

Міністерство освіти і науки України
Кіровоградський національний технічний університет
Кафедра «Металорізальні верстати та системи»

ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу
для студентів напрямів підготовки
6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування»,
спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування"

Затверджено на засіданні кафедри
«Металорізальні верстати та системи»
Протокол № 2 від 31.08.2016 р.

Кропивницький

2016

Теорія технічних систем. Конспект лекцій з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу для студентів напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування», спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування" / Укл.: М.О. Ковришкін, О.В. Лисенко. – Кропивницький: КНТУ, 2016. – 80 с.

Укладачі: Ковришкін М.О. – канд.техн.наук, доцент

Лисенко О.В. – канд.техн.наук, доцент

Рецензент: Гречка А.І. – канд.техн.наук, доцент

© Кіровоградський національний технічний університет

© Ковришкін М.О., Лисенко О.В.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	5
ЛЕКЦІЇ ДО РУБІЖНОГО КОНТРОЛЮ № 1	8
Лекція 1 «Технічна система (ТС), закони її розвитку»	8
1.1.Основні поняття, визначення та предмет курсу	8
1.2.Види систем, поняття технічної системи	12
1.3.Закони розвитку технічних систем	12
Лекція 2 «Види технічних систем та система перетворень»	16
2.1.Види технічних систем	16
2.2.Опис технічних систем	17
2.3.Модель системи перетворень	18
2.4.Елементи системи перетворень	23
Лекція 3 «Технічні системи типу «Технічний процес»»	26
3.1.Визначення і модель технічного процесу	26
3.2.Структура і операції технічного процесу	30
3.3.Класифікація і опис технічних процесів	33
Лекція 4 «Технічні системи типу «Технічний об'єкт»»	36
4.1.Поняття про призначення і структуру технічної системи типу «Технічний об'єкт»	36
4.2.Функціональна та органоструктура технічної системи типу «Технічний об'єкт»	38
4.3.Конструктивна система технічної системи типу «Технічний об'єкт»	39
4.4.Параметри технічної системи типу «Технічний об'єкт» .	40
4.5.Поняття про фізичну операцію	40
4.6.Принцип дії технічної системи типу «Технічний об'єкт».....	41

4.7.Вибір кращого варіанту методом розстановки пріоритетів	43
ЛЕКЦІЇ ДО РУБІЖНОГО КОНТРОЛЮ № 2	48
Лекція 5 «Закони побудови технічних систем»	48
5.1.Поняття про аналіз технічних систем	48
5.2.Закон прогресивної еволюції техніки	49
5.3.Закон відповідності між функцією та структурою	51
5.4.Закон стадійного розвитку технічних систем	52
Лекція 6 «Методи створення нових технічних систем»	55
6.1.Методологія створення технічних систем	55
6.2.Стадії та етапи технічного проектування технічних систем	59
6.3.Загально-технічні основи конструювання технічних систем	60
6.4.Пошукове проектування технічних систем	64
Лекція 7 «Аналіз та синтез технічних систем»	66
7.1.Поняття про аналіз технічних систем	66
7.2.Математична постановка типових задач аналізу технічних систем	68
7.3.Аналіз технічних процесів	69
7.4.Функціонально-вартісний аналіз технічних систем	70
7.5.Синтез технічних систем	71
ЛІТЕРАТУРА	76
ДОДАТКИ	77
ДОДАТОК А Порядок проведення рубіжного тестового контролю	77
ДОДАТОК Б Приклад розв'язання тестового запитання	79

ВСТУП

Курс «Теорія технічних систем» включає цикл лекцій і практичних занять. Він спрямований на підвищення кваліфікації майбутнього інженера як новатора, творця і винахідника, котрий повинен в найкоротший термін впровадити нові технічні ідеї у виробництво.

Курс «Теорія технічних систем» є базовим для формування у спеціаліста творчого потенціалу, необхідного для самостійної постановки нових інженерних завдань, рішення задач пошуку нових конструкторсько-технологічних рішень, які в кінцевому рахунку забезпечують підвищення якості продукції, досягнення світового рівня створених об'єктів, всебічну інтенсифікацію і економію ресурсів.

Навчальна дисципліна «Теорія технічних систем» складається з курсу лекцій, лабораторних робіт та самостійної роботи студента.

Контроль знань студентів з лекційного матеріалу проводиться у формі рубіжного тестового контролю (РТК). Рубіжний тестовий контроль проводиться протягом рубіжного тижня відповідно до графіку навчального процесу. Кожен з двох тестів складається з 20 запитань. Запитання, що входять до тесту, формуються з тих, що вказані для відповідного рубіжного контролю. Порядок проведення тесту та заповнення тестового листа наведено в додатку А. Приклад розв'язання тестового запитання наведено в додатку Б.

Критерії оцінювання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – на 1 запитання – 1 бал.

Загальна сума балів (ЗСБ), яку студент може набрати протягом вивчення курсу лекцій – 0–40 балів (рубіжний контроль № 1 – 0–20 балів, рубіжний контроль № 2 – 0–20 балів).

Оцінки в балах по рубіжних контролях вказані в табл.1 та табл.2, а по курсу лекцій в цілому в табл.3.

Таблиця 1

Оцінювання знань студентів під час рубіжного контролю № 1

Показники	Оцінка в балах					
	«Зараховано»					«Не зараховано»
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
РГК	20...18	17	16...15	14...13	12	11...0

Таблиця 2

Оцінювання знань студентів під час рубіжного контролю № 2

Показники	Оцінка в балах					
	«Зараховано»					«Не зараховано»
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
РГК	20...18	17	16...15	14...13	12	11...0

Студент вважається атестованим з курсу лекцій з відповідного рубіжного контролю, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.1 або табл.2 відповідно в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно».

Студент вважається не атестованим з курсу лекцій з відповідного рубіжного контролю, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.1 або табл.2 відповідно в стовбці «незадовільно».

Студент вважається атестованим з курсу лекцій, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.3 в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно».

Таблиця 3

Оцінювання знань студентів за весь період вивчення курсу лекцій

Показники	Оцінка в балах					
	«Зараховано»					«Не зараховано»
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
ЗСБ	40...36	35...33	32...30	29...26	25...24	23...0

Студент вважається не атестованим з курсу лекцій, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.3 в стовбці «незадовільно».

У випадку не атестації з курсу лекцій, відповідний тест виноситься на заліковий тиждень.

РУБІЖНИЙ КОНТРОЛЬ № 1

ЛЕКЦІЯ № 1

“ТЕХНІЧНА СИСТЕМА, ЗАКОНИ ЇЇ РОЗВИТКУ”

Мета лекції: Ознайомлення студентів з сутністю теорії технічних систем, основними визначеннями та законами розвитку технічних систем.

План лекції:

1. Основні поняття, визначення та предмет курсу.
2. Види систем, поняття технічної системи.
3. Закони розвитку технічних систем.

1.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПРЕДМЕТ КУРСУ

Курс "Теорія технічних систем" містить цикл лекцій, лабораторних занять та самостійну роботу студента, що спрямовані на підвищення кваліфікації майбутнього інженера як новатора, творця і винахідника, котрий повинен в найкоротший термін впровадити нові технічні ідеї у виробництво.

Предметом курсу є технічна система та її елементи з протиріччями, які створюють проблемну ситуацію, вирішення якої можливо шляхом синтезу нової, більш прогресивної системи.

Метою курсу є набуття студентами:

– **знань** закономірностей розвитку технічних систем і творчого мислення під час їх створення, сучасних методів пошуку технічних рішень, активізації творчості, принципів та прийомів подолання технічних протиріч;

– **вміння** застосувати на практиці сучасні прийоми та методи науково-технічної творчості під час створення технічних систем, розробляти за їх допомогою нові технічні рішення, оформити заявку на винахід;

– **навичок** у рішеннях, пов'язаних з проектуванням, виготовленням, дослідженням та експлуатацією технічних систем різних класів.

Розглянемо базові поняття курсу.

Система – це сукупність, яка створена і упорядкована за певними правилами з скінченої множини елементів.

В загальному випадку між елементами системи існують певні зв'язки.

Системний підхід – вимагає розглядати систему як частину над системи, з елементами якої вона пов'язана, а окремі елементи системи можна розглядати як підсистеми. Приклад ієрархії технічної системи наведено на рис.1.1.

Розглянемо різновиди систем за походженням [див.рис.1.2]. Для опису систем використовують узагальнену модель системи [див.рис.1.3].

Ціль (мета) – це якісний стан справ, до здійснення якого прагнуть.

Поведінка – це множина послідовних у часі станів системи.

Цілеспрямована поведінка система називається **функцією**.

Поведінку ТС називають **функціонуванням**.

Структура системи характеризує внутрішню організацію, порядок і побудову системи, тобто структура – це сукупність елементів і співвідношень (зв'язків) між ними.

Оточення (навколишнє середовище Umg) системи – це все те, що не входить до системи.

Вхід (In) – це зовнішнє відношення навколишнього середовища до системи, тобто навколишнє середовище → система.

Вихід (Ou) – це зовнішнє відношення системи до навколишнього середовища, тобто система → навколишнє середовище.



Рис.1.1 – Ієрархія технічної системи на прикладі верстата-автомата [2].



Рис.1.2 – Класифікація систем за їх походженням [2].

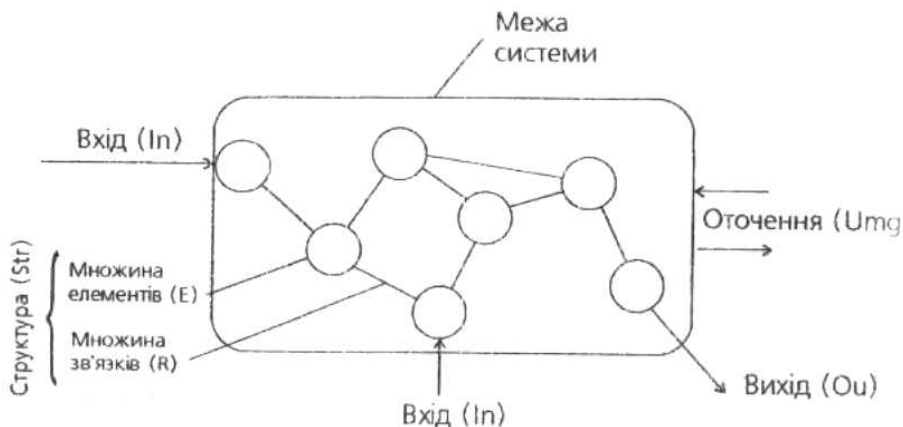


Рис.1.3 – Узагальнена модель системи [2].

Входи і виходи системи включають усі види зв'язків з навколишнім середовищем:

- бажані і небажані зв'язки матеріального (**S**) характеру;
- бажані і небажані зв'язки енергетичного (**E**) характеру;
- бажані і небажані зв'язки інформаційного (**I**) характеру.

Система, її елементи і відносини володіють властивостями, які належать цій системі і її визначають.

Тобто, **властивістю** є будь-яка суттєва ознака об'єкта.

Сукупність значень властивостей системи в зазначений момент часу називають **станом системи**.

Два стани системи можуть бути або однаковими, або різними.

