

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Теорія автоматичного управління»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Аеронавігація)***

**За темою № 8 – Поняття стійкості АСУ і загальна математична умова
стійкості**

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання протокол від 28.08.2023 № 1

***Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., професор, спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.*

Рецензенти:

- 1. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.*
- 2. Кт.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.*

План лекції

1. Поняття стійкості АСУ.
2. Причини нестійкості системи.
3. Загальна математична умова стійкості.
4. Задачі аналізу стійкості АСУ.

Рекомендована література

Основна:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

Допоміжна:

2. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій: Підручник. – К.: Вища шк., 1995. – 519с.

Інтернет – ресурс:

3. <http://c/lanbook.com>

Текст лекції

1. Поняття стійкості АСУ

Стійкість – це властивість системи повертатися до стану рівноваги після виходу її з цього стану.

Нестійка АСУ не повертається до стану рівноваги, а поступово віддаляється від нього.

Від стійкості АСУ залежить її працездатність. Система, яка не володіє стійкістю, не здатна виконувати функцію управління. Нестійкість системи може привести об'єкт у аварійний стан.

Розглянемо різні стани АСУ на приклади аналогії з кулею, що знаходиться на різних поверхнях (рис. 8.1):

1. **Стійка рівновага (а)** – при будь – якому відхиленні кулі від стану рівноваги, наприклад, в точці A_1 , вона буде намагатись повернутися до рівноваги в точку A_0 .
2. **Нестійка рівновага (б)** – при будь – якому відхиленні кулі від стану рівноваги (точка A_1) куля віддаляється від стану рівноваги.
3. **Байдужий стан рівноваги (в)** – при будь – якому відхиленні кулі (точка A_1) куля залишиться у новому стані рівноваги.
4. **Проміжний випадок (г)** – стан рівноваги стійкий лише до тих пір, поки відхилення не вийшло за межі, що визначаються точкою В.
5. **Напівстійкий стан рівноваги** зображено на рис. 8.1д

