

**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 № 10 – Області стійкості АСУ

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.*

Тема № 10. Області стійкості АСУ**План лекції**

1. Визначення області стійкості. Різновиди стійкості.
2. Межі стійкості.
3. Структурно стійкі і структурно нестійкі системи.

Рекомендована література**Основна:**

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

Допоміжна:

2. Конспект лекцій з курсу «Теорія автоматичного керування / Абраменко І.Г., Абраменко Д.І. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 178с.

Інтернет – ресурс:

<http://c.lanbook.com>

Текст лекції

1. Визначення області стійкості. Різновиди стійкості

За допомогою критеріїв стійкості можна встановити факт стійкості або нестійкості АСУ при певних заданих параметрах. Параметрами є фізичні величини, якими керує пристрій управління (регулятор).

Математично у якості параметрів виступають коефіцієнти характеристичного рівняння системи.

Існують допустимі межі варіювання параметрів системи, які визначають область стійкості АСУ.

Область стійкості АСУ – це область у просторі варійованих параметрів АСУ, кожній точці якої відповідають тільки корені характеристичного рівняння з від’ємними дійсними частинами (які розміщені у лівій частині комплексної площини).

Таким чином область стійкості виділяє з усіх можливих значень варійованих параметрів лише ті, при яких система стійка.

При цьому необхідно розрізняти різновиди стійкості, а саме:

- **технічна стійкість**: коли розглядається тільки вихід системи (без аналізу стійкості внутрішніх сигналів);
- **внутрішня (математична) стійкість**: коли розглядається стійкість внутрішніх сигналів.

При аналізі внутрішньої стійкості системи оцінюють не тільки вихід, а й усі змінні, що описують стан системи.

Технічна стійкість системи цікавить в першу чергу практиків, а внутрішня – спеціалістів по синтезу систем.

Для кожного з цих понять можна застосувати термін – **область стійкості**.

Область стійкості АСУ визначається сукупністю параметрів при яких система є стійкою.

Весь простір поза областю стійкості називається **областю нестійкості**.

Приклад: знання області стійкості дозволяє визначити здатність вертольота самостійно відновлювати порушену рівновагу після припинення дії сили, що викликала порушену рівновагу (вітер).

При цьому необхідно мати на увазі три види стійкості вертольота відповідно трьом осям обертання: *поздовжньої, поперечної, шляхової*.

2. Межі стійкості

Вид області стійкості та її межі визначаються числом варійовних параметрів.

Наприклад, при одному варійованому параметрі α , область стійкості – відрізок прямої, а межі - точки α_1 і α_2 на кінцях цього відрізка (рис. 10.1,а). При двох варійованих параметрах α і β область стійкості – частина площини, а межа представлена лінією АВ, частиною ОА осі параметра α і позитивна вісь параметра β (рис. 10.1, б).

Межа з боку області стійкості штрихується

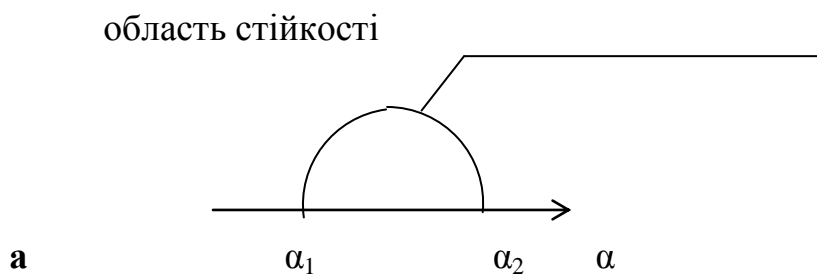
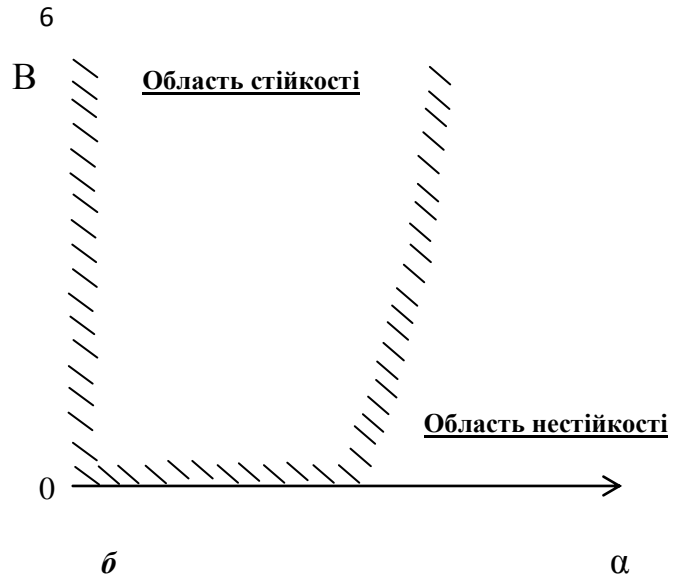


Рис. 10.1 Области стійкості



Для знаходження межі області стійкості АСУ скористаємось критерієм Гурвіца.

