

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

В. Е. АБРАКІТОВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з курсу

«Автоматизація технологічних процесів»

*(для студентів I курсу денної форми навчання
освітнього рівня «бакалавр» галузі знань 26 – Цивільна безпека спеціальності
263 – Цивільна безпека. Охорона праці)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016

Абракітов В. Е. Конспект лекцій з курсу «Автоматизація технологічних процесів» (для студентів 1 курсу денної форми навчання освітнього рівня «бакалавр» галузі знань 26 – Цивільна безпека спеціальності 263 – Цивільна безпека. Охорона праці) / В. Е. Абракітов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 80 с.

Автор: д-р техн. наук, доц.. В. Е. Абракітов.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Я. О. Серіков

*Рекомендовано кафедрою “Безпека життєдіяльності”,
протокол засідання № 8 від 28.11.2012 р.*

Зміст

ВСТУП.....	5
ЗМ 1. Теоретичні основи автоматизації технологічних процесів	8
Лекція 1. Основні поняття й визначення. Загальне подання про предмет вивчення дисципліни	8
1.1 Основні поняття й визначення.....	8
1.2 Історичні відомості.....	9
1.3 Умовний розподіл автоматичних робочих машин	12
1.4 Автоматизовані системи управління технологічними процесами	14
Лекція 2. Функціональна структура АСУ ТП.....	17
2.1 Поняття про функції АСУ ТП	17
2.2 Технічне забезпечення АСУ ТП.....	19
Лекція 3. Програмне забезпечення АСУ ТП. Стадії розробки АСУ ТП.....	23
3.1 Програмне забезпечення АСУ ТП.....	23
3.2 Стадії розробки АСУ ТП	25
Лекція 4. Економічні аспекти розробки АСУ ТП	27
Лекція 5. Структурні схеми об'єкта регулювання	30
5.1 Вибір структури системи	30
5.2 Послідовність вибору системи автоматизації.....	34
5.3. Групи факторів та різновиди збурювань.....	35
ЗМ 2. Надійність і безпека автоматизованих систем	38
Лекція 6. Надійність і безпека автоматизованих систем: загальні відомості	38
6.1 Основні поняття й визначення.....	38
6.2 Класифікація відмов.....	42
Лекція 7. Показники АСУ.....	43
7.1 Показники надійності АСУ	43
7.2 Показники безвідмовності	44
7.3 Показники ремонтпридатності	45
7.4 Показники довговічності	46
7.5 Показники збереженості	46

Лекція 8. Аналіз надійності АСУ й методи підвищення надійності	47
8.1 Аналіз надійності АСУ в процесі проектування	47
8.2. Метод розрахунку надійності по середньгрупових значеннях інтенсивностей відмов	48
8.3 Метод розрахунку надійності з використанням даних експлуатації.....	48
8.4 Коефіцієнтний метод.....	49
8.5 Ефективність АСУ	49
Лекція 9. Підвищення надійності АСУ	50
9.1 Методи підвищення надійності АСУ	50
9.2 Принципи забезпечення програмної надійності АСУ	51
Лекція 10. Резервування АСУ	53
10.1 Резервування АСУ	53
10.2 Технічна діагностика АСУ. Алгоритми й методи діагностування	54
ЗМ 1.3. Елементи систем автоматики	57
Лекція 11. Основні елементи систем електроавтоматики	57
11.1 Класифікація елементів систем електроавтоматики	57
11.2 Деякі характеристики елементів електроавтоматики.....	61
Лекція 12. Державна система приладів. Електрична галузь.....	65
Лекція 13. Електричні керуючі пристрої	67
13.1 Поняття регулювання й керування.....	67
Лекція 14. Види керуючих пристроїв	70
Лекція 15. Контролери й структури просунутих систем управління.....	72
15.1 Контролери систем управління	72
15.2 Електричні виконавчі пристрої.....	75
Список джерел.....	76
1. Рекомендована основні навчальні джерела	76
2. Рекомендовані додаткові навчальні джерела.....	76

ВСТУП

Автоматизація – це етап машинного виробництва, який характеризується передачею функції управління від людини до автоматичних пристроїв.

Автоматизація технологічних процесів - це технічна дисципліна, що займається вивченням, розробкою й створенням автоматичних пристроїв і механізмів (тобто тих, що працюють без безпосереднього втручання людини).

Навчальна дисципліна „Автоматизація технологічних процесів” – це інтегрована дисципліна гуманітарно-технічного спрямування, яка узагальнює дані відповідної науково-практичної діяльності, формує поняттєво-категорійний, теоретичний і методологічний апарат, необхідний для вивчення в подальшому дисциплін з охорони праці, захисту навколишнього середовища, цивільного захисту та інших дисциплін, що вивчають конкретні небезпеки і способи захисту від них.

Навчальна програма дисципліни „Автоматизація технологічних процесів” розроблена на виконання статті 20 Закону України „Про охорону праці”, а також згідно з вимогами Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 26. 01. 2005 року №15 за узгодженням з Міністерством освіти України, Міністерством охорони здоров’я України, МВС України, Державним комітетом з ядерної та радіаційної безпеки України і Федерацією профспілок України, за рішенням комісії науково-методичної ради Міністерства освіти України з охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Дисципліна “Автоматизація технологічних процесів” відноситься до циклу дисциплін за вибором студента для підготовки бакалаврів за галуззю знань 1702 “Цивільна безпека” напряму підготовки 6.170202 “Охорона праці”.

Необхідна навчальна база перед початком вивчення дисципліни: з метою найкращого засвоєння матеріалу студенти повинні до початку вивчення дисципліни опанувати знання і навички забезпечення безпеки діяльності, життя та здоров'я людини.

Мету та завдання вивчення дисципліни викладено в п.1.1 цього Конспекту

Програмою предмету «Автоматизація технологічних процесів» передбачається вивчення основних визначень і знань про технологічні об'єкти

управління; вивчення правил виконання схем автоматизації і схем управління процесами, типових схем контролю, регулювання, сигналізації; схем автоматизації різних технологічних процесів, використання обчислювальної техніки в управлінні процесами. При викладанні предмету необхідно спиратися на знання, які отримані студентом при вивченні предметів: «Обчислювальна техніка». Викладання матеріалу повинно бути логічно послідовним і проводитися на основі останніх досягнень науки і техніки.

В результаті вивчення предмету студенти повинні:

Знати:

- типові схеми автоматизації технологічних процесів;
- принципи побудови схем автоматизації;
- приклади застосування обчислювальної техніки в управлінні технологічними процесами

Набути навичок і умінь:

- користуватися правилами побудови схем автоматизації;
- обґрунтовувати вибір регульованих, контрольованих, сигналізованих параметрів;
- вирішувати виробничі завдання;
- використовувати обчислювальну техніку в управлінні технологічними процесами;
- користуватися довідковою і технічною літературою.

Предмет вивчення у дисципліні викладено в п.1.1 цього Конспекту.

Дисципліна «Автоматизація технологічних процесів» викладається на першому курсі протягом одного семестру. Вона становить один модуль в 2 кредити тривалістю 72 навчальних години. Зазначений модуль складається з 3-х змістових модулів: двох по 0,75 кредиту, тривалістю 24 годин кожний, та одного - 0,5 кредиту а саме:

- змістовий модуль №1 (далі – ЗМ1). Теоретичні основи автоматизації технологічних процесів (0,75 кредити/24 год.);
- змістовий модуль №2 (ЗМ2). Надійність і безпека автоматизованих систем (0,75 кредити /24 год);
- змістовий модуль №3 (ЗМ3). Елементи систем автоматики (0,5 кредити /18 год).

Практичні заняття із дисципліни проводяться в комп'ютерному класі Академії (Центр дистанційного навчання) із застосуванням системи Moodle.

Електронна адреса курсу «Автоматизація технологічних процесів для студентів 1 курсу спеціальності "Охорона праці" напряму "Цивільний захист" (викладач - В.Е. Абракітов)» -

<http://www.ksame.kharkov.ua/moodle/course/view.php?id=332>

Там же розташовану електронну версію цього Конспекту.

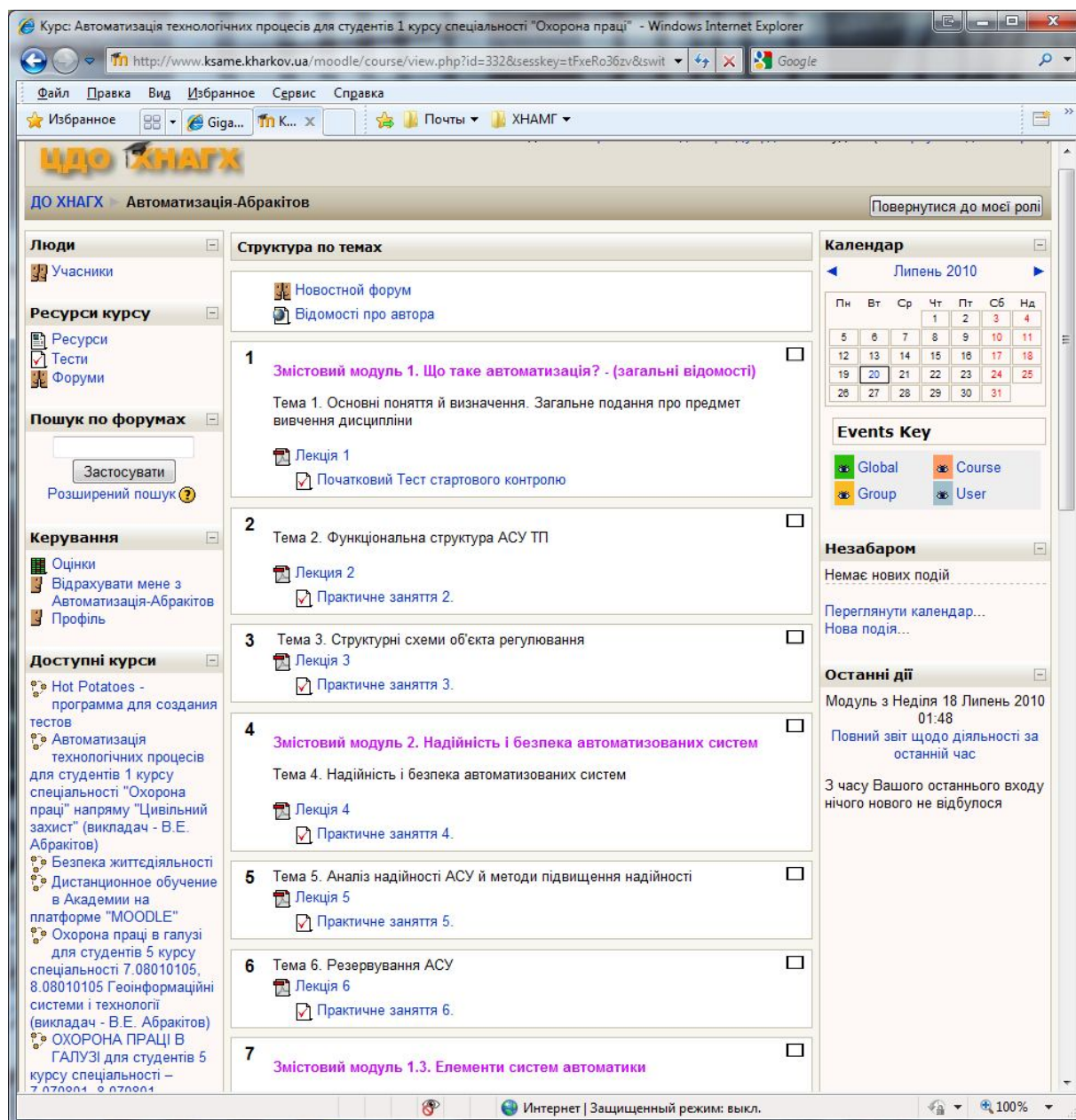


Рисунок 1 – Інтерфейс курсу «Автоматизація технологічних процесів» на сайті Академії (ЦДО) за електронною адресою <http://www.ksame.kharkov.ua/moodle/course/view.php?id=332>

ЗМ 1. Теоретичні основи автоматизації технологічних процесів

Лекція 1. Основні поняття й визначення. Загальне подання про предмет вивчення дисципліни

1.1 Основні поняття й визначення

Автоматизація – це технічна дисципліна, котра займається вивченням, розробкою й створенням автоматичних пристроїв і механізмів (тобто тих, що працюють без безпосереднього втручання людини).

Автоматизація – це етап машинного виробництва, який характеризується передачею функції управління від людини до автоматичних пристроїв.



Рисунок 1.1 – Мета та завдання автоматизації технологічного процесу

ТОУ - технологічний об'єкт управління - сукупність технологічного встаткування й реалізованого на ньому технологічного процесу.

АСУ - автоматизована система управління - це людино-машинна система, що забезпечує автоматизований збір й обробку інформації, необхідну для оптимального керування в різних сферах людської діяльності.

Як правило, в результаті автоматизації технологічного процесу, створюється АСУ ТП (про це докладно - далі).

Автоматизація технологічних процесів в рамках одного виробничого процесу дозволяє організувати основу для впровадження систем управління виробництвом і систем управління підприємством.

У зв'язку з диференціацією підходів розрізняють автоматизацію наступних технологічних процесів:

Автоматизація безперервних технологічних процесів (Process Automation)

Автоматизація дискретних технологічних процесів (Factory Automation)

Автоматизація гібридних технологічних процесів (Hybrid Automation)

1.2 Історичні відомості

Вся історія техніки являє собою боротьбу за поступове звільнення людини від особистої участі в процесі виробництва.

Виробничі функції, виконувані людиною в процесі праці, розподіляються на чотири основні групи:

- 1) енергетичні (додаток зусиль для виконання роботи);
- 2) технологічні (використання знарядь праці для зміни форми, состава, структури предмета праці);
- 3) функції управління робочою машиною
- 4) контрольно-регулюючі (контроль, регулювання, програмування процесу).

Перші три групи функцій повинні здійснюватися людиною при кожному робочому циклі, тобто при виготовленні кожного виробу, а контрольно-регулюючі функції є позацикловими й можуть здійснюватися лише періодично.

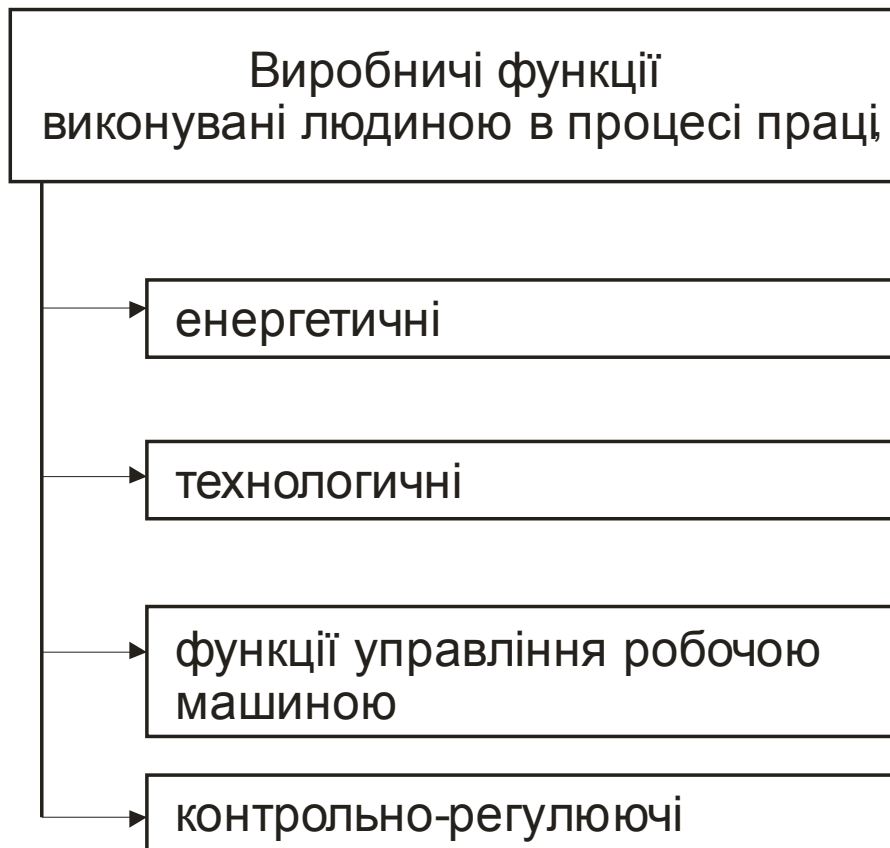


Рисунок 1.2 – Класифікація виробничих функцій

Заміна безпосередніх виробничих функцій людини технічними засобами - закон розвитку продуктивних сил. Щораз, коли відбувається інтенсивна заміна тих або інших функцій людини в процесі праці технічними засобами, спостерігаються корінні зрушення в розвитку продуктивних сил, що свідчить про технічну революцію.

Наприкінці XVIII і початку XIX століть відбувалася технічна революція, суть якої складалася в широкому впровадженні машин, що дало можливість перейти від мануфактурного виробництва до машинно-фабричного. При цьому людина звільнялася від енергетичних і технологічних функцій, але залишався прикутим до верстата, тому що повинен був брати участь у кожному виробничому циклі, управляючи машиною й зберігаючи за собою повністю контрольно-регулювальні функції.

Первісне знаряддя праці - інструмент приєднувався до органів людського тіла, роблячи їх більш довгими, сильнішими й т.п. Промислова революція, пов'язана з поширенням машин, почалася з моменту, коли інструмент із рук робітника перейшов у робочу частину машини. Робоча машина замінює

робітника, що діє одночасно тільки одним знаряддям, таким механізмом, що разом оперує безліччю однакових або однорідних знарядь і приводиться в дію однією руховою силою, яка б не була форма останньої. При цьому також створюється можливість використати стороннє джерело енергії (воду, пару або електрику) і значно збільшити робоче зусилля, звільнившись від енергетичних функцій.

На цьому етапі людина ще бере участь безпосередньо у виробничому процесі. Робочі машини управляються людиною, а значать вироби виготовляються людиною за допомогою машин, які тільки полегшують працю й роблять його більше продуктивним.

Отже, перший етап застосування робочих машин, де операцій управління, контролю, регулювання й програмування виробничих процесів виконуються винятково людиною, характеризується механізацією виробництва.

У наш час знову відбувається технічна революція, яка виражається переходом від машинно-фабричного до комплексно-автоматизованого виробництва, суть якого складається в широкому впровадженні автоматичних робочих машин й їхніх систем. При цьому людина повністю звільняється від функцій управління машиною при кожному робочому циклі; він уже не прикутий до машини, що працює відомі періоди часу самостійно; вироби виготовляються самою машиною, а за людиною залишаються тільки функції контролю, спостереження, регулювання й програмування процесу виробництва (позациклові функції). Цей етап представляє вже початковий щабель автоматизації виробництва.

Нові машини й апарати полегшують і замінюють фізичну працю людини, колосально збільшують силу її рук, незмірно підвищують гостроту її органів почуттів. Однак донедавна майже всі, навіть найбільш зроблені, механізми й прилади призначалися для виконання досить різноманітних, але тільки виконавчих функцій; Область розумової діяльності, психіка, сфера логічних функцій людського мозку здавалися зовсім недоступними механізації.

Сучасний рівень розвитку радіоелектроніки дозволяє вченим й інженерам ставити й дозволяти завдання створення нових пристроїв, які звільняють людину від необхідності стежити за виробничим процесом і направляти його, тобто замінюють оператора, диспетчера. З'явився новий клас машин - керуючі

машини. Вони можуть виконувати найрізноманітніші й часто досить складні завдання керування виробничими процесами. Створення керуючих машин дозволяє перейти від автоматизації окремих верстатів й агрегатів до комплексної автоматизації конвеєрів, цехів, цілих заводів.

1.3 Умовний розподіл автоматичних робочих машин

Автоматичні робочі машини й системи автоматичних машин можна розділити на наступні види.

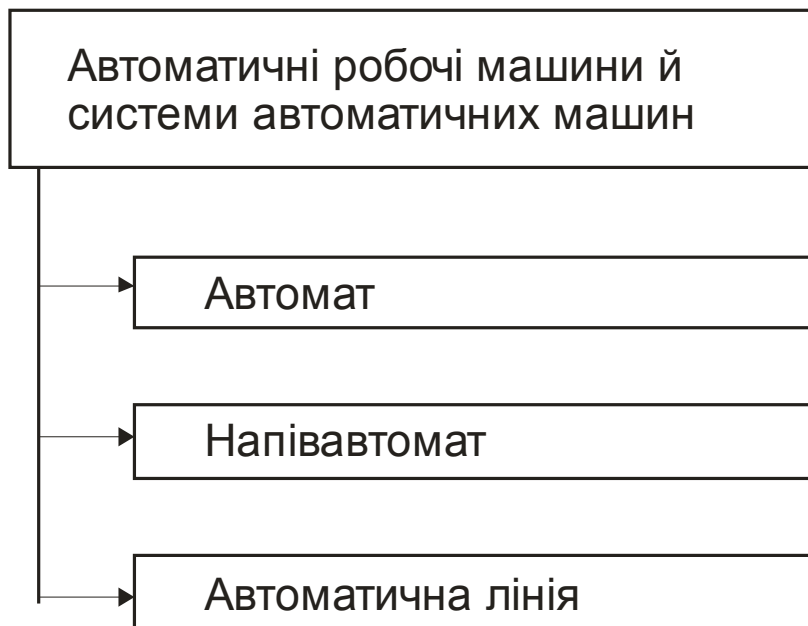


Рисунок 1.3 – Класифікація автоматичних робочих машин

Автомат – це така машина, на якій всі роботи неодноразово здійснюються без участі людини, тобто автоматично.

При цьому людина здійснює налагодження автомата, заповнення заготівлями й необхідними матеріалами завантажувальних пристроїв, періодичний контроль обробки й підналагодження, а також зміну інструмента при його затупленні.

На автоматах окремих типів контроль обробки, підналагодження автомата, а також частково зміна інструмента можуть також виконуватися автоматично.

Напівавтомат відрізняється від автомата тим, що він автоматично виконує тільки один робочий цикл і для його повторення потрібне втручання робітника. Наприклад, металорізальний напівавтомат не має звичайно автоматичного

завантаження, і робітник повинен спочатку кожного циклу вручну встановити й закріпити заготівлю, пустити верстат у хід, а іноді й зняти оброблений виріб.