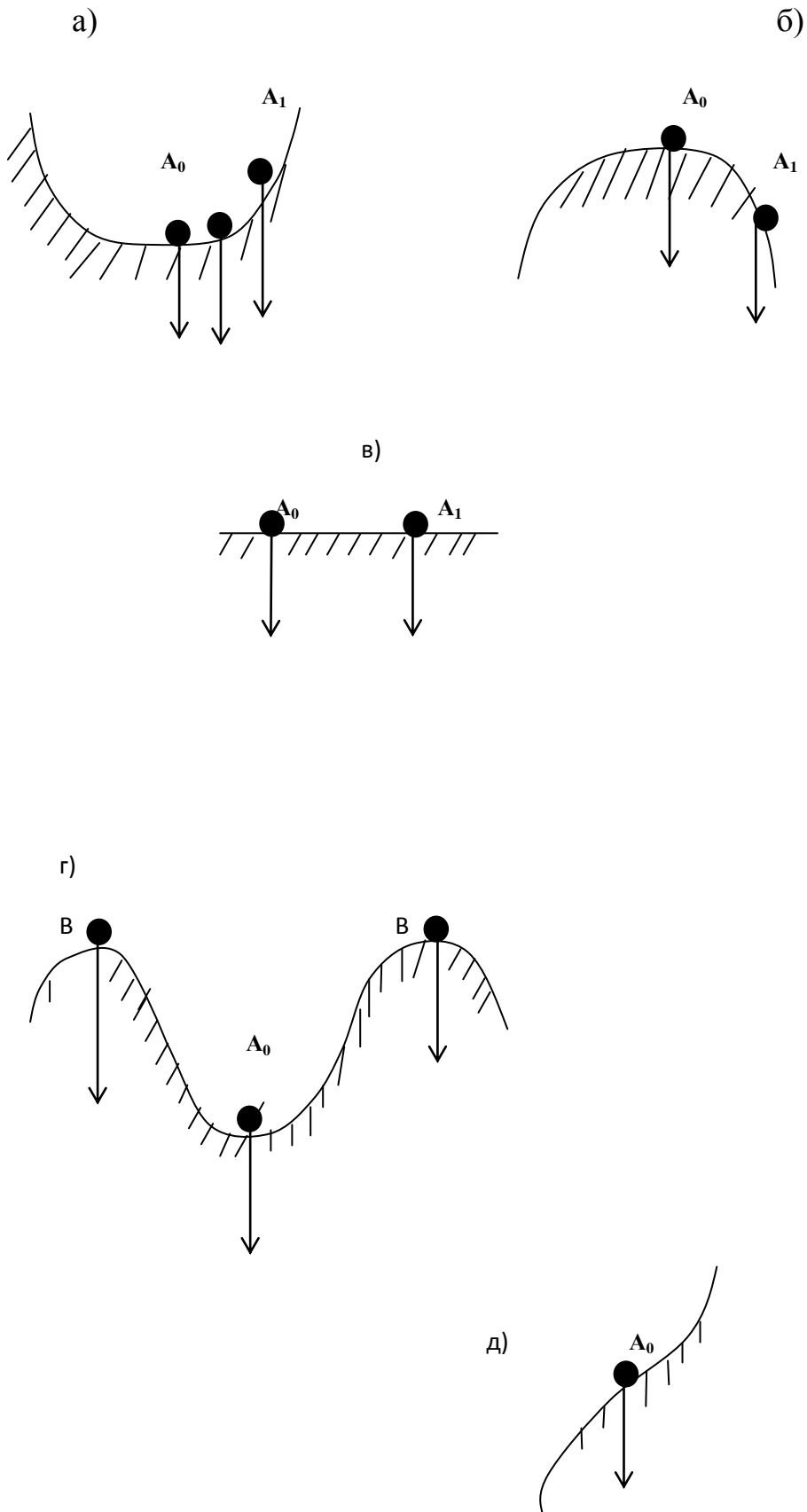
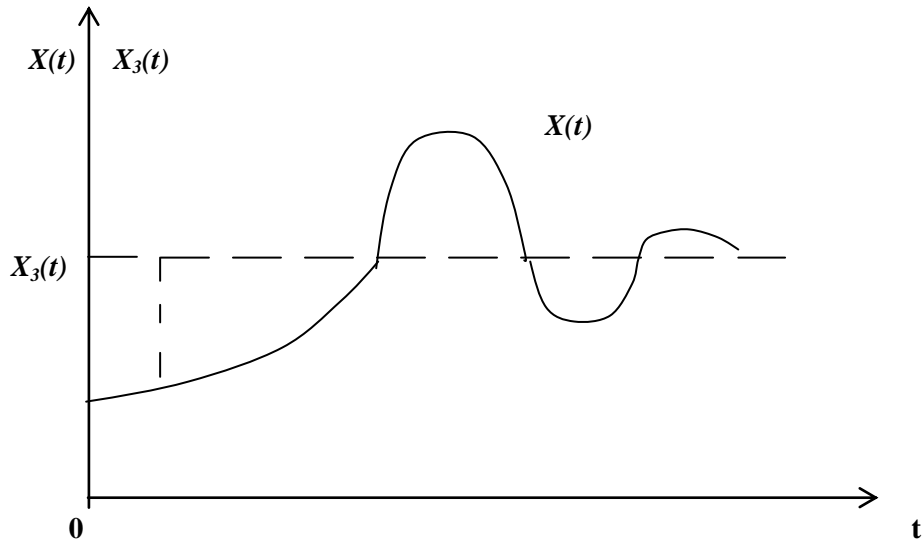


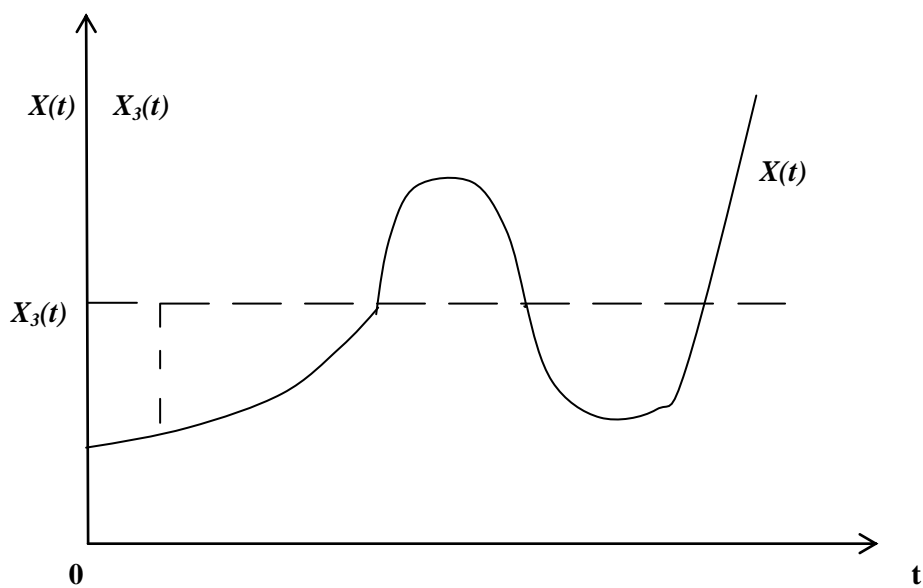
Рис 8.1. Види рівноваги кулі

2. Причини нестійкості системи

Стійкість або нестійкість системи визначається характером зміни сигналів в часі, наприклад керованої величини $X(t)$ – рис. 8.2



а) – стійка АСУ



б) – нестійка АСУ

Рис. 8.2. Зміна сигналів АСУ в часі

Якщо керована величина $X(t)$ після припинення зміни задавального впливу $X_3(t)$ стає з часом постійною. То система є стійкою (рис. 8.2 а)

Якщо керована величина $X(t)$ зростає (рис. 8.2.б), тобто відхиляється від $X_3(t)$ після припинення зміни $X_3(t)$ система є нестійкою.

