



Лекція 8

Тема: Основні характеристики ЗВП

1. Як працює акселерометр.
2. Признаки класифікації ЗВП.
3. Методи вимірювання прискорень з використанням інерційної маси.

1. Як працює акселерометр

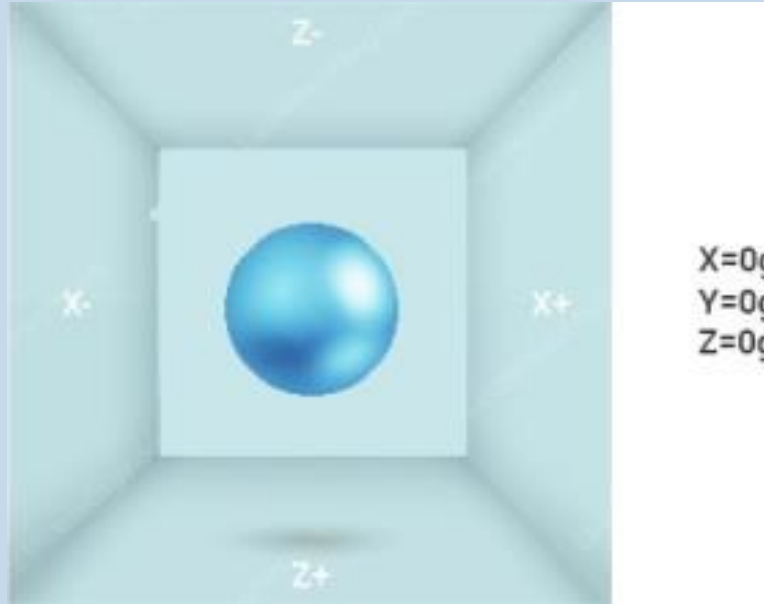


Рис.8.1.Стан невагомості

Припустимо, що куб знаходиться в космічному просторі, де все знаходиться в невагомому стані, куля просто плаватиме в середині куба.

Тепер уявімо, що кожна стіна представляє певну вісь.

Сила 1g

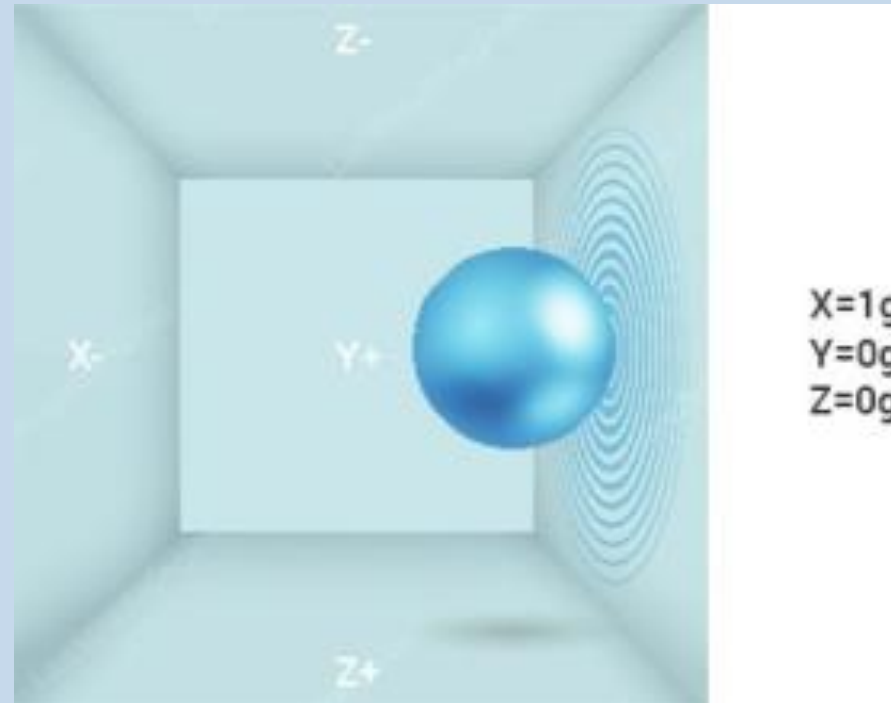


Рис.8.2. Раптовий рух

Якщо ми раптово перемістимо куб вліво з прискоренням $1g$ (поодинокі зусилля $1g$ еквівалентно гравітаційному прискоренню $9,8 \text{ м/с}^2$), без сумніву, м'яч вдариться в стіну X . Якщо ми виміряємо силу, яку м'яч застосовує до стіни X , ми можемо отримати вихідне значення $1g$ по осі X .

