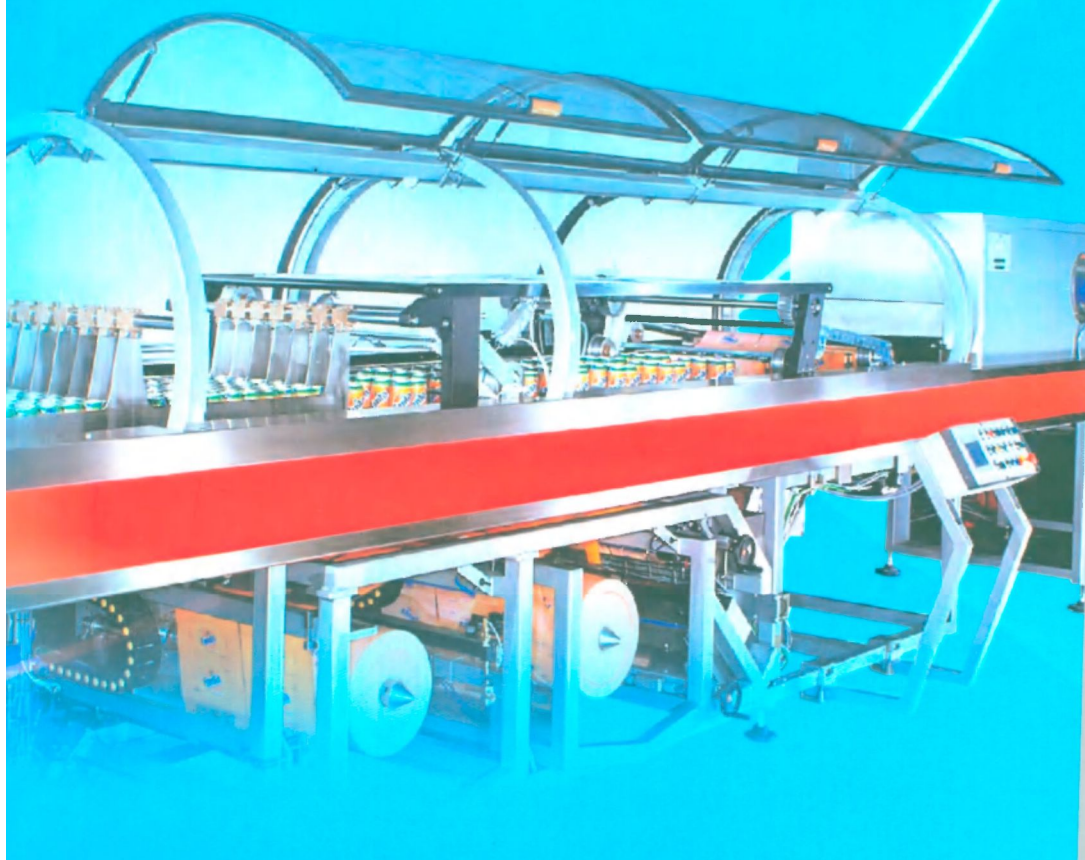


Гончаренко Б.М., Осадчий С.І.,
Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ



**Гончаренко Б.М., Осадчий С.І.,
Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К.**

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Навчальний посібник

**Кіровоград
Видавець Лисенко В.Ф.
2016**

УДК 681.513

ББК 32.96

Г 65

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету (протокол №4 від 21.12.2015 р.)

**Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г.,
Каліч В.М., Дідик О.К.**

Г 65 Автоматизація виробничих процесів. – Кіровоград:
Видавель – Лисенко В.Ф., 2016 – 352 с.
ISBN 978-617-7197-40-8

У навчальному посібнику викладено загальні питання автоматизації, методи автоматизованого контролю технологічних параметрів, основи теорії автоматизованого регулювання, технічні засоби автоматизації, в тому числі мікропроцесорні, питання проєктування систем автоматизації; типові схеми автоматизації технологічних процесів харчової промисловості.

Книга розрахована на студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», а також для студентів спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування», «Харчові технології» тощо, які не спеціалізуються в галузі автоматизації виробничих процесів, але яким для роботи в умовах комп'ютерно-інтегрованого виробництва необхідні базові знання з названих проблем.

Рецензенти:

Азарсков В.М. д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри систем управління літальних апаратів Національного авіаційного університету;

Лисенко В.П. д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем імені академіка І. І. Мартиненка Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Неділько С.М. д-р техн. наук, проф., начальник Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету.

