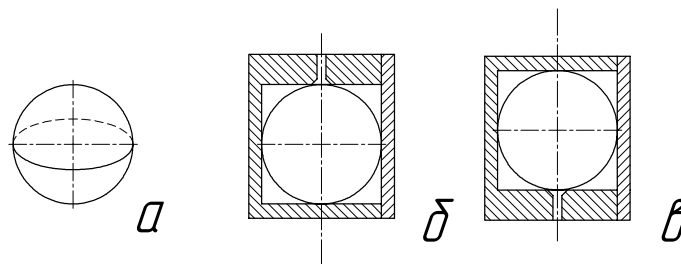


а) КВ – ролик; б) форма порожнини для роликів, та паз під уловлювач на внутрішній стінці порожнини; в) форма порожнини для роликів, та паз під уловлювач на зовнішній стінці порожнини

Рисунок 7 – КВ у вигляді ролика

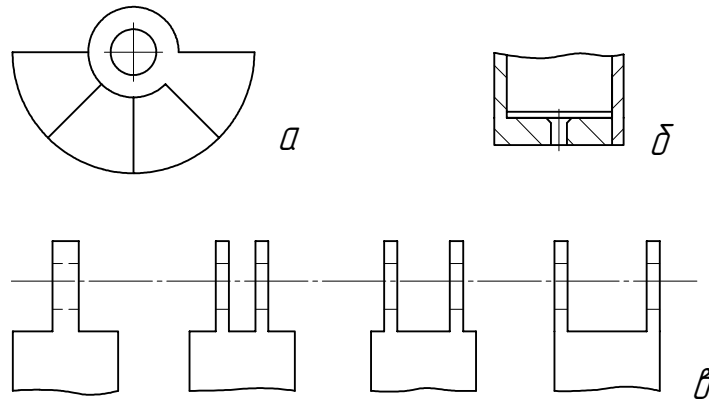
На (рис. 8) зображений КВ – куля, форма порожнини для куль, та варіанти розміщення пазу для уловлювача.

На (рис. 9) зображений КВ – маятник, форма порожнини для маятників, та розміщення пазу для уловлювача на зовнішній стінці порожнини для маятників.



а) КВ – куля; б) форма порожнини для куль, та паз під уловлювач на внутрішній стінці порожнини; в) форма порожнини для куль, та паз під уловлювач на зовнішній стінці порожнини

Рисунок 8 – КВ у вигляді кулі



а) КВ – маятники, закріплені на валу ротора; б) форма порожнини для маятників, та паз під уловлювач на зовнішній стінці порожнини; в) конструкція кріплення маятників

Рисунок 9 – КВ у вигляді маятника

КВ у вигляді кулі мають найменші втрати на тертя кочення, тому вони найбільш точно балансують ротор. Проте вони мають найменшу балансувальну ємність і потребують більш точного виконання пазу для уловлювача.

КВ у вигляді ролика мають більші втрати на тертя ніж кулі, тому вони менш точно балансують ротор. Але вони мають більшу балансувальну ємність ніж кулі і не потребують точного виконання пазу для уловлювача.

Маятникові КВ мають найбільші втрати на тертя, тому вони найменш точно балансують ротор. Проте маятникові КВ мають найбільшу балансувальну ємність і не потребують точного виконання пазу для уловлювача, так як взагалі не торкаються зовнішньої стінки порожнини для маятників.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1) уловлювачі дозволяють вирішити задачу з усунення дисбалансу, який вносить АБ під час розгону чи вибігу ротора з похилою віссю обертання – шляхом запирання КВ в симетричному щодо ротора положенні;

2) в одному ряду АБ повинні бути дві пари уловлювачів, кожна пара уловлювачів обмежує сектор, у якому уловлюються КВ, і два таких сектори розташовуються один навпроти другого;

3) оптимальна кількість КВ на одному ряду парна і не менша чотирьох.

Список літератури

1. Гусаров А.А. Автобалансирующие устройства прямого действия. -М.: Наука, 2002. – 119 с.
2. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами: Монографія (за спеціальністю 05.02.09 - динаміка та міцність машин). – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 352 с.
3. Автобалансирующий пристрій: Пат. № 75189 Україна, МКІ G01M 1/38 / Г.Б. Філімоніхін, В.С. Майоров (Україна); Г.Б. Філімоніхін, В.С. Майоров. – №2002032408; Заявл. 27.03.2002; Опубл. 15.03.2006, Бюл. №3.

Рассмотрена задача по уменьшению дисбаланса, который вносит автобалансиры во время разгона или выбега ротора с наклонной осью вращения. Предложена конструкция автобалансира с улавливателями, которая решает данную задачу.

Is considered a task on diminishing of disbalance which brings in an autobalancer during dispersal or braking of a rotor with the sloping axis of rotation. Is offered the construction of autobalancers with catchers, which decides this task.

Одержано 07.11.06