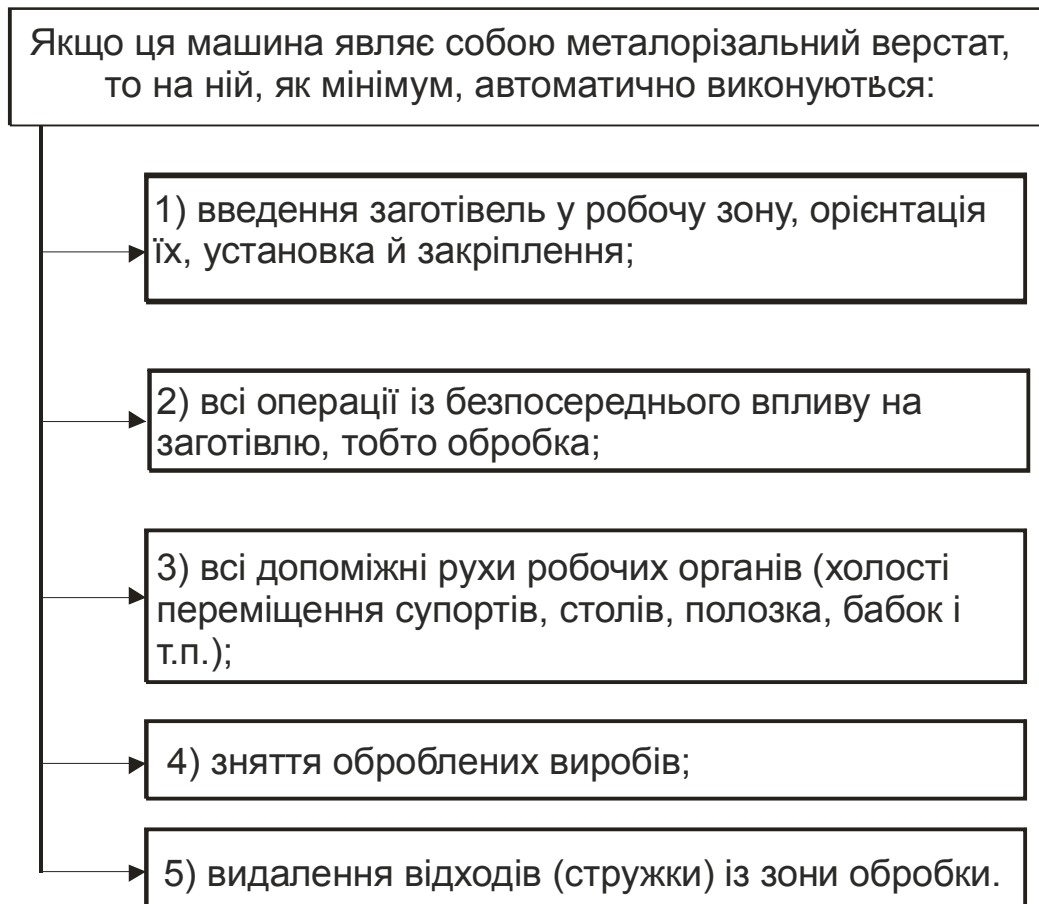


Рисунок 1.4 – Розподіл робочих операцій на прикладі металорізального верстата-автомата

Автоматична лінія являє собою групу верстатів-автоматів, об'єднаних загальними транспортними пристроями й загальним механізмом керування, або одну машину з декількома робочими позиціями, що здійснюють без участі людини в певній технологічній послідовності, тобто з послідовним переміщенням і перезакріпленням напівфабрикату на різних робочих позиціях, комплекс операцій частини виробничого процесу, для якої автоматична лінія призначена.

Тут людина здійснює тільки функції налагодження, спостереження й регулювання, у деяких випадках (поки в більшості) контролів обробки й підналагодження, а також зміну інструмента при його затупленні.

1.4 Автоматизовані системи управління технологічними процесами

Розвиток промисловості, де переважають безперервні технологічні процеси (наприклад, нафтохімічна, нафтопереробна, металургійна й ін.) зажадало створення більше зроблених систем управління, чим локальні. Ці принципово нові системи одержали назву автоматизованих систем управління технологічними процесами - АСУ ТП.

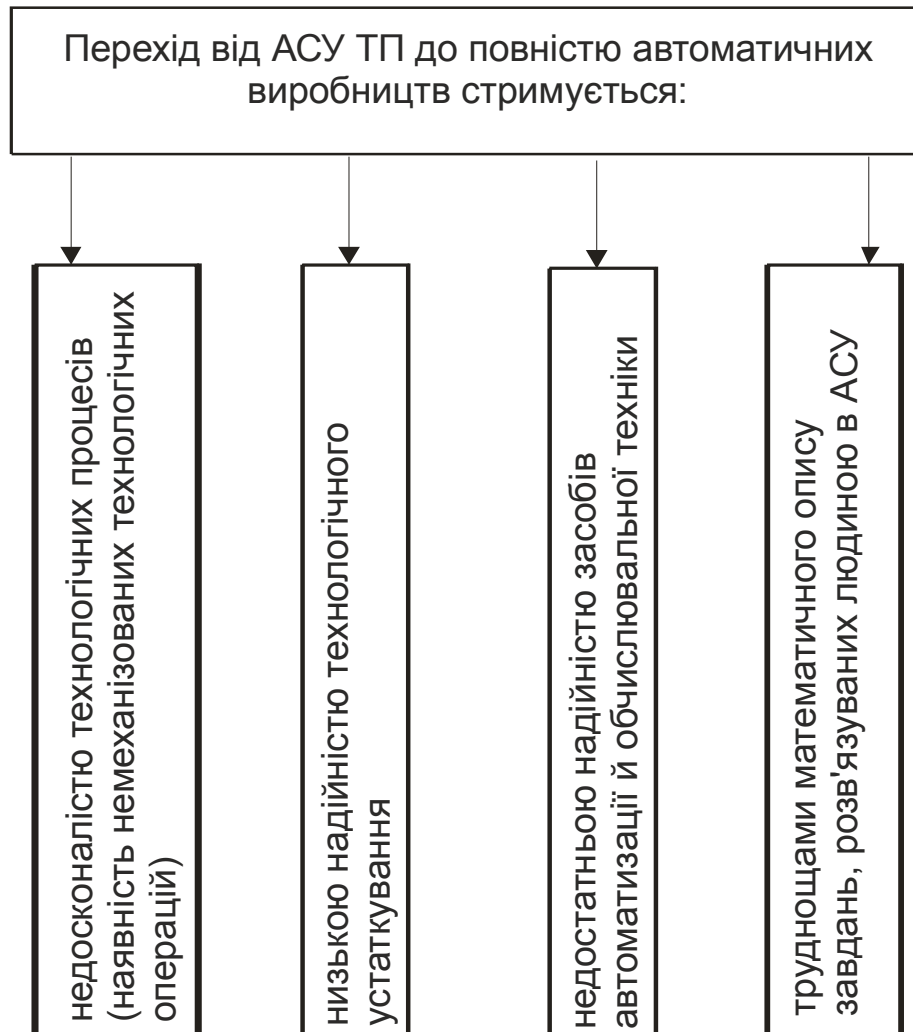


Рисунок 1.5 – Труднощі переходу від АСУ ТП до повністю автоматичних виробництв

Створення АСУ ТП стало можливим завдяки створенню ЕОМ, збільшенню їхніх обчислювальних ресурсів і надійності.

АСУ ТП - називають АСУ для виробітку й реалізації керуючих впливів на технологічний об'єкт управління відповідно до прийнятого критерію керування - показником, що характеризує якість роботи технологічного об'єкта управління й приймає певні значення залежно від використовуваних керуючих впливів.

АТК - сукупність спільно функціонуючих технологічних об'єктів управління й АСУ ТП; вони утворюють автоматизований технологічний комплекс.



Рисунок 1.6 – Чим АСУ ТП відрізняється від локальних систем автоматизації роботи й від систем керування автоматичними виробництвами типу цехів і заводів-автоматів?

Глобальна мета управління технологічними об'єктами управління за допомогою АСУ ТП складається в підтримці екстремального значення критерію управління при виконанні всіх умов, що визначають безліч припустимих значень керуючих впливів.

У більшості випадків глобальна мета розбивається на ряд приватних цілей; для досягнення кожної з них потрібне рішення більше простого завдання управління.

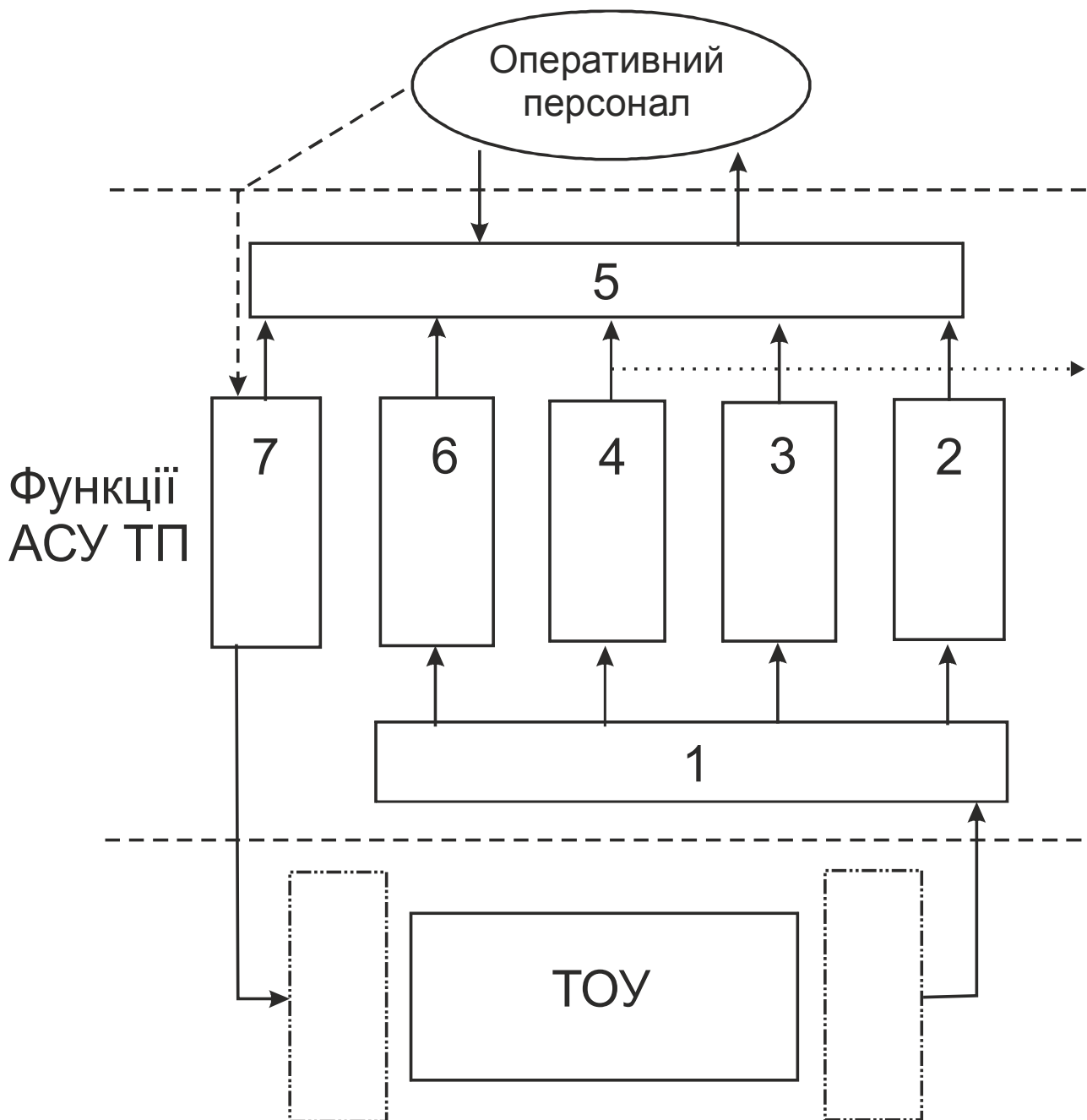


Рисунок 1.7 – Типова функціональна структура АСУ ТП:

1- первинна обробка інформації;

2 - виявлення відхилень технологічних параметрів і показників стану встаткування від установлених значень;

3 - розрахунок невимірюваних величин і показників);

4 - підготовка інформації й виконання процедур обміну із суміжними й іншими АСУ;

5 - оперативне й (або) по виклику відображення й реєстрація інформації;

6 - визначення раціонального режиму технологічного процесу;

7 - формування керуючих впливів, що реалізують обраний режим.

Лекція 2. Функціональна структура АСУ ТП

2.1 Поняття про функції АСУ ТП

Функцією АСУ ТП називають дії системи, спрямовані на досягнення однієї із приватних цілей управління.

Приватні цілі управління, як і функції, що їх реалізують, перебувають у певній супідрядності, утворюють функціональну структуру АСУ ТП.



Рисунок 2.1 – Функції АСУ ТП

Керуючі функції забезпечують підтримку екстремальних значень критерію управління в умовах виробничої ситуації, які змінюються:



Рисунок 2.2 – Керуючі функції діляться на дві групи

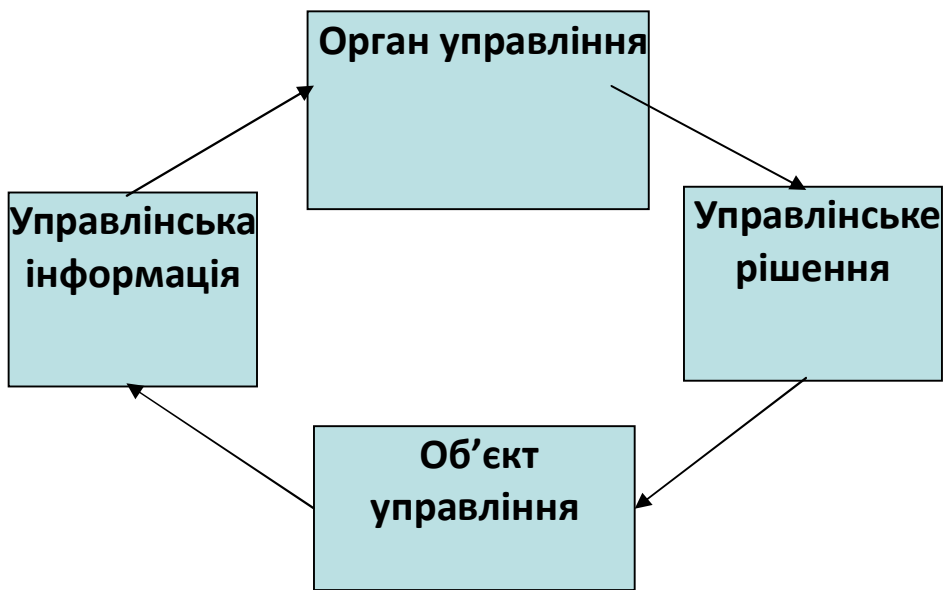


Рисунок 2.3 – Блок-схема ухвалення управлінського рішення

Допоміжні функції забезпечують рішення внутрісистемних завдань.

Для реалізації функцій АСУ ТП необхідні умови, наведені на рисунку 2.4:

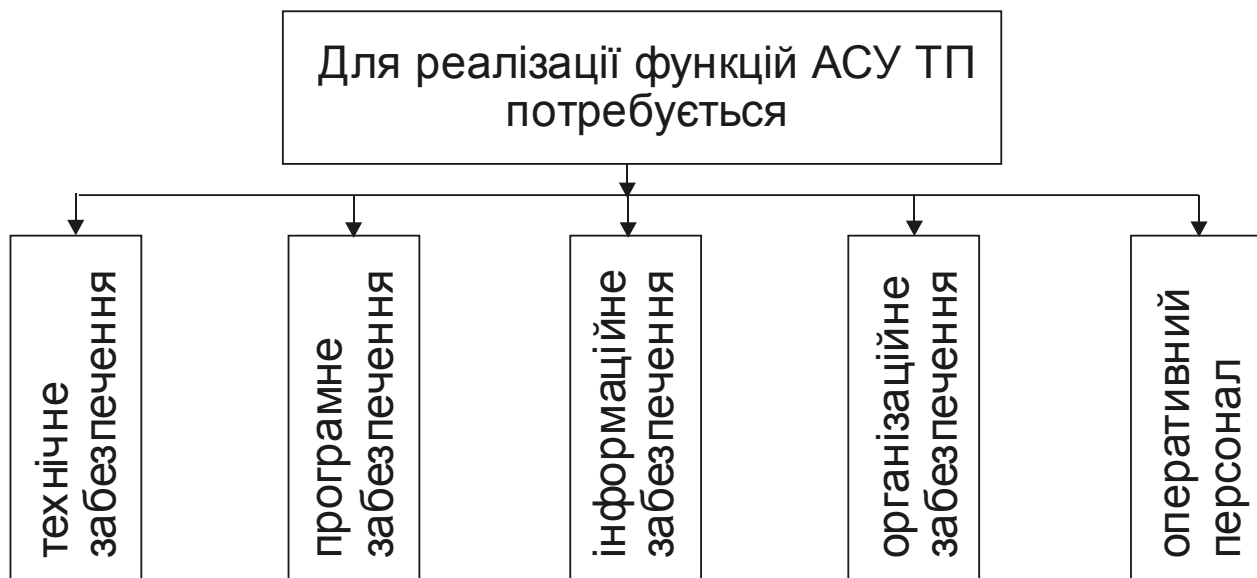


Рисунок 2.4 - Умови для реалізації функцій АСУ ТП?

2.2 Технічне забезпечення АСУ ТП

Технічне забезпечення АСУ ТП становить комплекс технічних засобів, що містить наступні елементи, які наведено на рис. 2.5:

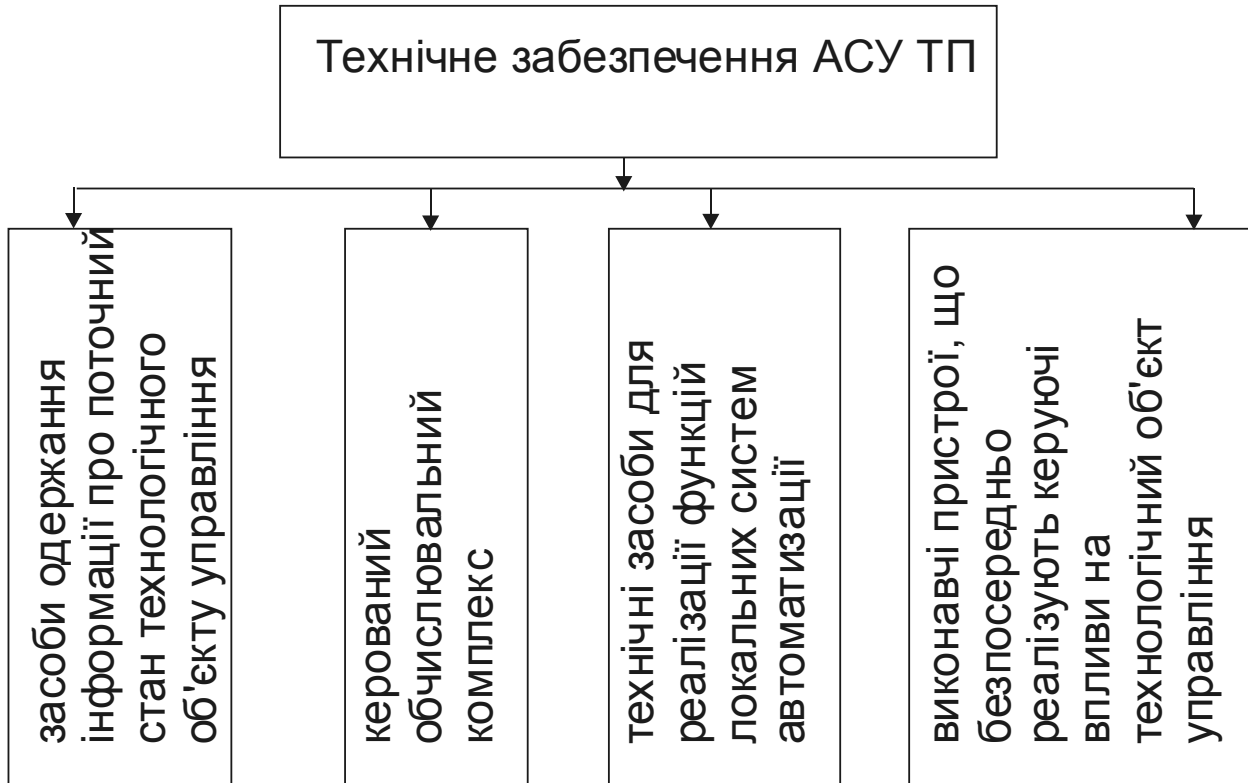


Рисунок 2.5 – Технічне забезпечення АСУ ТП як комплекс технічних засобів

У комплекс технічних засобів багатьох АСУ ТП входять механічні засоби автоматизації із состава електричної галузі.

Специфічним компонентом комплексу технічних засобів є керований обчислювальний комплекс, до складу якого входять властиво обчислювальний комплекс (ВК), пристрої зв'язку ВК із об'єктом (УСО) і з оперативним персоналом.

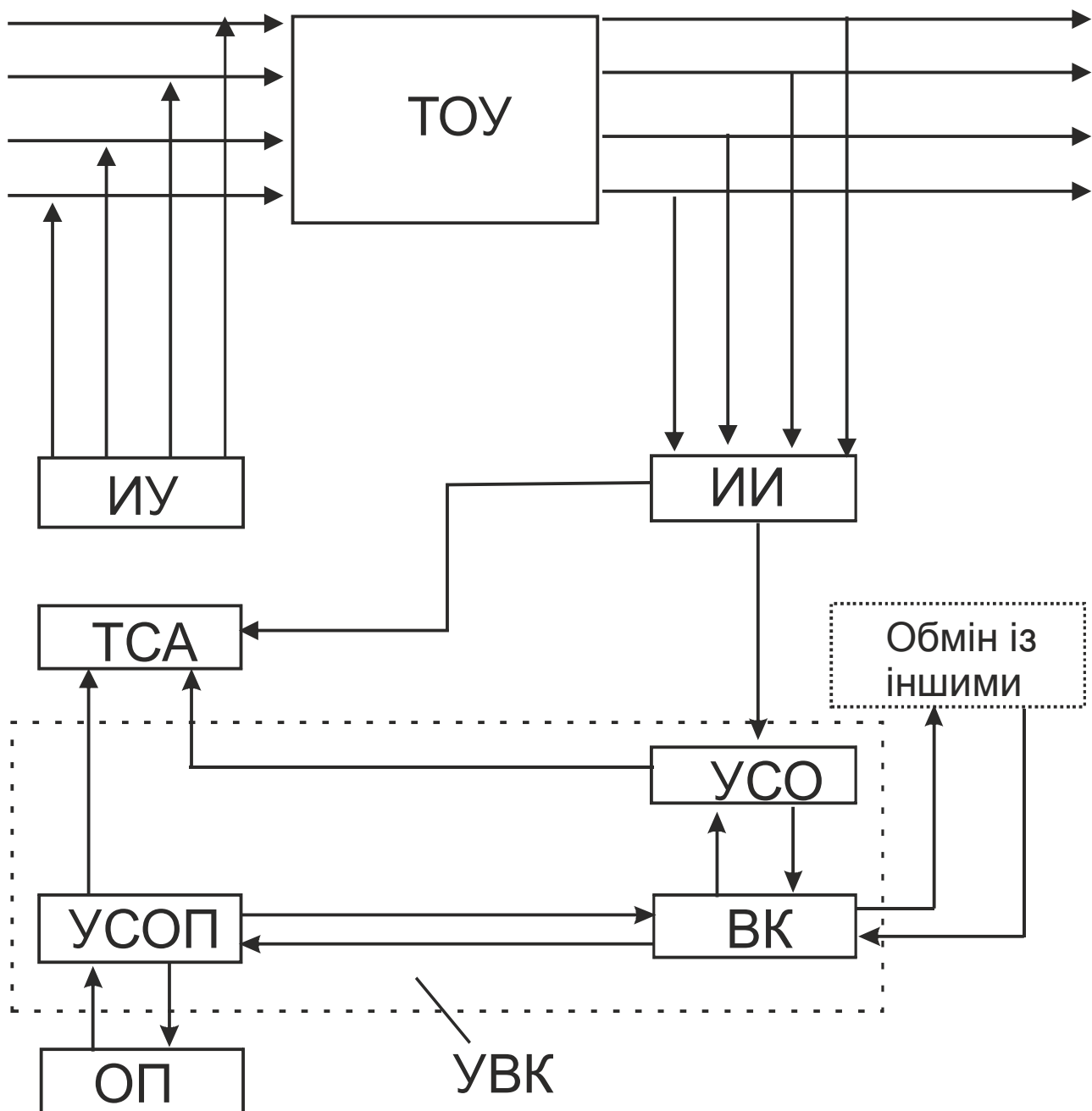


Рисунок 2.6 – Технічна структура КТС АСУ ТП для роботи в супервізорному режимі.

