

**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 №11 – Показники якості управління АСУ

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. Визначення якості управління АСУ.
2. Показники якості управління в статичному режимі.
3. Показники якості управління в динамічному режимі.
 - 3.1 Перехідний режим.
 - 3.2 Усталений режим.
4. Інтегральні показники якості управління.

Рекомендована література

Основна:

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

Допоміжна:

2. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного управління» / Укл. Николайчук Я.М., Возна Н.Я – Тернопіль: Гал – друк., 2015. – 59 с.

Інтернет – ресурс:

<http://c.lanbook.com>

Текст лекції

1. Визначення якості управління АСУ

Якість АСУ – це сукупність властивостей, які забезпечують ефективне функціонування системи в цілому. Властивості, що виражені у кількісній формі, називаються *показниками якості АСУ* (наприклад, габарити, вага, вартість, надійність). Ці показники характеризують якість АСУ у широкому значенні.

В ТАУ показники якості розглядають в більш вузькому значенні: тільки статичні і динамічні властивості системи, що характеризують точність підтримання керованої величини $x(t)$ на заданому рівні $x_3(t)$ в різних режимах. *Такі показники характеризують ефективність процесу управління, або якість управління.*

Визначення:

Якість управління АСУ – це сукупність властивостей АСУ, які характеризують точність підтримання керованої величини на заданому рівні в усталених та перехідних режимах.

Властивості із цієї сукупності виражені в кількісній формі, називаються показниками якості управління АСУ.

Розглянемо поняття точності АСУ

Задача АСУ підтримувати рівність

$$x(t) = x_3(t) \quad (11.1)$$

при будь – яких змінах задавального і збурювального впливів.

Тобто АСУ повинна відтворювати задавальний вплив $x_3(t)$ і подавляти (компенсувати) дію збурювальних впливів.

Проте внаслідок інерційності об'єкта управління і регулятора обидві ці функції виконуються АСУ з похибкою

$$\varepsilon(t) = x_3(t) - x(t) \quad (11.2)$$

яка характеризує точність АСУ. Чим менші миттєві значення похибки $\varepsilon(t)$, тим вище точність АСУ, тобто її якість.

Якість управління системою прийнято оцінювати по похибках у статичному, усталеному, динамічному і перехідному режимах роботи АСУ.

2. Показники якості управління в статичному режимі

Статичний режим – це стан елемента АСУ, при якому вихідна величина не змінюється в часі:

$$X(P) = \text{const}$$

Статична АСУ – система, в якій об'єкт управління і регулятор є статичними елементами.

Доведено, що точність АСУ в статичному режимі тим вище, чим більше передаточний коефіцієнт розімкненої АСУ. Точність статичної системи прийнято оцінювати коефіцієнтом статизму:

$$S = \frac{\Delta x_{\text{зам.}}}{\Delta x_{\text{роз.}}} \quad (11.3)$$

$\Delta x_{\text{роз.}}$ – усталене відхилення керованої величини x , яке викликане зміною, наприклад, задавального впливу x_3 , у розімкненій системі (рис.11.1 а)

$\Delta x_{\text{зам}}$ – усталене відхилення керованої величини x , яке викликане зміною задавального впливу x_3 у замкненій системі (11.1 б)