ISBN 978-617-7197-40-8

© Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г.,
Каліч В.М., Дідик О.К., 2016
© Видавель Лисенко В.Ф., 2016

	ЗМІСТ	Стор.
	Вступ.....	6
1.	Основні поняття та структура АСР.....	8
1.1.	Особливості технологічних процесів і комплексів як об'єктів керування. Системи керування.....	8
1.2.	Основні терміни та визначення.....	12
1.3.	Завдання та види керування.....	16
2.	Класифікація автоматичних систем регулювання.....	20
	Контрольні питання.....	24
3.	Основи проектування систем автоматизації.....	25
3.1.	Загальні положення (послідовність проектування).....	25
3.2.	Складання схеми автоматизації.....	37
	Контрольні питання.....	41
4.	Елементи метрології та вимірювань.....	42
4.1.	Основи метрології.....	42
4.2.	Засоби вимірювання.....	48
4.3.	Державна система приладів та засобів автоматизації (ДСП).....	52
	Контрольні питання.....	53
5.	Перетворювачі інформації.....	54
5.1.	Класифікація та характеристики перетворювачів інформації.....	54
5.2.	Перетворювачі фіксації координат механізмів та виробів (положення та переміщення).....	63
	Контрольні питання.....	82
5.3.	Системи дистанційного передавання.....	83
5.4.	Перетворювачі частоти обертання та зусиль.....	88
	Контрольні питання.....	98
5.5.	Перетворювачі тиску.....	99
	Контрольні питання.....	113
5.6.	Перетворювачі температури.....	113
	Контрольні питання.....	131
5.7.	Перетворювачі рівня.....	132
	Контрольні питання.....	142
5.8.	Перетворювачі кількості та витрати речовини.....	143
	Контрольні питання.....	162
5.9.	Перетворювачі газового складу (газоаналізатори).....	162

5.10.	Перетворювачі концентрації (концентратоміри).....	168
5.11.	Перетворювачі густини (густиноміри).....	173
5.12.	Перетворювачі вологості.....	177
	Контрольні питання.....	184
6.	Основи автоматичного керування	185
6.1.	Математичний опис та характеристики АСР і їхніх елементів....	185
6.1.1.	Статичний і динамічний режими.....	186
6.1.2.	Лінійні і нелінійні АСР, лінеаризація.....	187
6.1.3.	Опис динаміки	190
6.1.4.	Типові елементарні ланки в АСР	200
6.1.5.	З'єднання елементарних ланок.....	209
6.1.6.	Зворотні зв'язки в АСР.....	214
	Контрольні питання.....	218
6.2.	Технологічні об'єкти регулювання.....	219
6.2.1.	Класифікація технологічних об'єктів регулювання.....	219
6.2.2.	Властивості об'єктів: спостережуваність, чутливість, керованість.....	223
6.2.3.	Динамічні параметри об'єктів регулювання.....	224
6.2.4.	Інерційність об'єктів та її оцінювання.....	231
6.2.5.	Методи досліджування динамічних властивостей ТОР.....	233
	Контрольні питання.....	236
6.3.	Автоматичне регулювання.....	236
6.3.1.	Автоматичні регулятори.....	236
6.3.2.	Класифікація автоматичних регуляторів.....	240
6.3.3.	Стандартні закони регулювання.....	245
	Контрольні питання.....	255
6.4.	Виконавчі механізми та регулювальні органи.....	256
6.4.1.	Електричні виконавчі механізми.....	256
6.4.2.	Пневматичні виконавчі механізми.....	257
6.4.3.	Регулювальні органи.....	260
	Контрольні питання.....	262
6.5.	Дослідження якості систем регулювання.....	262
6.5.1.	Математичні дослідження систем автоматичного керування....	262
6.5.2.	Якість автоматичного регулювання.....	268
6.5.3.	Налаштування регуляторів в системах регулювання.....	279
	Контрольні питання.....	281
7.	Основи мікропроцесорної техніки.....	282

7.1.	Мікропроцесорні контролери.....	282
7.1.1.	Основні принципи застосування МПК.....	282
7.1.2.	Основні принципи побудови МПК.....	285
7.1.3.	Напрями розвитку МПС.....	289
7.2.	Мікропроцесорні контролери Ломіконт.....	291
7.3.	Мікропроцесорний контролер Р-130.....	294
7.4.	Мікропроцесорні контролери фірми Schneider Automation.....	300
7.5.	Програмно-логічні контролери фірми Mitsubishi Electric.....	302
7.5.1.	Компактні контролери ALPHA-серії	302
7.5.2.	Компактні контролери MELSEC FX	304
7.6.	Мікропроцесорні контролери «Мікрол» та «Овен».....	306
7.6.1.	Малоканальні мікропроцесорні контролери «Мікрол».....	306
7.6.2.	Мікропроцесорний контролер ОВЕН ПЛК150-220.И-У.....	309
	Контрольні питання.....	311
8.	Автоматизація типових технологічних процесів.....	312
8.1.	Автоматизація об'єктів з механічними процесами.....	312
8.2.	Автоматизація об'єктів з гідромеханічними процесами.....	317
8.3.	Автоматизація об'єктів з тепловими процесами.....	324
8.4.	Автоматизація об'єктів з процесами масообміну.....	326
8.5.	Автоматизація об'єктів з процесами хімічної взаємодії.....	328
8.6.	Автоматизація об'єктів з мікробіологічними процесами.....	330
8.7.	Автоматичне програмне керування реактором.....	332
	Контрольні питання.....	335
	Література.....	335
	Додаток 1.....	336
	Додаток 2.....	343

ВСТУП

Автоматизація виробництва завжди одна з основних складових прискорення науково-технічного прогресу в агропромисловому комплексі. У 70-80 роки вона набула нових рис у зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ), функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем керування. Мікропроцесорні пристрої та ПЕОМ, пов'язані між собою обчислювальними й керувальними мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та керування ними.