Умовні позначення:

ИИ - джерело інформації;

УСО - пристрій зв'язку з об'єктом;

ВК - обчислювальний комплекс;

УВК - керований обчислювальний комплекс;

УСОП - пристрій зв'язку з оперативним персоналом;

ОП - оперативний персонал;

ТСА - технічні засоби автоматизації для реалізації функцій локальних систем;

ИУ - виконавчі пристрої.

Першим і дотепер розповсюдженим типом технічних структур АСУ ТП є централізована. У системах із централізованою структурою вся інформація, необхідна для керування, надходить у єдиний центр - операторський пункт, де встановлені практично всі технічні засоби АСУ ТП, за винятком джерел інформації й виконавчих пристроїв. Така технічна структура найбільш проста й має ряд переваг.

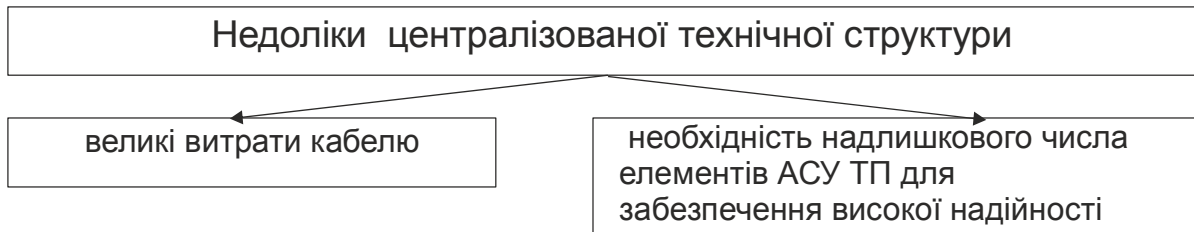


Рисунок 2.7 – Недоліки вищевказаної технічної структури

Такі системи доцільні для порівняно невеликих по потужності й компактних автоматизованих технологічних комплексів.

У зв'язку із впровадженням мікропроцесорної техніки все більше поширення одержує розподілена технічна структура АСУ ТП, тобто розчленована на ряд автономних підсистем - локальних технологічних станцій керування, територіально розподілених по технологічних ділянках керування. Кожна локальна підсистема являє собою однотипно виконану централізовану структуру, ядром якої є керуюча мікро-ЕОМ.

Локальні підсистеми через свої мікро-ЕОМ об'єднані в єдину систему мережею передачі даних.

До мережі підключається необхідне для керування автоматизованим технологічним комплексом число терміналів для оперативного персоналу.

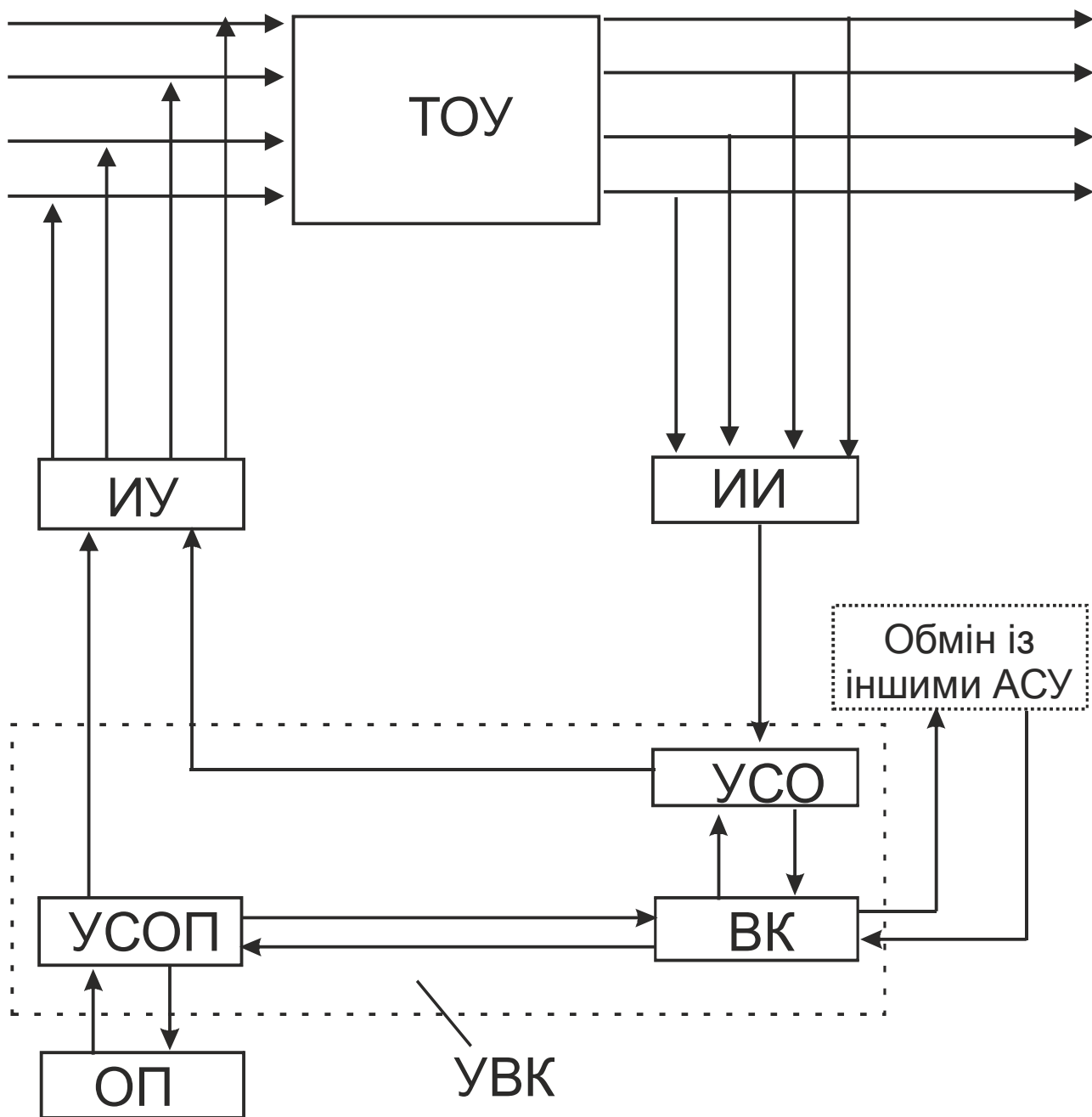


Рисунок 2.8 – Технічна структура комплексу технічних засобів АСУ ТП для роботи в режимі безпосереднього цифрового управління.

Лекція 3. Програмне забезпечення АСУ ТП. Стадії розробки АСУ ТП

3.1 Програмне забезпечення АСУ ТП

Програмне забезпечення АСУ ТП зв'язує всі елементи розподіленої технічної структури в єдине ціле, що володіє рядом достоїнств:

- можливістю одержання високих показників надійності за рахунок розщеплення АСУ ТП на сімейство порівняно невеликих і менш складних автономних підсистем і додаткового резервування кожної із цих підсистем через мережу;
- застосування більше надійних засобів мікроелектронної обчислювальної техніки;
- великою гнучкістю при композиції й модернізації технічного й програмного забезпечення й т.д.

Більшість функцій АСУ ТП реалізуються програмно, тому найважливішим компонентом АСУ ТП є її програмне забезпечення, тобто сукупність програм, що забезпечують реалізацію функцій АСУ ТП. Програмне забезпечення АСУ ТП ділиться на:

- загальне;
- спеціальне.

Загальне програмне забезпечення поставляється в комплекті із засобами обчислювальної техніки.

Спеціальне програмне забезпечення розробляється при створенні конкретної АСУ ТП і включає програми, що реалізують її інформаційні й керуючі функції.

Програмне забезпечення створюється на базі математичного забезпечення. Математичне забезпечення - сукупність математичних методів, моделей й алгоритмів для рішення завдань й обробки інформації із застосуванням обчислювальної техніки.

Для реалізації інформаційних і керуючих функцій АСУ ТП створюють спеціальне математичне забезпечення, до складу якого входять:

- алгоритм збору, обробки й подання інформації;

- алгоритми керування з математичними моделями відповідних об'єктів керування;

- алгоритми локальної автоматизації.

Всі взаємодії як усередині АСУ ТП, так і із зовнішнім середовищем являють собою різні форми інформаційного обміну, необхідні масиви даних і документів, які забезпечують при експлуатації АСУ ТП виконання всіх її функцій.

Правила обміну інформацією й самою інформацією, що циркулює в АСУ ТП, утворюють інформаційне забезпечення АСУ ТП.

Організаційне забезпечення АСУ ТП являє собою сукупність описів функціональної, технічної й організаційної структур системи, інструкцій і регламентів для оперативного персоналу, що забезпечує задане функціонування АСУ ТП.

Оперативний персонал АСУ ТП складається з технологів-операторів, що здійснюють керування технологічним об'єктом управління, експлуатаційного персоналу, що забезпечує функціонування АСУ ТП (оператори ЕОМ, програмісти, персонал по обслуговуванню апаратур комплексу технічних засобів).

Оперативний персонал АСУ ТП може працювати в контурі керування або поза нього.

При роботі в контурі керування обслуговуючий персонал реалізує всі функції керування або частина їх, використовують рекомендації з раціонального керування ТОУ, вироблені комплексом технічних засобів. Такий режим функціонування АСУ ТП називають інформаційно-дорадчим.

Якщо оперативний персонал працює поза контуром керування, він задасть АСУ ТП режим роботи й здійснює контроль за його дотриманням. У цьому випадку, залежності від состава комплексу технічних засобів, АСУ ТП може функціонувати у двох режимах:

- комбінованому (супервізорному);

- у режимі безпосереднього цифрового керування, при якому УВК безпосередньо впливає на виконавчі пристрої, змінюючи керуючого впливу на ТОУ.

3.2 Стадії розробки АСУ ТП

Створення АСУ ТП включає п'ять стадій, які представлено на рисунку 3.1:

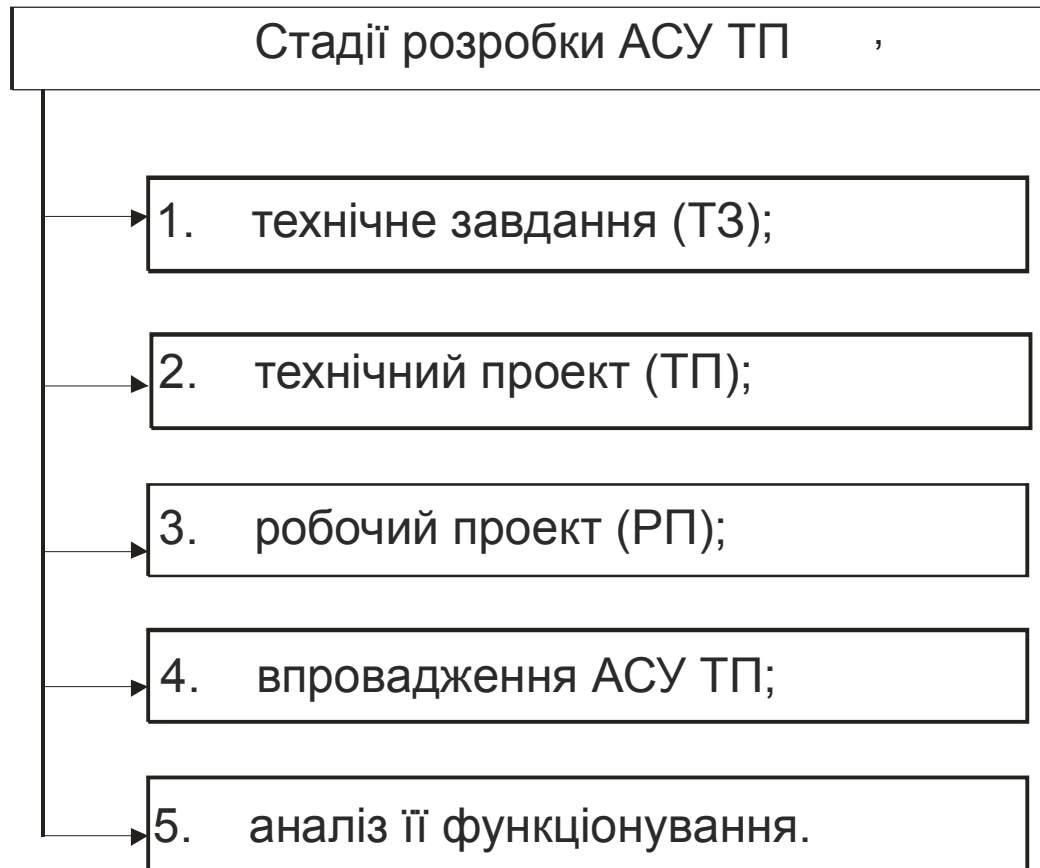


Рисунок 3.1 – Стадії розробки АСУ ТП

На стадії ТЗ основним етапом є *допроектні науково-дослідні роботи* (НДР), звичайно виконувані науково-дослідною організацією разом з підприємством-замовником. Головне завдання допроектних НДР - вивчення технологічного процесу як об'єкта керування. При цьому визначають мета й критерії якості функціонування технологічного об'єкту управління, техніко-економічні показники об'єкта-прототипу, їхнього зв'язку з технологічними показниками; структуру технологічного об'єкту управління, тобто вхідні впливи (у тому числі контрольовані й неконтрольовані впливи, що обурюють, і керуючого впливу), вихідні координати й зв'язки між ними; структуру математичних моделей статички й динаміки, значення параметрів й їхня стабільність (ступінь стаціонарності технологічного об'єкту управління); статистичні характеристики впливів, що обурюють.

Найбільш трудомістке завдання на етапі допроектних НДР - побудова математичних моделей технологічного об'єкту управління, які надалі використовують при синтезі АСУ ТП. При синтезі локальних АСУ звичайно використовують лінійні моделі динаміки у вигляді лінійних диференціальних рівнянь 1 - 2-го порядку із запізнюванням, які одержують обробкою експериментальних або розрахункових перехідних функцій по різних каналах впливу. Для рішення завдань оптимального керування статичними режимами використовують кінцеві співвідношення, отримані з рівнянь матеріального й енергетичного балансу технологічного об'єкту управління, або рівняння регресії. У завданнях оптимального керування динамічними режимами використовують нелінійні диференціальні рівняння, отримані з рівнянь матеріального й енергетичного балансу, записаних у диференціальній формі.

При виконанні допроектних НДР застосовують методи аналізу систем автоматичного управління, і методи побудови математичних моделей.

Результати, отримані на етапі допроектних НДР, використовують на етапі *ескізної розробки АСУ ТП*, у ході якого виконуються наступні роботи:

- вибір критерію й математична постановка завдання оптимального керування технологічного об'єкту управління, її декомпозиція (при необхідності) і вибір методів рішення глобального й локального завдань оптимального керування, на основі яких надалі будують алгоритм оптимального керування;
- розробка функціональної й алгоритмічної структури АСУ ТП;
- визначення обсягу інформації про стан технологічного об'єкту управління й ресурсів ВК (швидкодія, обсяг запам'ятовувальних пристроїв), необхідних для реалізації всіх функцій АСУ ТП;
- попередній вибір комплексу технічних засобів;
- попередній розрахунок техніко-економічної ефективності АСУ ТП.

Центральне місце серед робіт цієї стадії займає математична постановка завдання оптимального керування технологічного об'єкту управління.

Інші завдання даного етапу (крім розрахунку техніко-економічної ефективності) ставляться до системотехнічного синтезу АСУ ТП, при виконанні якого широко застосовують метод аналогій. Накопичений досвід розробки АСУ ТП для ТОУ різного ступеня складності дозволяє перевести

розробку ряду функцій й алгоритмів з категорії наукових праць у категорію технічних, виконуваних проектним шляхом. До їхнього числа ставляться багато інформаційних функцій (первинна обробка вихідної інформації, розрахунок ТЕП, інтегрування й усереднення й ін.), а також типові функції локальних систем автоматизації, реалізовані в АСУ ТП програмним способом (сигналізація, протиаварійне блокування, й ін.).

Лекція 4. Економічні аспекти розробки АСУ ТП

Завершальним етапом ескізної розробки АСУ ТП є *попередній розрахунок техніко-економічної ефективності* розроблюваної системи. Виконують його фахівці з економіки, однак вихідні дані для них повинні підготувати фахівці з автоматизації, тому розглянемо деякі вузлові моменти.

Основним показником економічної ефективності АСУ ТП служить річний економічний ефект від її впровадження, що розраховують по формулі

$$E = (C_2 - S_2) - (C_1 - S_1) - E_H(K_2 - K_1),$$

де C_1 і C_2 - річні обсяги реалізації продукції в оптових цінах до й після впровадження АСУ ТП, тис. грн.;

S_1 й S_2 - собівартість продукції до й після впровадження системи, тис. грн.;

K_1 й K_2 - капітальні витрати до й після запровадження в дію АСУ ТП, тис. грн.;

E_H - нормативний галузевий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень у засоби автоматизації й обчислювальну техніку, грн/ грн.

Основними джерелами економічної ефективності систем автоматизації технологічних процесів звичайно є приріст обсягу реалізації продукції й (або) зниження її собівартості. Поліпшення цих економічних показників найчастіше досягається за рахунок зменшення витрати сировини, матеріалів й енергії на одиницю продукції завдяки більше точній підтримці оптимального технологічного режиму, підвищенню якості продукції (сортності й, відповідно, ціни), збільшенню продуктивності встаткування за рахунок скорочення втрат робочого часу через непланові зупинки процесу, викликаних помилками керування й ін. На етапі допроектних НДР повинні бути виявлені резерви

виробництва, які можуть бути використані завдяки застосуванню системи автоматизації.

Наприклад, якщо при використанні локальної системи автоматизації технологічний агрегат простоє в середньому 20 % планового робочого часу, з яких 1/4 викликана помилками оперативного персоналу через несвоєчасне виявлення перед аварійних ситуацій, то застосування АСУ ТП, що реалізує функції прогнозу й аналізу виробничих ситуацій, може усунути ці втрати. Тоді обсяг продукції, котра випускається, у натуральному вирахуванні зростає на 5 %, що приведе до збільшення обсягу реалізації й зниженню собівартості продукції.

Накопичений досвід автоматизації хімічних виробництв показав, що резерви економічної ефективності, які можуть бути використані завдяки автоматизації технологічних процесів, звичайно становлять від 0,5 до 6 %. При цьому, чим краще відпрацьована технологія, тим, як правило, менше резерви.

Однак не всі виявлені (потенційні) резерви економічної ефективності можуть бути використані після впровадження АСУ ТП. Фактична ефективність виявляється менше потенційної через не ідеальність АСУ ТП, що проявляється, зокрема, у неповній адекватності математичної моделі технологічного об'єкту управління, по якій розраховується оптимальний режим, у погрішностях виміру вихідних координат об'єкта, які також впливають на точність визначення оптимального режиму, у відмовах елементів технічного й програмного забезпечення, через які знижується якість виконання окремих функцій й АСУ ТП у цілому й т.д. Реальний ефект звичайно становить від 25 до 75 % потенційного, причому, як правило, чим більше потенційний ефект, тим у меншому ступені він реалізується. Основним показником техніко-економічної ефективності АСУ ТП є строк окупності системи, що визначається по формулі

$$T_{ok} = \frac{K_2 - K_1}{(C_2 - S_2) - (C_1 - S_1)}.$$

Він повинен бути не більше нормативного, котрий для більшості галузей промисловості дорівнює 3 рокам.

Завершальною стадією першого етапу створення АСУ ТП є розробка технічного завдання на проектування системи, що повинне включати повний

перелік функцій, техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки АСУ ТП, перелік й обсяг НДР і план-графік створення системи.

При розробці нетипових АСУ ТП на перший етап доводиться приблизно 25 % загальної трудомісткості, у тому числі на допроектні НДР-15 %. При тиражуванні АСУ ТП перша стадія може бути виключена або значно зменшена.

Наступним етапом створення нетиповий АСУ ТП є розробка *технічного проекту*, у ході якої приймаються основні технічні рішення, що реалізують вимоги технічного завдання. Роботи на цьому етапі виконують науково-дослідна й проектна організації.

Основним змістом НДР є розвиток і поглиблення допроектних НДР, зокрема, уточнення математичних моделей і постановок завдань оптимального керування, перевірка за допомогою імітаційного моделювання на ЕОМ працездатності й ефективності алгоритмів, обраних для реалізації найважливіших інформаційних і керуючих функцій АСУ ТП. Уточнюються функціональна й алгоритмічна структури системи, проробляються інформаційні зв'язки між функціями й алгоритмами, розробляється організаційна структура АСУ ТП.

Дуже важливим і трудомістким етапом на стадії ТП є розробка спеціального програмного забезпечення системи. За наявними оцінками, трудомісткість створення спеціального ПО була близька до загального обсягу допроектних НДР і становила 15 % від загальних трудовитрат на створення АСУ ТП.

На стадії ТП остаточно вибирають состав комплексу технічних засобів і виконують розрахунки по оцінці надійності реалізації найважливіших функцій АСУ ТП і системи в цілому. Загальні витрати праці на проектування становлять приблизно 30 % від витрат на створення АСУ ТП.

На стадії впровадження АСУ ТП виробляються монтажні й пуско-налагоджені роботи, послідовність і зміст яких вивчаються у відповідному курсі. Витрати праці на цій стадії становлять близько 30% від загальних витрат на систему.

При розробці головних зразків АСУ ТП, підметів надалі тиражуванню на однотипних технологічних об'єктах управління, важливе значення має аналіз функціонування системи, у ході якого перевіряють ефективність рішень,

прийнятих при її створенні, і визначають фактичну техніко-економічну ефективність АСУ ТП.

Будь-яке виробництво представляє послідовність трьох основних операцій:

1. підготовка сировини;
2. перетворення сировини;
3. виділення цільових продуктів.

Сучасне підприємство, завод або комбінат як система великого масштабу, складається з великої кількості взаємозалежних підсистем, між якими існують відносини супідрядне у вигляді ієрархічної структури із трьома основними щаблями.

Кожна підсистема підприємства являє собою сукупність технологічної системи й системи автоматичного керування, вони діють як єдине ціле для одержання заданого продукту або напівпродукту.

Лекція 5. Структурні схеми об'єкта регулювання

5.1 Вибір структури системи

Один з етапів проектування систем регулювання технологічних процесів - вибір структури системи й розрахунок оптимальних параметрів регуляторів. І структура системи, і параметри регуляторів визначаються властивостями технологічного процесу як об'єкта регулювання.