Нестійкість АСУ виникає, як правило, внаслідок неправильного або дуже сильного впливу зворотного зв'язку.

Причинами неправильної дії зворотного зв'язку можуть бути:

- Виконання зворотного зв'язку помилково позитивним, замість негативного (або навпаки);
- Інерційність елементів об'єкта управління, яка впливає на відставання вихідного сигналу від вхідного. Сигнали можуть опинитись в однаковій фазі, це може привести до «розгойдування» системи і порушення її стійкості.

3. Загальна математична умова стійкості

Поведінка динамічної системи може бути описана у вигляді моделі «вхід – вихід», що відповідає диференціальному рівнянню, рішенням якого є функція, що містить дві складові:

$$X(t) = X_e(t) + X_{вим}(t) \quad (8.1)$$

Ці дві складові називаються :

- вільна - $X_e(t)$;
- вимушена - $X_{вим}(t)$.

Вимушена складова $X_{вим}(t)$ відповідає перехідному процесу при нульових початкових умовах і є реакцією системи на заданий вхідний вплив.

Вільна складова $X_e(t)$ відповідає перехідному процесу автономної системи. Вважається, що впливи, які виводять систему зі стану рівноваги, припиняють діяти або змінюватись у часі (тобто її «штовхнули», а далі система функціонує вже без впливів).

Такий рух системи називають вільним. Рух відбувається за рахунок внутрішньої енергії системи і залежить тільки від її властивостей (параметрів).

Щоб АСУ могла правильно реагувати на сигнал управління, вільна складова $X_e(t)$ повинна наближатися до нуля (приклад – поведінка $X(t)$ на рис. 8.2 а).

Диференціальне рівняння, що описує зміну в часі керованої величини $X(t)$ має вигляд:

$$d_0 \frac{d^n X(t)}{dt^n} + d_1 \frac{d^{n-1} X(t)}{dt^{n-1}} + \dots + d_{n-1} X(t) + d_n = 0 \quad (8.2)$$

Примітка: Нульова права частина свідчить про те, що розглядається лише вільний рух.

Рішення рівняння(8.2) дорівнює сумі

$$X(t) = \sum_{i=1}^n C_i \exp(P_i \cdot t) \quad (8.3),$$

де C_i – постійні, що залежать від початкових умов;

P_i – корені характеристичного рівняння (8.4)

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (8.4)$$

де p – двовимірне комплексне число

($p_i = U_i + jv_i$: на рис. 8.3)

Характеристичне рівняння (8.4) є алгебричним, його використовують для спрощення аналізу стійкості системи.

Рішення характеристичного рівняння степені « n » містить n коренів. Корені характеристичного рівняння можуть бути дійсними, уявними і комплексними.

Розміщення коренів P_i характеристичного рівняння на комплексній площині показано на рис. 8.3.

Вісі координат: U – дійсна; jv – уявна.

