

**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 № 1 – Мета і завдання дисципліни. Структура АСУ

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

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

ПОГОДЖЕНО

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

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. Мета і завдання дисципліни ТАУ, місце у навчальному процесі.
2. Основні поняття і визначення.
3. Структура АСУ
 - 3.1 Функціональна структура
 - 3.2 Алгоритмічна структура
 - 3.3 Конструктивна структура

Рекомендована література

Основна:

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

Допоміжна:

2. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. Сорока К.О. – Харків, ХНАМГ, 2006. – 187 с.

Текст лекції

1. Мета і завдання дисципліни ТАУ, місце у навчальному процесі

Зміст курсу ТАУ - в його назві.

Три ключових слова:

- **управління** – це дія, спрямована на досягнення цілі;
- **автоматичне** – тобто без участі людини;
- **теорія** – наука про те, як цього можна досягнути (у західній літературі – control theory).

У процесі автоматичного управління розглядаються:

- керовані величини (наприклад, температура у холодильнику);
- керувальні пристрої (наприклад, електрична схема, що керує температурою холодильника);

У цьому процесі задіяні також:

- датчик (термопара);
- регулятор (компресор).

Історія ТАУ, як наука, бере початок з наукових праць професора Вишнеградського Івана Олексійовича (1876 р.)

На практиці автоматичне регулювання використовувалось ще раніше (наприклад, в регуляторах парових машин), спочатку в механіці, потім в електротехніці та електроніці.

Теорія автоматичного управління – це частина галузі науки – автоматики, автоматика в свою чергу є розділом технічної кібернетики.

Визначення ТАУ – сукупність знань, що дозволяють створювати та вводити в дію автоматичні системи управління технологічними процесами з необхідними характеристиками.

(Наприклад, управління безпілотним пристроєм з наперед визначеними швидкістю, висотою та дальністю польоту).

ТАУ оперує такими поняттями як об'єкт, предмет і мета вивчення дисципліни.

Об'єкт визначення ТАУ – це автоматична система управління (АСУ).

Предмет вивчення ТАУ – процеси, що протікають в АСУ.

Мета вивчення ТАУ – використання набутих знань при проектуванні, монтажі і експлуатації АСУ.

Дисципліна ТАУ знайомить здобувачів з основними теоретичними поняттями і правилами експлуатації автоматизованого устаткування.

Сучасний етап розвитку техніки пов'язаний з впровадженням АСУ в усі сфери життя (верстати, поїзди, літаки, машини, зброя).

Тому здобувачу необхідно **знати**:

- принципи побудови системи управління різними об'єктами;
- методи аналізу таких систем;
- вимоги до систем управління.

Здобувачу необхідно **вміти**:

- виконувати функції з експлуатації систем на повітряних суднах;
- формувати вимоги до систем управління;
- оцінювати якість систем.

Місце дисципліни ТАУ у навчальному процесі базується на знаннях, які отримані при вивченні курсів «Вища математика», «Фізика».

Особливість ТАУ полягає у тому, що при вивченні процесів автоматичного управління для спрощення розглядаються не реальні АСУ, а їх математичні моделі. Тому основним методом дослідження АСУ і вивчення ТАУ є **математичне моделювання**.

Математичне моделювання передбачає заміну об'єкта управління математичною моделлю і вивчення її за допомогою гіпотез та спрощень. Це дозволяє передбачати поведінку реального об'єкта.

Як правило, модель виглядає спрощеною порівняно з реальним об'єктом. (Наприклад, включення світла пов'язане з нелінійним процесом,

лампа загоряється не миттєво, а з нарощуванням яскравості, а на практиці використовується лінійний закон Ома).

Приклади перших автоматичних пристроїв для регулювання процесами:

- 1765 р. – І.П.Ползунов. Поплавковий регулятор рівня води у паровому котлі.
- 1788 р. – Дж. Уатт. Регулятор стабілізації частоти обертання парової турбіни.
- 1832 р. - Шиллінг. Електричне реле.
- 1944 р. - Поява електронних обчислювальних машин.