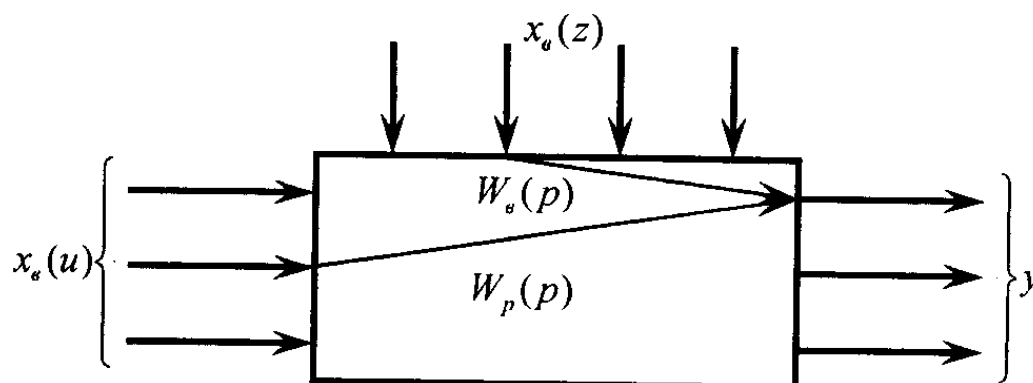


Рисунок 5.1 – Структурна схема об'єкта регулювання

Будь-який технологічний процес як об'єкт регулювання (рис. 5.1) характеризується наступними основними групами змінних:

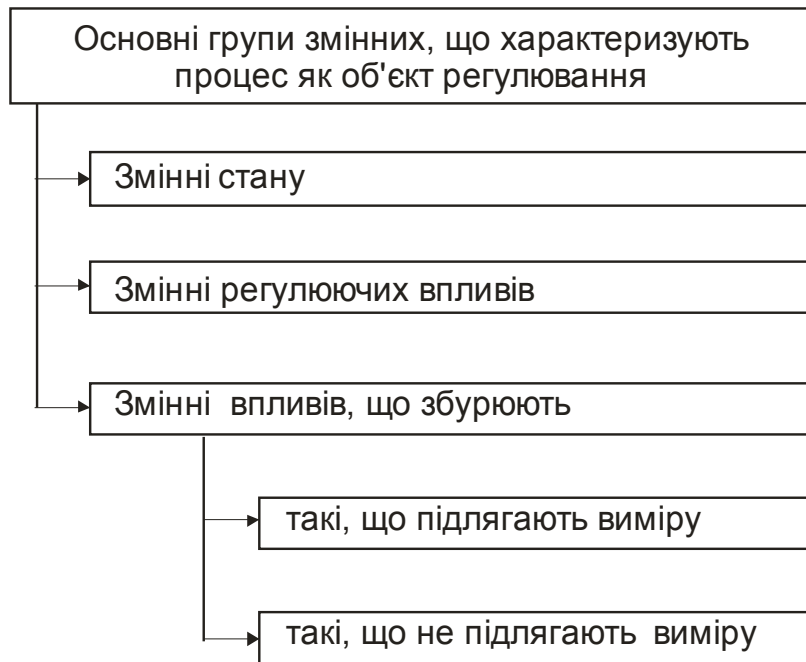


Рисунок 5.2 – Основні групи змінних, що характеризують процес

1. Змінні, що характеризують стан процесу (сукупність їх будемо позначати вектором y). Ці змінні в процесі регулювання необхідно підтримувати на заданому рівні або змінювати за заданим законом. Точність стабілізації змінних стану може бути різною, залежно від вимог, що диктує технологія, і можливостей системи регулювання. Як правило, змінні, які входять у вектор y , вимірюють безпосередньо, але іноді їх можна обчислити, використовуючи модель об'єкта по іншим безпосередньо вимірюваним змінним. Вектор y часто називають вектором регульованих величин.
2. Змінні, зміною яких система регулювання може впливати на об'єкт із метою управління. Сукупність цих змінних позначають вектором x_p (або u) регулюючих впливів. Звичайно регулюючими впливами служать зміни витрат матеріальних потоків або потоків енергії.
3. Змінні, зміни яких не пов'язані із впливом системи регулювання. Ці зміни відбивають вплив на регульований об'єкт зовнішніх умов, зміни характеристик самого об'єкта й т.п. Їх називають впливами, що збурюють, і позначають вектором x_e або z . Вектор впливів, що збурюють, у свою чергу, можна розбити на дві складові - першу можна виміряти, а другу - не можна. Можливість виміру впливу, що збурює, дозволяє ввести в систему регулювання додатковий сигнал, що поліпшує можливості системи регулювання.

Наприклад, для ізотермічного хімічного реактора безперервної дії, регульованими змінними є температура реакційної суміші, состав потоку на виході з апарата; регулюючими впливами можуть бути зміна витрати пари в сорочку реактора, зміна витрати каталізатора й витрати реакційної суміші; впливами, що обурюють, є зміни складу сировини, тиску пари, що гріє, причому якщо тиск пари, що гріє, неважко виміряти, то склад сировини в багатьох випадках може бути обмірюваний з низькою точністю або недостатньо оперативно.

Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматичного регулювання припускає оцінку його статичних і динамічних властивостей по кожному з каналів від будь-якого можливого керуючого впливу до будь-якого можливого регульованого параметра, а також оцінку аналогічних характеристик по каналах зв'язку регульованих змінних зі складового вектора збурювань. У ході такого аналізу необхідно вибрати структуру системи регулювання, тобто вирішити, з використанням якого регулюючого впливу варто управляти тим або іншим параметром стану. У результаті в багатьох випадках (аж ніяк не завжди) вдається виділити контури регулювання для кожної з регульованих величин, тобто одержати сукупність одноконтурних систем регулювання.

Важливим елементом синтезу АСУ технологічного процесу є розрахунок одноконтурної системи регулювання. При цьому потрібно вибрати структуру й знайти числові значення параметрів регуляторів. Як правило, використовують наступні типові структури регулюючих пристроїв (типові закони регулювання):

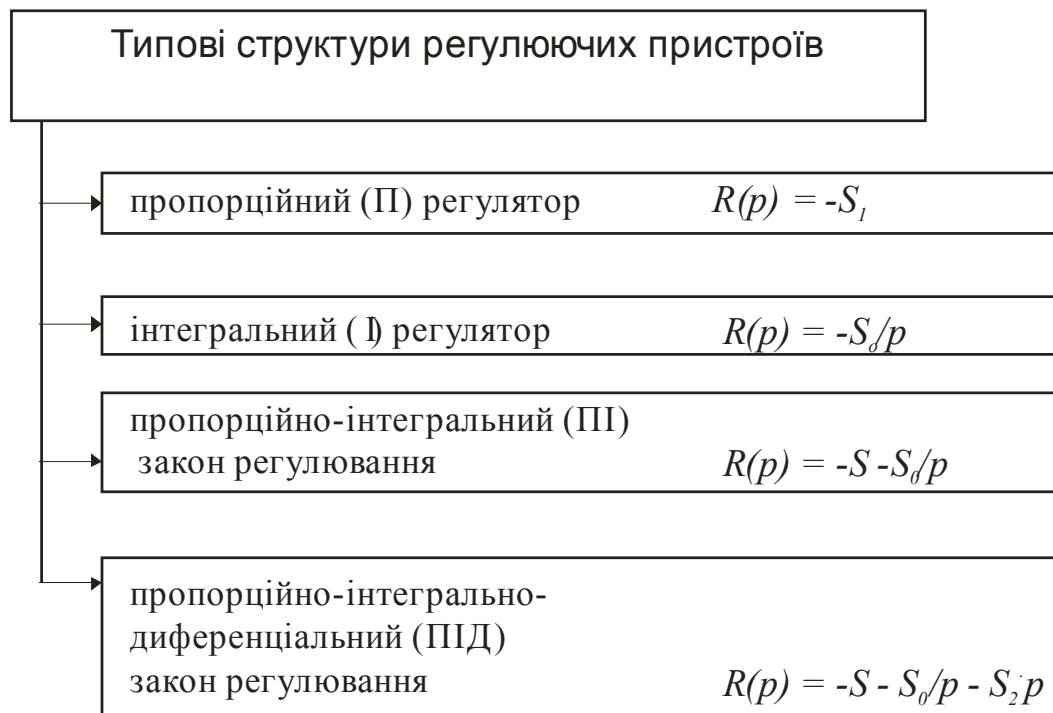


Рисунок 5.3 – Типові закони регулювання, їхні формули та позначення

При розрахунку системи перевіряють можливість використання найбільш простого закону регулювання, щораз оцінюючи якість регулювання, - і якщо вона не задовольняє вимогам, переходять до більш складних законів або використовують так називані *схемні методи поліпшення якості*.

В теорії автоматичного регулювання розроблені різні методи розрахунку АСУ при заданих критеріях якості, а також методи оцінки якості перехідних процесів при заданих параметрах об'єкта й регулятора. При цьому поряд з точними методами, що вимагають більших витрат часу й ручної праці, розроблені наближені методи, що дозволяють порівняно швидко оцінити робочі параметри регулятора або якість перехідних процесів (метод Циглера-Никольса для розрахунку налаштувань регуляторів; наближені формули для оцінки інтегрального квадратичного критерію й т.п.).

Широке впровадження обчислювальної техніки для проектування систем управління і реалізації самонастроювальних систем управління практично зняло обмеження, пов'язані із трудомісткістю методів розрахунку АСУ. У цей час створюються пакети прикладних програм для розрахунку АСУ, що дозволяють використати алгоритми, засновані на точних методах. При цьому наближені методи звичайно застосовують для вибору початкових значень

змінних в ітеративних методах розрахунку складних систем регулювання або на початковій стадії проектної розробки системи автоматизації складних технологічних об'єктів.

5.2 Послідовність вибору системи автоматизації

Загальне завдання управління технологічним процесом формулюється як завдання максимізації (мінімізації) деякого критерію (собівартості, енерговитрат, прибутку) при виконанні обмежень на технологічні параметри, що накладають регламентом. Рішення такого завдання для всього процесу в цілому трудомістко, або практично неможливо через велику кількість факторів, що впливають на хід процесу. Тому весь процес розбивають на окремі ділянки, які характеризуються порівняно невеликим числом змінних. Звичайно ці ділянки збігаються із закінченими технологічними стадіями, для яких можуть бути сформульовані свої підзавдання управління, що є підлеглими загальному завданню керування процесом у цілому.

Завдання управління окремими стадіями спрямовані на оптимізацію (в окремому випадку, стабілізацію) технологічного параметра або критерію, легке обчислення по обмірюваних режимних параметрах (продуктивність, концентрація продукту, ступінь перетворення, витрата енергії). Оптимізацію критерію проводять у рамках обмежень, що задають технологічним регламентом. На підставі завдання оптимального управління окремими стадіями процесу формулюють завдання автоматичного регулювання технологічних параметрів для окремих апаратів.

Важливим етапом у розробці системи автоматизації є аналіз основних апаратів як об'єктів регулювання.

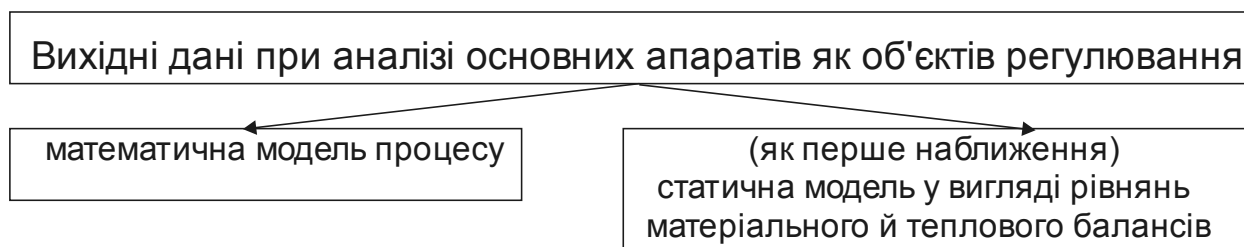


Рисунок 5.4 – Аналіз основних апаратів як об'єктів регулювання - виявлення всіх істотних вхідних і вихідних змінних й аналіз статичних і динамічних характеристик каналів збурювання й регулювання.

На основі цих рівнянь матеріального й теплового балансів (статичної моделі) із урахуванням реальних умов роботи апарата всі істотні фактори, що впливають на процес, розбиваються на наступні групи.

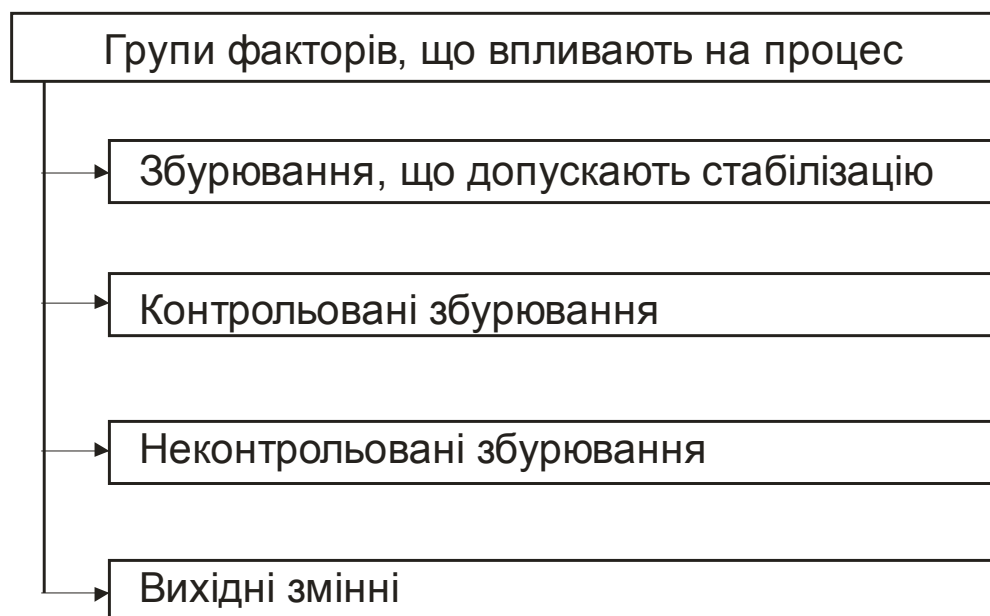


Рисунок 5.5 – Розбивка факторів на групи

5.3. Групи факторів та різновиди збурювань

Збурювання, що допускають стабілізацію - це незалежні технологічні параметри, які можуть випробовувати істотні коливання, однак за умовами роботи можуть бути стабілізовані за допомогою автоматичної системи регулювання. До таких параметрів звичайно відносяться деякі показники вхідних потоків. Так, витрату живлення можна стабілізувати, якщо перед апаратом є буферна ємність, що згладжує коливання витрати на виході з попереднього апарата; стабілізація температури живлення можлива, якщо перед апаратом установлений теплообмінник, і т.п. При проектуванні системи керування доцільно передбачити автоматичну стабілізацію таких збурювань. Це дозволить підвищити якість керування процесом у цілому. У найпростіших випадках на основі таких систем автоматичної стабілізації збурювань будують розімкнуту (щодо основного показника процесу) систему автоматизації, що забезпечує стійке ведення процесу в рамках технологічного регламенту.

Контрольовані збурювання - це ті збурювання, які можна виміряти, але неможливо або неприпустимо стабілізувати (витрата живлення, що подається безпосередньо з попереднього апарата; температура навколишнього

середовища й т.п.). Наявність істотних збурювань, які не стабілізуються, вимагає застосування або замкнутих по основному показнику процесу систем регулювання, або комбінованих АСУ, у яких якість регулювання підвищується введенням динамічної компенсації збурювання.

Неконтрольовані збурювання - збурювання, які неможливо або недоцільно вимірювати безпосередньо. Перші - це, наприклад, падіння активності каталізатора в хімічних перетвореннях, зміна коефіцієнтів тепло- і масопередачі й т.п. Прикладом тому може служити тиск пари, що гріє, у заводській мережі, що коливається випадковим образом й є джерелом збурювання в теплових процесах. Виявлення можливих неконтрольованих збурювань - важливий етап у дослідженні процесу й розробці системи керування. Наявність таких збурювань вимагає, як й у попередньому випадку, обов'язкового застосування замкнутих по основному показнику процесу систем автоматизації.

Можливі регулюючі впливи. Це матеріальні або теплові потоки, які можна змінювати автоматично для підтримки регульованих параметрів.

Вихідні змінні. З їхнього числа вибирають регульовані координати. При побудові замкнутих систем регулювання як регульовані координати вибирають технологічні параметри, зміна яких свідчить про порушення матеріального або теплового балансу в апараті.

До них відносяться, наприклад: рівень рідини - показник балансу по рідкій фазі; тиск - показник балансу по газовій фазі; температура - показник теплового балансу в апараті; концентрація - показник матеріального балансу за компонентою.

Аналіз можливих регулюючого впливу й вихідних координат об'єкта дозволяє вибрати канали регулювання для проєктованих АСУ. При цьому в одних випадках рішення визначається однозначно, а в інших є можливість вибору, як регульованої координати, так і регулюючого впливу для заданого виходу. Остаточний вибір каналів регулювання проводять на основі порівняльного аналізу статичних і динамічних характеристик різних каналів. При цьому враховують такі показники, як коефіцієнт підсилення, час чистого запізнювання, його відношення до найбільшого постійної часу каналу й ін.

На основі аналізу технологічного процесу як об'єкта регулювання проектують систему автоматизації, що забезпечує рішення поставленого завдання регулювання. Починають із проектування одноконтурних АСУ окремих параметрів: вони найбільш прості в налагодженні й надійні в роботі, тому широко використовуються при автоматизації технологічних об'єктів.

Однак при несприятливих динамічних характеристиках каналів регулювання (великому чистому запізнюванні та ін.) навіть у випадку оптимальних налаштувань регуляторів якість перехідних процесів в одноконтурних АСУ може виявитися незадовільною. Для таких об'єктів аналізують можливість побудови багатоконтурних АСУ, у яких якість регулювання можна підвищити, ускладнюючи схеми автоматизації, тобто застосовуючи каскадні, комбіновані, взаємозалежні АСУ.

Остаточне рішення про застосування тієї або іншої схеми автоматизації приймають після моделювання різних АСУ і порівняння якості одержуваних процесів регулювання.

ЗМ 2. Надійність і безпека автоматизованих систем

Лекція 6. Надійність і безпека автоматизованих систем: загальні відомості

6.1 Основні поняття й визначення

Під надійністю й безпекою автоматизованої системи управління розуміється її захищеність від випадкових або навмисних втручань у нормальний процес її функціонування. Випадкові або навмисні втручання у нормальний процес функціонування АСУ виражаються в розкраданні або зміні інформації (програмна надійність), а також у порушенні її працездатності через відмови (апаратна надійність).

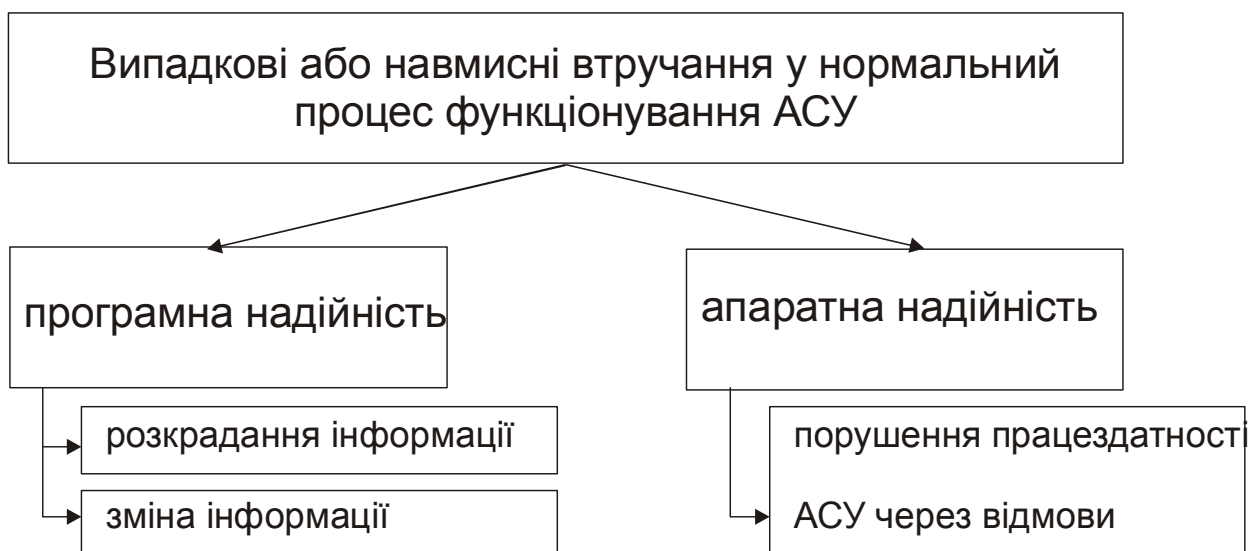


Рисунок 6.1 – Надійність і безпека АСУ

Апаратна надійність технічних засобів автоматизованих систем управління визначається властивостями, що включають у себе поняття, надані на рис. 6.2, а під програмною надійністю й безпекою автоматизованої системи управління розуміється її захищеність від випадкових або навмисних втручань у нормальний процес її функціонування, що виражається в розкраданні або зміні інформації.

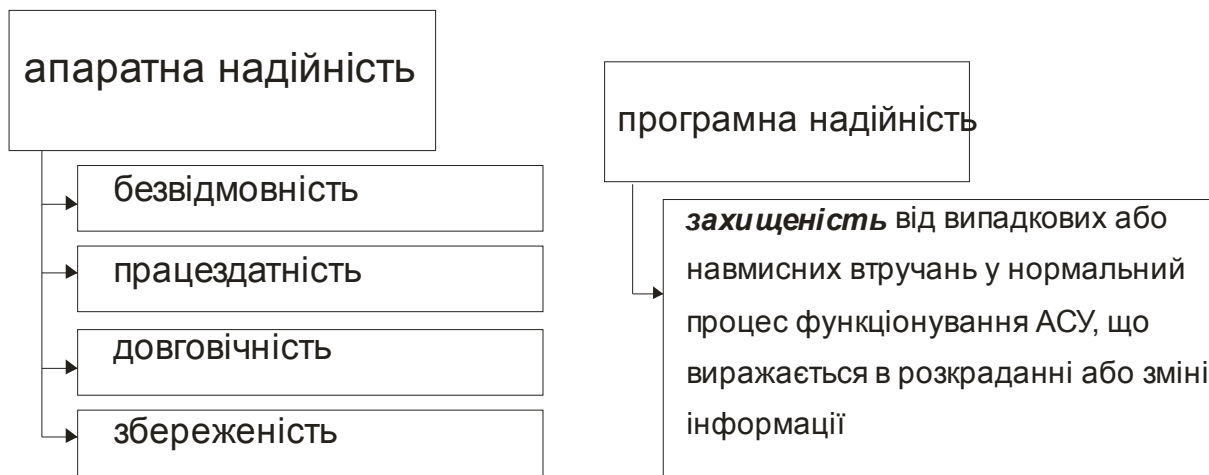


Рисунок 6.2 – Надійність АСУ: апаратна та програмна

Економічна ефективність автоматизованої системи управління визначається рівнем її апаратної й програмної надійності.