Таким чином, головним напрямом автоматизації в агропромисловому комплексі на сучасному етапі є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв. За рубежом ця концепція одержала назву CIM (Computer Integrated Manufacturing System). Основою систем автоматизації нині стали функціональні можливості, мікропроцесорних систем керування, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі чинники, як використання принципів інтеграції, розподіленого керування, програмних комплексів. Слід додати, що при автоматизації виробництва об'єктом стає не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс (ТК) із складними взаємозв'язками між його підсистемами. Сучасні системи автоматизації на базі мікропроцесорних пристроїв та ПЕОМ мають широкі функціональні можливості й досконалі технічні характеристики, які забезпечують підвищення надійності та живучості, швидкодію, оперативність керування, збільшення кількості входів-виходів, поліпшення комфортності праці оператора.

Розширення функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем керування пов'язане із значно зрослою кількістю видів і систем відображення технологічної інформації: використанням динамічних мнемосхем; одержанням графіків зміни технологічних параметрів за будь-який відрізок часу; формуванням передісторії розвитку процесу; архівуванням за допомогою таблиць, звітних документів тощо. Все це дає змогу підвищити оперативність керування, максимально враховувати виробничу ситуацію, що, зрештою, зумовлює зростання показників ефективності функціонування ТК. При створенні систем автоматизації використовують багатоконтурні системи, в яких реалізуються принципи компенсації збурень, адаптації, досконалі структури типу каскадних систем, з додатковими сигналами та ін. Спеціалісти

будь-якого профілю працюють у новому інформаційному просторі, що вимагає від них знань, потрібних при роботі на автоматизованому обладнанні, автоматизованих технологічних комплексах, застосування комп'ютерних технологій. Даний посібник розрахований на студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», а також для студентів спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування», «Харчові технології» тощо, які не спеціалізуються в галузі автоматизації виробничих процесів, але яким для роботи в умовах комп'ютерно-інтегрованого виробництва необхідні базові знання з названих проблем. У ньому викладено загальні питання автоматизації, методи автоматизованого контролю технологічних параметрів, основи теорії автоматизованого регулювання, технічні засоби автоматизації, в тому числі мікропроцесорні, питання проєктування систем автоматизації; типові схеми автоматизації технологічних процесів харчової промисловості.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СТРУКТУРА АСР

1.1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І КОМПЛЕКСІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Автоматизація виробництва дає найкращі результати лише при системному підході, коли досконало вивчаються властивості об'єкта автоматизації, розробляється функціональна структура як сукупність виконуваних системою функцій. У відповідність до цього ставиться технічна структура як сукупність технічних засобів і певних зв'язків між ними, а ефективність системи керування оцінюється єдиним узагальненим показником. Нині існує велика кількість визначень поняття "система", оскільки в різних ситуаціях у нього вкладається різний зміст, але в будь-якому випадку система являє собою підмножину взаємозв'язаних елементів певної природи, залежно від розв'язуваного завдання. Головним є те, що система – це не сума елементів, а цілісне утворення з новими властивостями, яких не мають окремі елементи. Кожна система функціонує в зовнішньому середовищі, утвореному своєю підмножиною елементів. У реальності немає ізольованих систем. Усі вони пов'язані із зовнішнім середовищем і взаємодіють з ним.. Крім того, реальні системи є відкритими, вони можуть з часом змінюватися за складом елементів і зв'язків між ними. Системи керування виділяються в особливий клас систем, які мають самостійні функції й задані цілі, а також високий рівень спеціальної системи організації, необхідної для реалізації цих функцій і завдань. Система керування завжди є взаємозв'язаною сукупністю об'єкта керування (керованої підсистеми) та регулятора в широкому значенні цього слова (керувальної підсистеми). Об'єкт керування, наприклад, випарна установка, сушильний агрегат, холодильна камера, котлоагрегат тощо, є відкритою системою і взаємодіє із зовнішнім середовищем, яке в свою чергу може порушувати режим роботи об'єкта за рахунок впливу збурень. Регулятор, а це може бути мікропроцесорний засіб, їх сукупність чи ПЕОМ, маючи інформацію про стан об'єкта та мету керування, формує керувальну дію (керування), яка забезпечує відповідність реального стану об'єкта бажаному. При керуванні об'єктами потрібно враховувати, що всі процеси розвиваються не миттєво, а протягом певного часу, тобто що об'єкти є інерційними. Процес керування складається з певних етапів, основними з яких є: збір і обробка інформації про об'єкт та її попередня обробка, збір і обробка інформації про навколишнє середовище; аналіз інформації; вироблення керування як функції