2. Основні поняття і визначення

1. **Алгоритм функціонування (АФ) об'єкта (системи)** – сукупність правил по виконанню технічного процесу (наприклад, електрична система – це сукупність пристроїв для генерації, перетворення, передачі, розподілу і споживання електричної енергії. При цьому забезпечуються режимні параметри – частота, напруга, потужність).

Алгоритм функціонування електричної системи досягається конструкцією пристроїв (генераторів, трансформаторів, ліній електропередачі, а також схемами їх з'єднання).

Нормальному функціонуванню системи можуть заважати зовнішні впливи.

Для електричної системи такими впливами можуть бути:

- зміна навантаження споживачів електричної енергії (наприклад, вдень і вночі);
- короткі замикання;
- обриви проводів.

У таких випадках необхідні спеціальні дії, спрямовані на компенсацію небажаних наслідків зовнішніх впливів і на виконання алгоритму функціонування.

Для вивчення алгоритмів функціонування систем розглядаються наступні поняття:

2. **Об'єкт управління (ОУ)** – пристрій (система), який здійснює технічний процес і потребує спеціально організованих впливів для забезпечення його алгоритму функціонування.

Поняття ОУ і наступні поняття можуть розглядатись на прикладі автоматичної системи управління (АСУ) збудженням синхронного генератора.

У цьому прикладі об'єкт управління – це електрогенератор, який складається з нерухомого статора і рухомого ротора з обмоткою збудження.

3. Наступне поняття – алгоритм управління (АУ).

Алгоритм управління – це сукупність правил, що визначають характер впливів ззовні на об'єкт управління, що забезпечують його алгоритм функціонування.

У нашому випадку алгоритм управління – це зміна збудження синхронного генератора з метою компенсації зовнішнього впливу, наприклад, зміни споживання електроенергії або зміни частоти струму.

Функцію алгоритму управління виконує пристрій управління.

4. **Пристрій управління (ПУ)** - здійснює у відповідності до алгоритму управління вплив на об'єкт управління.

Об'єкт управління і пристрій управління схематично показані на рис. 1.1

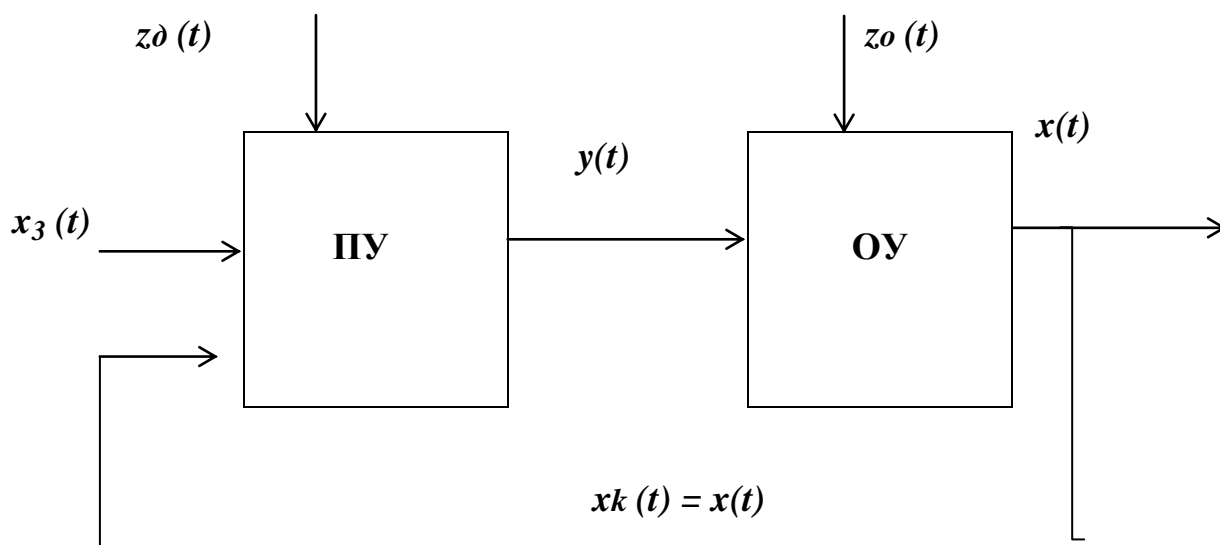


Рис. 1.1 Узагальнена структурна схема АСУ

Схема носить назву : **Узагальнена структурна схема АСУ.**

На рис. 1.1 показані величини:

1. $x(t)$ – керована величина – фізична величина, що характеризує стан об’єкта (приклад керованої величини – напруга на виводах статорної обмотки генератора);
2. $z_o(t)$ – основна дія, що впливає на об’єкт управління (електрогенератор);
3. $z_\delta(t)$ - додаткова дія, що впливає на пристрій управління;

$z_o(t)$ і $z_\delta(t)$ зветься збурювальними діями.

Приклад основної збурювальної дії для генератора – це зміна навантаження (підключення або відключення споживачів електроенергії).

Приклад додаткової збурювальної дії – зміна умов охолодження ПУ або нестабільність напруги джерела живлення ПУ.

4. $y(t)$ – керувальна дія – виробляється управління у відповідності до алгоритму управління в залежності від істинного і заданого значень керованої величини.

Наприклад, задане значення напруги = 220В, а істинне може бути **220 В ± 5 %**.

5. $x_k(t) = x(t)$ – контрольна дія, інформація про істинне значення керованої величини.

6. $x_3(t)$ – задавальна дія – задане (бажане) значення керованої величини.

На основі розглянутих понять і величин можна математично описати алгоритм управління:

$$y(t) = Ay [x_3(t), x(t), z_g(t)] \quad (1.1)$$

$y(t)$ - керувальна дія;

Ay – алгоритм управління;

$X_3(t)$ – задавальна дія;

$x(t)$ – істинне значення керованої величини;

$Z_d(t)$ – додаткова збурювальна дія (для ПУ)

Алгоритм функціонування математично описується:

$$x(t) = A\phi [y(t), z_o(t)] \quad (1.2)$$

$x(t)$ – істинне значення керованої величини;

$A\phi$ – алгоритм функціонування ОУ;

$y(t)$ – керувальна дія;

$z_o(t)$ – основна збурювальна дія (вплив на ОУ).

Розширені формулювання алгоритмів $A\phi$ і Ay :

Алгоритм функціонування ($A\phi$) – це залежність керованої величини від керувальної дії та основної збурювальної дії.

Алгоритм управління (A_y), або алгоритм функціонування пристрою управління – це залежність керувальної дії від заданої дії, керованої величини і додаткової збурювальної дії.

Разом алгоритм функціонування об'єкта і алгоритм управління утворюють **алгоритм функціонування АСУ**.

Дії $z(t)$ і $x_z(t)$ є **зовнішніми** для системи, а

дії $x_k(t)$ і $y(t)$ – **внутрішніми**.

Передача зовнішніх і внутрішніх дій відбувається через **елементи АСУ**.

Ці елементи утворюють декілька ланцюгів, наприклад

$$x_z(t) \rightarrow y(t)$$

$$z_o(t) \rightarrow x(t)$$

Розрізняють три форми будь – якого впливу (дії):

- **енергетична** – проявляється у процесах перетворення і передачі енергії (наприклад, підсилення, модуляція, детектування радіосигналу);
- **метаболична** – проявляється у процесах перетворення форми і складу речовини (у металургійних процесах);
- **інформаційна** – пов'язана з переносом інформації (TV).

Для АСУ найбільш важливою є інформаційна сторона, тому що в АСУ відбуваються процеси перетворення сигналів.

Сигнал в АСУ – це певна фізична величина, що відображає інформацію, яка міститься в конкретній дії.

У прикладі з синхронним генератором сигналом є рівень напруги.