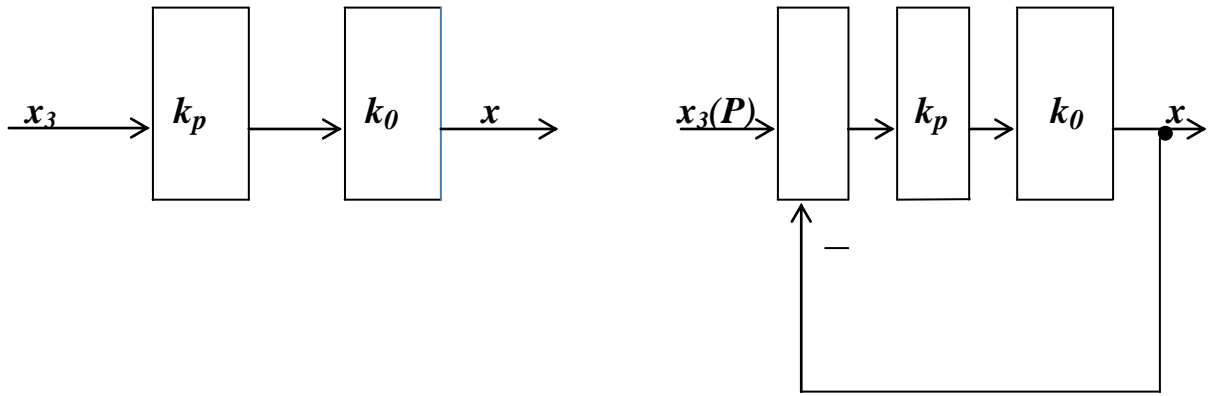


Рис. 11.1 Алгоритмічні схеми розімкненої (а) і замкненої (б) АСУ

Приклад визначення параметрів Δx роз. і Δx зам. при стрибкоподібній зміні задавального впливу Δx_3 наведений на рис. 11.2

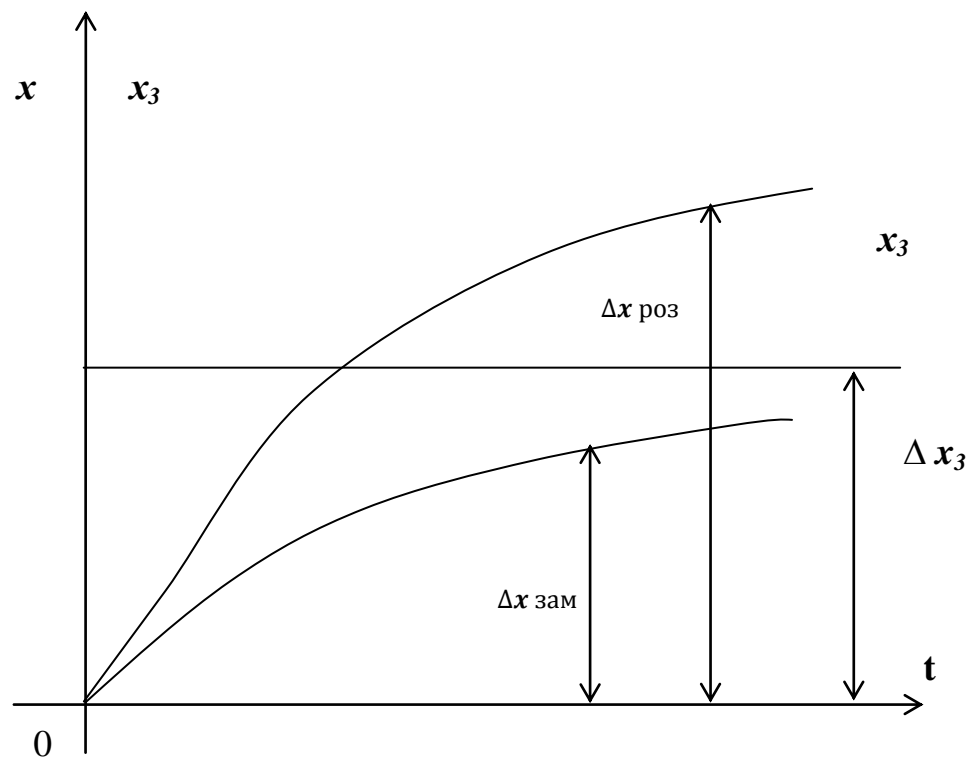


Рис. 11.2 Визначення параметрів Δx зам. і Δx роз.

З алгоритмічних схем випливає, що

$$\Delta x \text{ роз.} = k_p \cdot k_0 \cdot \Delta x_3 \quad (11.4)$$

$$\Delta x_{\text{зам.}} = \frac{k p \cdot k_0}{1 + k p \cdot k_0} \cdot \Delta x_3 \quad (11.5)$$

Звідси отримуємо коефіцієнт статизму

$$S = \frac{\Delta x_{\text{зам.}}}{\Delta x_{\text{роз.}}} = \frac{1}{1 + k p \cdot k_0} = \frac{1}{1 + k} \quad (11.6)$$

Вважається , що точність системи задовільна, якщо коефіцієнт статизму системи $S = 0.1 \dots 0.01$.

Відповідно передаточний коефіцієнт розімкненої системи $k = 10 \dots 100$.

3. Показники якості управління в динамічному режимі

3.1. Перехідний режим

Точність АСУ у перехідному режимі оцінюють за допомогою прямих і непрямих показників якості.

Прямі показники якості визначають по графіках перехідних процесів, що виникають в системі при ступінчастому зовнішньому впливі (рис. 11.3).

Непрямі показники визначають по розподілу коренів характеристичного рівняння або по частотних характеристиках системи.