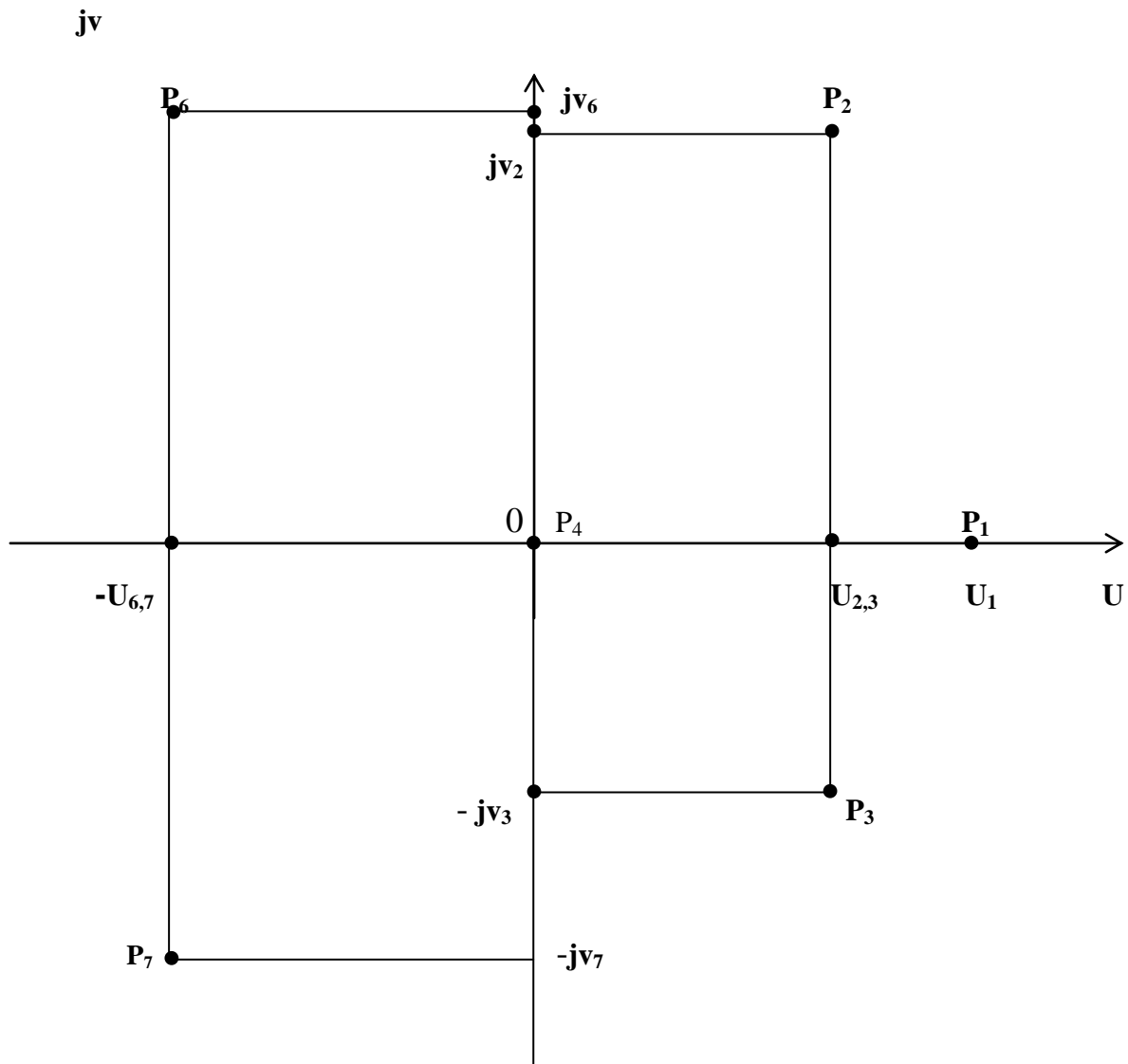


Рис. 8.3. Розташування коренів на комплексній площині

$$P_1 = U_1$$

$$P_2 = U_{2,3} + jv_2$$

$$P_3 = U_3 - jv_3$$

$$P_4 = 0$$

$$P_5 = -U_5$$

$$P_6 = -U_6 + jv_6$$

$$P_7 = -U_7 - jv_7$$

Корені з від'ємним дійсними частинами називають лівими, тому що вони розміщені на комплексній площині зліва від уявної осі, а корені з додатними дійсними частинами – правими.

Аналіз рис. 8.3 дозволяє сформулювати загальну математичну умову стійкості:

Для того, щоб лінійна система була стійкою, тобто щоб перехідний процес завершувався, необхідно і достатньо, щоб усі корені характеристичного рівняння були лівими.

На практиці ця умова використовується лише для характеристичних рівнянь першої і другої степені.

Уявна вісь jv є межею стійкості. Якщо характеристичне рівняння має нульовий корінь, то говорять, що система знаходиться на межі стійкості.

4. Задачі аналізу стійкості АСУ

Основними задачами аналізу стійкості АСУ є наступні:

1. Визначення стійкості або нестійкості системи при заданих параметрах (наприклад, чи буде збережена стійкість вертольота в умовах пориву вітру).
2. Визначення допустимого по умовах стійкості діапазону змін параметрів системи (наприклад, вантажності вертольота).

3. З'ясування принципової можливості стійкості системи при заданій функціональній структурі.

Протилежна задача – формування функціональної структури при заданій стійкості відноситься до розділу «Синтез АСУ».

Висновки по темі № 8

1. Стійкість або нестійкість системи визначається характером зміни сигналів у часі.
2. Стійка система повертається до стану рівноваги після виходу її з цього стану.
3. Нестійкість АСУ виникає, як правило, внаслідок неправильного або дуже сильного зворотного зв'язку.
4. Причина неправильної дії зворотного зв'язку - в інерційності елементів об'єкта управління, яка впливає на відставання вихідного сигналу від вхідного.