Зниження надійності приводить як до змушених простоїв, так і до аварійних ситуацій. Підвищення надійності збільшує вартість системи й витрати на її експлуатацію.

Економічно доцільний рівень надійності вибирається порівнянням схожих за структурою й функціями варіантів (критерій оптимізації надійності).

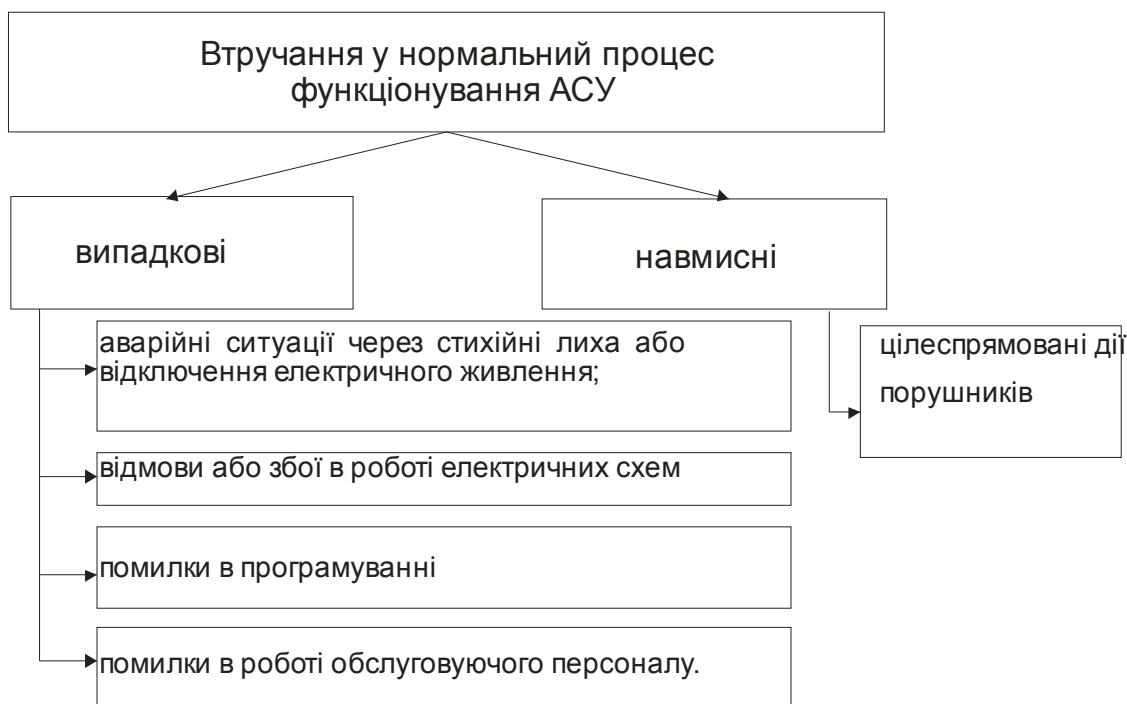


Рисунок 6.3 – Втручання у нормальний процес функціонування АСУ: випадкові та навмисні

Надійність технічних засобів системи визначається властивостями, що включають у себе поняття, надані на рисунку 6.4.

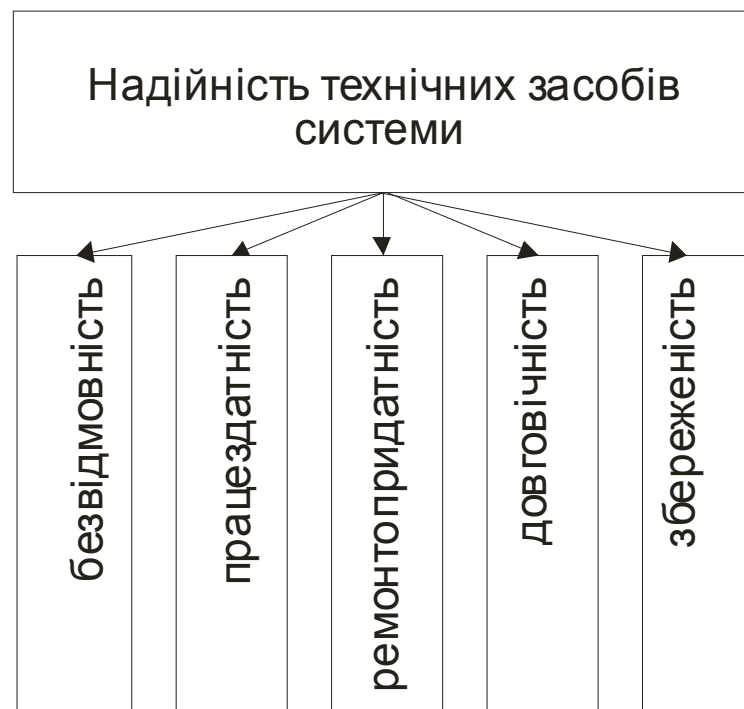


Рисунок 6.4 – Надійність технічних засобів системи

Безвідмовність - властивість системи зберігати свою працездатність без змушених перерв протягом деякого періоду часу, оцінюваного наробітком (тривалість й обсяг виконаної роботи до першої відмови).

Працездатність - такий стан системи, при якому вона нормально виконує задані функції із заданими технічною документацією параметрами.

Ремонтпридатність - пристосованість системи до попередження, виявленню й ліквідації відмов.

Ремонтпридатність характеризується витратами часу й засобів на відновлення системи після відмови й на підтримку системи в працездатному стані.

Довговічність - властивість системи до тривалої експлуатації при необхідному технічному обслуговуванні й ремонті.

Довговічність системи вимірюється її ресурсом (наробіток до граничного стану) і терміном служби (календарна тривалість експлуатації до граничного стану).

Збереженість – властивість системи (і складових її елементів) зберігати свої параметри незмінними за певних умов (коливаннях температури, дії вологості, вібраціях і т.п.) і строках зберігання й транспортування.

Граничний стан системи визначається неможливістю її подальшої експлуатації з ряду:

- відбулася відмова, після якого відновлення неможливо або недоцільно;
- по міркуваннях безпеки;
- через низьку економічну ефективність подальшого використання.

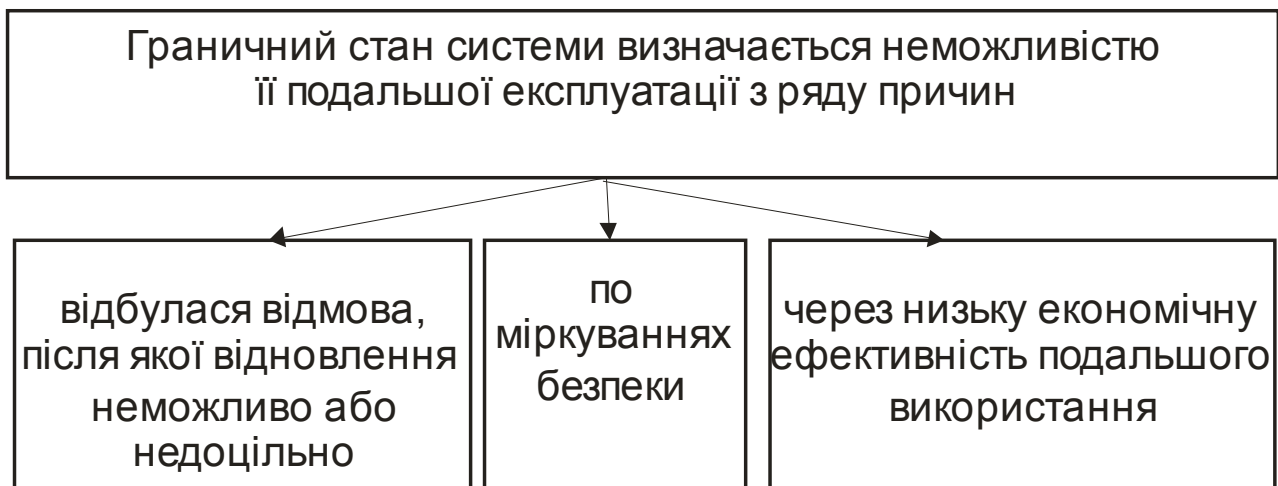


Рисунок 6.5 – Причини, які унеможливають подальшу експлуатацію системи

Автоматизовані системи можуть бути такими, що підлягають ремонту чи не підлягають ремонту.

Системи, що підлягають ремонту, мають термін служби (ресурс), обумовлений зниженням ефективності роботи системи й доцільністю її подальшої експлуатації.

Системи, що не підлягають ремонту - ремонт яких не можливий або не передбачений нормативно-технічною, ремонтною або проектною документацією.

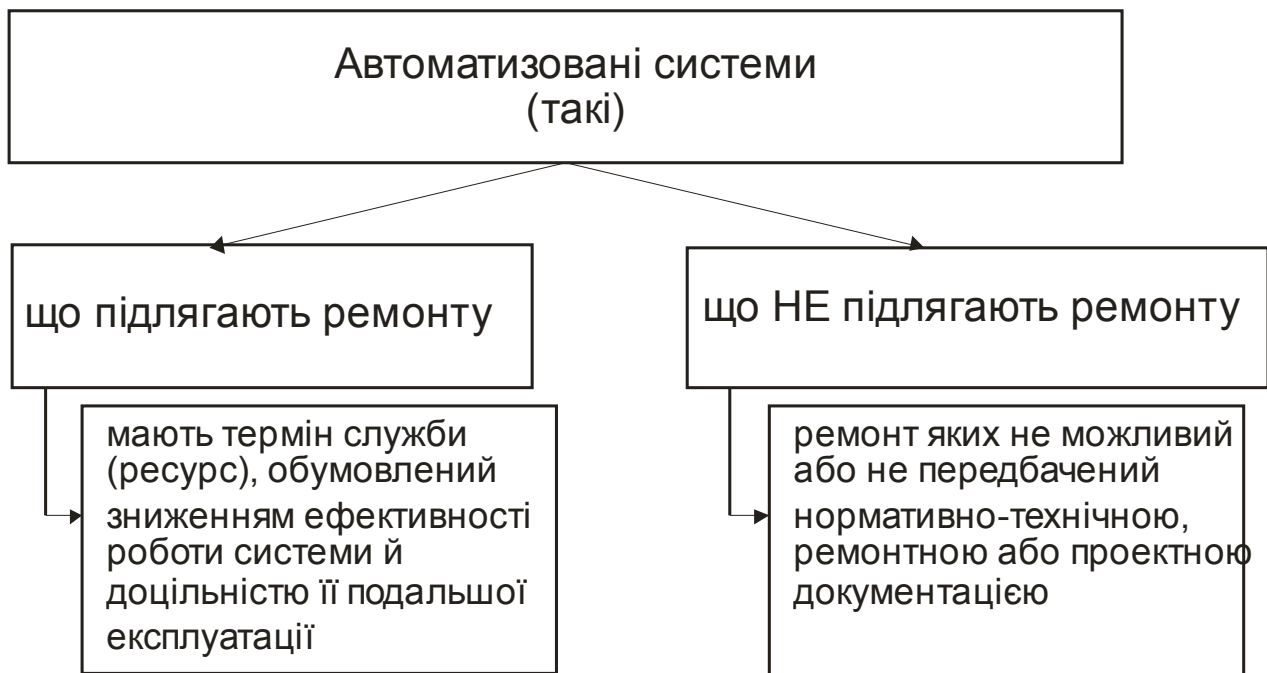


Рисунок 6.6 – Класифікація автоматизованих систем за ремонтпридатністю

6.2 Класифікація відмов

Класифікувати відмови можна залежно від характеру й особливостей, від моменту виникнення, наприклад у такий спосіб:

1. За характером зміни параметра до моменту виникнення відмови:

- раптова відмова;
- поступова відмова.

2. По зв'язку з іншими відмовами:

- незалежна відмова;
- залежна відмова.

3. За можливістю наступного використання після виникнення відмови:

- повна відмова;
- часткова відмова.

4. За характером усунення відмови:

- стійка відмова;
- відмова, що самоусувається (збій або перемежована відмова).

5. По наявності зовнішніх проявів:

- очевидна (явна) відмова;

- схована (неявна) відмова.

6. Через виникнення:

- конструкційна відмова;
- технологічна відмова;
- експлуатаційна відмова.

7. За природою походження:

- природна відмова;
- штучна відмова (викликувана навмисно).

8. За часом виникнення відмов:

- відмова при випробуваннях;
- відмова періоду приробітки;
- відмова періоду нормальної експлуатації;
- відмова останнього періоду експлуатації.

Лекція 7. Показники АСУ

7.1 Показники надійності АСУ

Порушення нормального виконання заданих функцій системи приводить до відмови в роботі АСУ.

Функціонування АСУ - чергування інтервалів працездатності й відмов. Тривалість цих інтервалів - величина випадкова. Тому для опису показників надійності АС використовують математичний апарат теорії ймовірностей, теорії випадкових процесів і математичної статистики.

Існує велика кількість показників надійності АСУ. Розглянемо ті з них, які визначаються властивостями АСУ.

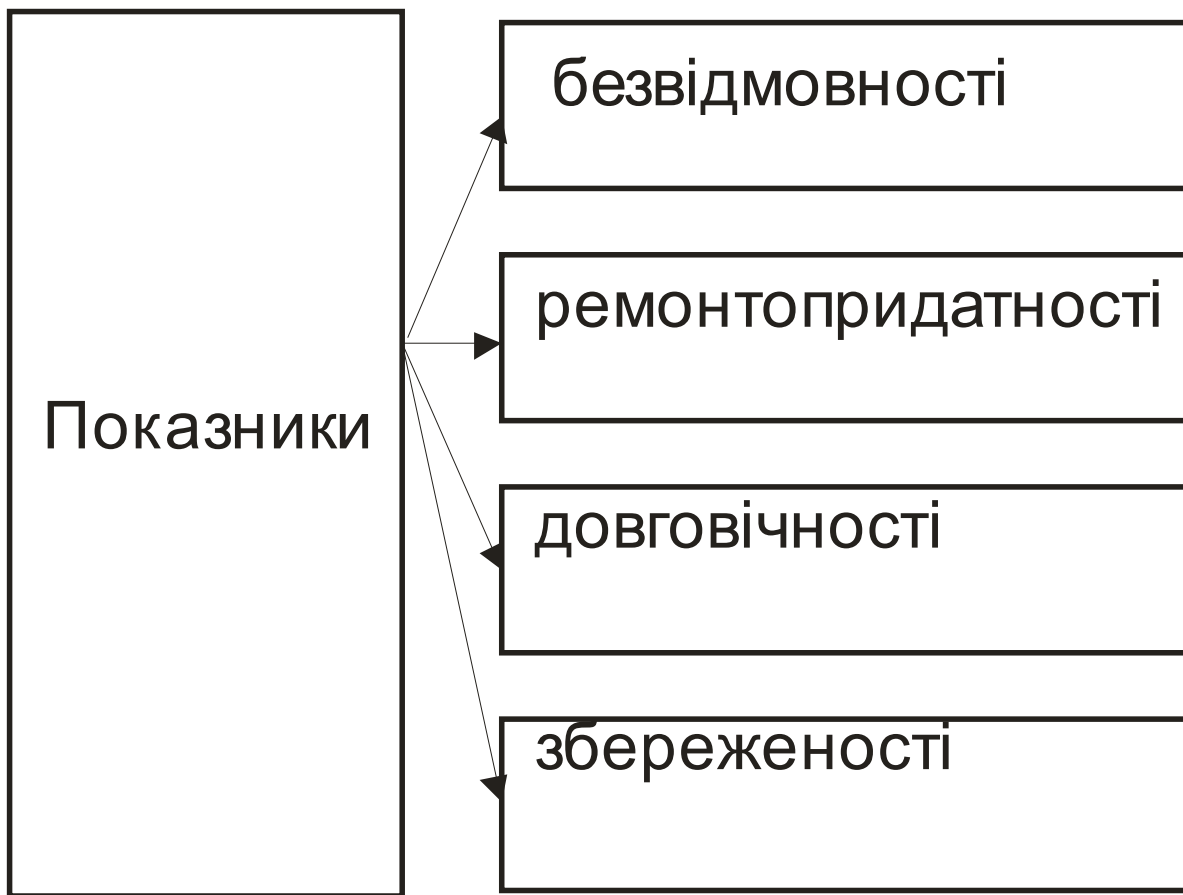


Рисунок 7.1 – Показники надійності АСУ

7.2 Показники безвідмовності

Найважливішим показником надійності систем, які ремонтуються, є величина $P(T)$, що визначає ймовірність того, що наробіток T_n між відмовами перевершить заданий час T

$$P(T) = P(T_n > T).$$

Один з показників безвідмовності - імовірність безвідмовної роботи системи $P(t)$, тобто ймовірність того, що протягом часу (наробітку) t не буде жодного відмови, пов'язаної з імовірністю безвідмовної роботи $F(t)$, тобто ймовірність того, що система відмовить хоча б один раз протягом заданого наробітку, будучи працездатної в початковий момент часу, простою залежністю

$$P(t) = 1 - F(t)$$

Для експонентного закону розподілу (одне з найпоширеніших при дослідженні надійності АСУ)

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_n}}$$

Основними критеріями безвідмовності систем, що ремонтуються, є:

- імовірність наробітку між відмовами $P(t)$ більше заданого значення T ;
- параметр потоку відмов системи (середнє число відмов системи за одиницю часу) $\lambda = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i$, де λ_i - інтенсивність відмов;
- наробіток на відмову (середня тривалість роботи системи між двома послідовними відмовами) $T_n = 1/\lambda$;
- гарантований (гамма-процентний) наробіток до відмови, тобто ймовірність того, що в межах заданого наробітку відмова системи не виникає.

7.3 Показники ремонтпридатності

Показниками ремонтпридатності є:

- імовірність $P(T_3)$ відновлення системи за заданий час T_3 ;
- середній час відновлення T_B (визначає середні витрати часу на виявлення й усунення відмови при заданих умовах обслуговування);
- гамма-процентний час відновлення - час, протягом якого відновлення працездатності системи буде повністю здійснено з імовірністю γ , вираженою у відсотках;
- коефіцієнт готовності k_z - визначає ймовірність того, що система справна в будь-який довільно обраний момент часу в проміжках між плановим профілактичним обслуговуванням й оцінюється відношенням часу наробітку на відмову до середньої тривалості циклу "робота- відновлення"

$$k_z = \frac{T_n}{T_n + T_B}$$

- коефіцієнт технічного використання k_{TH} - оцінюється відношенням часу наробітку на відмову до середньої тривалості циклу "робота-відбудова-профілактика"

$$k_{TH} = \frac{T_n}{T_n + T_B + t_{np}}$$

7.4 Показники довговічності

Довговічність системи характеризується її ресурсом T_p - загальний час (або обсяг) робіт системи за весь термін служби до моменту, коли подальша її експлуатація неможлива або економічно недоцільна;

Основними показниками довговічності системи є:

- середній ресурс - математичне очікування ресурсу;
- гамма-процентний ресурс - сумарний наробіток, протягом якої система не досягає граничного стану з імовірністю v , вираженою у відсотках;
- гамма-процентний термін служби - календарна тривалість експлуатації, протягом якої система не досягне граничного стану з імовірністю γ , вираженою у відсотках.

7.5 Показники збереженості

Показники збереженості дають кількісну характеристику здатності системи (і її елементів) зберігати своя якість при зберіганні й транспортуванні. Її основними показниками є:

- середній термін зберігання (середній час зберігання, протягом якого зміни параметрів системи або її елементів не перевищують припустимих);
- гарантований (гамма-процентний) термін зберігання, тобто термін зберігання, що досягає із заданою ймовірністю v , вираженою у відсотках.

Нормальне функціонування АС залежить від дії складових її елементів, тобто ймовірність безвідмовної роботи системи залежить від ймовірностей безвідмовної роботи елементів системи $P(t)$ і визначається по формулі

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t)$$

де N - кількість елементів.

Для забезпечення надійної роботи всієї системи вводиться поняття надмірності системи.

Розділяють структурну й інформаційну надмірність.

Структурна надмірність визначається наявністю додаткових шляхів передачі сигналів (при відмові одного з елементів його функції виконує інший елемент), які не затребувані при нормальній роботі.

Інформаційна надмірність визначається наявністю в сигналі додаткової інформації, що не затребувана при нормальній роботі всіх елементів, а лише при виникненні відмови.

Введення надмірності збільшує надійність системи за рахунок підвищення безвідмовності.

Підвищення ремонтпридатності досягається застосуванням уніфікованих блокових конструкцій, пристроїв діагностики й індикації відмов.

Надійність АСУ в основному визначається сполученням властивостей безвідмовності й ремонтпридатності.

Лекція 8. Аналіз надійності АСУ й методи підвищення надійності

8.1 Аналіз надійності АСУ в процесі проектування

Для забезпечення необхідного рівня надійності АСУ в процесі проектування, необхідно визначити показники надійності й розробити заходи щодо її підвищення.

Для аналізу надійності використовують математичні моделі, які враховують властивості процесів функціонування реальної системи і її елементів.

Основними методами аналізу надійності в процесі проектування є методи, надані на рисунку 8.1.

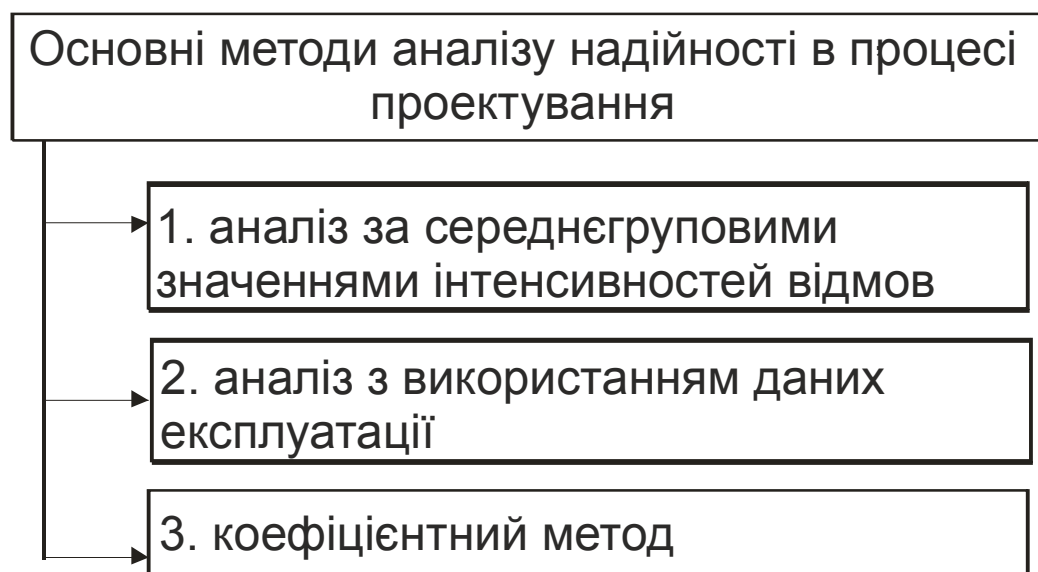


Рисунок 8.1 – Класифікація методів аналізу надійності в процесі проектування

Ці методи базуються на експонентному розподілі (модель відмов елементів і система), як найпоширеніші при дослідженні АСУ.