Розглянемо основні прямі показники якості управління АСУ

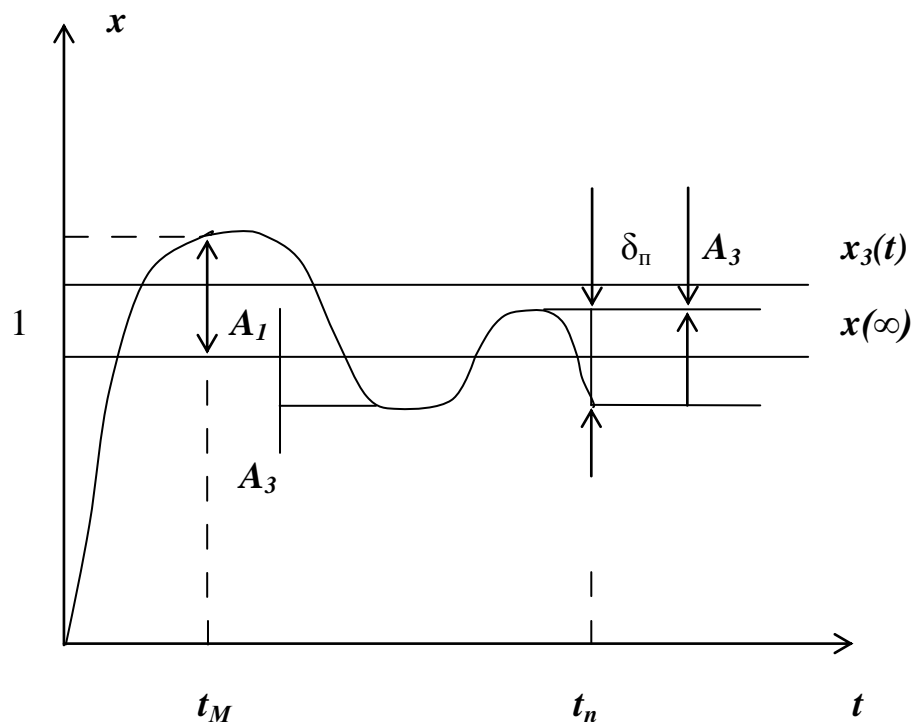
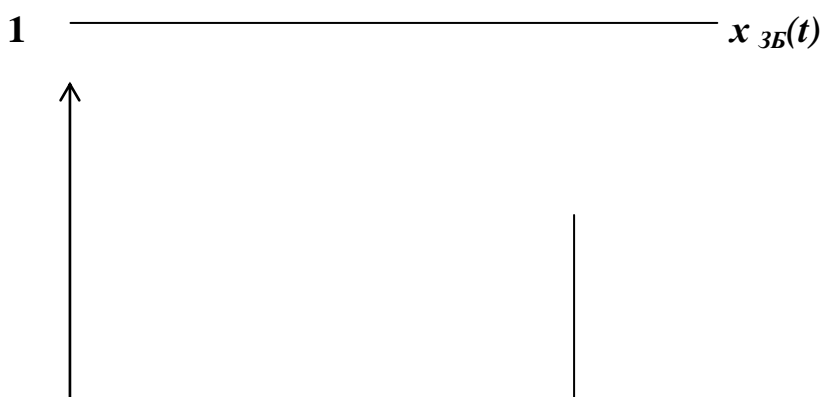


Рис. 11.3. а Показники якості управління по каналу завдання

x



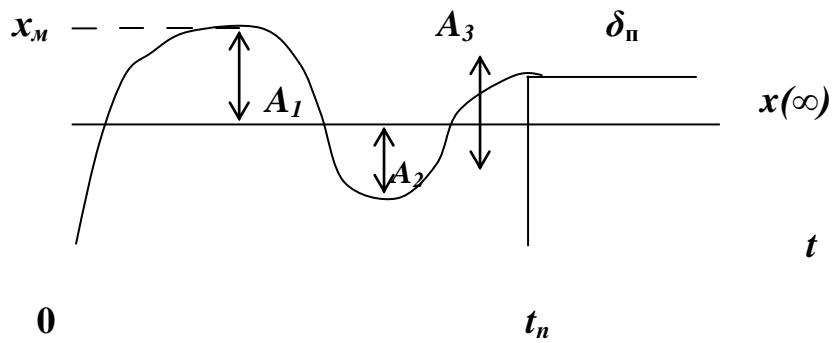


Рис. 11.3. б Показники якості управління по каналу збурення

На графіках перехідних процесів, що викликані ступінчастою зміною задавального впливу $x_3(t)$ - рис. 11.3 а і збурення $x_{зб}(t)$, що діє на виході об'єкта – рис. 11.3.б, за початок відліку для керованої величини $x(t)$ прийнято значення $x(-0)$, яке існувало до подачі ступінчастого впливу.