3. Структура АСУ

В задачах управління завжди присутні два об'єкти:

- керований;
- керувальний.

Перший називається об'єктом управління (**ОУ**), **другий** – пристроєм управління (**ПУ**).

Приклади об'єктів управління: турбіна (управляють частотою її обертання), повітряне судно (управління курсом), динамік (управління гучністю).

Пристрій управління ще називають **регулятором**. Як правило, регулятор діє на ОУ не прямо, а через **виконавчий пристрій (ВП)**.

Під **виконавчим пристроєм** розуміють пристрій, що передає дію (вплив) від ПУ на ОУ.

На рис.1.2 показана структурна схема системи управління об'єктом.

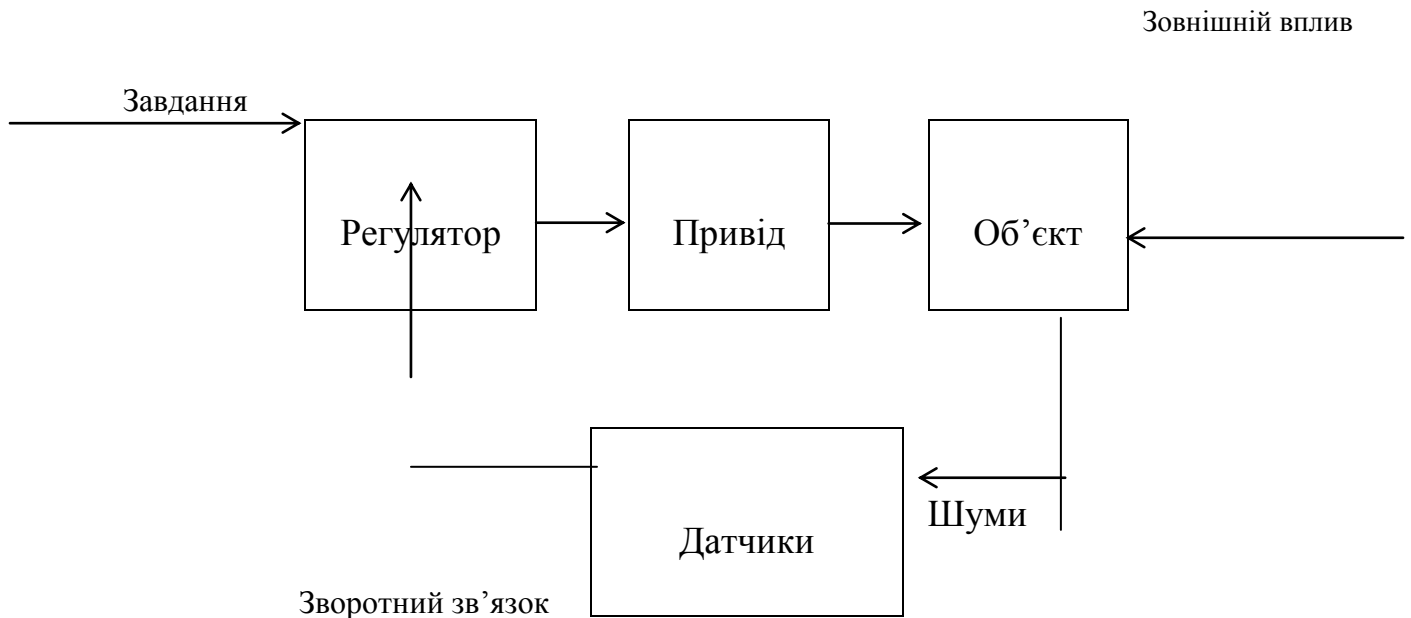


Рис. 1.2. Структурна схема системи управління

Приклад: система управління курсом корабля.