Різницею між станами системи називають відмінність, яка виникає при переході від одного стану до іншого.

Різниця може бути диференційованою або дискретною.

1.2 ВИДИ СИСТЕМ, ПОНЯТТЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

За походженням системи бувають створеними природою (природні) та створеними людьми (виготовленими).

Введемо поняття технічної системи, як термін для позначення «абстрактної машини». **Технічна система** в загальному випадку є виготовленою системою, що складається з сукупності елементів і відношень (зв'язків), які утворюють цілісну структуру об'єкту.

Під час вивчення технічної системи розглядають три сукупності об'єктів:

- неорганізовані;
- організовані з елементами, об'єднаними в стійку структуру, що має нові властивості;
- самоприспосовувані – зі зміною зв'язків або структури під дією навколишнього середовища.

1.3 ЗАКОНИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Життя технічної системи можна уявити [див.рис.1.4] у вигляді S-подібної кривої, яка запозичена з біології, оскільки в цьому відношенні життя технічної системи можна порівняти з живим організмом.

Ця крива показує як в часі змінюються головні показники технічної системи. Розрізняють ділянки:

- 1) початкового розвитку технічної системи – технічна система розвивається повільно;
- 2) розвитку технічної системи – технічна система бурхливо розвивається;
- 3) стиглість технічної системи – технічна система вибирає свої можливості;

4) старість технічної системи – можливості технічної системи не змінюються;

5) деградація технічної системи – можливості технічної системи зменшуються.

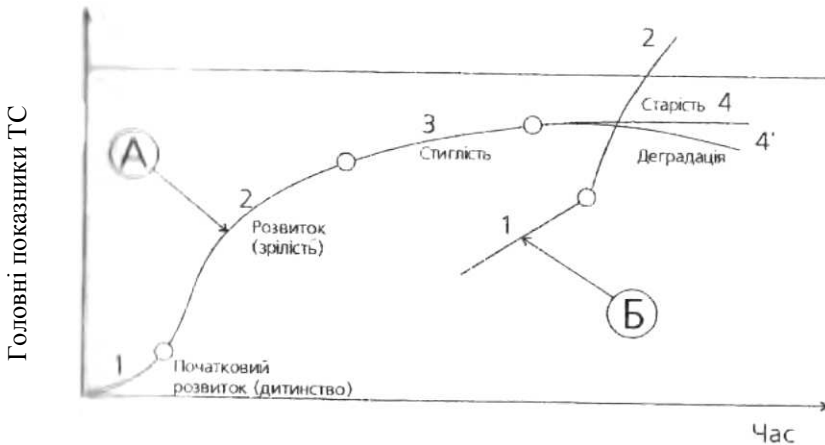


Рис.1.4 – Криві розвитку технічної системи [2].

Приблизно на ділянці стиглості даної технічної системи *A* виникає нова технічна система *B*, що більш задовольняє вимогам.

Згідно з Г.С.Альтшуллером розвиток технічних систем описується такими законами: «статики» (початок життя), «кінематики» (розвиток), «динаміки» (головні тенденції розвитку в теперішній час).

Законои статики:

1) повнота частин – наявність і мінімальна працездатність основних частин технічної системи;

2) «енергетична провідність» – наскрізний прохід енергії всіма частинами технічної системи;

3) проходження «ритміки» частин – частоти коливаль, періодичності роботи усіх частин.

Закони кінематики:

1) підвищення ступеню ідеальності – витрати на виготовлення і функціонування технічної системи прямують до нуля, хоч працездатність її не зменшується;

2) нерівномірність розвитку частин – чим складніша технічна система, тим більш нерівномірним є її розвиток;

3) перехід в над систему – вичерпавши можливості розвитку, система включається в над систему, як одна з частин.

Закони динаміки:

1) перехід з мікрорівня на макрорівень;

2) підвищення ступеню вепольності – зростання кількості елементів і зв'язків між ними.

В зв'язку з необхідністю проектування систем розрізняють три характерні типи задач: аналізу, синтезу та вимірювання [див.рис.1.5].

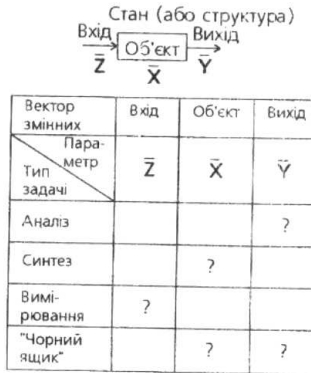


Рис.1.5 – Типи задач під час проектування технічної системи [2].

В умовах **задачі аналізу технічної системи** задана структура технічної системи, а визначити необхідно функціонування системи.

В умовах **задачі синтезу технічної системи** заданий характер функціонування та інші вимоги до технічної системи, а визначити необхідно структуру, яка задовольняє поставленим вимогам.

В умовах задачі вимірювання технічної системи задані параметри та характер функціонування технічної системи, а визначити необхідно вхідні параметри.

Також можливою є і задача «чорного ящика», в умовах якої задана система, структура якої є невідомою або частково відомою, необхідно визначити її функціонування і, можливо, структуру.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

- 1.Що є предметом курсу?
- 2.Що є метою курсу?
- 3.Що називають системою?
- 4.В чому полягає системний підхід?
- 5.Що називають функцією системи?
- 6.Що називають входом системи?
- 7.Що називають виходом системи?
- 8.Наведіть визначення технічної системи.
- 9.Що називають оточенням системи?
- 10.Що називають властивістю?
- 11.Які бувають види зв'язків з навколишнім середовищем?
- 12.Назвіть основну характеристику початкового розвитку технічної системи.
- 13.Назвіть основну характеристику розвитку технічної системи.
- 14.Назвіть основну характеристику стиглості технічної системи.
- 15.Назвіть основну характеристику старості технічної системи.
- 16.Назвіть основну характеристику деградації технічної системи.
- 17.Які Ви знаєте закони розвитку технічних систем?
- 18.В чому полягає задача вимірювання технічної системи?
- 19.В чому полягає задача синтезу технічної системи?
- 20.В чому полягає задача аналізу технічної системи?

ЛЕКЦІЯ № 2

“ОПИС ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕНЬ”

Мета лекції: Ознайомлення студентів з видами та описом технічних систем, а також системою перетворень.

План лекції:

1. Види технічних систем.
2. Опис технічних систем.
3. Модель системи перетворень.
4. Елементи системи перетворень.

2.1 ВИДИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Згідно з різними критеріями можна встановити велику кількість систем, класифікуючи їх:

а) За місцем системи в ієрархії:

- надсистема,
- система,
- підсистема.

б) За зв'язками з оточенням:

- відкриті (з певним довкіллям, тобто принаймні з одним входом або виходом);

- закриті або замкнуті (без зв'язку з довкіллям);

в) За зміною стану:

- динамічні (стан змінюється в часі);
- статичні (стан не змінюється в часі).

г) За характером функціонування:

- детерміновані (в залежності від стану системи можна однозначно

судити про її функціонування);

- стохастичні (можна висловити тільки припущення відносно різних можливих варіантів функціонування);

д) За типом елементів (в розумінні їх конкретності):

- конкретні (елементами їх є реальні об'єкти);

- абстрактні (елементами є нереальні об'єкти).

е) За походженням системи:

- природні (створені природою);

- виготовлені (створені людьми).

є) За характером залежності виходів:

- комбінаторні (вихід залежить тільки від входу);

- секвентивні (вихід залежить від входу та інших величин).

ж) За рівнем складності структури:

- надзвичайно складні (мозок, народне господарство);

- дуже складні (завод-автомат);

- складні (верстат-автомат);

- прості (болтове з'єднання).

з) За видом елементів:

- системи типу «об'єкт» (елементами є речі – двигун, машина, патрон);

- системи типу «процес» (елементами є операції – виготовлення, фільтрація, перегонка, різання, шліфування).

2.2 ОПИС ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Розвиток знань пов'язаний з підвищенням складності підходів до дослідження та його методів, котрі вкладають наступну ієрархічну послідовність наукового опису технічної системи:

1. **Параметричний** – опис властивостей, ознак та відношень об'єкту на підставі емпіричних спостережень. Це найбільш проста форма і вихідний

рівень дослідження об'єкту.

2. **Морфологічний** – перехід до визначення поелементного складу, побудови об'єкту та взаємовідносин параметрів, які виявлені на попередньому рівні.

3. **Функціональний** – перехід до функціональної залежності між параметрами (функціонально-параметричний опис), між елементами об'єкту (функціонально-морфологічний опис) або між параметрами і побудовою об'єкту.

4. **Фізичний** (поведінка об'єкту) – виявлення цілісної картини “життя” об'єкту і механізмів, які забезпечують зміну напрямків та “режимів” роботи об'єкту (найбільш складна форма наукового дослідження).

Наприклад, параметричний опис металорізального верстату як ТС це: основні технічні характеристики (технологічні, розмірні, кінематичні, силові, динамічні) та показники (продуктивність, точність, жорсткість, потужність, габарити тощо). Морфологічний опис верстату включає: джерело енергії, двигуни, передавально-перетворюючі та виконавчі механізми, системи керування. Функціонально-параметричний опис встановлює, наприклад, залежність точності обробки від жорсткості пружної системи верстату і режимів різання. Прикладом функціонально-морфологічного опису служить рівнянням балансу кінематичного ланцюга. Опис поведінки верстату може бути виконаний за допомогою таких фундаментальних законів, як закон збереження енергії, кількості речовини, імпульсу сили тощо.

2.3 МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Існують системи типу «об'єкт» і типу «процес».

Поряд з природними процесами людина організовує виготовлені процеси з метою здійснити необхідні або жадані для неї зміни.

Виготовлені процеси, в котрих ті чи інші властивості об'єкту дії

(операнда) змінюються при участі людей і технічних засобів для досягнення бажаного стану операнда, називається **перетвореннями**.

Термін «**операнд**» (**Od**) обраний як загальна назва речей, систем та станів, які віддані цілеспрямованому перетворенню, як наслідку певних впливів, заснованих на фізичних, хімічних та біологічних явищах і описаних деякою інструкцією-рецептом, алгоритмом, технологією.

Дії на операнд виконуються **операторами** і є виходами операторів. На рис.2.1 представлена загальна модель процесу перетворення, де впливи операторів здійснюються у вигляді потоків матерії (**S**), енергії (**E**) та інформації (**I**).

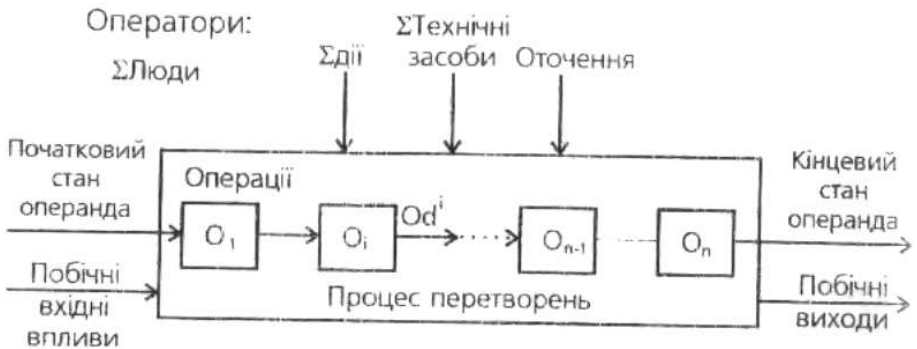


Рис.2.1 – Модель процесу перетворення [2].