Приклад: припустимо, що АСУ описується характеристичним рівнянням третього порядку

$$p^3 + 3p^2 + 3p + \alpha = 0$$

Згідно з критерієм Гурвіца повинні виконуватись умови

$$a_0 = 1 > 0$$

$$\Delta_1 = a_1 = 3 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3 = 3 \cdot 3 - 1 \cdot \alpha > 0$$

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 = \alpha \Delta_2$$

Звідси область стійкості

$$0 < \alpha < 9$$

Приклад 2

АСУ описується характеристичним рівнянням третього порядку з двома варійованими параметрами α і β .

$$p^3 + 3p^2 + \beta p + \alpha = 0$$

За критерієм Гурвіца:

$$a_0 = 1 > 0$$

$$\Delta_1 = a_1 = 3 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3 = 3 \cdot \beta - \alpha > 0$$

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 = \alpha \Delta_2$$

Визначаємо область стійкості:

$$0 < \alpha < 3\beta$$

Графічно ця область стійкості показана на рис. 10.2

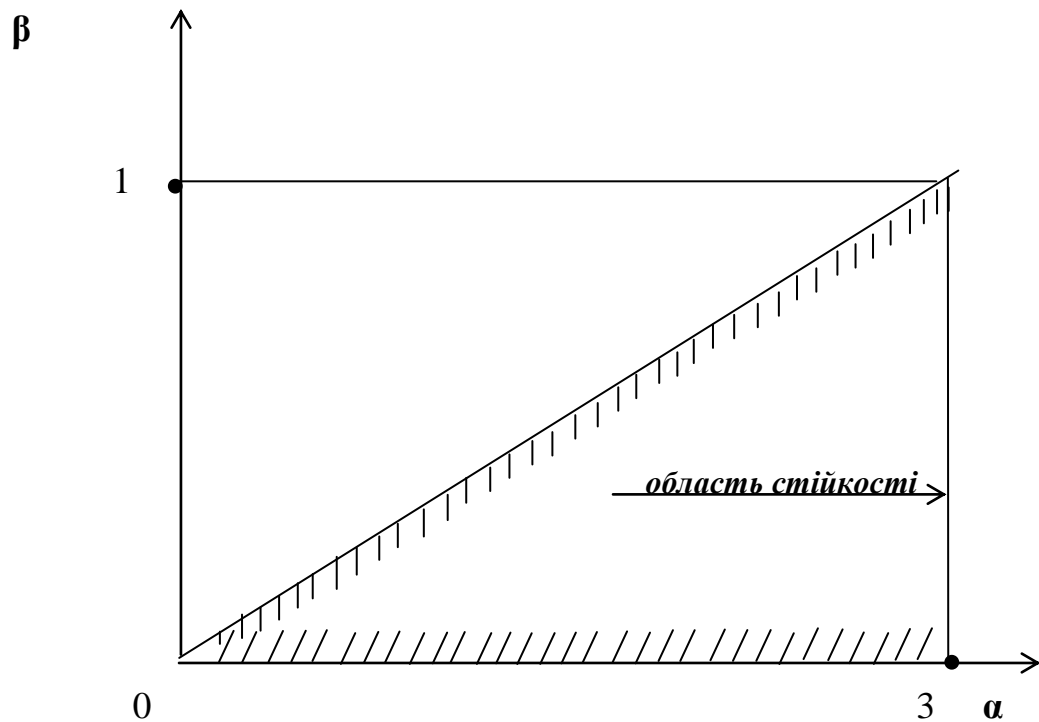


Рис. 10.2 Область стійкості у просторі двох параметрів

3. Структурно стійкі і структурно нестійкі системи

Стійкість АСУ залежить як від виду її характеристичного рівняння, так і від конкретних числових значень коефіцієнтів рівняння.

Існують системи, які нестійкі при будь – яких значеннях параметрів. Такі системи називають **структурно нестійкими**.

Структурно нестійку систему можна зробити стійкою тільки змінивши її структуру. У структурно нестійкої системи в просторі будь – яких її параметрів області стійкості не існує.

Структурно стійкою системою називається система, стійкості якої можна досягти, змінюючи параметри ланок, але при цьому тип ланок та їх з'єднання лишаються незмінними.

Як приклад, стійкість такої системи може досягатись шляхом зміни коефіцієнтів підсилення ланок.

Структурно нестійкою системою називається система, стійкість якої може бути досягнута при зміні структури (тобто заміною типів ланок і характеру з'єднань).

Існують загальні рекомендації щодо підвищення стійкості системи, а саме:

- ланки, що зменшують інерційність системи, сприяють її стійкості;
- ланки, що збільшують інерційність системи, сприяють її нестійкості

Можна розглянути вплив на стійкість АСУ її основного параметра – *передаточного коефіцієнта*. Чим більше цей коефіцієнт, тим більш різко змінюються сигнали і впливи в системі. Наслідком цього є більше запізнення по фазі сигналу зворотного зв'язку (керованої величини) по відношенню до

сигналу похибки. При певному передаточному коефіцієнті зворотний зв'язок стає позитивним замість негативного, що приводить до «розгойдування» системи, тобто до її нестійкості.

У зв'язку з цим зроблено висновок: чим більше передаточний коефіцієнт АСУ, тим ближче система до межі стійкості.

Максимальне значення передаточного коефіцієнта АСУ залежить від параметрів ланок системи. При необхідності в систему вводять коригувальні ланки.

Скориговану систему досліджують на стійкість за допомогою відомих критеріїв.

Якщо ж зміна параметрів ланок з урахуванням корекції не приносить бажаного результату, рекомендується обрати іншу функціональну структуру системи. Це досягається заміною ланок і характеру їх з'єднань.

Висновки по темі № 10

1. За допомогою критеріїв можна встановити факт стійкості (нестійкості) АСУ при певних заданих параметрах системи.
2. Параметри системи – це фізичні величини, які математично зображують як корені характеристичного рівняння.
3. Існують допустимі межі варіювання параметрів систем, які визначають **область стійкості АСУ**.
4. Розрізняють стійкості: **технічну і внутрішню (математичну)**.
5. Існують структурно стійкі і структурно нестійкі системи.
6. Для підвищення стійкості систем рекомендується зменшити інерційність окремих елементів.