- **Об'єкт управління** – сам корабель;
- **Регулятор** – цифрова обчислювальна машина;
- **Привід** – рульовий пристрій (перетворює керувальний електричний сигнал у поворот руля);
- **Датчики** – вимірювальна система (визначає фактичний курс);
- **Зовнішній вплив** – вітер;
- **Шуми** – помилки датчиків

Сигнали від виконавчих пристроїв (ВП) можуть мати різну фізичну природу. ВП можуть перетворювати вхідний сигнал (від регулятора) – електричний, оптичний, механічний – у вихідний (до механічного приводу).

Привід в свою чергу керує регулюючим органом (РО). Наприклад, електричний двигун відкриває (закриває) клапан, або електрична схема відкриває (закриває) тиристор.

Щоб регулятор міг «бачити» фактично що відбувається з об'єктом, існують датчики. За допомогою датчиків вимірюють характеристики об'єкта управління (ОУ), якими необхідно керувати і передають інформацію на ПУ (ВП + РО).

Таким чином відбувається рух інформації:

- регулятор видає сигнал на привід;
- привід діє на об'єкт;
- інформація про об'єкт повертається назад до регулятора.

У системі існує зворотній зв'язок, тобто регулятор використовує інформацію про стан об'єкта для відправлення сигналу управління.

Зворотній зв'язок може бути **замкненим** і **розімкненим**.

(Система, зображена на рис.1.2 – приклад системи із зворотним зв'язком).

Замкнений зворотній зв'язок характеризує систему, де інформація передається по замкненому контуру.

У розімкненій системі інформація передається лише по частині контуру.

Вивчення і аналіз АСУ суттєво полегшуються, якщо розчленувати її на типові елементи, а потім виявляти зв'язки між ними.

На які частини можна поділяти АСУ?

Користуються трьома ознакам для такого розподілу:

- за призначенням частин;
- за алгоритмом перетворення інформації;
- за конструктивним оформленням.

В цілому структура АСУ – це сукупність пов'язаних між собою частин системи. Структура зображується графічно.

Графічне зображення структури називається **структурною схемою**.

Користуються умовними зображеннями елементів (ланок) і зв'язків між ними.

Структурні схеми складаються з умовних зображень елементів і ланок. Вони мають форму прямокутників і зв'язків, показаних на схемі у вигляді ліній із стрілками, які показують напрям передачі впливу (інформації). Кожна лінія відповідає окремому сигналу або одному впливу. Біля кожної лінії показують фізичну величину, що характеризує вплив.

Розрізняють такі структури і структурні схеми:

- функціональну;
- алгоритмічну;
- конструктивну.

Схеми, на яких показані лише головні (укрупнені) частини АСУ, називаються **узагальненими** (рис. 1.2)

3.1 Функціональна структура

Функціональна структура АСУ відображає функції (цільові призначення) окремих частин системи. Графічне зображення функціональної структури АСУ називається **функціональною структурною схемою АСУ**.

Функціями можуть бути: - отримання інформації про стан об'єкта управління; перетворення сигналів; порівняння сигналів.

Частини функціональної структури – це функціональні пристрої. Назви пристроїв вказують на виконання певної функції, наприклад: датчик; підсилювач; блок порівняння; виконавчий пристрій.

На рис. 1.3 наведений приклад функціональної схеми АСУ.