Типовими видами процесів в техніці є керування і регулювання. **Керування** – це процес в системі, завдяки якому одна чи кілька вхідних величин діють бажаним чином на інші, які вважаються вихідними. **Регулювання** – це процес завдяки якому деякі зміни (регульовані) величини безперервно співставляються з еталонними (керованими), причому на регульовані величини здійснюється вплив з метою приведення відповідних відхилень до нуля.

Відношення (R) – це взаємозалежність або вплив двох і більше об’єктів або явищ абстрактного або конкретного типу. Вираз «об’єкт X знаходиться у відношенні R до об’єкту Y» записується так R(X,Y). Відношення може бути рефлексним, симетричним або транзитивним і характеризується так:

- а) **рефлексивність** – кожний об’єкт еквівалентний самому собі;
- б) **симетричність** – якщо один об’єкт еквівалентний іншому, то другий еквівалентний першому;
- в) **транзитивність** – два об’єкти еквівалентні між собою, якщо вони роздільно еквівалентні третьому.

Якщо виконуються усі три умови, то відношення називається **відношенням еквівалентності**. **Кореляція** – це математична модель відношення в узагальненій формі.

На рис.2.2 представлена загальна модель системи перетворення.

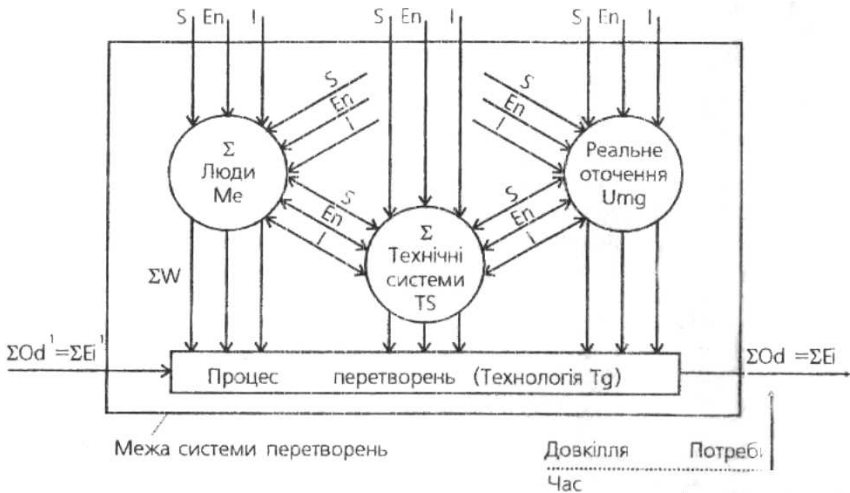


Рис.2.2 – Модель системи перетворень [2].

Основою для побудови системи перетворень є такі припущення, які витікають з досвіду людей:

- бажані перетворення операнда (об'єкту перетворення) досягаються цілеспрямованими впливами матеріального (S), енергетичного (E) або інформаційного (I) типів;

- ці три типи впливів при будь-якому перетворенні здійснюються людьми ($\sum Me$), технічними системами ($\sum TS$) і оточенням (Umg).

Інтерпретація моделі перетворень дозволяє зробити такі висновки:

1. Для задоволення потреб людей або вибирається необхідний об'єкт, або встановлюється потрібний стан операнда. Цей стан (Od^2) є метою перетворення.

2. Операндами перетворень можуть бути живі істоти, зокрема люди, а також матеріальні, енергетичні та інформаційні об'єкти.

3. Вибирають відповідний початковий стан операнда Od^1 як вхідну величину (або він задається). Стан Od^2 може бути досягнутий з декількох початкових станів Od^1 .

4. Зміна $Od^1 \rightarrow Od^2$ називається перетворенням.

5. Перетворення виникає або з незадовільного стану Od^1 або потребою в Od^2 .

6. Перетворення виконується на підставі деякої технології, яка являє собою упорядковану сукупність цілеспрямованих часткових змін. Стан операнда Od^2 може бути досягнутий різними методами (технологіями).

7. Перетворення (як взагалі, так і часткове) здійснюється шляхом матеріального, енергетичного або інформаційного впливу на операнд.

8. Впливи здійснюються трьома системами-операторами: людьми, технічними системами та реальним оточенням. Усі названі оператори мають зв'язки (матеріальні, енергетичні і/або інформаційні) між собою.

Між процесом дії і процесом перетворення існує причинний зв'язок, а

саме – зміни операнда в процесі перетворень ($\sum E$) викликаються діями ($\sum W$) технічної системи як причини. З іншого боку, ця причина (дія системи) є наслідком ланцюжка дій в системі, ініційованих вхідними впливами на систему.

Обробка речовини, енергії або сигналів передбачає виконання за допомогою технічних об'єктів (ТО) деякої чітко певної послідовності операцій. В зв'язку з цим технологією будемо називати спосіб, метод або програму перетворення речовини, енергії або інформаційних сигналів із заданого початкового стану у заданий кінцевий стан за допомогою певних технічних об'єктів.

Різноманітність технологій така ж велика, як і різноманітність технічних об'єктів, і завдяки інженерному творенню продовжує швидко підвищуватись. Наприклад, існують різні технології виготовлення болтів і гайок, переробка руди, тощо.

В останній час великого значення набули так звані інформаційні технології, де додатковим інструментом є моделювання, наприклад, за допомогою математичних моделей.

Розглянемо систему перетворення [2] типу матеріали → верстат [див.табл.2.1].

Таблиця 2.1

Приклад системи перетворень матеріали → верстат

Участь операторів у	Оточення, Umg	Цех (1.освітлення, 2.опалення, 3.вентиляція, 4.водопровід, 5.каналізація і т.і.)
---------------------	---------------	--

Технічні системи, $\sum TS$	1.довідники, 2.технічні проспекти, 3.креслярське приладдя, 4.ЕОМ, 5.матеріали, 6.верстати, 7.інструменти, 8.технологічне оснащення, 9.вимірювальні інструменти, 10.преси, 11.системи контролю.
	Люди, $\sum Me$
Дії	1.ескізне проектування, 2.розрахунки, 3.робоче проектування, 4.вибір технології, 5.комплектація обладнання, 6.матеріально-технічне постачання, 7.виготовлення деталей, 8.складання, 9.випробування, 10.регулювання.
Технологія	Конструювання і виробництво
Перетворення	Матеріали → верстат

2.4 ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Операнд – це пасивний елемент розглядуваної системи, до якого належать люди, матерія, енергія, інформація або їх комбінація.

Люди як оператори системи перетворень можуть бути визначені як множина тільки тих людей, які виконують будь який вид дій для певного перетворення.

Технічні системи як оператори системи перетворень – це підмножина технічних (TS), які виконують будь-який вид дій для певного перетворення.

Оператор **«реальне оточення»** (Umg) осягає усі джерела зовнішніх

впливів в найближчому оточенні процесу перетворення, котрі в більшості випадків неможливо вказати точно.

В реальне оточення включають тільки ті елементи, які мають зв'язки з елементами системи перетворень: геосферу (а саме, поверхню землі і воду), біосферу (людей, тварин і рослин), техносферу, атмосферу і клімат (погоду).

З гео-, біо- і атмосфери можуть бути побудовані різні **екосистеми** [див.рис.2.3], рівноваги яких не слід порушувати при розробці будь-яких технічних систем.

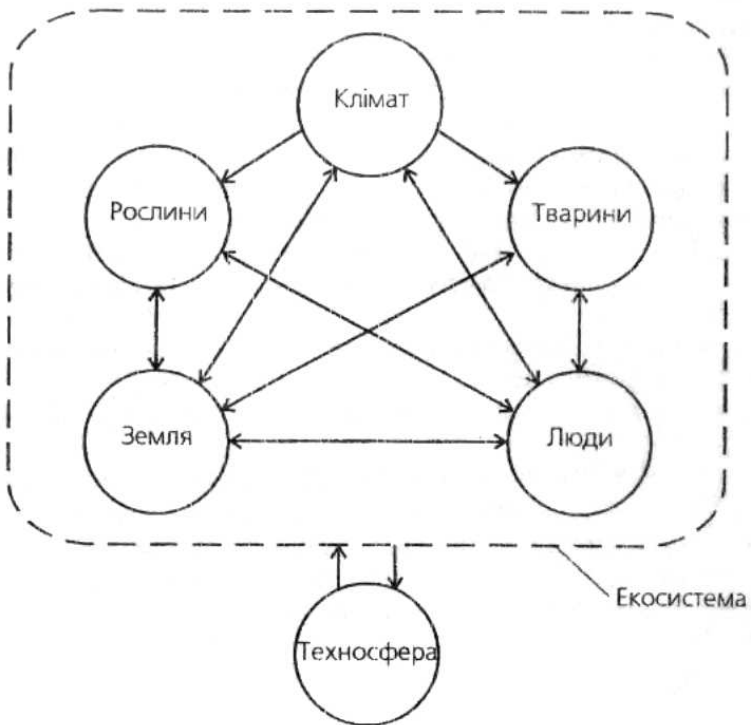


Рис.2.3 – Екосистема та техносфера [2].

Техносфера включає всі технічні системи, які створені людьми.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

1. Як класифікуються технічні системи за місцем системи в ієрархії?
2. Як класифікуються технічні системи за зв'язками з оточенням?
3. Як класифікуються технічні системи за зміною стану?
4. Як класифікуються технічні системи за характером функціонування?
5. Як класифікуються системи за походженням?
6. Як класифікуються технічні системи за рівнем складності структури?
7. Як класифікуються технічні системи за видом елементів?
8. В чому полягає параметричний опис технічної системи?
9. В чому полягає морфологічний опис технічної системи?
10. В чому полягає функціональний опис технічної системи?
11. В чому полягає фізичний опис технічної системи?
12. Назвіть види наукового опису технічної системи в ієрархічній послідовності.
13. Визначте термін «операнд».
14. Що називають перетворенням?
15. Наведіть визначення відношення.
16. Яким може бути відношення?
17. Що є метою перетворення?
18. Чим викликається перетворення?
19. Яким шляхом здійснюється перетворення?
20. Якими впливами досягаються бажані перетворення операнда?
21. Що або хто може бути операндами перетворень?
22. Що осягає оператор «реальне оточення» Umg ?
23. Які елементи включають в «реальне оточення» Umg ?
24. Визначіть термін «технологія».
25. З чого будуються екосистеми?
26. Чи можна порушувати рівновагу екосистем при розробці технічних систем?
27. Що включає техносфера?

ЛЕКЦІЯ № 3

“ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ПРОЦЕС»”

Мета лекції: Ознайомлення студентів з технічними системами типу «Технічний процес».

План лекції:

- 1.Визначення і модель технічного процесу.
- 2.Структура і операції технічного процесу.
- 3.Класифікація і опис технічних процесів.

3.1 ВИЗНАЧЕННЯ І МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Модель технічного процесу (ТР) [див.рис.3.1] будується на відношеннях в системі перетворень. Узагальнений технічний процес визначає перетворення операнда без точної вказівки того, «чим», «хто», «коли» і «де» його виконують.