8.2. Метод розрахунку надійності по середньгрупових значеннях інтенсивностей відмов

Вихідними даними є середня (по числу елементів системи даної групи 1) інтенсивність відмов A , і кількість цих елементів λ , у системі. Діапазон можливої інтенсивності відмов X , вибирається з таблиць літературних джерел. Якщо система розбита на r груп із приблизно однаковими інтенсивностями відмов, то параметр потоку відмов визначається по формулі

$$\lambda = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i$$

а наробіток на відмову

$$T_H = 1/\lambda.$$

8.3 Метод розрахунку надійності з використанням даних експлуатації

При розрахунку надійності цим методом використовують статистичні дані про надійність АСУ, аналогічних по конструкції й призначенню. Розрахунок надійності даним методом має у свою чергу два різновиди.

1) *За середнім рівнем надійності однотипних систем.* Вважається відомим: кількість елементів аналога N_a ; кількість елементів проекрованої системи N_n ; наробіток на відмову системи-аналога $T_{на}$ й $\lambda_{ai} = \lambda_{ni}$ (де λ_{ai} - середня інтенсивність відмов системи-аналога; λ_{ni} - середня інтенсивність відмов проекрованої системи). Тоді наробіток на відмову проекрованої системи визначається по формулі

$$T_{nn} = N_a / N_n T_{на}$$

а параметр потоку відмов по формулі

$$\lambda = 1 / T_{nn}$$

2) *З використанням коефіцієнтів перерахування відповідно до реальних умов експлуатації.*

Коефіцієнт перерахування визначається

$$a = T'_{на} / T_{на}$$

де $T_{\text{на}}$ - розрахунковий наробіток на відмову системи-аналога; $T'_{\text{на}}$ - досвідний наробіток на відмову системи-аналога.

$T_{\text{на}}$ визначається за табличним значенням інтенсивностей відмов A ,

$$T_{\text{на}} = \left(\sum_{i=1}^{r-1} N_{ia} \lambda_i \right)^{-1}$$

Наробіток на відмову проектованої системи визначається

$$T_{\text{нп}} = a T_{\text{на}}$$

а параметр потоку відмов по формулі

$$\lambda = 1 / T_{\text{нп}}.$$

8.4 Коефіцієнтний метод

Вихідними даними для розрахунку є: число елементів N_i у системі, інтенсивність відмов базового елемента λ_6 , інтенсивність 1-го елемента λ_i . Тоді параметр потоку відмов визначається по формулі

$$\lambda = \lambda_6 \sum_{i=1}^r N_i k_i.$$

де k_i - коефіцієнт надійності, вирахований по формулі

$$k_i = \lambda_i / \lambda_6$$

Коефіцієнтний метод є найбільш простим для розрахунку надійності й має найбільш високий ступінь точності.

Як відзначалося вище, розглянуті методи дозволяють оцінити надійність на стадії проектування. Більш вірогідно можна оцінити надійність тільки на стадії експлуатації.

8.5 Ефективність АСУ

Економічна ефективність АСУ визначається рівнем надійності системи.

Економічно доцільний рівень надійності вибирається порівнянням схожих за структурою й функціями варіантів (критерій оптимізації надійності).

Під економічно доцільним рівнем надійності розуміється найкращий варіант по максимуму ефективності, вимірюваної річним додатковим економічним ефектом.

Лекція 9. Підвищення надійності АСУ

9.1 Методи підвищення надійності АСУ

При виборі способу підвищення надійності функціональних елементів АСУ варто вибирати спосіб, при якому максимальний додатковий економічний ефект

Існує обмежене число методів підвищення надійності АСУ, які можна розділити на чотири групи, надані на рисунку 9.1.

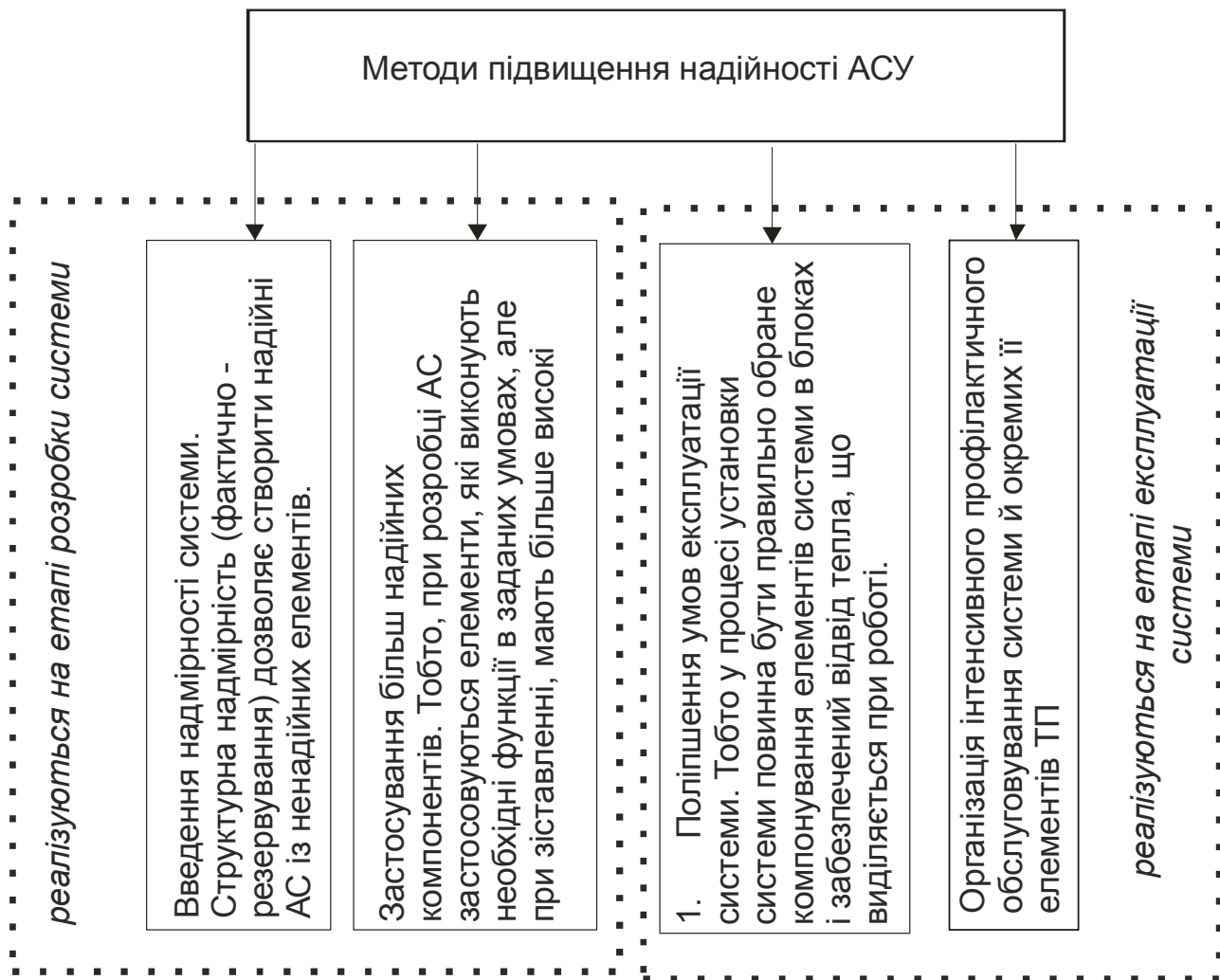


Рисунок 9.1 – Класифікація методів підвищення надійності АСУ

1. Введення надмірності системи (надмірності внутріелементної, структурної, інформаційної, алгоритмічної). Структурна надмірність (фактично - резервування) дозволяє створити надійні АС із ненадійних елементів.

2. Застосування більш надійних компонентів. Тобто, при розробці АС застосовуються елементи, які виконують необхідні функції в заданих умовах, але при зіставленні, мають більше високі показниками надійності.
3. Поліпшення умов експлуатації системи. Тобто у процесі установки системи повинна бути правильно обране компонування елементів системи в блоках і забезпечений відвід тепла, що виділяється при роботі.
4. Організація інтенсивного профілактичного обслуговування системи й окремих її елементів.

Перші дві групи реалізуються на етапі розробки системи, а інші дві - на етапі експлуатації.

При зіставленні показників надійності ряду елементів, що виконують необхідні функції в заданих умовах експлуатації, вибираються елементи з більше високими показниками надійності. Це є найбільш ефективним способом підвищення надійності всієї системи.

Окремо вирішується питання надійності систем при переході від структурного до алгоритмічного принципу побудови АСУ. Це приводить і до необхідності забезпечення надійності програмних засобів АСУ.

9.2 Принципи забезпечення програмної надійності АСУ

Побудова надійних АСУ включає комплекс заходів, спрямованих на захист її від випадкових або навмисних впливів, які можуть спричинити порушення запрограмованого процесу керування.

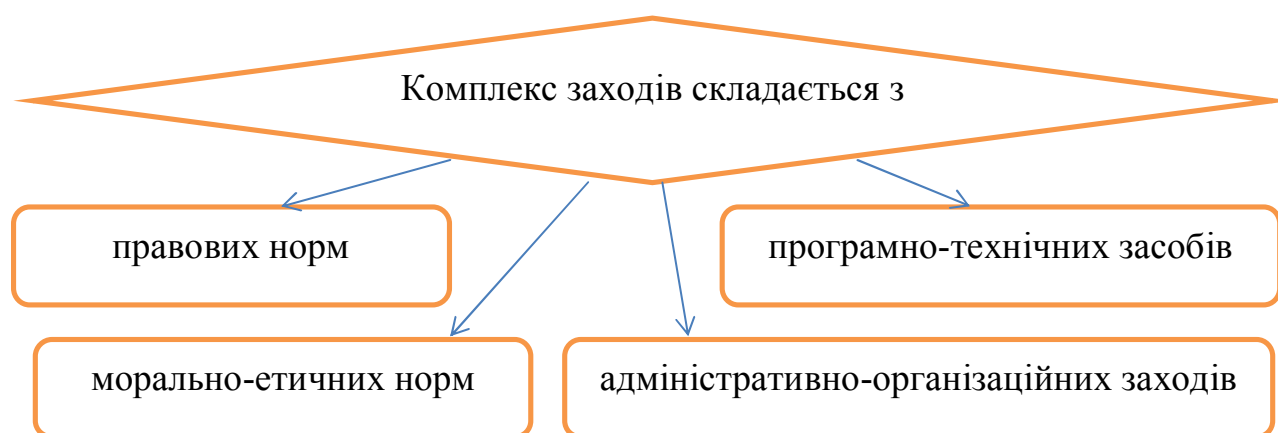


Рисунок 9.2 – Комплекс заходів при побудові АСУ

- Правові норми базуються на законах, указах, нормативних актах, що регламентують правила обігу з інформацією й визначальною мірою відповідальності за їхнє порушення.
- Морально-етичні норми характеризують норми поведіння обслуговуючого персоналу, які традиційно зложилися в даному суспільстві.
- Адміністративно-організаційні заходи пов'язані з підбором і підготовкою обслуговуючого персоналу, пропускним режимом, організацією зберігання, обліку й використання документації (інформації), організацією контролю над персоналом, фізичним обмеженням на переміщення персоналу в межах даного підприємства (кодові замки, блокування й т.д.).
- Програмно-технічні засоби (ПТС) пов'язані з
 - шифруванням інформації;
 - ідентифікацією (розпізнаванням й аутентифікацією (перевіркою дійсності) користувачів АСУ;
 - контролем цілісності інформації;
 - реєстрацією й аналізом подій в АСУ.

Перші операційні системи персональних комп'ютерів (MS-DOS. Windows версії до 3.1 включно) не мали власних програмно-технічних засобів захисту. Операційні системи Windows NT й Windows 2000 вже мають програмно-технічні засоби захисту.

Програмно-технічні засоби захисту можуть мати 5 рівнів.

Перший рівень. На цьому рівні операційна система дозволяє здійснювати захист інформації індивідуальному користувачеві персонального комп'ютера на базі її традиційних допоміжних програм (утиліт).

Другий рівень. АСУ мають тільки системи ідентифікації й аутентифікації користувачів. Ці системи обмежують доступ до АСУ випадкових і незаконних користувачів.

Третій рівень. АСУ забезпечують шифрування даних (захист інформації на дисках). Шифрування може здійснюватися на рівні файлу диска (архіватор типу arj) і на рівні всього диска (програма Discreet у пакеті Norton Utilities).

Четвертий рівень. АСУ забезпечують шифрування інформації, переданої по каналах мережі. Шифрування може бути каналним (всієї інформації,

включаючи службову) на базі системи OSI (Open System Interconnection) і кінцевим для шифрування тільки конфіденційної інформації (але не службової). П'ятий рівень. АСУ робить аутентифікацію як автора, так і самої переданої інформації (тексту) за рахунок використання коду або електронного цифрового підпису.

Лекція 10. Резервування АСУ

10.1 Резервування АСУ

Для створення надійних АСУ з недостатньо надійних елементів вводиться поняття резервування.

Резервування - спосіб забезпечення надійності за рахунок використання додаткових засобів й (або) можливостей, надлишкових стосовно мінімально необхідного для виконання необхідних функцій.

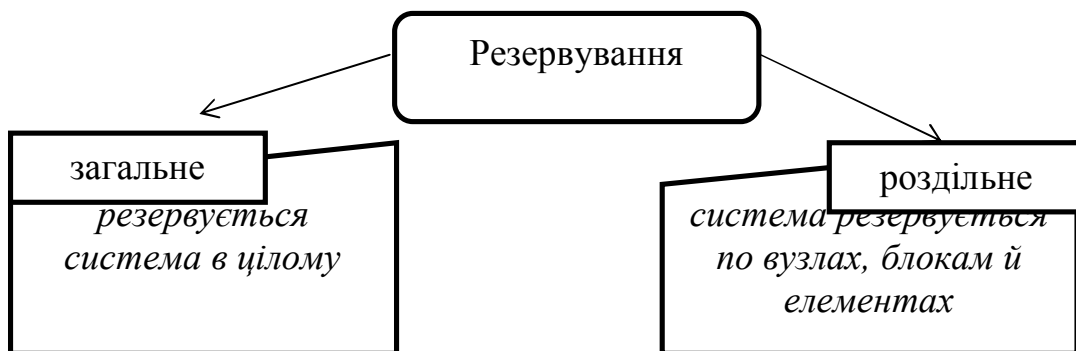


Рисунок 10.1 - Резервування загальне й роздільне

Резервування розділяється на постійне й резервування заміщенням залежно від способу включення надлишкових елементів. При постійному резервуванні резервні елементи приєднані протягом усього часу роботи. При резервуванні заміщенням резервні елементи включаються в роботу тільки у випадку відмови основних елементів.

Основним параметром резервування є його кратність

$$m = (l-h)/h$$

де l - загальне число елементів резервованого пристрою;

h - число елементів, які резервуються, необхідних для нормальної роботи пристрою;

$l-h$ - число резервних елементів.

При загальному резервуванні система являє собою ланцюжок з N елементів.

Імовірність безвідмовної роботи визначається

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t)$$

де $P(t)$ - імовірність безвідмовної роботи i -го елемента протягом часу t .

При умові рівнонадійності основних і резервних елементів при кратності m , імовірність безвідмовної роботи резервованої системи буде

$$P_c(t) = 1 - [1 - P(t)]^{m+1}$$

Постійне резервування має переважність над іншими видами резервування.

Істотна перевага постійного резервування складається в простоті виконання (не потрібні пристрої виявлення несправностей і перемикаючі пристрої, які знижують загальну надійність системи).

Резервування заміщенням є найбільш ефективним. Але використання при такому резервуванні перемикаючих елементів, робить доцільним застосовувати його тільки при підвищенні надійності великих блоків вузлів і мікромодулів високого ступеня інтеграції.

Вибір виду резервування для підвищення надійності, як окремого елемента, так і всієї системи може бути зроблений після ретельного аналізу

10.2 Технічна діагностика АСУ. Алгоритми й методи діагностування

Одним з найважливіших засобів забезпечення й підтримки надійності АСУ є технічна діагностика.

Під технічною діагностикою розуміється область знань, що розробляє методи й засоби пошуку відхилень у режимах роботи

При діагностуванні необхідно визначити, насамперед, технічний стан системи в цей момент часу. Це означає, що потрібно перевірити справність, працездатність й (або) правильність функціонування системи (визначити, чи перебувають значення параметрів системи в необхідних межах, тобто система не відмовила й правильно виконує задану функцію) або виявити дефекти, що порушують справність, працездатність і правильне функціонування системи.

Тоді основну мету діагностування АСУ можна сформулювати в такий спосіб: необхідно оцінити вихідні параметри системи й виявити причини їхнього відхилення від заданих значень. При цьому необхідно враховувати весь діапазон режимів роботи системи й умов її експлуатації, а також можливість зміни вихідних параметрів у часі (так називана параметрична надійність).

Розрізняють тестове й функціональне діагностування. Тестове діагностування дозволяє перевірити технічний стан системи по тестовому впливі на неї. По тесту перевіряються параметри системи і її елементів і причини їхнього відхилення від заданих значень.

Функціональне діагностування дозволяє визначити технічний стан системи (або її елементів) по робочому впливі на неї. Робочий вплив контролює виконання системою заданих функцій при заданих параметрах і дозволяє виявити причини порушення її функціонування.

Тестове й функціональне діагностування виконується по так названому алгоритмі діагностування.

Алгоритм діагностування - сукупність елементарних перевірок у контрольних крапках системи й правил, що встановлюють послідовність їхнього проведення, а також аналіз результатів цих перевірок, по яких можна визначити справний, працездатний стан, або стан правильного функціонування від несправного стану й уміти відрізнити дефекти від несправного стану.

В алгоритмах тестового діагностування контрольні точки визначені попередньо й вони однакові для всіх перевірок і підбираються тільки тестові впливи.

В алгоритмах функціонального діагностування попередньо визначені вхідні впливи, а вибору підлягають контрольні точки.

При проведенні різних елементарних перевірок можуть вимагатися різні витрати на їхню реалізацію. Ці перевірки можуть подавати різну інформацію про технічний стан системи. Ті самі елементарні перевірки можуть бути реалізовані в різній послідовності. Тобто для рішення навіть одного завдання діагностування, можна побудувати кілька алгоритмів. Таким чином, встає завдання розробки оптимальних алгоритмів діагностування, при яких витрати

на їхню реалізацію будуть зменшені (завдання мінімізації в деяких випадках може бути сильно утруднене, наприклад, труднощами обчислень).

Ефективність діагностування оцінюється якістю алгоритмів діагностування і якістю засобів діагностування. Засоби діагностування розділяють, насамперед, на програмні й апаратні, а також зовнішні (конструктивно виконані окремо від системи) і убудовані (що є складовою складовою частиною системи); ручними, автоматизованими й автоматичними; спеціалізованими й універсальними.

Методи діагностування АСУ визначаються різними факторами: вибором об'єкта діагностування (вузла, блоку, елемента й т.п.), використовуваними діагностичними параметрами (тимчасові, силові, електричні, віброакустичні й ін.), залежно від використовуваних засобів діагностування.

Широко застосовується при діагностуванні метод контрольних осцилограм. Метод заснований на використанні графіків функцій різних параметрів у часі, по яких оцінюються технічний стан і працездатність окремих вузлів, блоків і системи в цілому.

Суть методу полягає в наступному. Становлять діагностичну модель, визначають діагностичну цінність різних параметрів, оцінюють трудомісткість використання параметрів для діагностування, попередньо визначають діагностичні параметри, експериментально перевіряють чутливість до дефектів і діагностичну цінність параметрів, вибирають основні діагностичні параметри для контрольної осцилограми, визначають зовнішній вигляд і характерні риси кривих обраних параметрів, амплітудні значення й припустимі межі для кривих основних параметрів, становлять й експериментально перевіряють контрольні осцилограми, виявляють взаємозв'язок між характерними ознаками кривих і станом обстежуваних об'єктів, накопичують й розшифровують дефекти, становлять діагностичні карти й інструкції для виконання діагностування.

Метод контрольних осцилограм може бути реалізований як засобами приладової діагностики, так і за допомогою ЕОМ в автоматичному режимі. Використати метод доцільно також на спеціалізованих іспитових стендах для контролю якості виготовлення механізмів і вузлів верстатів й в умовах експлуатації.

Ефективність процесів діагностування багато в чому визначається програмними засобами системи.

ЗМ 1.3. Елементи систем автоматики

Лекція 11. Основні елементи систем електроавтоматики

11.1 Класифікація елементів систем електроавтоматики

Наука, що вивчає методи розрахунку й принципи побудови елементів електричних автоматичних систем регулювання (АСР), називається **електроавтоматикою**.

Щоб контролювати технологічний процес й, в остаточному підсумку, підтримувати його в необхідному режимі необхідно робити виміри фізичних величин, що визначають хід даного технологічного процесу. Ці фізичні величини називаються **параметрами технологічного процесу** або **технологічних параметрів**.

При вимірах використовуються різні вимірювальні прилади, які класифікуються по ряду ознак. Загальною градацією є поділ їх на прилади для виміру:

- механічних,
- електричних,
- магнітних,
- теплових,
- інших фізичних величин.

Класифікація по роду вимірюваної величини вказує, яку фізичну величину вимірює прилад (тиск, температуру, витрату, рівень, кількість речовини й т.д.).

Виходячи з ознаки перетворення вимірюваної величини, вимірювальні прилади розділяють на прилади:

- а) безпосередньої оцінки;
- б) порівняння - визначальне значення величини шляхом порівняння її із заздалегідь відомою величиною.

По характері виміру:

- стаціонарні,
- переносні.

Вимірювальні прилади можуть виконувати функції:

- перетворення,

- індикації (відображення величини),
- реєстрації (запису),
- інтегрування,
- обчислення (наприклад, підсумовування),
- регулювання,
- сигналізації (світловий або звуковий).

Прилади, що виконують тільки функцію **перетворення** вимірюваної фізичної величини в інший вид, називаються перетворювачами або датчиками.

Датчик – пристрій, що перетворює вимірюваний параметр технологічного процесу у вид, зручний для подальшої передачі й використання. Як правило, технологічні параметри незручно або неможливо контролювати (спостерігати, виводити на пульт оператора й т.д.) прямо без додаткових технічних засобів. Наприклад, температуру не можна спостерігати візуально, контроль температури тіла можливий тільки в порівнянні зі температурою якого-небудь іншого тіла.

Вимірювальні прилади можуть мати які-небудь засоби для **відображення (індикації)** обмірюваних параметрів:

- стрілочні шкали (наприклад, пружинні манометри, деякі градусники й т.д.),
- цифрові індикатори (наприклад, цифрові термометри),
- табло,
- екрани (наприклад, осцилографи),
- рідкокристалічні дисплеї (цифрові вольтметри, тестери, багато сучасних рівнемірів, регулятори температури й ін.).

На рисунку 11.1,а показаний вимірювальний прилад зі стрілочною шкалою, на рисунку 11.1,б - прилад із цифровим індикатором.



Рисунок 11.1 – Види засобів індикації вимірювальних приладів

Існують вимірювальні прилади, які не відображають величину обмірюваного параметра. Вони призначені для автоматизованих й автоматичних систем контролю. Такий прилад вимірює технологічний параметр, перетворює його в електричну напругу або струм і передає іншому приладу, що використовує отриманий сигнал, наприклад, для відображення на своєму дисплеї, реєстрації на діаграмній стрічці й т.д.