Оцінюються окремо показники якості перехідного процесу, що викликані змінами задавального впливу $x_3(t)$ і збурювального впливу $x_{зб}(t)$.

Показники по задавальному впливу (рис. 11.3 а)

- 1. Перерегулювання δ** – величина, що дорівнює відношенню першого максимального відхилення x_m керованої величини $x(t)$ від її усталеного значення $x(\infty)$ до цього усталеного значення.

$$\delta = \frac{x_m - x(\infty)}{x(\infty)} = \frac{A_1 - x(\infty)}{x(\infty)} \cdot 100, \% \quad (11.7)$$

Якість управління вважається задовільною, якщо перерегулювання не перевищує 30 – 40%.

2. Ступінь затухання

$$\Psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = 1 - \frac{A_3}{A_1} \quad (11.8)$$

Інтенсивність затихання коливань в системі вважається задовільною, коли $\Psi = 0,75 \dots 0,95$.

3. *Тривалість перехідного процесу (час регулювання) t_n* – інтервал часу від моменту прикладення ступінчастого впливу до моменту, після якого відхилення керованої величини $x(t)$ від її нового усталеного значення $x(\infty)$ стає менше заданого числа δ_n , тобто до моменту, після якого виконується умова

$$|x(t) - x(\infty)| \leq \delta_n \quad (11.9)$$

У промисловій автоматичній величину δ_n приймають рівній 5% від усталеного значення $x(\infty)$.

4. *Коливальність N* – число переходів керованої величини $x(t)$ через її усталене значення $x(\infty)$ за час перехідного процесу t_n .

Показники по збурювальному впливу (рис. 11.3.б)

1. **Перерегулювання δ** – величина, що дорівнює відношенню другого (від'ємного) максимального відхилення A_2 до першого максимального відхилення A_1 .

$$\delta = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100 = \frac{A_2}{x_M - x(\infty)} \cdot 100, \% \quad (11.10)$$

2. Динамічний коефіцієнт регулювання R_d – величина, що дорівнює відношенню першого максимального відхилення до відхилення керованої величини об'єкта управління, що викликане тим же збуренням.

$$R_d = \frac{x_m}{k_0} \cdot 100, \% \quad (11.11)$$

k_0 – передаточний коефіцієнт об'єкта управління.

Коефіцієнт R_d показує, наскільки ефективна компенсуюча дія регулятора на об'єкт управління.

3. Тривалість перехідного процесу (час регулювання) t_n – інтервал часу від моменту прикладення ступінчастого впливу до моменту, після якого відхилення керованої величини $x(t)$ від її нового усталеного значення $x(\infty)$ стають менше заданого числа δ_n , тобто до моменту, після якого виконується умова

$$|x(t) - x(\infty)| \leq \delta_n$$

Три головних показника якості – перерегулювання δ , перше максимальне відхилення x_m і тривалість перехідного процесу пов'язані між собою.

Вони залежать від усіх параметрів системи і в першу чергу від передаточного коефіцієнта k розімкненої системи. При збільшенні коефіцієнта k максимальне відхилення по каналу збурення зменшується, а максимальне відхилення по каналу задавального впливу збільшується. Пошук оптимального компромісу між цими тенденціями – це одна з головних задач синтезу АСУ.

3.2. Усталений режим

Усталений динамічний режим настає після закінчення перехідного процесу. У цьому режимі керована величина і сигнал похибки мають тільки вимушену складову, тобто змінюються тільки під дією зовнішніх впливів.

У цьому випадку можливі варіанти:

- похибка дорівнює нулю;
- похибка є постійною величиною;
- похибка зростає.

В усталеному динамічному режимі так, як і у статичному режимі діє правило:

Точність відтворення системою управління задавального впливу і точність подавлення зовнішніх збурень тим вище, чим більше передаточний коефіцієнт регулятора.

4. Інтегральні показники якості управління

Кожний з розглянутих вище прямих показників якості характеризує лише яку – небудь одну властивість АСУ, або одну ознаку перехідного процесу.

Для полегшення вибору параметрів АСУ на практиці широко застосовуються інтегральні показники якості управління.