Опис будь-якого технічного процесу повинен містити відповіді на такі запитання:

- а) Що є операндом і які його стани (початковий, кінцевий і проміжний)?
- б) За допомогою яких перетворень (технології) досягається сукупне перетворення $Od^1 \rightarrow Od^2$ в межах існуючих умов – природних явищ, суспільних законів та інших обмежень?
- в) Якими діями (матеріальними, енергетичними, інформаційними) можуть бути реалізовані часткові перетворення (хоча б приблизно)?
- г) Якими операторами виконуються окремі дії?

Приклади, наведені в табл.3.1, містять відповіді на поставлені запитання.

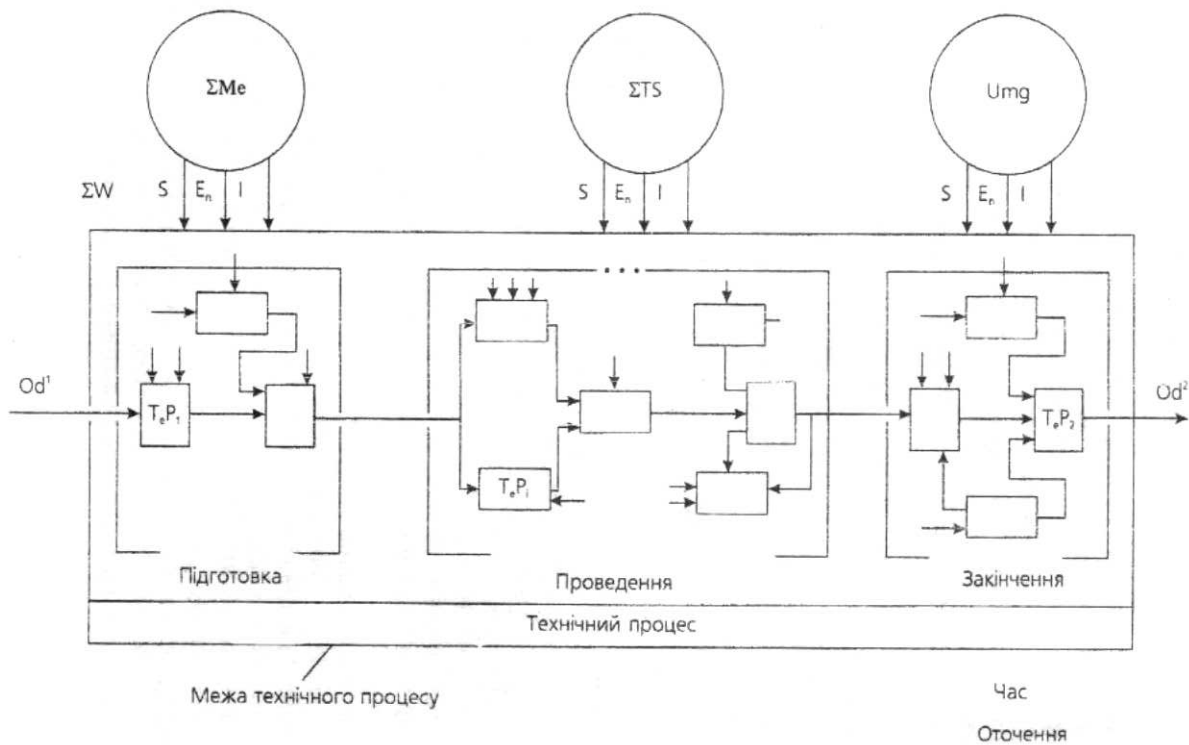


Рис.3.1 – Структура моделі технічного процесу [2].

Приклади моделі технічного процесу

№п/п	Операнд		Спосіб перетворення	Дії					
	Вид	Стан		над матеріалами, енергією та інформацією					
		Вхідний 1	Вихідний 2	↓S	↓En	↓I			
1	Сталь Ст 50	Заготовка	Деталь	<p>TgPzi : обточка</p> <p>TeP1:Встановити і затиснути заготовку</p> <p>TeP2:включити оберти</p> <p>TeP3:перемістити різець відносно заготовки з зняттям стружки</p> <p>TeP4: виміряти</p> <p>TeP5: звільнити, деталь покласти в контейнер.</p>			TS	Me	Me
				TS	TS	Me			
				TS	TS	Me			
				TS	Me	Me+TS			
					Me	Me			
2	Людина	Нефункціонуюча нирка	Нормальна робота нирок	<p>TgPzi:трансплантація штучної нирки</p> <p>TeP1:підготувати пацієнта і медперсонал до операції</p> <p>TeP2 :хвору нирку усунути</p> <p>TeP3 :трансплантувати штучну нирку</p> <p>TeP3: контролювати процес видужування</p>			TS	Me+TS	Me+TS
				TS	Me	Me+TS			
				TS	Me	Me+TS			
					Me	Me+TS			

В кожному конкретному випадку інформація вводиться безпосередньо в графічне зображення технічного процесу, де зв'язки стають більш виразними.

Вважаючи, що бажаний стан є виходом (результатом) технічного процесу, для цього процесу треба визначити наступні показники, які є його характерними ознаками:

- кінцевий стан операнда;
- технологічний принцип;
- типи і послідовність операцій (дій), які відповідають обраній технології;
- результат кожної операції;
- розподіл по операціях результатів, який відповідає постановці задачі і потрібному кінцевому результату.

Застосування моделі технічного процесу доцільно тільки в тих випадках коли в перетвореннях можуть приймати участь люди, а технічна система, яка використовується, має характер «машини», тобто дозволяє досягнути потрібного результату без участі інших технічних систем.

Операндами технічного процесу є:

1. Живі істоти;
2. Матерія;
3. Енергія;
4. Інформація.

Для операнда **жива істота** змінюються або стан(хворий – здоровий), або місце розташування.

Для операнда **матерія** змінюються основні властивості, форма, розміри, місце розташування, тощо.

Для операнда **енергія** перетворюються одні види в інші, а також вимірюються їх параметри.

Для операнда **інформація** змінюються форми, кількість, якість, а також місце розташування.

В математичній формі стан операнда записується так:

$$Od^1 = \begin{bmatrix} E_1^1 \\ E_2^1 \\ \vdots \\ E_n^1 \end{bmatrix}; \quad Od^2 = \begin{bmatrix} E_1^2 \\ E_2^2 \\ \vdots \\ E_n^2 \end{bmatrix}; \quad (3.1)$$

де зверху – властивості операнда, а знизу – міра цих властивостей.

3.2 СТРУКТУРА І ОПЕРАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

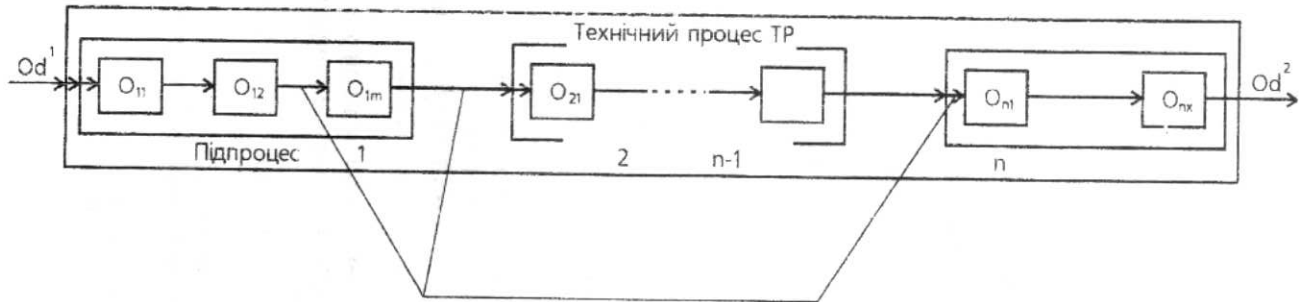
Операцією називається елементарний процес, який відповідає одній робочій дії.

Структура технічного процесу [див.рис.3.2] залежить в першу чергу від технології, яка може вдосконалюватись в часі згідно з прогресом знань і складається з окремих операцій в певній послідовності.

Розрізняють операції:

- робочі (при яких для досягнення бажаної зміни властивостей операнда, наприклад, заготовка – деталь, використовують ті чи інші фізичні закони і явища);
- обслуговування (змащування, усунення стружки, охолодження, ...);
- підготовчі (затиск деталі, підведення супорта, ...);
- керування та регулювання (вимірювання, наладка верстата, зміна робочого режиму, ...)
- погодження (складання, ув'язка частин проекту, ...).

Показники технічного процесу наведені в табл.3.2.



Проміжні стани
операндів



Рис.3.2 – Структура технічного процесу [2].

Таблиця 3.2

Показники технічного процесу

Показники	Технічні	Економічні	Планові
1	2	3	4
Операнд Вхід Вихід	Матеріал, розміри, форма, стан поверхні, тиск, температура	Ціна Витрати	Кількість Термін(строк) Постачальник
Технологія	Специфікація операцій Послідовність операцій	Витрати	Час роботи Оператор Робоче місце
Оператор- робітник	Спеціальні знання. Досвід. Особисті якості	Заробітна плата	Години роботи Кількість робітників
Технічна система	Функціональні властивості Експлуатаційні властивості Естетичні властивості Ергономічні властивості Маніпуляційні властивості, тощо	Ціна Експлуатаційні витрати	Час постачання Кількість Постачальник
Спеціальна інформація	Перелік типів інформації Джерела інформації	Витрати	Термін(строк) Робітник Робоче місце

Продовження табл.3.2

1	2	3	4
Умови оточення	Фізичні: розташування, потреба в просторі, температура, вологість, освітлення, шум	Витрати	Термін(строк) Оператор Робоче місце
Умови оточення	Психологічні: робоча обстановка	Продуктивність праці	
	Соціальні: суспільні умови	Економічна ситуація	

3.3 КЛАСИФІКАЦІЯ І ОПИС ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Можуть бути використані такі способи опису (зображення) технічних процесів:

- а) блок-схеми (прямокутні з текстом або рисунком);
- б) граф (ребра – процеси, вузли – стани операндів);
- в) часова діаграма;
- г) математичний опис;
- д) словесний опис;
- е) спеціальний опис (зображення) (наприклад, опис намові Ляпунова або завдяки символам, наприклад, діаметр 90 Н7 – виконати діаметр 90 с допуском Н7).

В табл.3.3 наведена класифікація технічних процесів.