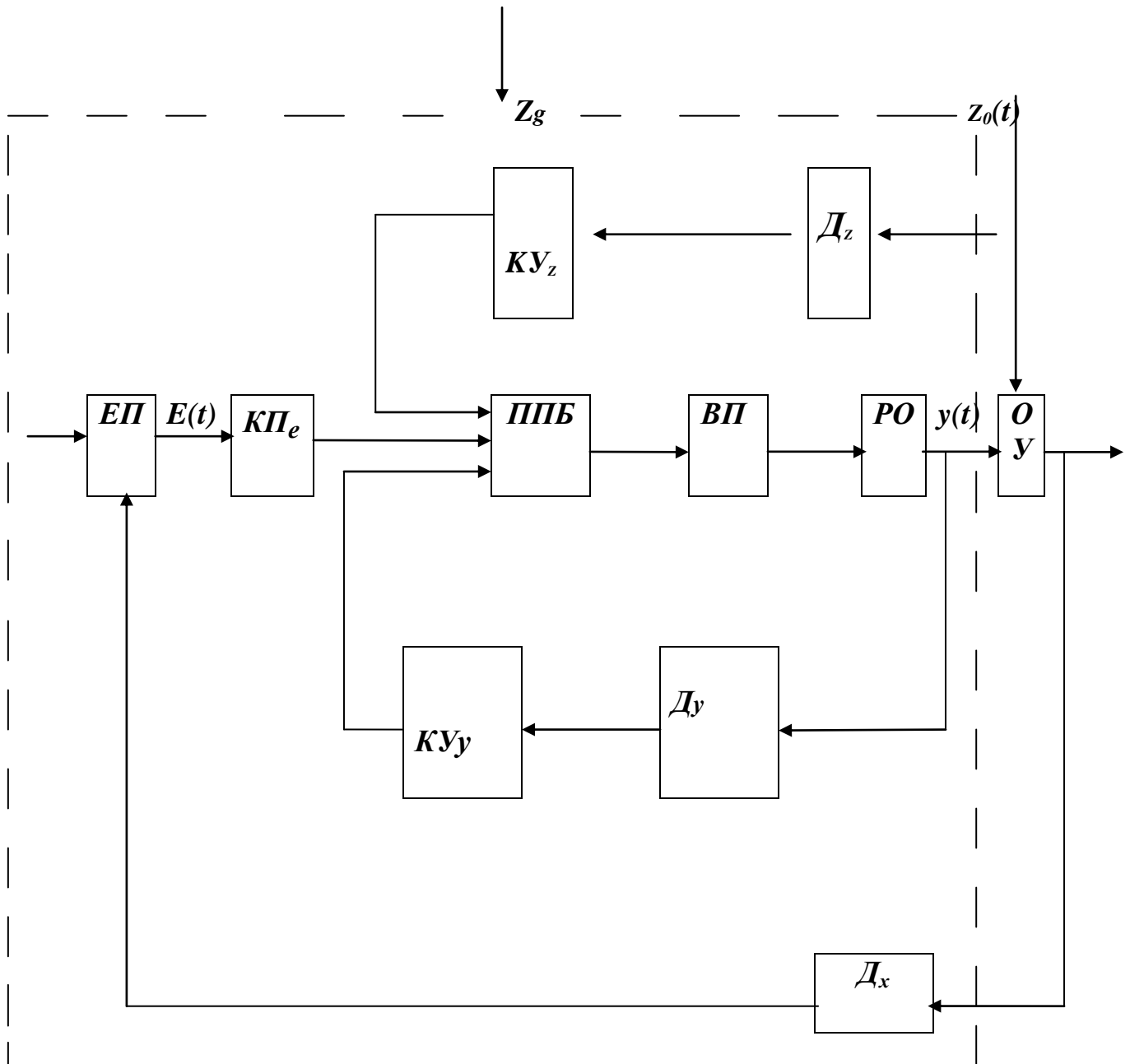


Рис. 1.3 Функціональна схема АСУ

Елементи схеми:

- **ОУ** – об’єкт управління;
- **ЕП** – еталон порівняння, призначений для отримання сигналу, пропорційного відхилень керованої величини $x(t)$ від задавального впливу $x_3(t)$;
- **КПКУ** – коригувальні пристрої, призначені для покращення якості управління;
- **ППБ** – підсилювально – перетворювальний блок, призначений для підсилення сигналу і надання йому певної форми;
- **ВП** – виконавчий пристрій, призначений для приведення в дію регулювального органу (електродвигун, електромагніт);
- **РО** – регулювальний орган, призначений для безпосереднього впливу на регульоване середовище (вентиль, тиристор);
- **Д** – датчики, призначені для отримання сигналу, пропорційного певного впливу (x, y, z) .