Під **реєстрацією** фізичної величини в загальному випадку розуміється ручний або автоматичний запис її значення в якій-небудь формі на певний носій інформації.

Ручна реєстрація: запис у журнал спостережень, таблицю, звіт і т.д.

Автоматична реєстрація виробляється спеціальними приладами – **реєстраторами** (їх ще називають **самописами**) – які відзначають значення величини на паперовій (діаграмної) стрічці, вдруковують у таблицю, записують на магнітну стрічку, у флеш-пам'ять і т.д. На рисунку 7.1,в показаний реєстратор, що записує обмірювані показання на паперову стрічку.

До вимірювальних приладів, що виконують функцію **інтегрування**, ставляться так називані **лічильники**.

Вимірювальний прилад може мати функцію **сигналізації**, тобто виникнення певної ситуації (наприклад, величина вимірюваного параметра вийшла за межі) сигналізується світловим індикатором або звуковим сигналом.

Основними видами пристроїв електроавтоматики є (функціональну схему АСР зображено на рисунку 7.2):

- **датчики**, у складі яких може бути вимірювальний елемент;
- **перетворювачі** (сигналів з датчиків в уніфікований сигнал, що управляють впливів для подачі на виконавчі пристрої й т.д.);
- **підсилювачі**;
- **керуючі пристрої** (регулятори, контролери);
- **виконавчі пристрої**;
- **коригувальні ланки**, які можуть включатися до складу перерахованих вище пристроїв з метою зміни їх статичних і динамічних характеристик.

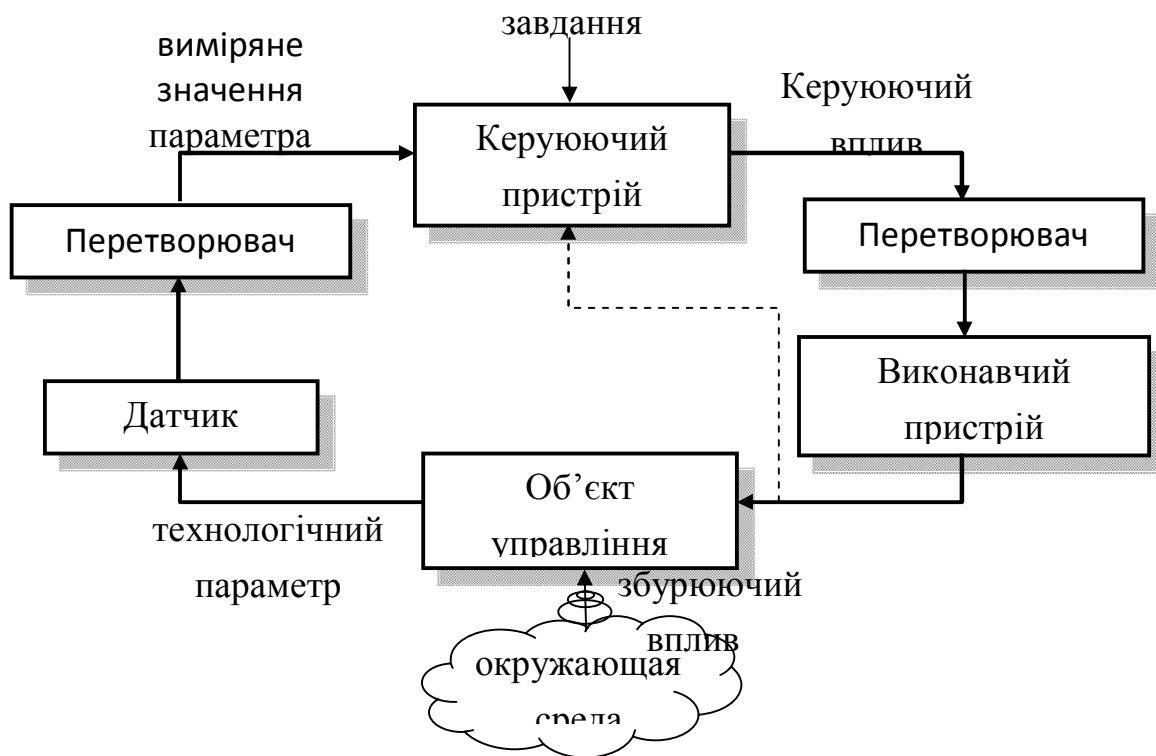


Рисунок 11.2 – Загальна функціональна схема АСР

Основні переваги систем електроавтоматики:

- широка номенклатура вимірюваних величин; практично будь-яка фізична величина може бути обмірювана з використанням серійних електричних датчиків;
- широкий амплітудний діапазон вимірюваних величин;
- широка смуга пропущення ланок систем електроавтоматики, що дозволяє досягти високої швидкодії (на два й більше порядки вище, ніж у систем пневмоавтоматики);
- компактність апаратур;
- можливість передачі інформації практично на будь-які відстані;
- використання універсальних джерел енергії (електромережі, гальванічні батареї, акумулятори) на відміну від пневматичних пристроїв, наприклад, яким потрібні системи підготовки стисненого повітря.

До недоліків систем електроавтоматики, що обумовили часткову або повну відмову від них у деяких технологічних процесах, наприклад, на нафтопереробних і нафтохімічних підприємствах, ставляться:

- іскро- і вибухонебезпечність;
- громіздкість виконавчих пристроїв.

11.2 Деякі характеристики елементів електроавтоматики

Статичні характеристики відображають зв'язок вхідних і вихідних параметрів ланок у сталому режимі. Вони можуть бути задані аналітично (у вигляді функціональної залежності), таблично або графічно.

Динамічні характеристики відображають зв'язок вхідних і вихідних параметрів ланок у часі. Основними динамічними характеристиками є перехідна й імпульсна (вагарня) характеристики.

Моделі динаміки ланок можуть бути задані у вигляді диференціальних рівнянь. Для лінійних ланок часто як моделі використовуються передатні функції

$$W(s) = \frac{X_{\text{вых}}(s)}{X_{\text{вх}}(s)},$$

де $X_{\text{вх}}(s)$ і $X_{\text{вых}}(s)$ – зображення по Лапласу для вхідних і вихідних параметрів.

Вхідна й вихідна потужності. Їхні значення необхідні для узгодження між собою елементів електроавтоматики.

Вид використовуваної енергії. За цією ознакою розрізняють:

- елементи, що працюють на енергії вимірюваної величини;
- елементи, що використовують для своєї роботи допоміжні джерела енергії.

Прямий вимір – вимір, при якому шукане значення величини знаходять безпосередньо з досвідчених даних.

Непрямий вимір - вимір, при якому шукане значення величини знаходять на підставі залежності між цією величиною й величинами, що піддають, прямим вимірам.

Принцип вимірів – сукупність фізичних явищ, на яких засновані виміри.

Метод вимірів – сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірів.

Засіб вимірів – технічний засіб, використовуваний при вимірах, й такий, що має нормовані метрологічні властивості.

Міра – засіб вимірів, призначене для відтворення фізичної величини заданого розміру.

Вимірювальний прилад – засіб вимірів, призначене для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Вимірювальні прилади підрозділяються на аналогові й цифрові.

Аналоговий вимірювальний прилад – вимірювальний прилад, показання якого є безперервною функцією змін вимірюваної величини.

Цифровий вимірювальний прилад – вимірювальний прилад, що автоматично виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації, показання якого представлені в цифровій формі.

Вимірювальний прилад, Що Показує, - вимірювальний прилад, що допускає тільки відлічування показань.

Подання засобу вимірів – вимір величини, обумовлене по відліковому пристрою й виражене в прийнятих одиницях цієї величини.

Градуювальна характеристика засобу вимірів – залежність між значеннями величин на виході й вході засобу вимірів, складена у вигляді таблиці, графіка або формули.

Діапазон показань – область значень шкали, обмежена кінцевим і початковим значеннями шкали.

Діапазон вимірів – область значень вимірюваної величини, для якої нормовані допускають погрішності засобу вимірів.

Межа вимірів – найбільше й найменше значення діапазону вимірів.

Чутливість. Для нелінійних елементів розрізняють:

- статичну чутливість

$$K = \frac{X_{\text{ВЫХ}}}{X_{\text{ВХ}}},$$

де $X_{\text{ВХ}}$ і $X_{\text{ВЫХ}}$ – значення вхідних і вихідних параметрів; тобто чутливість елемента еквівалентна його коефіцієнту підсилення;

- диференціальну чутливість

$$S = \frac{dX_{\text{ВЫХ}}}{dX_{\text{ВХ}}};$$

часто під чутливістю S розуміють максимальну чутливість елемента.

Очевидно, що для лінійних елементів величини S і K збігаються.

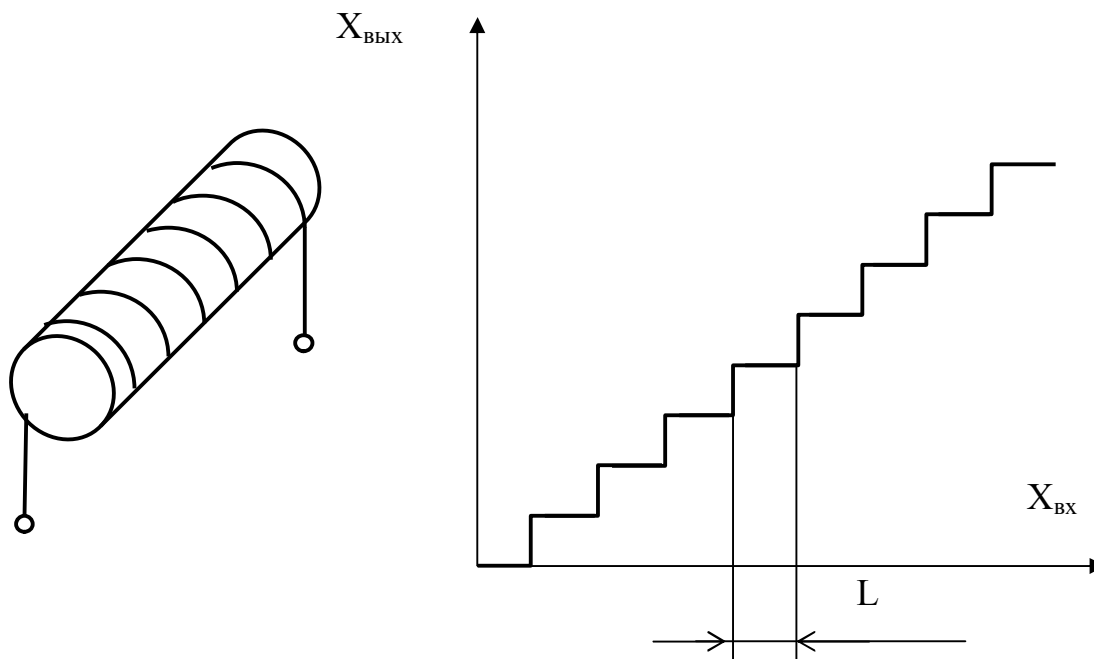


Рисунок 11.3 – Статична характеристика

Поріг чутливості $\Delta X_{\text{вх}}$ – максимальна зміна значення вхідної величини, що викликає зміну вихідної величини.

Наприклад, конструкція дровового реохорда така, що при переміщенні повзунка його опір міняється не плавно, а східчасто, тому що повзунок у певні моменти перемикається з одного витка дровової котушки на інший. У результаті виходить статична характеристика, показана на рис. 11.3. Поріг чутливості визначається як

$$\Delta X_{\text{вх}} = L / 2.$$

Погрішність. Під погрішністю розуміють відхилення реальної статичної характеристики від ідеальної, або відхилення статичної характеристики елемента від характеристики при відсутності навантаження.

Розрізняють погрішності:

1) **абсолютну:** $\Delta X = X - X_0$,

де X - обмірюване значення параметра, X_0 - щире значення.

Абсолютна погрішність виміру - погрішність виміру, виражений в одиницях вимірюваної величини.

2) **відносну:**

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} 100\% \text{ (виражені у відсотках);}$$

3) відносно наведену:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_{\max} - X_{\min}} 100\%,$$

де X_{\min} і X_{\max} - мінімальне й максимальне значення вимірюваної величини.

Максимальна наведена погрішність називається **класом точності**:

$$\gamma = \frac{\Delta X_{\max}}{X_{\max} - X_{\min}} 100\%.$$

Клас точності приладу вимірюється у відсотках і відзначається на його шкалі й у паспорті. Залежно від класу точності прилади діляться на еталонні (зразкові) і робітники.

Для електровимірювальних приладів установлені класи точності: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Виходячи з ознаки перетворення вимірюваної величини, вимірювальні прилади розділяють на прилади:

а) безпосередньої оцінки;

б) порівняння - визначальне значення величини шляхом порівняння її із заздалегідь відомою величиною.

По характері виміру: стаціонарні й переносні.

По чутливості знака (фази) вихідної величини елемента до знака (фази) вхідної величини розрізняють:

- **однотактні** (нереверсивні, нейтральні) елементи, у яких знак (фаза) вихідної величини не залежить від знака (фази) вхідний;

- **двотактні** (реверсивні, поляризовані), у яких знак вихідної величини залежить від знака вхідний.

Для елементів, вхідними й вихідними величинами яких є струм або напруга, часто використовуються такі характеристики як:

- коефіцієнт підсилення по напрузі

$$K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}};$$

- коефіцієнт підсилення по струму

$$K_I = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}};$$

- коефіцієнт підсилення по потужності

$$K_P = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}};$$

- змішаний коефіцієнт підсилення

$$K_{UI} = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}.$$

Лекція 12. Державна система приладів. Електрична галузь

Державна система приладів (ДСП) поєднує в собі всі засоби контролю й регулювання технологічних процесів. ДСП містить у собі так називані пневматична, гідравлічну й електричну галузі. Прилади пневматичної галузі використовують при вимірах і передачі сигналів на відстань енергію стисненого повітря, гідравлічної - тиск рідини, електричної - електричні напруги й струми. Сучасні вимірювальні прилади й засоби регулювання є переважно електричними, тому далі будуть розглянуті тільки вони.

Характерною рисою ДСП є:

- 1) блочно-модульний принцип, що лежить в основі конструкцій пристроїв;
- 2) уніфікація вхідних-вихідних сигналів і сигналів харчування.

Блочно-модульний принцип означає, що конструкції приладів повинні компонуватися з окремих модулів або блоків. Модуль або блок - це конструктивно завершений пристрій, що виконує певну, досить просту функцію (у порівнянні із приладом, частиною якого він є). При цьому модуль або блок повинен витягатися із пристрою без руйнування й допускати заміну несправного блоку. Цей принцип дозволяє зменшити номенклатуру приладів, спрощує ремонт і заміну, зменшує вартість, дозволяє реалізувати принцип взаємозамінності.

Уніфікація вхідних-вихідних сигналів і сигналів харчування означає, що сигнали, використовувані приладом (напруга живлення, вихідний струм і т.д.) повинні відповідати загальновизнаному стандарту. Цей принцип уможливорює взаємозамінність приладів, тобто несправний прилад однієї фірми власник може замінити на аналогічний прилад іншої фірми, не прив'язуючись до певного виробника приладів, якщо умови (ціни, гарантійне обслуговування, надійність і т.д.) його не влаштовують.

Стандартом визначені уніфіковані електричні сигнали:

- напруга живлення приладу: 12 В постійного струму, 220 В змінного струму частотою 50 Гц й ін.;
- струмові сигнали постійного струму з діапазонами 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА й ін.;
- сигнали напруги постійного струму з діапазонами 0...1 В, 0...10 В и ін.

Струмові сигнали й сигнали напруги використовуються для передачі значень обмірюваних фізичних величин. Величини даних струмів і напруг змінюються в межах зазначених діапазонів відповідно до змін вимірюваних величин.

Недоліком сигналів напруги є втрати сигналу при передачі на більші відстані.

З перерахованих сигналів у сучасних системах управління найбільше поширення одержав струмовий сигнал з діапазоном 4...10 мА, оскільки при передачі на відстань величина струму не змінюється. Величина струму обмежена знизу величиною 4 мА з метою діагностики лінії передачі й вимірювальних приладів. Якщо прилад, розрахований на даний діапазон, генерує сигнал менший 4 мА, то це дозволяє зробити висновок про несправності приладу або лінії передачі.

Первинні прилади (датчики) можуть перетворювати вимірюваний параметр у який-небудь уніфікований сигнал. Якщо ж датчик видає неуніфікований сигнал, то для приведення його до стандартного діапазону повинен бути встановлений відповідний перетворювач.

Лекція 13. Електричні керуючі пристрої

13.1 Поняття регулювання й керування

Системи управління технологічними процесами на сучасних підприємствах характеризуються більшою кількістю технологічних параметрів, число яких може досягати декількох тисяч. Для підтримки необхідного режиму роботи, а в остаточному підсумку – якості продукції, котра випускається, всі ці величини необхідно підтримувати постійними або змінювати за певним законом. Даний процес підтримки сталості значень технологічних параметрів або зміни їх за певними законами називається **управлінням**.

Управління – формування керуючих впливів, що забезпечують необхідний режим роботи технологічного процесу (об'єкта керування або об'єкта регулювання).

Об'єкт управління (об'єкт регулювання) – пристрій, необхідний режим роботи якого повинен підтримуватися ззовні спеціально організованими керуючими впливами.

Рішення завдання керування сучасними технологічними процесами вручну не завжди представляється можливим внаслідок обмеженості можливостей операторів по швидкодії, точності, безпомилковості дій. Керування в таких випадках можливо тільки шляхом застосування автоматичних регуляторів і керуючих пристроїв. Залежно від ролі автоматичних пристроїв у процесі керування розрізняють **автоматичні** системи керування й **автоматизовані** системи.

В автоматичних системах управління (АСУ) процес керування здійснюється автоматично без участі людини. В автоматизованих - за участю людини. В останньому випадку автоматичні пристрої можуть використатися як допоміжні пристрої, що працюють в такому режимі, що радить, і таких, що допомагають операторові в процесі прийняття рішень, або як пристрої, за допомогою яких оператор впливає на об'єкт керування.

Якщо поставлене завдання тільки підтримки технологічних параметрів на заданих значеннях, то такий процес є часткою випадку керування й називається **регулюванням**.

Розглянемо найпростіший приклад ручного регулювання температури в електропечі (див. рис 13.1).

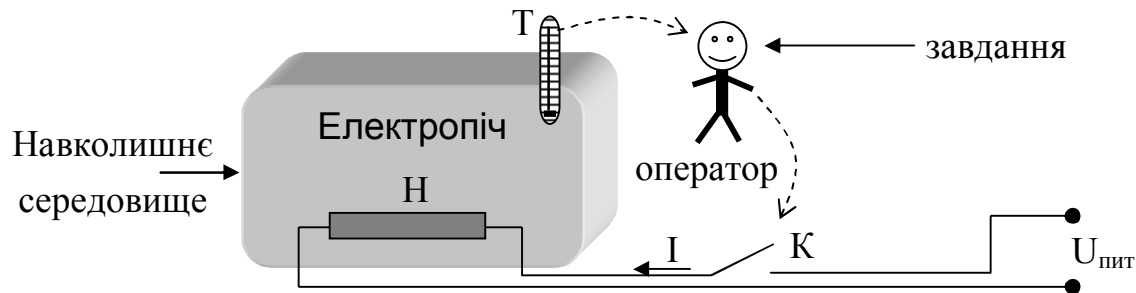


Рис. 13.1 – Приклад ручного регулювання температури в електропечі

Припустимо, що є електрична піч, у якій виробляється температурна обробка деякої продукції. Температурна обробка повинна вироблятися при температурі 300 °С. Для нагрівання в печі є електричний нагрівач Н, на який подається напруга живлення $U_{\text{пит}}$. Для контролю за температурою встановлений термометр Т. Людині-операторові, поставленому для керування піччю, необхідно пояснити, яку температуру варто підтримувати, тобто дати завдання. У процесі роботи оператор буде спостерігати за температурою по термометрі й, залежно від її значення, натискати на кнопку К, включаючи або відключаючи нагрівач.

Якщо перед оператором поставлене завдання просто підтримувати задану температуру, то оператор робить регулювання температури. Якщо ж оператор повинен робити певні зміни температури (наприклад, по змінювати температуру по деякому алгоритмі), то мова йде про керування.

Процес керування (регулювання) являє собою замкнутий цикл впливів: оператор подає напругу на нагрівач, що нагріває пекти, температура печі контролюється термометром, показання якого сприймаються оператором, залежно від показань оператор ухвалює рішення щодо подачі напруги $U_{\text{пит}}$ на нагрівач (див. рис. 13.2).

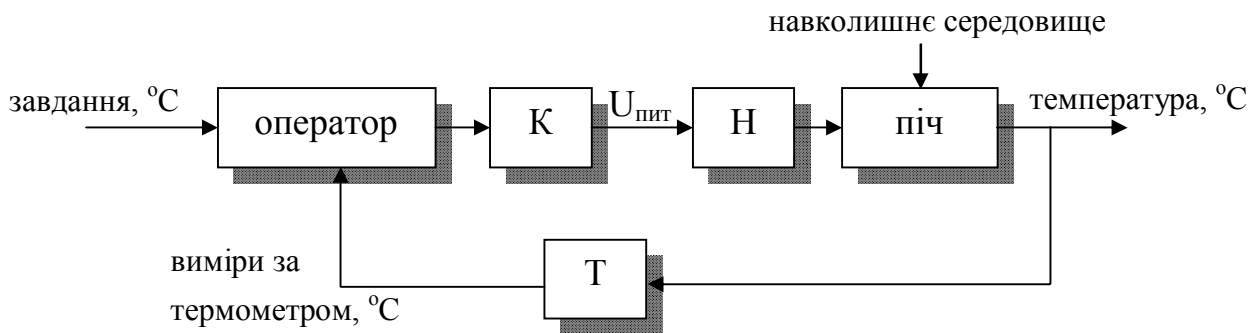


Рисунок 13.2 – Приклад процесу керування (регулювання)

Для організації автоматичної системи управління температури варто замінити оператора автоматичним регулюючим пристроєм. Відповідно, буде потрібно й заміна термометра, що показує, на термометр відповідної конструкції й кнопки К на пристрій, призначений для використання в автоматичних системах.

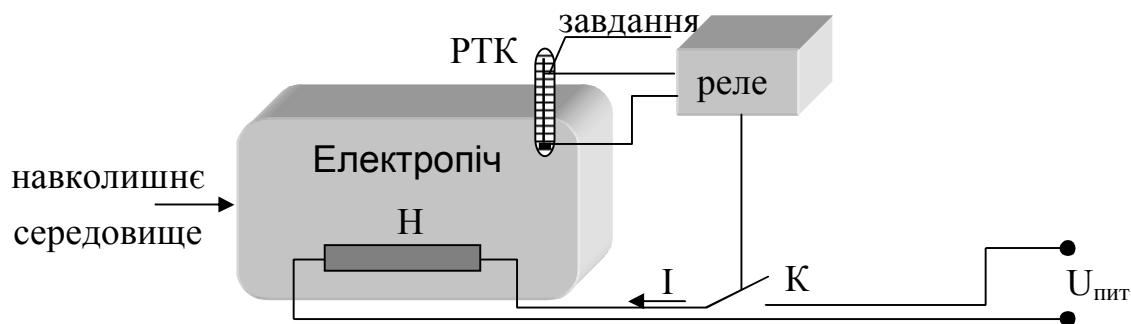


Рисунок 13.3 – Приклад автоматизації процесу керування (регулювання)

Структурна схема даної системи регулювання аналогічна зображеній на рисунку 13.2.