Таблиця 3.3

Класифікація технічних процесів

Показники	Класи процесів
Операнд	Процеси переробки матерії. Процеси переробки енергії. Процеси переробки інформації. Процеси, які пов'язані з біологічними об'єктами.
Явища, на яких базуються робочі дії	Фізичні. Механічні. Електроні. Теплові. Хімічні. Біологічні. Комбіновані.
Робоча дія	Транспортування. Сортування. Подрібнення. Обробка. Складання.
Спосіб робочої дії	Ручна праця. Використання сили тварин. Механізований процес.
Спосіб керування і регулювання	З участю людини. Автоматизований процес.
Складність процесів	Операції. Підпроцеси. Складні процеси.
Спів-відношення між входом і виходом	Об'єднання: кількість входів більше кількості виходів. Поділення: кількість входів менше кількості виходів.
Характер протікання перетворення	Безперервний процес Дискретний (перервний) процес

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

1. На чому будується модель технічного процесу?
2. Що визначає узагальнений технічний процес?
3. Які показники технічного процесу необхідно визначити?
4. Що або хто може бути операндом технічного процесу?
5. За яких умов операндом технічного процесу є людина?
6. Що називають операцією?
7. Скільки робочих дій відповідає одній операції?
8. В чому полягає суть робочих операцій?
9. В чому полягає суть підготовчих операцій?
10. В чому полягає суть операцій обслуговування?
11. В чому полягає суть операцій керування?
12. В чому полягає суть операцій погодження?
13. Які існують способи опису технічного процесу?
14. Що означає поняття технологічний принцип?

ЛЕКЦІЯ № 4

“ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ’ЄКТ»”

Мета лекції: Ознайомлення студентів з технічними системами типу «Технічний об’єкт».

План лекції:

1. Поняття про призначення і структуру технічної системи типу «Технічний об’єкт».
2. Функціональна та органоструктура технічної системи типу «Технічний об’єкт».
3. Конструктивна система технічної системи типу «Технічний об’єкт».
4. Параметри технічної системи типу «Технічний об’єкт».
5. Поняття про фізичну операцію.
6. Принцип дії технічної системи типу «Технічний об’єкт».
7. Вибір кращого варіанту методом розстановки пріоритетів

4.1 ПОНЯТТЯ ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ І СТРУКТУРУ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ’ЄКТ»

Під час розгляду технічної системи треба визначити такі ключові характеристики, як **призначення, спосіб дії та структуру**.

Призначенням технічної системи є виконання певного впливу в технічному процесі.

Причинний ланцюг з перетворенням наслідку (виходів) у причини (входи) наступних операцій характеризує **спосіб дії (спосіб функціонування) технічної системи**.

Структура технічної системи поділяється на структурні елементи і групи в залежності від прийнятої точки зору (наприклад, складання або

функціонування). Структурні елементи і групи знаходяться між собою в певних геометричних, механічних, енергетичних та інших відношеннях. Таким чином, всяка технічна система може бути розділена на підсистеми, що свідчить про її ієрархічність.

З точки зору основної комбінаторної концепції технічної системи можна зобразити (графічно) у вигляді дерева блоків накладання один на одного різних ознак розчленування – факторів, через які доводиться по різному ділити об'єкт (технічну систему) на частини. Розчленування можуть бути функціональними, технологічними та іншими. Технічну систему можна зобразити графічно у вигляді дерева ознак побудови об'єкту або у вигляді списку ієрархії специфікації.

Для систематизації тієї чи іншої предметної області зручно застосовувати картотеки (файли), в будь-яке місце котрих можна легко вставити нову картку, знайти потрібну, виключити її, тощо. Цю властивість використовують в процесі проектування технічної системи під час обробки великих масивів з побудовою комбінаторного файлу-списку лексографічних упорядкованих записів. Таким чином, комбінаторний файл – спискова структура, в котрій враховані її альтернативи і комбінації ознак побудови; він описує деяке сімейство об'єктів в цілому і жодного об'єкту окремо.

Структуру технічної системи можна уявити на різних рівнях абстрагування, а саме, як: функціональну, органоструктуру, конструктивну схему.

Можливості символічного уявлення технічної системи не вичерпуються цими трьома структурами, їх може бути більше.

Взаємозв'язки між розглядуваними структурами технічної системи легко зрозуміти, використовуючи відношення «мета-засіб». З цієї точки зору призначення технічна система (як мета) забезпечується певною функціональною структурою (як засіб); ця функціональна структура (як мета) може бути реалізована різними органоструктурами (як засіб); органоструктури

(як мета) можуть бути реалізовані різними конструктивними схемами (як засіб).

Всі зовнішні дії технічної системи відносяться до активних (крім сторонніх впливів середовища, які називають завадами). Кожному впливу на технічну систему відповідає дія технічної системи (за принципом «вплив-реакція») – випадок «чорного ящика».

4.2 ФУНКЦІОНАЛЬНА ТА ОРГАНОСТРУКТУРА ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ»

Функціональна структура технічної системи визначається як упорядкована сукупність функцій і відношень між ними і будується стосовно до її робочого стану.

Технічна функція – це здатність технічної системи при певних умовах перетворювати вхідну величину в потрібну вихідну величину при забезпеченні чіткої відповідності залежної вихідної величини незалежної вхідної.

Серед технічних функцій (для яких основні три можливих характеристики – складність, ступінь абстрактності, призначення) треба виділити таке:

- **логічна функція**, яка перетворює одну або дві незалежні величини в залежні, котрі можуть приймати тільки два значення (наприклад, 0, 1);

- **узагальнена елементарна функція**, яка створюється при об'єднанні операцій загального характеру (накопичення, передача, перетворення) з об'єктами таких узагальнених категорій як людина, матерія, енергія та інформація;

- **нормативна елементарна функція**, яка відповідає операціям об'єднання, розподілу та керування;

- **фізична елементарна функція** відповідно до дванадцяти основних фізичних операцій: випускати, відділяти, збирати (складати), підганяти,

перетворювати, помножити, направляти, з'єднувати, підключати, змінювати напрямок, встановлювати, ховати (зберігати).

Органоструктура – це абстрактна модель технічної системи, яка містить технічні засоби (виконавчі органи) і відношення, які реалізують способи дії певного класу.

Окремі виконавчі органи можна об'єднати по їх відношенню до перетворень і отримати структуру більш високого рівня – органоструктуру перетворень, подібну сукупності функцій технічної системи.

4.3 КОНСТРУКТИВНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ»

Виконавчі органи (органоструктура) конкретизуються у вигляді конструктивних елементів (конструктивних схем). **Конструктивна схема** в загальному вигляді втілює усі потрібні властивості та ознаки технічної системи. Органоструктура може бути реалізована різними конструктивними схемами, в яких можуть існувати три типи відношень:

- просторові (визначаються розміщенням елементів технічної системи в просторі);
- механічні (зв'язки) окремих елементів (характеризуються ступенями вільності);
- енергетичні, які задаються, зокрема, силовим взаємовпливом між деталями.

Конструктивна схема визначається не тільки типом впливу, способом дії та властивостями операнда, які вона повинна реалізовувати, але також і принципом її побудови.

Типовим є, наприклад, модульний принцип побудови, котрий позитивно зарекомендував себе не тільки при проектуванні, але також при виготовленні та використанні технічної системи.

Часто комбiнують рiзні принципи, що дозволяє залучати їх переваги і виключати недоліки.

4.4 ПАРАМЕТРИ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ»

Параметри і показники характеризують ступiнь виконання функцій або ступiнь функціонування технічної системи. Особливістю параметрів і показників є можливість їх безпосереднього кількісного вираження.

Параметри (бiльш загальне поняття нiж показники) – це комплексні характеристики технічної системи і їх можна виразити через один або декілька показників, котрі для машин прийнято називати техніко-економічними. Одними з основних для машин є показники, які характеризують їх призначення: продуктивність, швидкість роботи, тиск та інші.

Однією з найважливіших властивостей машин, які характеризують ступiнь їх корисності, є якість. До якісних характеристик технічної системи відносять такі їх властивості, як: надійність, технологічність, ергономіка, естетика, екологічність, транспортабельність і т.і.

4.5 ПОНЯТТЯ ПРО ФІЗИЧНУ ОПЕРАЦІЮ

Для опису технічної функції (ТФ) потрібно мати таку інформацію:

- потреба, яку може задовольнити технічний об'єкт (ТО), або технічна система;
- фізична операція (фізичне перетворення), за допомогою якої реалізується потреба.

Таким чином, технічна функція складається з двох частин:

$$F=(P,Q), \quad (4.1)$$

де Р – потреба, що задовольняється;

Q – фізична операція.

Опис потреби, що задовольняється, такий:

$$P=(D,G,H), \quad (4.2)$$

де D – вказівка дії, яка виконується технічною системою і призводить до бажаного результату;

G – вказівка об'єкта або предмета обробки, на який направлена дія D;

H – вказівка окремих умов і обмежень, при яких виконується дія D.

Опис фізичної операції формалізовано можна зобразити з трьох компонент:

$$Q=(A_t, E, C_t) \quad Q=(A_t \rightarrow E \rightarrow C_t), \quad (4.3)$$

де A_t , C_t – відповідно вхідний та вихідний потоки (фактори) речовини, енергії або сигналів;

E – назва операції Комера за перетворенням A_t в C_t .

Цей опис відповідає на питання «що» A_t , «як» E, «у що» C_t перетворюється за допомогою технічного об'єкта. Число входів A_t , дій E і виходів C_t у загальному випадку довільне.

Таким чином, **фізична операція** є фізичним перетворенням заданого вхідного потоку (або фактору) у вихідний потік (фактор).

4.6 ПРИНЦИП ДІЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «ТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ»

Елементарною фізичною операцією є така фізична операція, яка може бути реалізована за допомогою одного фізико-технічного ефекту.

Фізико-технічний ефект – це застосування фізичних ефектів та явищ, що можуть бути реалізованими в технічних пристроях.

Під час вивчення будь-якої технічної системи слід виходити з того, що її робота ґрунтується на одному або декількох фізичних ефектах, законах або явищах.

Тобто, фізичний ефект це результат дії одних фізичних об'єктів на інші, що призводить до певних змін значень фізичних величин.

Окремий фізичний ефект можна записати трьома компонентами:

- фізична дія;
- фізичний об'єкт, на який дія направлена;
- результат фізичної дії

Таким чином:

$$(A,B,C) \text{ або } (A \rightarrow B \rightarrow C), \quad (4.4)$$

де А – вхідний потік речовини, енергії або сигналів;

С – вихідний потік;

В – фізичний об'єкт, який забезпечує або здійснює перетворення А в С.

Звичайно, в процесі розв'язання технічної задачі використовується декілька фізичних ефектів, які створюють фізичний принцип дії технічної системи.

Фізичний принцип дії – структура сполучених фізичних ефектів, об'єднаних так, що результат дій попереднього фізичного ефекту еквівалентний вхідній дії наступного фізичного ефекту, причому у сукупності фізичні ефекти забезпечують перетворення заданої початкової вхідної дії у заданий кінцевий результат.