порівняння поточного стану об'єкта та бажаного; реалізація керування за допомогою технічних засобів. Системи керування технологічними об'єктами функціонують у реальному масштабі часу, тому вони повинні реагувати на такі події, як: зміна параметрів зовнішнього середовища, передусім кількості та якості сировини; зміна характеристик самого об'єкта за рахунок зміни робочих режимів і об'ємів чи поверхонь; зміна складу об'єкта при введенні нових агрегатів або виведенні їх у ремонт; збої та похибки в роботі програмних технічних комплексів; зміна завдань системи тощо.

Для визначеності будемо вважати, що об'єктом автоматизації в сучасній постановці питання буде технологічний комплекс (ТК) харчового виробництва, а у сукупності з ним узгоджено працюють інші підрозділи підприємства, утворюючи складну комп'ютерно-інтегровану систему. Ці системи є багаторівневими, або ієрархічними, серед яких найчастіше виділяються системи з трьома функціональними рівнями: технологічний процес (агрегат); технологічний комплекс (виробництво); підприємство. Для кожного рівня системи визначається характерний комплекс завдань, але визначальною є багаторівнева структуризація систем прийняття рішень та керування, що реалізується при таких підходах:

- складна система розбивається на ряд взаємозв'язаних підсистем, кожна з яких має свої завдання й критерії оцінки ефективності їхнього функціонування;
- визначальним в ієрархічних системах керування є сукупність підзавдань, яким відповідає ієрархія математичних моделей та ієрархія технічних засобів;
- для узгодженого функціонування системи формується додаткове спеціальне завдання координації роботи підсистем – для узгодження їхніх цілей з глобальним завданням ТК, в чому проявляється інтеграція підсистем.

Технологічні комплекси харчових виробництв мають значну кількість ступенів (етапів) переробки сировини чи напівпродуктів, при яких відбуваються складні хіміко-фізичні перетворення речовини. Машинно-апаратна схема ТК включає як паралельно, так і послідовно з'єднані елементи, а також дільниці з байпасами та зворотними (рециклічними) технологічними зв'язками. З погляду завдань автоматизації технологічні комплекси харчових виробництв (цукрового, спиртового, хлібопекарського та ін.) характеризуються рядом специфічних особливостей:

- технологічні комплекси складаються з підсистем (дільниць), які мають складні зв'язки між собою і навколишнім середовищем;

- окремими підсистемами ТК можна керувати на основі різних критеріїв оптимальності, а для узгодження роботи підсистем формується спеціальне завдання координації;

- необхідність врахування змінюваних у широкому діапазоні властивостей сільськогосподарської сировини;

- наявність ієрархічної структури, що зумовлено існуванням глобальної мети системи та окремих цілей підсистем.

В харчовій промисловості працюють різні за своїми характеристиками, структурою і властивостями технологічні комплекси, які для типізації розроблюваних систем керування, їх інформаційного та програмного забезпечення доцільно класифікувати за такими основними ознаками:

- за способом функціонування: неперервні, неперервно-циклічні, неперервно-періодичні, періодичні. Визначальним тут є характер потоків на вході та виході і особливості регульованих параметрів. Так, для неперервних ТК потоки не змінюються, а технологічні параметри змінюються постійно або неперервно-довільно;

- за продуктивністю: велико-, середньо- та малотоннажні, що визначається за середньою для галузі продуктивністю;

- за кількістю виконуваних функцій: одно- та багатфункціональні, що відповідає виробництву одно- чи багатоасортиментної продукції;

- за кількістю ланок (дільниць) – мало- та багатоланкові, починаючи від трьох;

- за ступенем однорідності ланок виділяють однорідні чи неоднорідні ТК (перші з них називають з регулярною структурою).

- за способом з'єднання ланок (технологічною топологією): однонаправлені та зустрічно напружені (із зворотними рециркуляційними зв'язками);

- за характеристиками потоків – враховується стан середовища (газоподібне, рідке, сипке);

- за наявністю нагромаджувальних місткостей: з місткостями на різних дільницях і без них, а також з різним запасом сировини, напівпродуктів чи готового продукту;

- за інформаційною потужністю виділяють ТК з різною кількістю змінних, необхідних для контролю та керування : до 40– найменша, до 160 – мала, до 650 – середня, до 2500 – підвищена, понад 2500 – велика потужність. Це надзвичайно важлива ознака для вибору структури системи керування і

необхідних технічних засобів. Можна виділяти й інші ознаки ТК стосовно, наприклад, математичних моделей, завдань оптимізації та координації тощо.