Сила тяжіння 1g

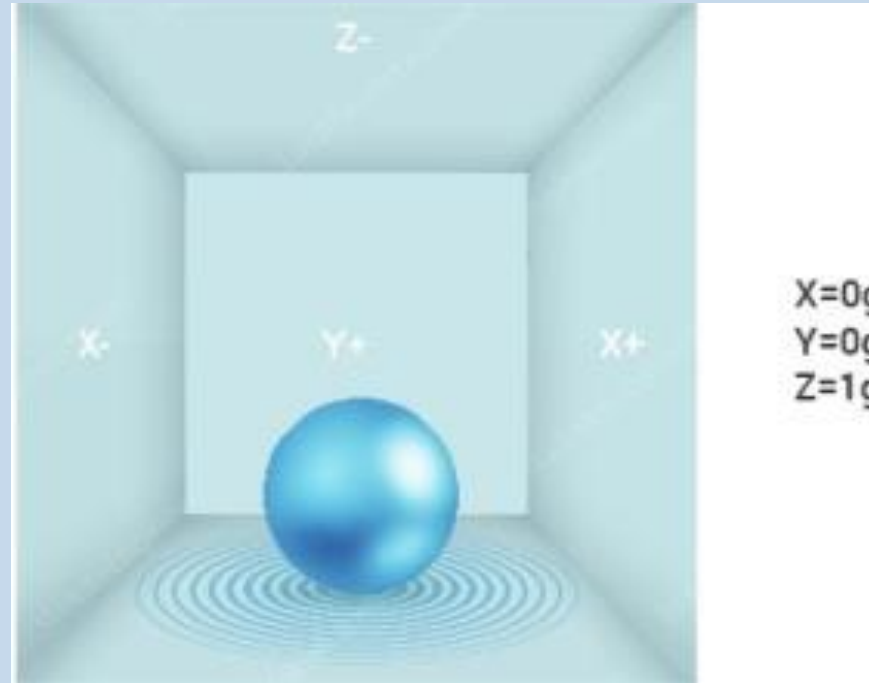


Рис.8.3. Сила тяжіння

Погляньмо, що станеться, якщо ми перенесемо цей куб на Землю. М'яч просто впаде на стінку Z і застосує силу 1g (рис.8.3).

У цьому випадку куб не переміщається, але ми все одно отримуємо значення 1g по осі Z. Це тому, що сила тяжіння тягне кулю вниз із силою 1g.

2. Признаки класифікації ЗВП

Механічному руху властиві різні характеристики:

- переміщення або пройдений шлях;
- швидкість - похідна за часом від переміщення;
- прискорення, тобто - похідна за часом від швидкості або друга похідна від переміщених.

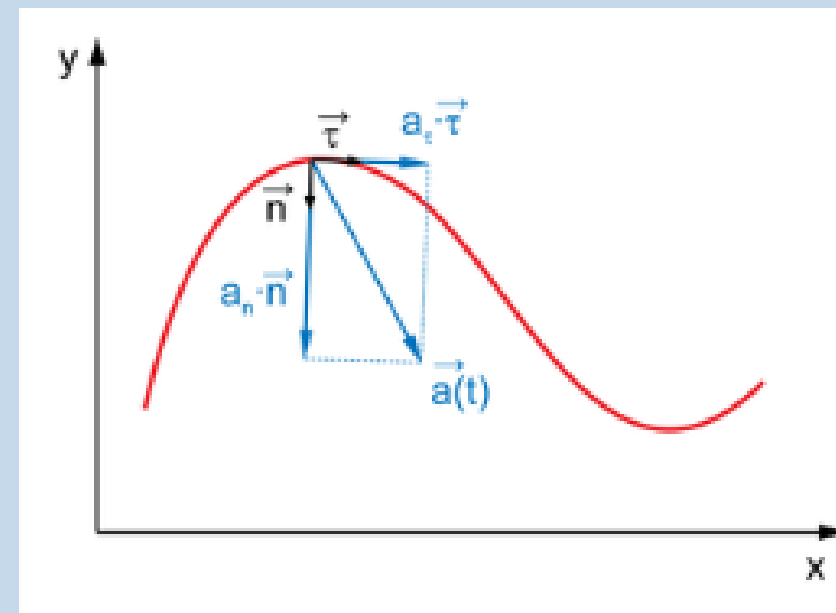
Перші дві характеристики можуть мати сенс тільки тоді, коли задана деяка відправна точка-деяка нерухома система координат, щодо якої починається відлік: переміщення і швидкість одного і того ж тіла, різні в залежності від того, в якій системі координат вони розглядаються.