3.2. Алгоритмічна структура

Алгоритмічна структура АСУ зображується схемою, яка представляє собою сукупність взаємопов’язаних алгоритмічних ланок і характеризується алгоритмами перетворення сигналів (інформації) в АСУ (операцій).

Алгоритмічна ланка – це частина алгоритмічної структури АСУ, що відповідає певному математичному або логічному алгоритму перетворення сигналу.

Якщо алгоритмічна ланка виконує одну найпростішу математичну або логічну операцію, її називають **елементарною алгоритмічною ланкою**.

На схемах алгоритмічні ланки зображають прямокутниками, всередині яких записують відповідні оператори перетворення сигналів. Інколи замість операторів наводять графіки перехідних функцій.

Розрізняють такі види алгоритмічних ланок:

- статичну; динамічну; арифметичну; логічну (рис. 1.4).

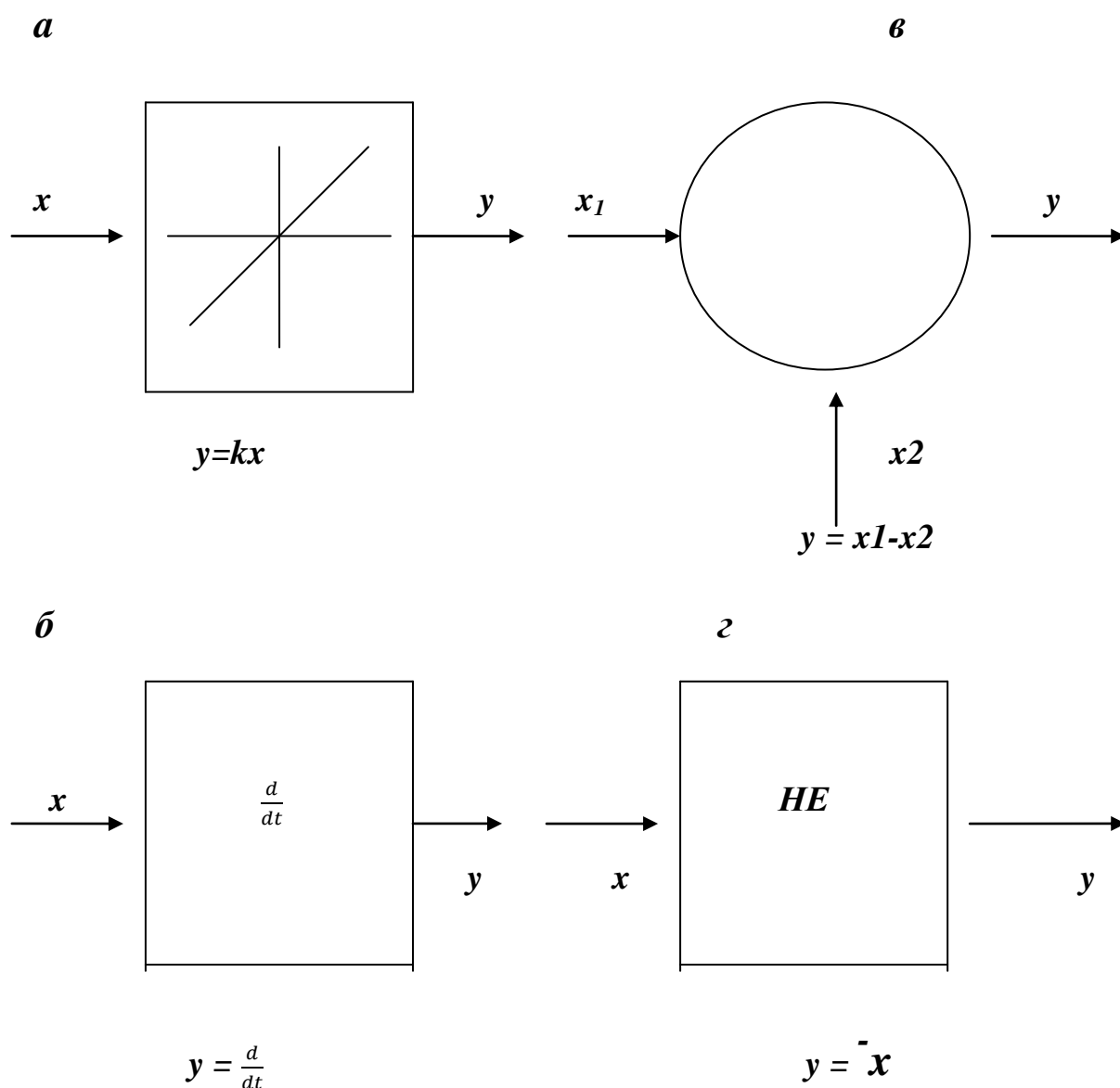


Рис. 1.4 Умовні зображення елементарних алгоритмічних ланок:

а – статична

б - динамічна

в- арифметична

2 - логічна

Статична ланка перетворює вхідний сигнал X у вихідний Y миттєво (без інерції). Це безінерційний перетворювач. Зв'язок між вхідним і вихідним сигналами статистичної ланки описується алгебричною функцією $Y=kx$. Приклад – резистивний подільник напруги. (рис. 1.4 а).

Динамічна ланка перетворює вхідний сигнал X у вихідний Y відповідно до операцій інтегрування і диференціювання в часі. Зв'язок між вхідним і вихідним сигналами описується звичайними диференціальними рівняннями. Приклад – інтегратор на основі електричного конденсатора (рис.1.4б)

Арифметична ланка здійснює одну з арифметичних операцій: додавання, віднімання, множення, ділення.

В автоматичі арифметична ланка називається **суматором**, виконує алгебричне додавання сигналів (рис. 1.4в).

Логічна ланка – виконує логічну операцію:

- логічне множення – «И»
- логічне додавання – «ИЛИ»
- логічне віднімання - «НЕ»

Використовується в інформатиці (рис. 1.4 г)

3.3. Конструктивна структура