Технологічні комплекси, як складова частина комп'ютерно-інтегрованого виробництва, пов'язані з іншими підрозділами підприємства, які вирішують завдання керування, поточного та довгострокового планування, адміністративно-господарської діяльності. У зв'язку з цим розрізняють такі види інтеграції:

- функціональну, що забезпечує єдність мети та узгодженість виконання технологічних і виробничо-господарських функцій;
- організаційну, яка дає можливість організувати потрібну взаємодію оперативно-технологічного персоналу на різних рівнях керування;
- програмну, що в умовах комп'ютерно-інтегрованого виробництва дозволяє використовувати узгоджені й взаємозв'язані комплекси програм;
- інформаційну, яка ґрунтується на комплексному підході до створення інформаційної бази, що забезпечує інформаційну взаємодію всіх компонентів системи керування;
- технічну, яка полягає у створенні єдиного комплексу "технологічний об'єкт - система керування" – автоматизованого технологічного комплексу.

Всі ці ознаки та характеристики ТК наведено для того, щоб показати складність його як об'єкта керування, його багатовимірність, залежність показників функціонування від багатьох чинників. У такому разі діє об'єктивно існуючий принцип складності: складність системи керування повинна відповідати складності об'єкта.

Процес функціонування технологічних комплексів харчових виробництв визначається також за різними ознаками. Так, є ТК з постійними параметрами, які працюють у постійних режимах, а керування ними, в тому числі оперативна оптимізація, зводиться до оптимального розподілу матеріальних потоків. Значно більшу групу становлять ТК із змінюваними параметрами. Крім оптимального розподілу матеріальних потоків, у цьому випадку потрібно знаходити й підтримувати такі режимні параметри (технологічні режими), які забезпечують найвищі техніко-економічні показники їх роботи. Більше того, часто зміна технологічного режиму однієї з підсистем (дільниць) викликає необхідність зміни технологічних режимів решти підсистем.

На кожному з підсистем і на ТК в цілому діють численні збурення, тобто фактори, які порушують обраний чи заданий режим роботи, через що виникають перехідні процеси, тобто зміна в часі технологічних параметрів. Це так званий динамічний режим роботи (динаміка). На певних відрізках часу в ТК

та підсистемах можуть встановлюватися режими, при яких технологічні параметри є постійними або змінюються мало – це статичний режим (статика). При функціонуванні ТК різні режими роботи виникають під впливом чинників, що змінюються з різними частотами. Так, зміна якісних показників сировини, структури ТК, зупинка і запуск окремих агрегатів належать до низькочастотних збурень, а зміна витрат робочих речовин і потоків енергоносіїв – до високочастотних. При керуванні ТК вважають, що основним режимом їх роботи є статичний, коли тривалість перехідних процесів технологічних змінних значно менша від інтервалу часу між моментами виникнення суттєвих збурень (періодом їх зміни).

Вважаючи статичний режим основним при функціонуванні ТК, керування здійснюють таким чином, щоб показник ефективності роботи підсистем і ТК у цілому був найвищим в інтервалі часу. Для окремої підсистеми (дільниці) ТК показник економічності має

$$E_i = \int_{t_1}^{t_2} (B_i \dot{C}_i - \sum_{j=1}^m Z_j) dt \quad (1.1)$$

де B – випуск продукту чи напівпродукту (або продуктивність, розрахована за готовим продуктом); $\dot{C}_i$ – частина загальної ціни, яка умовно формується на даній стадії виробництва, причому $\sum \dot{C}_i = C$ – ціна готового продукту; Z_j – витрати, що залежать від вибору технологічного режиму.

При послідовному характері переробки сировини і напівпродуктів економічність ТК є адитивною функцією від економічності підсистем:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i, \quad (1.2)$$

де n – кількість підсистем.

У даній постановці завдання керування підсистемами й ТК в цілому полягає у забезпеченні умови: $E, E_i \rightarrow \max$, то реалізується в системі пошуку та підтриманням необхідних технологічних режимів.

1.2. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Термін "автоматизація виробництва" має різні тлумачення залежно від того, який аспект загальної проблеми розглядається в конкретній ситуації – розробка, проектування, впровадження системи автоматизації тощо. У загальному плані автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій керування виробничими процесами та переданням цих функцій

технічним засобам – автоматичним пристроям і системам. В основі автоматизації виробництва лежить поняття керування (в літературі вживається також менш вдалий для даного випадку термін "управління").

Керування - цілеспрямована дія на процес (об'єкт), яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи. Процес керування з точки зору загальних кібернетичних систем складається з ряду елементарних операцій та етапів, які є спільними для технічних систем і систем живої природи. Незалежно від мети, призначення, структури об'єкта процес керування передбачає виконання таких операцій, як:

- одержання та попередня обробка інформації про фактичний стан об'єкта, системи і навколишнього середовища;

- аналіз одержаної інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації із заданою (необхідною);

- прийняття рішення про дію на об'єкт у певному напрямку та оцінка можливості реалізації такої дії;

- реалізація керування, тобто формування і здійснення дії за допомогою відповідних технічних засобів.