Одним з ефективних методів якісної оцінки варіантів технічної системи у вигляді експертних оцінок, є метод розстановки пріоритетів, відомий як «задача про лідера», який служить для багатокритеріального, якісного аналізу

Будуємо матрицю $A = \|a_{i,j}\|$ [1], тобто:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (4.5)$$

з урахуванням того, що

$$a_{ij} = \begin{cases} 2, \text{ якщо } X_i > X_j \\ 1, \text{ якщо } X_i = X_j \\ 0, \text{ якщо } X_i < X_j \end{cases}, \text{ де } i, j \in \overline{1, n}. \quad (4.6)$$

Вводиться поняття ітерованої сили порядку k гравця X_i . Ітерована сила першого порядку гравця X_i позначається $P_i(1)$ і визначається, як сума балів даного гравця, при цьому не враховується сила конкурентів [1]:

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^n a_{ij}. \quad (4.7)$$

Розподілення балів серед гравців задається вектором [1]:

$$P(1) = [P_1(1), P_2(1), \dots, P_i(1), \dots, P_n(1)]. \quad (4.8)$$

На другій ітерації за «силу» гравця приймається ітерована сила першого порядку. Ітерована сила другого порядку розраховується з урахуванням «сил» конкурентів [1]:

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^n a_{ij} P_j(1). \quad (4.9)$$

В кінцевому рахунку вона представляється вектором [1]:

$$P(2) = [P_1(2), P_2(2), \dots, P_i(2), \dots, P_n(2)]. \quad (4.10)$$

Подальші ітерації проводяться аналогічно [1]:

$$P(k) = AP(k-1). \quad (4.11)$$

Позначимо через $P_i^{\text{eïdñ}}(k)$ нормовану ітеровану силу k -го порядку i -го гравця [1]:

$$P_i^{\text{eïdñ}}(k) = \frac{P_i(k)}{\sum_{i=1}^n P_i(k)}; \quad \sum_{i=1}^n P_i^{\text{eïdñ}}(k) = 1. \quad (4.12)$$

В загальному вигляді процес розрахунку нормованої ітерованої «сили» гравців можна представити у вигляді такої формули [1]:

$$P_i^{\text{eïdñ}}(k) = \frac{1}{\lambda(k)} AP^{\text{eïdñ}}(k-1), \quad (4.13)$$

де $k = 1, 2, \dots$;

$$\lambda(k) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij} P_i^{\text{сiдн}}(k-1) - \text{сума компонентів } AP(k-1).$$

Застосування процесу розрахунку по формулі (4.13) на відміну від простого підрахунку балів, дозволяє врахувати непрямі переваги гравця.

Загальне число порівнянь [1]:

$$M = \frac{m(m-1)}{2}, \quad (4.14)$$

де m – число варіантів, що порівнюються.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

1. Які ключові характеристики визначаються під час розгляду технічної системи?
2. Що є призначенням технічної системи?
3. Що є способом дії технічної системи?
4. Що є структурою технічної системи?
5. Яким може бути здійснено розчленування технічної системи на частини?
6. Як можна зобразити технічної системи графічно?
7. Що являє собою комбінаторний файл?
8. Як можна уявити структуру технічної системи на різних рівнях абстрагування?
9. Скориставшись відношенням «мета-засіб» вкажіть взаємозв'язок між технічною системою та функціональною структурою?
10. Скориставшись відношенням «мета-засіб» вкажіть взаємозв'язок між функціональною структурою та органоструктурою?
11. Скориставшись відношенням «мета-засіб» вкажіть взаємозв'язок між органоструктурою та конструктивною схемою?

- 12.Що називають завадою?
- 13.Як визначається функціональна структура технічної системи?
- 14.Що таке технічна функція?
- 15.В чому полягає сутність логічної функції?
- 16.В чому полягає сутність узагальненої елементарної функції?
- 17.В чому полягає сутність нормативної елементарної функції?
- 18.В чому полягає сутність фізичної елементарної функції?
- 19.Як визначається органоструктура технічної системи?
- 20.Які типи відношень існують в конструктивних схемах?
- 21.Чим визначається конструктивна схема?
- 22.Що характеризують параметри та показники технічної системи?
- 23.Назвіть найважливішу властивість машин.
- 24.Які характеристики машин відносять до якісних?
- 25.Яку інформацію необхідно мати для опису технічної функції?
- 26.Визначте фізичну операцію.
- 27.Сутність елементарної фізичної операції.
- 28.Визначте фізичний принцип дії.
- 29.Визначте фізичний ефект.
- 30.Як будується матриця суміжності?
- 31.Ітерована сила якого порядку не враховує сили гравця?
- 32.Що означає термін ітерована сила першого порядку?
- 33.Як визначається ітерована сила першого порядку?
- 34.Що означає термін ітерована сила другого та вищого порядків?
- 35.Як визначається ітерована сила порядків більше першого?
- 36.Що означає термін нормована ітерована сила?
- 37.Як визначається нормована ітерована сила?
- 38.Чому дорівнює сума всіх нормованих ітерованих сил однієї ітерації?
- 39.Як приймається краще рішення?
- 40.Чому дорівнює загальне число порівнянь?

РУБІЖНИЙ КОНТРОЛЬ № 2

ЛЕКЦІЯ № 5

“ЗАКОНИ ПОБУДОВИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ”

Мета лекції: Ознайомлення студентів із законами побудови технічних систем.

План лекції:

1. Поняття про аналіз технічних систем.
2. Закон прогресивної еволюції техніки.
3. Закон відповідності між функцією та структурою.
4. Закон стадійного розвитку технічних систем.

5.1 ПОНЯТТЯ ПРО АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Найвищий рівень інженерної діяльності полягає у виявленні та формулюванні законів і закономірностей побудови та розвитку технічних систем та цілеспрямованому їх використанні під час пошуку більш ефективних та раціональних конструкторсько-технологічних рішень.

Наука про закони техніки лише починає формуватись. На сучасному етапі її розвитку започатковуються і обґрунтовуються перші гіпотези щодо побудови і розвитку технічних систем. Досі нема загальновизнаних і чітко доведених окремих законів, і тим більше вони не оформлені в єдину послідовну і замкнену систему. Побудова такої системи, так само як і обґрунтування окремих законів, є одним із найважливіших сучасних та майбутніх напрямів наукових досліджень в галузях технознавства і загальної теорії проектування.

Проте тлумачення відкритих на даний час законів технічних систем, відповідні розробки теоретичного та методичного плану, що базуються на цих законах, а також знання більш локальних закономірностей, дають змогу використовувати їх в практичній інженерній діяльності.

Перш за все це стосується синтезу оптимальних методології і методів інженерного творення та визначення найбільш правильних структурних та інших характеристик конкретних класів технічних систем в наступних поколіннях.

5.2 ЗАКОН ПРОГРЕСИВНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ТЕХНІКИ

Прогресивна еволюція технічних систем аналогічна еволюції видів в живій природі. Закон пояснює, чому відбувається перехід від попереднього покоління технічних систем до наступного - удосконаленого; за яких умов, коли і які структурні зміни мають місце при такому переході.

Існуюча гіпотеза про закон прогресивної еволюції техніки в умовах конкурентної боротьби і ринкових відносин дає таке його формулювання:

«В технічних системах з однаковою функцією перехід від покоління до покоління покликаний усуненням виявленого основного дефекту чи дефектів, пов'язаного з покращенням критеріїв розвитку технічних систем, і відбувається за наявності необхідного науково-технічного рівня та соціально-економічної доцільності».

Закон також передбачає, що під час переходу технічних систем від покоління до покоління відбуваються зміни конструкції, кореляційно пов'язані з характером дефекту у попереднього покоління. Реалізуються перш за все такі зміни конструкції, які передбачають необхідне або суттєве усунення дефекту за мінімальних виробничих та інтелектуальних витрат.

Найважливіше прикладне значення закону прогресивної еволюції технічних систем полягає в побудові на його основі методології системного

ієрархічного вибору глобально оптимальних конструкторсько-технологічних рішень.

Методологія передбачає свідоме використання закону для управління еволюцією технічних систем з метою її прискорення. При цьому вирішується ієрархічна послідовність задач проектування і конструювання нових технічних систем.

На першому етапі для заданої функції синтезується певна функціональна структура технічної системи (машини, приладу, верстатного комплексу і т.і.).

Другий етап передбачає вибір найбільш ефективного для даної функціональної побудови фізичного принципу дії технічної системи.

На третьому етапі здійснюється прийняття найбільш доцільного технічного рішення.

Четвертий етап полягає в моделюванні та оптимізації параметрів розроблюваної технічної системи.

Практика створення нових технічних систем показує, що закон прогресивної еволюції техніки не є абсолютним. Адже очевидно, що ієрархічне вичерпання можливостей удосконалення конструкції не є формальним.

Вивчення закону прогресивної еволюції дозволяє використовувати часткові закономірності зміни конструкторсько-технологічних рішень, зокрема використовувати і розвивати метод евристичних прийомів.

Важливим є прогнозування з допомогою S-подібної функції значень критеріїв розвитку. Так, наприклад, можливо встановити, наскільки недовикористані можливості застосовуваного принципу дії. Знання закону прогресивної еволюції особливо необхідне на початкових стадіях проектування нових поколінь технічних систем, при виконанні робіт з аналізу та дослідження історії техніки, її прогнозування.

5.3 ЗАКОН ВІДПОВІДНОСТІ МІЖ ФУНКЦІЄЮ ТА СТРУКТУРОЮ

Цей закон має загально філософську інтерпретацію і виражає взаємозв'язок і співвідношення між функцією і структурою будь-якої системи живої чи неживої природи, в тому числі технічної системи.

Щодо інженерного кількісного аспекту визначення цього закону, то існуюча гіпотеза про закон відповідності між функцією і структурою технічної системи має таке формулювання: **"Кожний елемент технічної системи чи його конструктивна ознака мають хоча б одну функцію по забезпеченню реалізації функції технічної системи, тобто виключення елемента чи ознаки призводить до погіршення якогось показника технічної системи чи припинення виконання нею своєї функції"**.

Вираз закону відповідності між функцією та структурою в кількісній формі забезпечує формалізований опис функцій елементів через компоненти:

D - дії, здійснюваної технічною системою, яка призводить до бажаного результату;

G – об'єкту чи предмету обробки, на який направлена дія D;

H - особливих умов і обмежень.

Функціональна структура технічної системи представляється у вигляді орієнтованого графу, вершинами якого є елементи технічної системи, а ребрами - функції елементів по забезпеченню роботи інших елементів або (і) потоки речовини, енергії чи сигналів, що передаються між елементами.

Закон має декілька важливих практичних закономірностей, що відображають узагальнені функціональні структури широких класів технічних систем:

1) закономірність функціональної побудови технічних машин;

- 2) закономірність функціональної побудови перетворювачів енергії та інформації;
- 3) закономірність функціональної побудови споруд;
- 4) закономірність багатозначної відповідності між функцією і структурою;
- 5) закономірність мінімізації компоновочних витрат.

5.4 ЗАКОН СТАДІЙНОГО РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Закон стадійного розвитку технічних систем відображає процес революційних змін техніки, пов'язаних з передачею технічним системам функцій, виконуваних людиною. Цей закон, в основному, стосується задач інженерної творчості, які пов'язані з крупними винаходами, і явно співвідноситься із закономірністю функціональної побудови обслуговуючих (технологічних) машин.

Гіпотеза про закон має таке формулювання: **"технічна система з функцією обробки матеріального предмету має чотири стадії розвитку, пов'язані з послідовною реалізацією за допомогою технічних засобів чотирьох фундаментальних функцій: технологічної, енергетичної, керування та планування, і послідовним виключенням із технологічного процесу відповідних функцій, виконуваних людиною"**.

Таким чином, на першій стадії своєї розвитку технічна система здійснює лише обробку предмету праці, тобто реалізує технологічну функцію.

На другій стадії - окрім технологічної, в технічній системі реалізується також функція забезпечення енергією процесу обробки, тобто енергетична функція.

Третя стадія розвитку технічної системи передбачає здійснення системою додатково також і функції керування процесом обробки

предметів праці.