Інтегральна оцінка якості – визначений інтеграл в часі (в межах від 0 до ∞) від певної функції керованої величини $x(t)$, або сигнал похибки $\varepsilon(t)$.

Найбільш спрощеною є лінійна інтегральна оцінка Q_L :

$$Q_L = \int_0^{\infty} [x(\infty) - x(t)] \quad (11.12)$$

Така оцінка представлена графічно площиною, обмеженою прямою $x(\infty)$ і кривою перехідного процесу $x(t)$ на рис. 11.4 а.

Чим менша оцінка, тим вище якість процесу.

Для коливальних перехідних процесів застосовують модульну інтегральну оцінку:

$$Q_M = \int_0^{\infty} |x(\infty) - x(t)| dt \quad (11.13)$$

Графічно модульна інтегральна оцінка показана на рис. 11.4 б

Оптимальними параметрами АСУ вважають мінімальні значення інтегральних показників $Q \rightarrow \min$

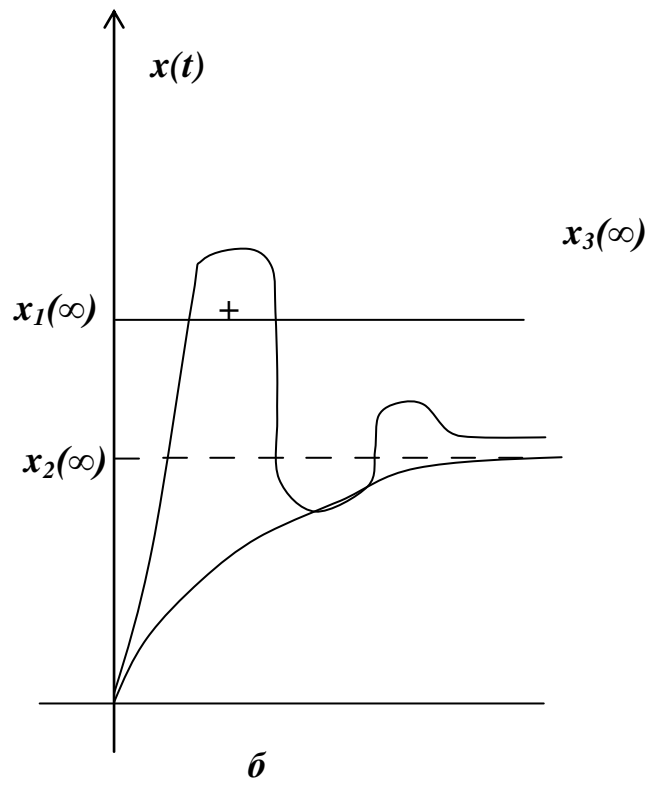
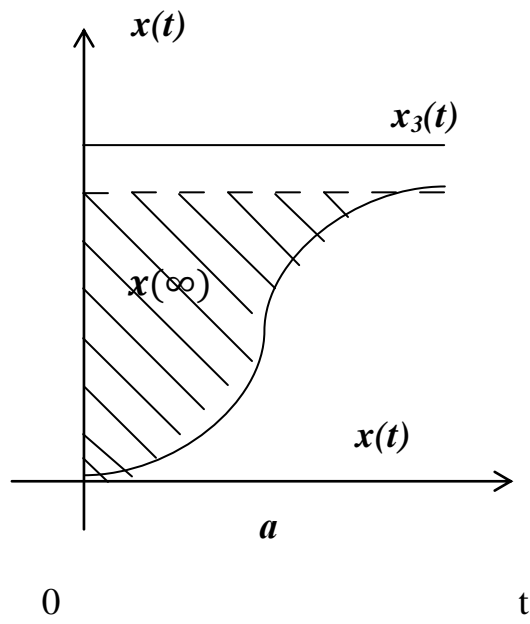


Рис. 11.4 Інтегральні оцінки якості:

a – лінійна оцінка;

b – модульна оцінка

Висновки по темі № 11

1. Якість управління – це сукупність властивостей АСУ, які характеризують точність підтримання керованої величини на заданому рівні.
2. Показником якості управління в статичному режимі є **коефіцієнт статизму**.
3. Показники якості управління в перехідному режимі визначають окремо по каналах завдання і збурення: **перерегулювання; ступінь затухання; тривалість перехідного процесу; коливальність**.
4. Для полегшення вибору параметрів АСУ застосовують **інтегральну оцінку** якості управління.