Якщо людина не бере участі у формуванні керувальної дії, керування називається **автоматичним**. У складних системах і ситуаціях прийняття остаточних рішень щодо керування залишається за людиною (в літературі – особою, яка приймає оптимальні рішення), тоді керування є **автоматизованим**. Відповідно до цього системи називаються автоматичними чи автоматизованими. В першому випадку за людиною залишаються лише функції обслуговування системи і контролю за її функціонуванням. В другому – технічні засоби забезпечують людину оперативною інформацією, але остаточне рішення, тобто етапи оцінки ситуації та формування керувань, приймає вона сама. Автоматичне керування і відповідно автоматичні системи є більш досконалими, вони знаходяться на вищому ступені розвитку. Але складні системи в комп'ютерно-інтегрованому виробництві часто не мають простих однозначних варіантів роботи, в них завжди є високий рівень невизначеності, тому вони і функціонують як автоматизовані. При здійсненні процесу керування часто доводиться спочатку відшукувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних змінних (параметрів) задаються наперед, тоді системи називаються автоматичними системами регулювання (АСР). Використовують

також термін системи автоматичного регулювання (САР), що можна розцінювати як синонім систем автоматичного керування (САК).

У вступній частині вже відзначалося, що сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерно-інтегровані системи, що вони багаторівневі (ієрархічні). Розглядаючи їх, слід, передусім, наголосити на тому, що сукупність взаємозв'язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей (розв'язання конкретних задач). Сукупність елементів системи та характер зв'язків між ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяють такі структури:

- функціональну – сукупність частин для виконання окремих функцій: одержання інформації, її оброблення, передавання і т.д.;

- алгоритмічну – сукупність частин для виконання певних алгоритмів обробки інформації;

- технічну (конструктивну) – сукупність необхідних технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Розглянемо загальну структуру САР як перший рівень ієрархічних систем керування (рис.1.2.1, а).

Об'єкт керування (регулювання) ОК (ОР) – технологічний процес чи агрегат, в якому відбуваються перетворення речовини, хімічні реакції, тепло - та масообмін, переміщення речовин тощо з метою одержання продукту або напівпродукту заданої якості в необхідній кількості. Стан об'єкта характеризується сукупністю технологічних параметрів (температура, тиск, рівень...), який позначимо вектором $X = (X_1, X_2, ..., X_n)$. В окремому випадку $n=1$, а X є скаляром. Усі ці параметри відносно об'єкта – вихідні, а для системи – регульовані. В реальних умовах на об'єкт завжди впливають збурення – дії, що порушують його режим роботи. Позначимо вектор збурень $Z = (Z_1, Z_2, ..., Z_m)$. Зазначимо, що серед них є вимірювані й невимірювані величини. До перших належать значення витрати, температури потоків, вмісту певних речовин у потоці тощо, до других – зміна умов тепло - та масообміну, коефіцієнтів хімічних реакцій і т.д. Природно, дію шкідливих збурень необхідно компенсувати за рахунок спеціально створюваних керувальних дій, до яких відносять зміни потоків речовин, енергоносіїв та ін. Ці дії формуються спеціальним пристроєм. В АСР – це автоматичний регулятор АР, яких може бути кілька – за кількістю регульованих величин X . Тоді керування U являє собою вектор $U = (U_1, U_2, ..., U_k)$. Автоматичний регулятор АР формує керування U_p як функцію сигналу неузгодження (відхилення X від його заданого значення $X_{зад}$) та збурення Z , яке надходить через компенсувальний

пристрій КП. Структуру АСР можна при потребі деталізувати. На рис.2.2.1,6 додатково показані давачі (пристрої для вимірювання) Д1 і Д2, за допомогою яких відповідно вноситься інформація про значення Z та X , виконавчий механізм ВМ і регулювальний орган РО, що формують діяння на об'єкт. Задане значення $X_{зад}$ може вводитися на елемент порівняння ЕП за допомогою спеціального задавача ЗД. ПР – перетворювач.

Процес функціонування АСР полягає в тому, що система повинна забезпечувати найкраще виконання двох умов: з максимальною точністю підтримувати $X_{зад}$ і повністю компенсувати збурення. Але це "ідеальна" система, а у реальних наближення до ідеальної оцінюється рядом показників, серед яких основним є неузгодження $\Delta X = X_{зад} - X$.