Нарешті, четверта, найвища стадія розвитку, зумовлюється реалізацією в технічній системі ще і функції планування для себе об'єму і якості продукції, отримуваної в результаті обробки. Людина повністю виключається із конкретного технологічного процесу.

Перехід по стадіям відбувається, коли вичерпуються природні можливості людини по покращенню кількісних і якісних показників процесу обробки на тій чи іншій стадії, а також за наявності необхідного науково-технічного рівня і соціально-економічної доцільності.

Загальна теорія технічних систем охоплює і інші закони побудови і розвитку техніки, знання яких є надзвичайно важливим в процесі інженерної діяльності.

Під час розробки технічних систем з ідентичною функцією корисним є закон кореляції параметрів однорідного ряду технічних систем. Однорідний ряд утворюють технічних систем, що мають однакові функції, структуру, потрібні умови роботи і відрізняються лише значеннями головного параметру. Цікавим і корисним є аналіз і оцінка розроблюваної технічної системи з точки зору виконання в ній законів симетрії. Технічна система, яка піддається суттєвому впливу середовища у вигляді потоків речовини, енергії чи інформації, має певний тип симетрії, зумовлений комбінацією і характером цих потоків.

Зокрема, можна виділити двосторонню симетрію технічних систем під час дії потоків середовища, що знаходяться під кутом один до одного (наприклад, літак), а також осьову – під час суттєвої односпрямованої або рівномірно розподіленої зі всіх боків дії середовища (наприклад, гребний гвинт, гайка, вал змінного перерізу).

Якщо за умовами роботи технічна система повинна мати якийсь тип симетрії, то він повинен знайти відображення в конструкції, бо порушення цього принципу погіршує технічне рішення.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

1. В чому полягає закон прогресивної еволюції техніки?
2. Що відбувається на першому етапі проектування і конструювання нових технічних систем?
3. Що відбувається на другому етапі проектування і конструювання нових технічних систем?
4. Що відбувається на третьому етапі проектування і конструювання нових технічних систем?
5. Що відбувається на четвертому етапі проектування і конструювання нових технічних систем?
6. Чи є закон прогресивної еволюції техніки абсолютним?
7. В чому полягає суть закону відповідності між функцією та структурою?
8. На які системи розповсюджується закон відповідності між функцією та структурою?
9. Назвіть закономірності, що діють в межах закону відповідності між функцією та структурою?
10. В чому полягає суть закону стадійного розвитку технічних систем?
11. Скільки стадій розвитку передбачає закон стадійного розвитку технічних систем?
12. В чому полягають особливості першої стадії розвитку технічних систем?
13. В чому полягають особливості другої стадії розвитку технічних систем?
14. В чому полягають особливості третьої стадії розвитку технічних систем?
15. В чому полягають особливості четвертої стадії розвитку технічних систем?

ЛЕКЦІЯ № 6

“СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ”

Мета лекції: Ознайомлення студентів зі створенням нових технічних систем.

План лекції:

- 1.Методологія створення технічних систем.
- 2.Стадії та етапи технічного проектування технічних систем.
- 3.Загально-технічні основи конструювання технічних систем.
- 4.Пошукове проектування технічних систем.

6.1 МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

З розвитком техніки принципи та методологія створення технічних систем безперервно змінюються та удосконалюються внаслідок впровадження нових способів виготовлення машин, ускладнення їх конструкцій та умов збуту, більш повного вивчення ряду технічних та економічних питань.

В процесі створення технічних систем виконують такі роботи:

- обґрунтування необхідності створення нової технічної системи;
- науково-технічні дослідження; розробку конструкторського проекту;
- виготовлення, випробування та доведення дослідних зразків.

Необхідність створення сучасної машини як технічної системи виникає із загальних умов розвитку нової техніки стосовно до конкретного випадку.

Нова техніка - це результат науково-технічного досягнення, яке впливає при його реалізації на розвиток продуктивних сил і задовольняє потреби суспільства у продукції на більш високому рівні, ніж відомі раніш прототипи або аналоги.

Враховуючи різноманіття об'єктів за ступенем новизни, можна відокремити **два основних напрямки**:

– **кількісний**, при якому враховується термін, що пройшов з того чи іншого моменту появи або реалізації нових виробів (наприклад, термін з моменту появи нової техніки, реалізованої ідеї або термін з початку промислового виробництва нової продукції);

– **якісний**, при якому технічна новинка (пристрій) в залежності від його рівня поділяється на декілька ступенів, починаючи від створення принципово нової конструкції і закінчуючи зміною її зовнішнього вигляду, а нова технологія (спосіб) призначена для виготовлення принципово нової продукції або підвищення ефективності виробництва.

Кожна впроваджена в експлуатацію нова технічна система повинна перевищувати за своїми показниками і техніко-економічними характеристиками кращі світові стандарти і зразки, які раніше використовувались.

Процес створення нової технічної системи або її окремого функціонального вузла **складається з чотирьох етапів:**

- науковий (інженерне прогнозування);
- конструкторський (проектування);
- технологічний (підготовка виробництва);
- організаційний (освоєння виробництва).

Науковий етап пов'язаний з інженерним прогнозуванням, яке обґрунтовує необхідність створення нової технічної системи. Основу інженерного прогнозування складають три напрямки, які визначають:

- а) значимість нових відкриттів і винаходів;
- б) мету і технічну стратегію;
- в) перспективний рівень розвитку конструкцій технічної системи (а, б - на 20-30 років, в-на 5-10 років).

Прогнозування - це не передбачення, а наукове теоретичне обґрунтування того, що повинно здійснитись.

Під час інженерного прогнозування використовують теоретичні і експериментальні засоби аналізу і синтезу.

Існує два принципових шляхи побудови прогнозу, які використовуються паралельно:

- 1) той, що йде від існуючого базису у майбутнє (дослідницьке або наукове прогнозування);
- 2) той, що рухається від мети, яка повинна бути досягнута у майбутньому, до теперішнього (нормативне прогнозування).

Процес прогнозування, виходячи з вимог по точності, може бути розподілений на такі три частини:

- 1) детерміновану, яка піддається точному розрахунку;
- 2) вірогідну, яка дозволяє встановити допустиму закономірність протікання процесу;
- 3) "чисто" раптову, котра не піддається розрахунку.

Співвідношення між частинами залежить від рівня наукового пізнання розглядуваного процесу і може змінюватись з часом. Науково-технічний прогрес сприяє підвищенню впливу детермінованої частини і зниженню впливу інших частин. Тому, підвищення значимості детермінованої частини і точності вірогідної частини сприяє підвищенню загальної точності прогнозування.

Необхідність створення техніки за короткий термін на рівні кращих світових зразків висуває особливі вимоги до другого (конструкторського) етапу, котрий поділяється на творчий і технічний етапи.

Процес творчого проектування технічної системи носить багатоваріантний характер, є складними е послідовним рішенням багаторівневих, багатоциклічних, багатокритеріальних і багатоекстремальних задач синтезу, аналізу і вимірювання, починаючи з вибору технічних ідей (технологічний принцип, спосіб формоутворення, принцип затиску і т.д.) і закінчуючи створенням конструкції з оптимальними параметрами.

Технічне проектування технічної системи - це процес створення необхідної для виготовлення і експлуатації технічної системи технічної

документації (наглядне відображення конструкції машини в цілому і її деталей - ескізи, моделі, макети, креслення із зазначенням необхідних розмірів, посадок, ступенів точності та інших технічних умов; інструкції, які стосуються випробовувань і доводки машини; механічні паспорти виробів, які містять основні відомості про їх техніко-економічні параметри і вказівки щодо експлуатації).

Процес розробки конструкторської документації є поступовим уточненням проекту і наближенням до розробки робочої документації, за якою виготовляють вироби в одиничному, серійному або масовому виробництві.

Рівень конструкторської діяльності можна оцінити ступенем новизни розробки.

Найвищим I рівнем є творче конструювання (оригінальне), коли розробляються конструкції на підставі нових принципів роботи машин.

Наступним II рівнем - конструктивне удосконалення, коли створюються машини, принцип роботи яких відомий, але конструктор добивається нових якісних характеристик.

До III рівня можна віднести розробку відомих за принципом роботи пристосованих до певних умов експлуатації.

До IV рівня відносять створення ряду (гами) машин певного призначення, які відрізняються лише деякими параметрами.

Найменш творчий вклад вноситься на V рівні конструювання деталей або складальних одиниць з метою погодження їх з умовами конкретного виробництва і стандартами. Починаючи свою роботу з останнього V рівня конструкторської діяльності, набуваючи досвід і навички, можна досягнути значного успіху, - творчого рішення серйозних конструкторських задач, тобто навчитися бути конструктором.

В процесі проектування треба дотримуватись деяких принципів, таких як: конструктивне наступництво, оптимум, уніфікація, стандартизація.

За масштабами проведення розрізняють уніфікацію: заводську, міжзаводську, галузеву і міжгалузеву.

Існують також 4 форми проведення уніфікації: модифікаційна (відносно базової моделі), розмірна, міжтипова, загальна.

6.2 СТАДІЇ ТА ЕТАПИ ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Державний стандарт передбачає 5 стадій розробки конструкторської документації на виробі усіх галузей промисловості:

- технічне завдання (ТЗ);
- технічна пропозиція (ТП);
- ескізний проект (ЕП);
- технічний проект (ТП-Т);
- розробка робочої документації (РД) або робочий проект (РП).

Процес розробки конструкторської документації є поступовим уточненням проекту і наближенням до розробки робочої документації, за якою виготовляють вироби в одиничному, серійному і масовому виробництві.

Багатостадійність процесу проектування вказує на складність задачі і високі вимоги, що викликає невиправдані додаткові витрати часу і засобів.

Технічне завдання включає призначення, технічні характеристики і показники якості, а також техніко-економічні вимоги, які висувають до розроблюваної конструкції машини.

Бажано, щоб в технічному завданні була вказана виробнича база, обсяг потрібної і планованої продукції, термін її виготовлення, можливі шляхи модернізації, тощо. Технічне завдання після погодження і затвердження є підставою для виконання проектних розробок.

Технічна пропозиція (ТП) містить технічне і економічне обґрунтування доцільності проектування машини згідно з технічним завданням, можливі варіанти його реалізації, а також порівняння розроблюваної конструкції з аналогічними, перевірку патентоспроможності, тощо.

Ескізний проект (ЕП) містить принципові конструктивні рішення, які дають загальне уявлення про будову і принцип роботи машини, а також дані, які визначають її призначення, основні параметри і загальний вигляд. Ескізний проект після погодження і затвердження служить підставою для подальшої розробки проекту.

Технічний проект (ТП-Т) містить кінцеві технічні рішення, які дають повне уявлення про будову розроблюваної машини., і необхідні вихідні дані для підготовки робочої документації. Технічний проект після погодження і затвердження служить підставою для розробки робочої документації.

Робочу документацію (РД) використовують для одиничного, серійного і масового виробництва машин. У процесі розробки робочої документації найбільш повно враховують технологічні і організаційні фактори виробництва. Ця стадія розробки найбільш довготривала і потребує найбільших витрат часу і засобів. Робочу документацію розробляють послідовно для виготовлення і випробування дослідного зразка (партії), установчої серії, серійного та масового виробництва.