Конструктивна структура зображується схемою, яка включає блок-схему, кінематичну схему, принципову електричну та монтажну схему.

Блок – схема описує алгоритми або процеси, де окремі «кроки» зображуються у вигляді блоків різної форми, які з'єднані лініями, що вказують напрям послідовності цих «кроків».

Кінематична схема показує послідовність передачі руху від двигуна через передаточний механізм до робочих органів машини (наприклад,

колесам автомобіля або шпинделю верстата). На кінематичній схемі позначають лише ті елементи машини (механізму), які приймають участь у передачі руху (зубчаті колеса, муфти) без дотримання розмірів і пропорцій.

Принципова електрична схема – вид електричної схеми пристрою, що дає повне уявлення про склад і принцип його роботи, де зображуються всі складові частини пристрою і зв'язки між ними, але без дотримання габаритних розмірів і реального розташування деталей пристрою. Принципові електричні схеми створюються для показу принципів роботи і взаємодії складових елементів.

Монтажна електрична схема виготовляється як робоче креслення (або ескіз) частин електрообладнання, по якому виконується складання, монтаж електроустановки на основі принципової електричної схеми.

Принципові електричні схеми здійснюють середню позицію між функціональними блок – схемами і монтажними схемами.

ТАУ виконує математичні моделі АСУ, які базуються на блок – схемах – функціональних і алгоритмічних, тому саме ці дві структури аналізуються за програмою дисципліни.

Висновки по темі № 1

1. Метод дослідження, що використовується в теорії автоматичного управління (ТАУ) - **математичне моделювання**.
2. Основні поняття, якими оперує ТАУ: об'єкт управління (ОУ) і пристрій управління (ПУ); алгоритми функціонування та управління ОУ і ПУ.
3. Автоматична система управління (АСУ) досліджується за допомогою структурних схем: **функціональної, алгоритмічної, конструктивної**.
4. На практиці використовують **узагальнені структурні схеми**, де розглядаються лише головні частини АСУ.