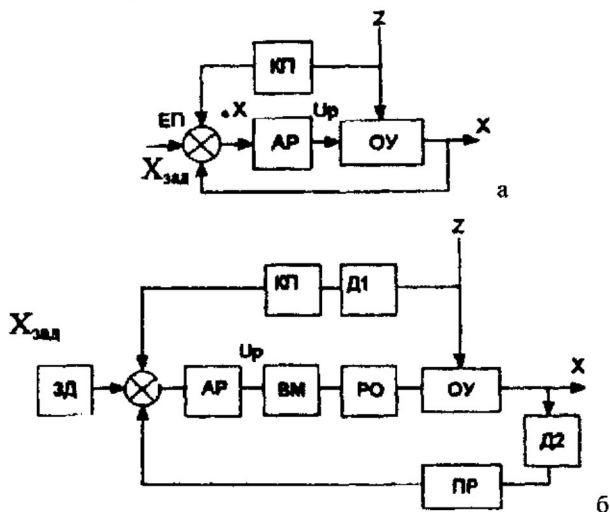


Рис. 1.2.1. Загальна структура АСР

Автоматичні системи мають різне призначення, різні структури, реалізуються різними технічними засобами, але для забезпечення працездатності необхідне дотримання таких умов:

- системи повинні бути стійкими, тобто всі перехідні процеси в них мають бути збіжними незалежно від причин, які їх викликали. Стійкість – необхідна, але недостатня умова працездатності АСР: нестійкі системи не використовуються, але для остаточної їх оцінки потрібні інші показники;

- системи повинні забезпечувати якість перехідних процесів, яку характеризують кількісними показниками - величиною відхилень у статистичній та динамічній, тривалістю і коливальністю процесів тощо;

- системи мають бути надійними, тобто у змінюваних умовах функціонування повинні зберігати працездатність. Дотримання цих вимог є необхідним і достатнім для оцінки АСР щодо її використання.

1.3. ЗАВДАННЯ ТА ВИДИ КЕРУВАННЯ

У конспекті розглядаються основи автоматизації виробничих процесів як сукупності технологічних процесів та комплексів харчової промисловості. І хоча названі об'єкти значно відрізняються один від одного, можна визначити досить обмежену кількість класів завдань керування, основні серед яких такі:

1. Підтримання на заданому рівні технологічних параметрів або функцій від них (завдання стабілізації);

2. Змінювання технологічних параметрів за певною програмою чи у відповідності з виконанням деяких умов (програмно-логічне керування);

3. Компенсація збурень, серед яких виділяються чинники зовнішнього середовища або зміну властивостей об'єкта. Тут існує кілька підкласів завдань. Передусім, це компенсація збурень, що діють на технологічні змінні об'єкта (його координати). Наступне завдання – компенсація небажаних змін властивостей об'єкта, що проявляються в процесі керування. Нарешті, для складних об'єктів і технологічних комплексів суттєвими є збурення, які викликають зміну структури об'єкта. Якщо зміни в самому об'єкті пов'язані зі зміною умов тепло- масообміну, то зміни в структурі часто спричинені відмовою в роботі окремих елементів, що є предметом вивчення теорії надійності;

4. Координація взаємодії елементів об'єкта. Це завдання набуває особливого значення для технологічних комплексів, коли функціонування окремих агрегатів неможливе без взаємного врахування умов роботи інших. Більше того, для забезпечення високих показників діяльності всього ТК необхідна взаємодія підсистем, що видно із рівнянь (1.1), (1.2).

Відповідно до зазначених завдань організують такі види керування:

- координатне, при якому за допомогою зміни вхідних величин (витрат матеріальних та енергетичних потоків) змінюють координати стану або обмежують області їх допустимих значень чи показників якості;

- параметричне, коли цілеспрямовано змінюють значення фізичних параметрів елементів об'єкта;

- структурне, при якому керуванням є цілеспрямована зміна складу елементів та (чи) зв'язків між ними і режимів функціонування.

При автоматизації складних об'єктів, особливо технологічних комплексів, названі види керування застосовують у різних поєднаннях. Вибір сфери їх використання становить одну з найважливіших проблем формування функціональної структури систем керування.

Пояснимо деякі основні положення теорії керування складними об'єктами – технологічними комплексами.

Функціональна структура відображає основні функції системи, тобто сукупність функцій (операцій, дій), які забезпечують досягнення заданої мети функціонування системи. Тоді особливо важливим є те, що для організації й реалізації керування різними об'єктами існує порівняно невеликий набір функцій – типова функціональна структура.

Інформаційні функції призначені для вимірювання значень технологічних параметрів, збирання, сортування та розподілу даних про стан об'єкта.

Функції формування керувальних діянь визначають значення останніх щодо забезпечення функціонування об'єкта на основі даних, одержаних при реалізації інформаційних функцій.

Функції реалізації керувальних діянь перетворюють сигнали від функцій формування дій керування у фізичні дії на об'єкт.

Функції програмування (вибору) режимів керування формують значення сукупності технологічних змінних (технологічні режими) за сигналами, одержаними ззовні, наприклад, від системи вищого рівня або від розв'язання завдань оптимізації підсистем ТК і координації їх роботи. Наведені функції є типовими для всіх видів керування (координатного, параметричного, структурного), а обсяг операцій та їх зміст повністю визначається властивостями і структурою об'єкта. Сукупність названих функцій та засобів їхньої технічної реалізації утворює **контур керування (регулювання)**.