На противагу цьому прискорення визначає собою рух і є одним і тим же для будь-якої інерції системи координат і для повної характеристики його не потрібно якихось опорних або умовно нерухомих тіл.

В даний час не існує єдиної загальноприйнятої класифікації акселерометрів.

Зазвичай їх розділяють:

- за конструктивними ознаками (характер переміщення і спосіб підвісу інерційної маси),
- за характером вихідного сигналу (безперервний, дискретний),
- по зв'язку вимірюваного прискорення з вихідним сигналом (проті і інтегруючи).



Найбільш часто в загальному вигляді класифікують ЗВП за значенням власної частоти щодо діапазону частот спектра вимірюваного параметра руху.

Акселерометри, власна частота яких вище всіх частот, містяться в спектрі вимірюваного параметра (прискорення):

- **велосіметри**, власна частота яких близька до частот, що тримається в діапазоні вимірюваного параметра;
- **вібрometri**, власна частота яких нижче всіх частот, що містяться в спектрі вимірюваного параметра.



Існують також резонансні і полурезонансні прилади, власна частота яких або дорівнює основній частоті вимірюваної вібрації або частоті складової, яка підлягає дослідженню, або виявленню, або відрізняється від частоти вимірюваної вібрації на задану величину.

Компенсаційні акселерометри за характером ланцюга зворотного перетворення діляться на три групи:

- 1) урівноважує сила F (момент сили M) пропорційна величині відхилення інерційної маси від нульового положення x ;
- 2) урівноважує сила P (момент сили M) пропорційна величині швидкості відхилення інерційної маси x .
- 3) урівноважує сила F (момент сили M) пропорційна прискоренню відхилення інерційної маси x .

Прилади першої групи можуть застосовуватися для вимірювання прискорення, швидкості (при наявності інтегратора) і пройденого шляху (при готівковому пристрої для подвійного інтегрування).

Прилади другої групи можуть використовуватися для вимірювання швидкості і пройденого шляху (при наявності інтегратора).

Прилади третьої групи застосовуються для визначення пройденого шляху. Всі акселерометри прямого перетворення в принципі можуть бути використані для вимірювання як прискорення, так і швидкості пройденого шляху.

Решта класифікаційні ознаки (характер переміщення інерційної маси, спосіб підвісу інерційної маси, тип перетворювача переміщення інерційної маси, вид вихідного сигналу, число вимірювальних осей) визначаються тільки конструктивним виконанням акселерометра і можуть зустрічатися в будь-якій комбінації.

За характером переміщення інерційної маси акселерометри діляться:

- лінійні (з поступальним переміщенням);
- магнітні (з кутовим переміщенням).

Слід розрізняти лінійні і кутові акселерометри. Прилади для вимірювання лінійних (поступального) і кутових прискорень.

У акселерометрах застосовуються такі типи перетворювачів:

- відхилення інерційної маси від нульового положення;
- резисторні;
- ємнісні;
- індуктивні і ін.

По виду вихідного сигналу акселерометри діляться на дві групи:

- з безперервним (аналоговим) вихідним сигналом;
- з дискретним вихідним сигналом.

За кількістю осей, за якими вимірюється прискорення, акселерометри можна розділити на **одновісні (однокомпонентні), двовісні і тривісні (просторові)**.

Акселерометр, призначений для вимірювання прискорення сили тяжіння, називають **гравіметром**.

Акселерометри, які є чутливими елементами систем інерціальної навігації, в літературі називають також **ньютонometрами**, або датчиками питомої сили, де під питомою силою мають на увазі відношення сили, що викликала прискорений рух маси, до величини цієї маси. При використанні спеціальних акселерометрів в сейсмічних вимірах їх часто називають сейсмометрами.



Рис.8.1. Зовнішній вигляд гравіметра ГАГ-3М.

