

## § 44. АВТОКОЛИВАННЯ

Можливо, у когось із вас удома є годинник, який називають «ходи́ки». Маятник такого годинника постійно здійснює коливання. Ці коливання не можна назвати вільними, хоча їхня частота й дорівнює власній частоті коливань маятника: вільні коливання завжди затухають, а амплітуда коливань маятника годинника не змінюється протягом тривалого часу. Ці коливання не можна назвати й вимушеними, бо немає дії зовнішньої сили, яка періодично змінюється. Таким чином, коливання маятника годинника — це ще один вид коливань. Саме з ним ви познайомитеся у цьому параграфі.

### 1 Якими є особливості автоколивань

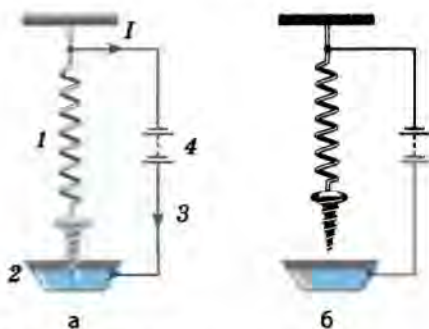
Вимушені коливання — це незатухаючі коливання, які існують за рахунок підведення енергії від зовнішнього джерела силою, що діє періодично. Є системи, в яких незатухаючі коливання існують не за рахунок періодичного зовнішнього впливу, а в результаті здатності таких систем самим регулювати надходження енергії від постійного джерела. Такі системи називають *автоколивальними*, а процес незатухаючих коливань у таких системах — *автоколиваннями*.

Незатухаючі коливання, які можуть існувати в системі за рахунок надходження енергії від постійного джерела, що регулюється самою системою, називають **автоколиваннями**.

Для наочності розглянемо приклад магнітомеханічної автоколивальної системи (рис. 44.1). Ця система складається з вертикального пружинного маятника 1, чаші з електролітом 2, підвідних проводів 3 і джерела струму 4. Тягарем у маятнику слугує важкий сталевий цвях; пружина виготовлена з матеріалу, який проводить електричний струм.

З'ясуємо, як працює така система. Якщо вивести маятник із положення рівноваги, він почне коливатись. У нижній точці коливань вістря цвяха на мить торкається електроліту й замикає електричне коло — по пружині йде струм (рис. 44.1, а).

Оскільки в сусідніх витках пружини струм іде в одному напрямку, то витки притягаються один до одного — пружина різко стискається, і цвях, одержавши додаткову кінетичну енергію, виходить з електроліту — коло розмикається (рис. 44.1, б). У момент наступного торкання цвяхом електроліту коло знову замикається і цвях знов одержує енергію. Коливання такого маятника триватимуть, поки працює джерело струму.



**Рис. 44.1.** Магнітомеханічна автоколивальна система: 1 — пружинний маятник (коливальна система); пристрій, що регулює надходження енергії від джерела струму: 2 — електроліт, 3 — підвідні проводи; 4 — джерело струму (джерело енергії)

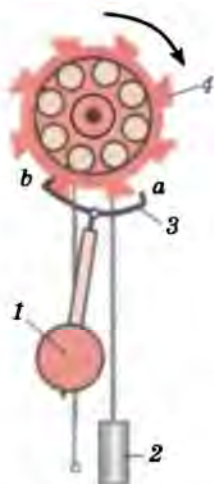


**Рис. 44.2.** Схема взаємодії основних елементів автоколивальної системи

Практично в будь-якій автоколивальній системі можна виділити три характерні елементи (рис. 44.2): коливальну систему, в якій можуть відбуватися вільні коливання (у нашому прикладі це пружинний маятник); джерело енергії (у нашому випадку це джерело струму); пристрій зворотного зв'язку, що регулює надходження енергії від джерела (у нашому випадку це підвідні проводи та електроліт, які один раз на період забезпечують замикання кола).

Отже, виділимо основні особливості автоколивань.

1. Автоколивання — це незатухаючі коливання.
2. На відміну від вимушених коливань частота автоколивань дорівнює частоті вільних коливань коливальної системи й не залежить від джерела енергії.
3. На відміну від вільних коливань, амплітуда яких залежить від енергії, переданій системі перед початком коливань, амплітуда автоколивань устанавлюється самою системою. Справді, якщо в розглянутому випадку пружинний маятник одержить більше енергії, ніж буде втрачено на тертя, то амплітуда коливань збільшиться, у результаті чого цвях торкнеться електроліту і відразу, раніше ніж припинить свій рух униз, «зробить ривок» угору.



**Рис. 44.3.** Анкерний механізм маятникового годинника: 1 — маятник; 2 — гиря; 3 — анкер із двома пластинками з твердого матеріалу, вигнутими по дузі кола (палети *a* і *b*); 4 — ходове (зубчасте) колесо

## 2 Механічні автоколивальні системи

Прикладом механічної автоколивальної системи може бути годинниковий механізм із анкерним ходом (рис. 44.3). Коливальною системою в годинниковому механізмі слугує маятник 1, джерелом енергії — піднята гиря 2. Пристроєм, за допомогою якого здійснюється зворотний зв'язок, є анкер 3, що дозволяє ходовому колесу 4 повернутися на один зубець за половину періоду.

Незатухаючі коливання в цій автоколивальній системі відбуваються так. Під дією сили тяжіння гиря рухається вниз і повертає ходове колесо за ходом годинникової стрілки, при цьому потенціальна енергія гирі перетворюється на енергію обертання ходового колеса. Маятник у цей час здійснює вільні коливання.

Коли маятник наближається до крайнього лівого положення (це положення зазначене на рисунку), палет *b* чіпляється за зубець



ходового колеса. При цьому ходове колесо зупиняється, а маятник одержує поштовх уліво, набуваючи деякої додаткової енергії. Під час подальшого руху маятника палет  $b$  зісковзує із зубця і ходове колесо починає повертатися. У момент відхилення маятника в крайнє праве положення анкер палетом  $a$  впирається в інший зубець ходового колеса — маятник знов одержує поштовх уліво. Таким чином, двічі за період маятник одержує енергію, при цьому сам регулює надходження цієї енергії від джерела.

Механічні автоколивальні системи поширені в нашому житті та в техніці. На автоколиваннях базуються робота двигунів внутрішнього згоряння й електричних дзвінків, звучання багатьох музичних інструментів, дія регулярних гейзерів, голоси людей і тварин. Серце й легені живих істот теж можна віднести до автоколивальних систем.

### Підбиваємо підсумки

Незатухаючі коливання, які можуть існувати в системі за рахунок надходження енергії від постійного джерела, що регулюється самою системою, називають автоколиваннями.

У будь-якій автоколивальній системі можна виділити три характерні елементи: коливальну систему; джерело енергії; пристрій зворотного зв'язку між коливальною системою і джерелом, за допомогою якого система регулює надходження енергії від джерела.

На відміну від вільних коливань автоколивання не затухають поступово, а їхня амплітуда не залежить від енергії, переданої коливальній системі перед початком коливань. Автоколивання відрізняються й від вимушених коливань: на відміну від них, амплітуда та період автоколивань визначаються не зовнішньою силою, яка періодично змінюється, а властивостями самої системи.

### Контрольні запитання

1. Яку систему називають автоколивальною? 2. Назвіть три характерні елементи будь-якої автоколивальної системи. 3. Наведіть приклади автоколивальних систем і розкажіть про принцип їхньої дії. 4. У чому подібність вільних коливань і автоколивань? Чим вони відрізняються? 5. Чим автоколивання відрізняються від вимушених коливань? Що є між ними спільного?