Для структурного керування першочергового значення набувають й інші функції. Функція технологічного діагностування – це інформаційна функція контурів структурного керування, яка об'єднує такі операції: контроль змін технічного стану; пошук місця цих змін, оцінка глибини (обсягу) змін стану об'єкта діагностування. Для компенсації збурень у контурах структурного керування використовуються такі функції:

- реконфігурації структури об'єкта, що в результаті забезпечує вибір найкращого варіанта структури об'єкта, встановлення необхідних зв'язків і режимів функціонування окремих елементів;

- аварійного захисту, до якого входять операції оцінки відмов (простих чи аварійних) та локалізація їх впливу на працюючі елементи, а також переведення об'єкта за допомогою реконфігурації його структури в один із необхідних станів – працюючий або з простими відмовами;

- керування резервами, тобто підключення при необхідності резервних елементів і контроль результатів цих підключень;

- технологічного обслуговування та ремонту: для визначення обсягу і змісту відновних робіт, встановлення нових режимів функціонування за цей період, виконання власне обслуговування та ремонту, а також контролю якості відновних робіт.

Відзначимо ще один принципово важливий момент: структурне керування набуває все більшого значення при впровадженні програмно-технічних комплексів, тому що воно стосується і програмних засобів, які в ряді випадків відіграють вирішальну роль. Є ще одна важлива особливість: структури контурів координатного та параметричного керування близькі між собою за методами компенсації збурень, а обидва ці контури разом з об'єктом автоматизації становлять об'єкт для контурів структурного керування. Вибір варіанта функціональних структур визначається двома чинниками: видом мети (завдання) керування і способом компенсації збурень. Для координатного та параметричного керувань важливими є класи систем, які детально описані у наступному.

Системи стабілізації повинні забезпечувати "близькість" поточного значення координат (параметрів) до їх заданого значення та оцінку точності такого наближення.

У системах програмного керування "близькість" поточного значення оцінюється при зміні завдання (програми). В системах стабілізації й програмного керування задані значення координат відомі, але у першому випадку вони постійні на тривалих інтервалах часу, в другому змінюються за програмою.

У системах слідкувального керування задані (потрібні) значення координат є випадковими величинами, а саме завдання є функцією довільного виду, яка наперед відома.

Системи екстремального керування повинні забезпечувати пошук та утримання такого режиму роботи об'єкта, який відповідає екстремуму його

статичної характеристики, наприклад, максимальному тепловиділенню для теплогенераторів.

Системи оптимального керування забезпечують найкращий режим роботи об'єкта в існуючих умовах (при певних ресурсах і обмеженнях), що оцінюється кількісно за допомогою комплексного показника якості (критерію оптимальності).

У реальних системах виникає потреба в компенсації всіх трьох видів збурень: координатних, параметричних, структурних. У багатьох випадках компенсація одного із збурень зумовлює повну чи часткову компенсацію інших. Для компенсації збурень використовуються різні функціональні структури. При безпосередньому вимірюванні збурень можна так організувати додатковий контур у системі, що її вихідна величина не буде взагалі відчувати дію збурень (**інваріантні системи**). В системах керування найчастіше організовують **контур за відхиленням**, коли сигнал керування формується згідно з величиною відхилення регульованих координат від їх заданих значень (неузгодження). При необхідності поліпшення якості керування і відповідно до конкретних властивостей об'єкта застосовуються **комбіновані системи**. Детально їх розглядають у наступному розділі, а тут наводяться лише дані для загального уявлення про класи систем, види та завдання керування.

Окремий клас становлять **адаптивні системи**, які для об'єктів харчової промисловості мають першочергове значення. Як уже згадувалося вище, в процесі експлуатації значно змінюються властивості об'єктів (умови тепло - та масообміну, константи хімічних реакцій тощо). Це так звані параметричні (внутрішні) збурення, тоді як на об'єкт діють численні зовнішні збурення. Тому системи керування слід наділити властивостями адаптації (пристосування), що можна здійснити різними шляхами: зміною структури, параметрів настроювання або одним і другим одночасно.

При значно змінюваних характеристиках об'єкта й зовнішнього середовища застосовуються системи із **самоналаштуванням** (рос - самонастраивающиеся). В цих системах у контурі керування використовуються математичні моделі об'єкта (еталонні або одержувані в процесі роботи). Тому з'являється можливість постійно враховувати еволюцію об'єкта, зміни в зовнішньому середовищі й оперативно реагувати на них. У цьому класі систем розглядаються також системи зі змінною структурою, коли під час роботи автоматично підключаються (комутуються) різні елементи системи, які потрібні в різних ситуаціях роботи. Наголосимо ще раз, що сучасна теорія і практика автоматизації виробництва мають у своєму розпорядженні широкий