Керуюча частина реалізує алгоритми управління. В автоматичних системах управління цією частиною є регулятор, для систем ручного керування – людина-оператор. У керуючій частині генеруються керуючі впливи на об'єкт керування (наприклад, рішення на включення/вимикання рубильника, зміни напруги й т.д.). Для реалізації керуючих впливів служать **виконавчі пристрої**.

Робота датчиків і виконавчих пристроїв на відміну від керуючої частини полягає лише в перетворенні енергії, зміни інформації в них практично не відбувається (якщо не вважати погрішності). Тому при аналізі й синтезі систем

управління частіше ці частини системи управління опускають, вважаючи їхні коефіцієнти підсилення рівними «1».

Вихідний вплив, (те ж, що завдання) - вплив на систему, що визначає необхідний закон зміни регульованої величини).

Керуючий вплив - вплив керуючого пристрою на об'єкт керування.

Керуючий пристрій - пристрій, що здійснює вплив на об'єкт керування з метою забезпечення необхідного режиму роботи.

Вплив, що збурює, - вплив, що прагне порушити необхідний функціональний зв'язок між впливом, що задає, і регульованою величиною.

Регулятор - комплекс пристроїв, що приєднують до регульованого об'єкта й тих, що забезпечують автоматичну підтримку заданого значення його регульованої величини або автоматичну зміну її за певним законом.

Автоматична система регулювання (АСР) - автоматична система із замкнутим ланцюгом впливу, у якій керування виконується в результаті порівняння обмірюваного значення технологічного параметра з його заданим значенням.

Додатковий зв'язок у структурній схемі АСР, спрямований від виходу до входу розглянутої ділянки ланцюга впливів, називається зворотним зв'язком (ОС). Зворотний зв'язок може бути негативної або позитивної.

Регулювання завжди виробляється на підставі порівняння заданого й обмірюваного значень. При ручному регулюванні оператор постійно, спостерігаючи за показаннями термометра, порівнює його показання із завданням, у розумі фактично обчислюючи різницю. Ця різниця називається помилкою регулювання. Наприклад, операторові було дане завдання тримати температуру на рівні 300°C , а поточне значення температури 280°C , отже, помилка регулювання дорівнює 20°C . В автоматичних регуляторах ця різниця обчислюється за допомогою відповідних пристроїв.

Лекція 14. Види керуючих пристроїв

Для регулювання технологічних параметрів використовуються керуючі пристрої, які можна класифікувати залежно від принципу дії на типові, засновані на методах штучного інтелекту й регулятори зі структурою, що змінюється (див. рис. 14.1).

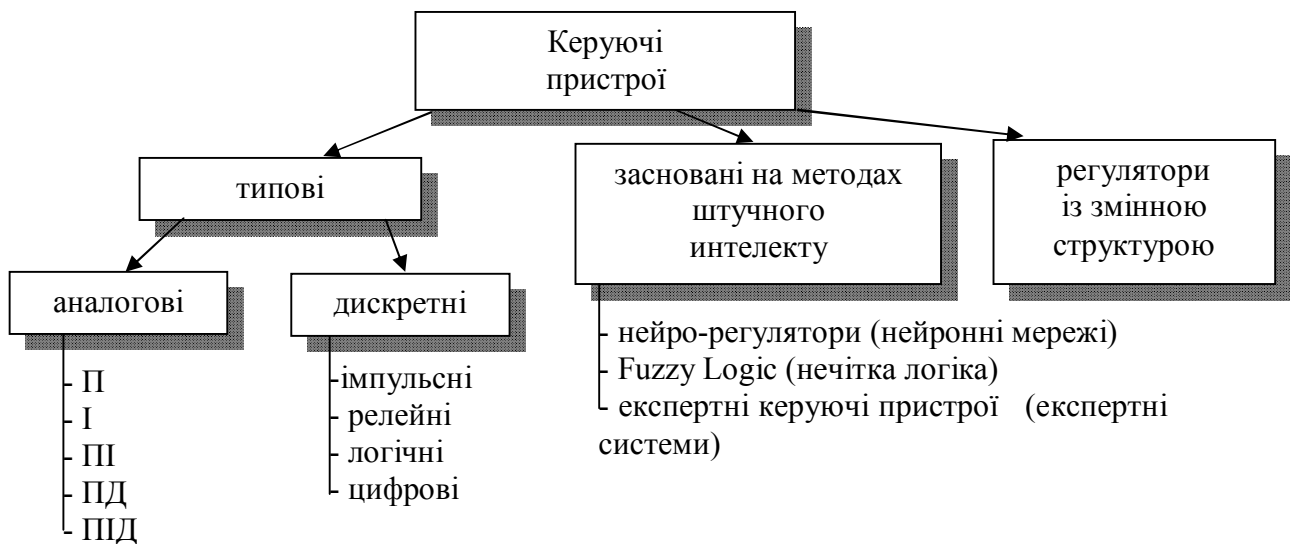


Рисунок 14.1 - Різновиди керуючих пристроїв

До типових керуючих пристроїв (регуляторів) відноситься більшість регуляторів, що випускають промисловістю й масово використовуваних на підприємствах. Аналогові регулятори для керування використовують аналогові сигнали, що приймають всі можливі значення зі свого діапазону. Дискретні використовують дискретні сигнали, що приймають, як правило, тільки два значення типу «включене» / «виключене» («є вплив» / «немає впливу», «є струм» / «немає струму», «1» / «0», «так» / «ні» і т.д.). Принципи регулювання аналогових типових регуляторів і дискретних релейних і логічних будуть розглянуті нижче окремо.

Імпульсні типові регулятори для керування використовують імпульси напруги, що подаються на об'єкт. Цифрові регулятори у своєму составі мають мікропроцесор, що працює по закладеному в пам'яті пристрою алгоритму керування. Цифрові пристрої досить гнучкі з погляду їхнього програмування. Вони дозволяють реалізувати практично будь-який принцип регулювання, включаючи принципи аналогових регуляторів.

Керуючі пристрої, засновані на методах штучного інтелекту, менш поширені. Методами штучного інтелекту називаються методи імітації розумової діяльності людини. До числа таких методів ставляться: нейронні мережі (імітація пристрою головного мозку), нечітка логіка (імітація процесу прийняття рішень людиною в умовах невизначеності на основі нечітких

правил), експертні системи (прийняття рішень по заздалегідь певних правилах) і ін.

Регулятори зі структурою, що змінюється, мають властивість адаптуватися до змін ситуації на технологічному об'єкті, до зміни режимів роботи й т.д.

Залежно від виду використовуваної енергії керуючі пристрої підрозділяються на

- механічні,
- гідравлічні (використається енергія води),
- пневматичні (використається енергія стисненого повітря),
- електричні.

Лекція 15. Контролери й структури просунутих систем управління

15.1 Контролери систем управління

У сучасних системах керування використовуються переважно електричні пристрої. Тільки аналогові типові й логічні керуючі пристрої можуть бути не тільки електричними.

Регулятори виготовляються або у вигляді окремих самостійних пристроїв, що підключають до об'єкту управління, або у вигляді модулів регулювання для контролерів і реєстраторів.

На вхід регулятора подається або безпосередньо сигнал з датчика, або сигнал з перетворювача, що перетворить сигнал з датчика в уніфікований сигнал, або сигнал, пропорційний різниці між заданим й обмірюваним значеннями регульованого параметра. Вихідний сигнал з регулятора подається на виконавчий пристрій.

Контролером називається цифровий керуючий пристрій, що володіє власними обчислювальними ресурсами (процесором, пам'яттю й т.д.), що дозволяє йому виконувати крім функцій керування допоміжні функції: зберігання архівів, передача даних через модем, діагностику, самонастроювання, перепрограмування й т.д. Тому їх також називають ПЛК (програмувальні логічні контролери) або PLC (Programmable Logical Controller).

У зв'язку з бурхливим зростанням виробництва мініатюрних Рс- сумісних комп'ютерів останні всі частіше стали використати як контролери.

Перша й головна перевага Рс-контролерів пов'язане з їхньою відкритістю, що дозволяє застосовувати в АСУ встаткування різних фірм. Тепер користувач не прив'язаний до конкретного виробника.

Друга важлива перевага їх полягає в більше «родинних» зв'язках з комп'ютерами верхнього рівня. У результаті не потрібні додаткові витрати на підготовку персоналу.

Третя перевага - більше висока надійність. Звичайно розрізняють фізичну й програмну надійність контролерів. Під фізичною надійністю розуміють здатність апаратур стійко функціонувати в умовах навколишнього середовища промислового цеху й протистояти її шкідливому впливу. Під програмною розуміється здатність програмного забезпечення (ПО) стійко функціонувати в ситуаціях, що вимагає реакції в заданий час. Програмна надійність визначається в першу чергу ступенем налагодженості ПО. Оскільки в більшості Рс-контролерів використовуються комерційні широко розповсюджені й добре налагоджені операційні системи (Windows, Unix, Linux, QNX й ін.), те варто очікувати, що програмна надійність буде вище, ніж в PLC.

Операційні системи контролерів повинні задовольняти не тільки вимогам відкритості, але й вимогам роботи в режимі реального часу, були компактні й мали можливість запуску із ПЗУ або флеш-пам'яті.

Більшість структур так званих «просунутих» систем керування може бути розділене на класи (рис. 15.1):

- 1) **прості СУ**, основу яких становлять керуючі пристрої R, що працюють по твердих алгоритмах (ПД-контролери, логічні алгоритми й т.д.);
- 2) **СУ з адаптацією**, до складу яких крім R входить також адаптатор А, призначенням якого є вибір певної сукупності процедур, що описують процес керування й реалізуються в R з безлічі потенційно припустимих процедур на підставі аналізу спостережуваних ситуацій;
- 3) **модельні СУ**, що використовують із метою керування знання декларативного характеру про об'єкт керування (ОУ) у вигляді окремого блоку-моделі об'єкта М;

4) **семиотичні СУ**, що містять блок інтерпретатора І, завданням якого є інтерпретація спостережуваних відповідних реакцій середовища й ОУ на впливи з боку керуючої частини СУ й процесів, що протікають в ОУ, у термінах моделі об'єкта М для адаптації параметрів і структури використовуваної при управлінні моделі. Подібно адаптатору А в СУ з адаптацією, що змінює структуру блоку R, інтерпретатор І змінює структуру блоку М. На відміну від А в блоку І відсутній заздалегідь задана безліч потенційно припустимих процедур, оскільки закладені в І процедури навчання носять характер адаптації до умов зовнішнього середовища, модель якої може бути невідома, тому СУ даного класу часто містять обоє цих блоку (семиотичні СУ з адаптацією).

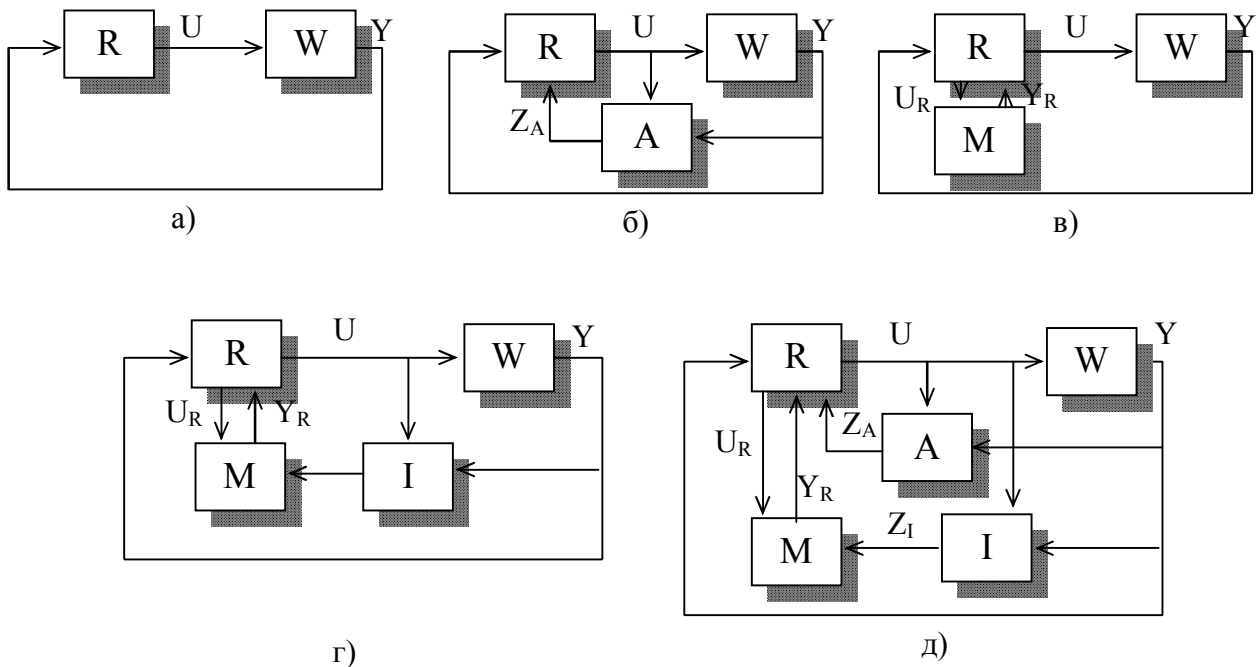


Рисунок 15.1 – Структури СУ

На рис. 15.1 представлені структури перерахованих класів СУ, де прийняті позначення:

R - керуючий пристрій,

W - об'єкт управління (ОУ),

A - адаптатор,

I - інтерпретатор,

U - канал передачі керуючих впливів на ОУ,

Y - канал передачі контрольованих технологічних параметрів,

U_R й Y_R - відповідно керуючі впливи, що моделюються з боку R і відповідь об'єкта W ,

Z_A й Z_I - впливи, що оптимізують з боку компонентів A и I відповідно.

15.2 Електричні виконавчі пристрої

Виконавчим пристроєм називається пристрій у системі керування, безпосередньо реалізуючий керуючий вплив з боку регулятора на об'єкт керування шляхом механічного переміщення **регулювального органа** об'єкта.

Більшість керуючих впливів у нафтопереробці, нафтовидобутку й нафтохімії реалізується шляхом зміни витрат речовин (наприклад, сировини, палива, кубового залишку колони й т.д.).

Рівняння статички виконавчих пристроїв для витрати F рідини або газу може бути описане як

$$F = F(\Delta P, \nu, \rho, C_1, C_2, \dots),$$

де ΔP – перепад тиску на регулювальному органі, ν - в'язкість, ρ – щільність, C_i – деякі параметри, що залежать від конструкції РО, режиму витікання потоку й т.д.

Стандартні **виконавчі механізми** працюють у комплекті з регулювальним органом, утворюючи разом виконавчі пристрої, і класифікуються:

- по виду енергії, що створює перестановочне зусилля (електричні, пневматичні, гідравлічні й ін.);
- по виду руху (прямоходові, однооборотні й багатооборотні);
- за принципом створення перестановочного зусилля (мембранні, поршневі, сильфонні, лопатеві, електромагнітні, електродвигунові й ін.).

Електричні виконавчі механізми мають переваги: висока швидкодія, компактність, доступність джерела енергії, більші перестановочні зусилля. Недоліки: дорожнеча, необхідність заходів захисту у вибухово- і пожежонебезпечних умовах.

Підрозділяються на електродвигунові (привод від двигуна) і електромагнітні.

Список джерел

1. Рекомендована основні навчальні джерела

1. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. / Под ред. Б. Д. Кошарского. – Ленинград : Машиностроение, 1976. – 488 с.
2. Гибкое автоматизированное производство / В. О. Азбель, В. А. Егоров, А. Ю. Звоницкий и др. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 454 с.
3. Измерение электрических и неэлектрических величин: учеб. пособие для вузов / Я.А. Купершмидт [и др.]; под ред. Н. Н. Евтихеева. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
4. Имитационное моделирование производственных систем: Под ред. А.А.Вавилова. – Москва : Машиностроение; Берлин : Техника, 1983. – 416 с.
5. Технические средства диагностирования: справочник / П. П. Пархоменко [и др.]; под общ. ред. В. В. Ключева. – Москва : Машиностроение, 1989. – 672 с.
6. Коновалов П.И. Элементы и системы электроавтоматики : учеб. пособие для вузов / П. И. Коновалов, Д. П. Петелин – 2-е изд. – Москва : Высшая школа, 1985.-216 с..
7. Кузьминов Г.П. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. – Ленинград : ЛТА им. С.М.Кирова, 1974. – 89 с.
8. Основы автоматизации производства / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1995. – 312 с.

2. Рекомендовані додаткові навчальні джерела

9. Айзенберг, П.Г. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы / П.Г. Айзенберг, А.В. Кипнис, Ю.И. Стороженко. – Москва: Легпромиздат, 1990. – 355 с.
10. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э.Г. Атамалян. – Москва : Дрофа, 2005
11. Балакирев В.С. Технические средства автоматизации химических производств : учеб. пособие для вузов / В. С. Балакирев, Л. А. Барский, А. В. Бугров. – Москва : Химия, 1991.
12. Балакирев В.С. Применение средств пневмо- и гидроавтоматики в химических производствах : учеб. пособие для вузов / В. С. Балакирев, А.Э. Софиев. – Москва : Химия, 1984. – 192 с.

13. Балмасов Е.Я. Автоматика и автоматизация процессов производства древесных пластиков и плит. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 216 с.
14. Белянин П.Н., Гибкие производственные системы / П. Н. Белянин, М. Ф. Идзон, А. С. Жогин. – Москва : Машиностроение, 1988. - 256 с.
15. Болтон, У. Карманный справочник инженера-метролога / У. Болтон. – Москва : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 384 с.
16. Вальков В.М. Контроль в ГАП / В. М. Вальков. – Ленинград : Машиностроение, 1986. – 230 с.
17. Васильев В.Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 1986. – 311 с.
18. Вейц В.Л., Динамика и управление процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке / В. Л. Вейц, В.В. Максаров. – Санкт-Петербург : СЗПИ, 2000. – 160 с.
19. Власов С.Н., Позднеев Б.М., Черпаков Б.И. Транспортные загрузочные устройства и робототехника. – Москва : Машиностроение Санкт-Петербург : роение, 1988. – 144 с.
20. Волков Н. И. Электромашинные устройства автоматики / Н. И. Волков, В. П. Миловзоров. – Москва : Высшая школа, 1978.
21. Ганзбург Л. Б. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учеб. пособие / Л. Б. Ганзбург, В. В. Максаров, А.Г. Схиртладзе. – Санкт-Петербург : СЗТУ, 2001. – 178 с.
22. Гибкие производственные комплексы / В. А. Лещенко, В. М. Кисилев, Д. А. Куприянов и др. – Москва : Машиностроение, 1984. - 384 с.
23. Гибкие производственные системы Японии : Пер. с яп.; Под ред. Л. Ю. Лищинского. – Москва : Машиностроение, 1987. – 232 с.
24. Городецкий М.С. Контроль и диагностика в ГПС / М. С. Городецкий, Д. Л. Веденский. – Москва : Высш. школа, 1989. – 96 с.
25. Дианов В.Г. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы химических производств. Москва : Химия, 1973.- 328 с.
26. Егоров В.А. Автоматизированная система инструментального обеспечения ГПС механообработки. / В. А. Егоров, В. В. Максаров, А. И. Федотов. – Ленинград : ЛДНТП, 1989. - 28 с.

27. Жданович В.Ф., Комплексная автоматизация и механизация в механических цехах / В.Ф. Жданович, Л. Б. Гай. – Москва : Машиностроение, 1976. – 288 с.
28. Измерения в промышленности: справочник в 3 т. / пер. с нем. под ред. Д.И. Агейкина. – Москва: Металлургия, 1990.: Т. 1: Теоретические основы. – 492 с.; Т. 2: Способы измерения и аппаратура. – 384 с.; Т. 3: Способы измерения и аппаратура. – 344 с.
29. Казаков А.В. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов / А. В. Казаков, М. В. Кулаков, Ю. К. Мелюшев. – Москва : Машиностроение, 1970.- 374 с.
30. Камразе А. И. Контрольно-измерительные приборы и автоматика / А. И. Камразе, М. Я. Фитерман. – Москва : Высшая школа, 1980.- 208 с.
31. Келим Ю.М. Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики./ Учеб. пособ. для ср. спец. уч. зав. – Москва : Высшая школа, 1991. -304 с.
32. Кипнис, А.Б. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств в легкой и текстильной промышленности: учебник для сред. спец. учеб. заведений / А.Б. Кипнис, Ю.И. Стороженко, Л.Г. Айзенберг. – – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 200 с.
33. Клюев, А.С. Монтаж средств измерений и автоматизации: справочник / под общ. ред. А.С. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 495 с.
34. Клюев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский. – Москва : Энергия, 1980.-512 с.
35. Клюев, А. С. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: справочное пособие / Л.М. Пин [и др.]; под общ. ред. А.С. Клюева. - Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 400 с.
36. Морозов, П. В. Автоматические системы управления и обслуживания приборов и оборудования / П.В. Морозов. – Москва: Стандарт, 1989.
37. Плоцкий Л. М. Автоматизация химических производств. / Л. М. Плоцкий, Г.И. Лапшенков. – Москва : Химия, 1982. – 250 с.
38. Прокофьев, Н. М. Справочное руководство по наладке устройств автоматического управления технологическими процессами в легкой

- промышленности / Н.М. Прокофьев [и др.]. – Москва: «Легкая индустрия», 1977. – 288 с.
- 39.РМ4-2-78. Системы автоматизации технологических процессов. Схемы функциональные. Методика выполнения. Москва : Проект-монтажавтоматика, 1978. – 39 с.
- 40.Смирнов А.А. Основы автоматизации целлюлозно-бумажного и лесохимического производств. Москва : Лесная промышленность, 1974.- 366 с.
- 41.Справочник по автоматизации в гидролизной, сульфитоспиртовой и лесохимической промышленности / Под. ред. Финкель А.И. и др. Москва : Лесная промышленность, 1976.- 184 с.
- 42.Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий. / Под ред. Э. В. Цешковский и др. Москва : Лесная промышленность, 1979.-296с.
- 43.Справочник по средствам автоматики. / Под ред. В.Э. Низэ, И.В. Антика. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. -504 с.
- 44.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд. – Москва : Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
- 45.Фиркович В.С. Автоматизации технологических процессов гидролизных производств. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 224 с.
- 46.Цербс, М. Контрольно-измерительная техника / М. Цербс. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. –320 с.

Навчальне видання

АБРАКІТОВ Володимир Едуардович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

«Автоматизація технологічних процесів»

*(для студентів I курсу денної форми навчання освітнього рівня «бакалавр»
галузі знань 26 – Цивільна безпека
спеціальності 263 – Цивільна безпека. Охорона праці)*

Відповідальний за випуск *В. І. Заіченко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. Е. Абракітов*

План 2013, поз. 43Л

Підп. до друку 31.01.2013
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 2,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.