1 - корпус гравіметра; 2 - окуляр; 3 - вимірювальний гвинт;
4 - відліковий пристрій; 5 - вимикач світла; 6 - блок електроніки; 7 - кабель живлення; 8 - інформаційний кабель; 9 - блок живлення; 10 - вимикач блоку електроніки; 11 - акумулятор 12 В, 2.3 А · год; 12-мультиметр АРРА 109 N

3. Методи вимірювання прискорень з використанням інерційної маси

Ці методи покладені в основу приладів, які становлять переважну більшість ЗВП.

Розглянемо випадок, коли об'єкт вимірювання рухається в просторі з прискоренням \mathbf{a} , відмінним від нуля. Щоб мати можливість виміряти прискорення цього тіла, потрібно знайти деяку інерційну систему координат $OXYZ$. Очевидно, така система може бути знайдена тільки поза об'єктом, оскільки прискорення останнього не дорівнює нулю.

Якщо інерціальна система знайдена, то подальший процес вимірювання є звичайним вимірюванням параметрів відносного руху. Так, можна нерухому частину перетворювача (наприклад, магнітоелектричного) помістити в інерціальній системі координат, а рухому частину зв'язати з об'єктом (наприклад, котушку можна помістити на досліджуваному об'єкті).

Вимірюючи другу похідну відносного переміщення рухомого елемента перетворювача, можна отримати інформацію про прискорення.

Таким чином, прилад для вимірювання прискорень повинен складатися з двох характерних елементів: пристрої, що створює штучну інерційну систему, і пристрої, що вимірює другу похідну зміщення об'єкта вимірювання щодо координат інерціальної системи.

Одним з важливою з фізичної точки зору є та обставина, що акселерометром вимірюється так звана питома сила. Вплив підвісу на одиницю чутливої маси. Це вплив чисельно дорівнює різниці абсолютного прискорення маси M і напруженості поля сил тяжіння в точці, де ви знаходитесь ця маса гравітаційного прискорення. Цю різницю часто називають *удаваним прискоренням*.

Акселерометр вимірює таким чином, прискорення, викликані лише негравітаційними силами, до яких відносяться тяга двигунів, підйомна сила і сила опору навколишнього середовища.

Аналітично дане твердження можна довести в такий спосіб. Схематизуючи акселерометр системою «грузик на пружній пружині», який переміщається по якійсь осі в рухомому об'єкті, представимо рівняння руху грузика у вигляді:

$$m\mathbf{W} = m\mathbf{g} + \mathbf{F}_p. \quad (8.1)$$

де m - маса,

\mathbf{W} - вектор абсолютного прискорення грузика;

\mathbf{g} - вектор прискорення сили тяжіння точки об'єкта, в якій в даний момент знаходиться грузик;

\mathbf{F}_p - реакція зв'язку, що забезпечує переміщення грузика уздовж певного напрямку і обумовлена пружною деформацією підвісу.

Припустимо, що об'єкт рухається поступально.

Тоді

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_0 + \mathbf{W}_r \quad (8.2)$$

де \mathbf{W}_0 , - абсолютне прискорення точок об'єкта;

\mathbf{W}_r - прискорення грузика щодо об'єкта.

Рівняння руху об'єкта має вигляд

$$M\mathbf{W}_0 = M\mathbf{g}_0 + \mathbf{A} - \mathbf{F}_p \quad (8.3)$$

де \mathbf{g}_0 - прискорення сили тяжіння в центрі інерції об'єкта;

\mathbf{A} - вектор активних сил (аеродинамічних, тяги і т. д.). діючих на об'єкт;

m -маса об'єкта.

Виключивши \mathbf{W} з рівнянь, отримаємо

$$\mathbf{F} = m (\mathbf{g}_0 - \mathbf{g} + \mathbf{W} + \mathbf{A} / m) / (1 + m / M) \quad (8.4)$$

Якщо знехтувати зміною сили тяжіння на протязі об'єкта ($g = g_0$) і прийняти $m / M \ll 1$, то при відносній рівновазі грузика ($W = 0$) маємо

$$F_p = Am / M = mW_a. \quad (8.5)$$

- де W_a - прискорення, що повідомляється об'єкту активною силою A .

Якщо головний вектор активної сили $A=0$, то і вимірюєма величина, сила пружною деформації F_p перетворюється в нуль і акселерометр не видає сигналу.