6.3 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Процес конструювання безперервно удосконалюється у напрямку розробки нових методів роботи конструктора, розширення повторного використання конструкторської документації, покращення умов

інформованості. застосування технічних засобів ЕОМ. Повторне використання існуючої конструкторської документації сприяє економії засобів на проектування, а також і економії на підготовку виробництва, тому що якщо виріб вже використовувався, то, отже, і технологічна сторона питання вирішена. Ефективне також часткове використання готової документації або повне використання розробки як частини нового проекту.

Слід пам'ятати, що в процесі конструювання необхідно:

- суворо дотримуватись вимог ЄСКД;
- дотримуватись патентної чистоти конструкції, пам'ятаючи, що використання закордонних запатентованих конструкцій допустимо лише на законних підставах;
- широко використовувати стандартні, нормалізовані і уніфіковані у даній галузі (на даному підприємстві) деталі;
- прямувати до обмеження номенклатури матеріалів, намагаючись застосувати лише ті, котрі не є дефіцитними в певній галузі;
- пам'ятати, що як і у всякій життєвій ситуації, на завжди перше рішення є найкращим; найкраще рішення знаходять іноді завдяки (або в результаті) послідовної розробки ряду варіантів. Корисно кілька варіантів забракувати на папері, ніж один у натурі.

Під час створення нових технічних систем необхідно враховувати такі технічні вимоги:

1. Систему типізації машин.
2. Автоматизацію керування сучасними машинами.
3. Зниження маси сучасної машини.
4. Технологічність сучасної машини.
5. Надійність машини.
6. Художньо-естетичне оформлення машин.
7. Небезпечність роботи машини.
8. Конкурентоздатність машини.

9.Характер діяльності оператора у керуванні машиною.

10.Систему людина-машина.

11.Розподіл функцій керування в сучасних машинах.

12.Надійність людини-оператора.

13.Системний підхід до конструювання.

Конструкторська документація (КД) ескізного, технічного і робочого проектів істотно відрізняються.

Склад конструкторської документації на стадії ескізного проекту:

1) загальний вид машини (ескізний);

2) кінематична схема;

3) загальні види основних вузлів;

4) пояснювальна записка з такими розділами:

а) технічна характеристика машини (призначення, габарити, маси, потужність, продуктивність, режим роботи, тощо);

б) опис конструкції машини із зазначенням її особливостей;

в) розрахунок техніко-економічних показників роботи машини в порівнянні з найбільш високими показниками на даний час;

5) розрахунки (кінематичні, динамічні, на міцність та інші).

Склад конструкторської документації на стадії технічного проекту:

1) креслення загального виду машини;

2) креслення загальних видів вузлів машини; кінематичні електричні, гідравлічні та інші схеми, перелік комплектуючих виробів; перелік спеціального інструменту і запасних частин;

3) пояснювальна записка з такими розділами:

а) призначення та область використання розробленої машини;

б) огляд існуючих зразків машин конкретного призначення вітчизняного закордонного виробництва і порівняльна оцінка їх конструктивних особливостей і експлуатаційних показників;

- в) короткий конструктивних особливостей нової машини;
- г) рішення питань; техніки безпеки і виробничої санітарії;
- д) рішення питань; технологічності з точки зору виробничих умов заводу-виробника;
- е) розрахунки масштабу виробництва нових машин і ефекту від їх впровадження;

4) розрахункова записка, яка містить детальні розрахунки кінематичні, динамічні, на міцність, тощо.

Склад конструкторської документації на стадії робочого проекту:

- 1) креслення загальних видів;
- 2) креслення вузлів та деталей;
- 3) специфікація деталей;
- 4) кінематична, електрична, гідравлічна, пневматична схеми, циклограми та інше;
- 5) пояснювальна записка з технічною характеристикою і перевірочними розрахунками вузлів і деталей;
- 6) проект технічних умов на виготовлення, приймання, упаковку і транспортування (за необхідністю включаючи креслення тари, розміщення і закріплення на залізничному рухомому потязі);
- 7) відомості оригінальних і нормалізованих деталей і вузлів, покупних деталей і виробів, застосування посадочних розмірів, різей, модулів, тощо;
- 8) технічний паспорт і інструкція з експлуатації, догляду та монтажу (з пояснювальними схемами і кресленнями) з картою змашування, складеною згідно з відповідною інструкцією;
- 9) відомі погодження комплектуючих виробів;
- 10) проект програми випробувань.

В загальній документації робочого проекту креслення деталей складають приблизно 60-80 %.

6.4 ПОШУКОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Методологія пошукового конструювання (творчого конструювання) містить чотири характерних етапи, кожен з яких вимагає застосування певної системи методів:

I етап – зовнішнє проектування, застосування методу формулювання узагальненого критерію якості K на підставі кваліметрії і визначення сукупності обмежень;

II етап – синтез знакової моделі (принципової схеми) з прийнятими умовними знаковими позначеннями, застосування методу синтезу на підставі математичного програмування на цифровій ЕОМ, яке зводиться у більшості випадків до пошуку глобального екстремуму багаторозмірної цільової функції (найбільш корисно на сітці коду Грея);

III етап – синтез образної моделі (конструктивної схеми) застосування евристичного методу синтезу без чіткої формалізації процедур синтезу;

IV етап – перевірка виконання деяких умов функціонування технічної системи, застосування методу аналізу додаткових властивостей тому, що може виявитися, що деякий з показників якості не був врахований на II і III етапах.

За умови позитивних результатів перевірки проектування технічної системи вважається економічним і можна переходити до розробки документації (робочих креслень). Пошукове конструювання може бути машинним і безмашинним.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

- 1.Що є новою технікою?
- 2.Із скількох етапів складається процес створення нової технічної системи?
- 3.В чому полягає особливість наукового етапу створення нової технічної системи?

- 4.В чому полягає особливість конструкторського етапу створення нової технічної системи?
- 5.В чому полягає особливість технологічного етапу створення нової технічної системи?
- 6.В чому полягає особливість організаційного етапу створення нової технічної системи?
- 7.Чим є прогнозування при створенні нової технічної системи?
- 8.В чому полягають особливості двох принципових шляхів побудови прогнозу?
- 9.В чому полягає процес творчого конструювання технічної системи?
- 10.Чим є технічне проектування технічної системи?
- 11.Які існують рівні новизни розробки?
- 12.Суть I рівня новизни розробки.
- 13.Суть II рівня новизни розробки.
- 14.Суть III рівня новизни розробки.
- 15.Суть IV рівня новизни розробки.
- 16.Суть V рівня новизни розробки.
- 17.Які існують форми та масштаби проведення уніфікації?
- 18.Які стадії та етапи технічного проектування передбачає стандарт?
- 19.В чому полягає стадія технічного завдання?
- 20.В чому полягає стадія технічної пропозиції?
- 21.В чому полягає стадія ескізного проекту?
- 22.В чому полягає стадія технічного проекту?
- 23.В чому полягає стадія підготовки робочої документації?
- 24.В чому полягає пошукове конструювання технічної системи?
- 25.Суть I етапу пошукового конструювання.
- 26.Суть II етапу пошукового конструювання.
- 27.Суть III етапу пошукового конструювання.
- 28.Суть IV етапу пошукового конструювання.

ЛЕКЦІЯ № 7

“АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ”

Мета лекції: Ознайомлення студентів з аналізом та синтезом технічних систем.

План лекції:

1. Поняття про аналіз технічних систем.
2. Математична постановка типових задач аналізу технічних систем.
3. Аналіз технічних процесів.
4. Функціонально-вартісний аналіз технічних систем.
5. Синтез технічних систем

7.1 ПОНЯТТЯ ПРО АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Процес проектування технічної системи розглядають як сукупність процедур переробки інформації, в результаті чого виникає кінцевий продукт цього процесу – проект. Значна частина таких процедур є типовими, тобто вони призначені для багаторазового застосування під час проектування багатьох типів технічних систем.

Розрізняють проектні процедури аналізу і синтезу.

Синтез передбачає створення опису технічної системи.

Аналіз технічної системи – проектна процедура, яка полягає у визначенні властивостей проекрованої системи і дослідженні працездатності технічної системи за її описом. Аналіз передбачає розв’язання задач функціонального проектування з допомогою математичних моделей (ММ) технічної системи на мікро-, макро- і метарівнях.

Процедури аналізу поділяють на **процедури одно- і багатоваріантного аналізу.**

Основою функціонального проектування є одноваріантний аналіз

технічної системи – визначення вихідних параметрів технічної системи за умови заданих внутрішніх і зовнішніх параметрах. Геометрична інтерпретація цієї задачі пов'язана з поняттям простору внутрішніх параметрів. Це n -вимірний простір, в якому для кожного із n внутрішніх параметрів x_i виділена координатна вісь. При одно варіантному аналізі задається деяка точка в просторі внутрішніх параметрів і необхідно в цій точці визначити значення вихідних параметрів. Подібна задача звичайно передбачає одноразове розв'язання рівнянь, що складають математичну модель, що і зумовлює назву цього виду аналізу.

Більшість задач одноваріантного аналізу (моделювання перехідних процесів, статичних режимів, частотних характеристик, тощо) зводяться до розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь, а також систем нелінійних і лінійних алгебраїчних рівнянь).

Задачі розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь і алгебраїчних рівнянь можуть виникати на різних етапах і рівнях проектування.

Успішне розв'язання задач одно варіантного аналізу створює передумови для постановки і рішення задач багатоваріантного аналізу, який полягає в дослідженні властивостей технічної системи в деякій області простору внутрішніх параметрів. Багатоваріантний аналіз дозволяє визначити поведінку об'єкту проектування при зміні його внутрішніх і зовнішніх параметрів. Такий аналіз потребує багаторазового розв'язання систем рівнянь (багаторазового виконання одно варіантного аналізу).

Основними задачами багатоваріантного аналізу є аналіз чутливості і статистичний аналіз.

При виборі і розробці методу чи алгоритму аналізу перш за все встановлюють область його застосування. Чим ширше коло задач і математичних моделей, які вважаються допустимими для розв'язку даним методом, тим цей метод універсальний.

У більшості випадків чітке і однозначне формування обмежень на

застосування методу викликає певні труднощі. Ймовірність успішного застосування методу в окремому колі задач менша одиниці. Ця ймовірність є кількісною оцінкою важливої властивості методів і алгоритмів, яка називається надійністю.

Відмови у розв'язанні задач можуть проявлятися у розбіжності ітераційного процесу, у перевищенні похибок гранично допустимих значень, тощо. Причинами відмов можуть бути погана обґрунтованість математичних моделей, обмежена область збіжності, обмежена стійкість.

До методів і алгоритмів аналізу, як і до математичних моделей, висувають вимоги точності і економічності. Точність характеризується ступенем співпадіння точного розв'язання рівнянь заданої моделі наближеного розв'язання, отриманого з допомогою оцінюваного методу, а економічність – витратами обчислювальних ресурсів на реалізацію методу (алгоритму).

Оцінки точності і економічності можуть бути теоретичними і експериментальними.

7.2 МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ТИПОВИХ ЗАДАЧ АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Аналіз перехідних даних та їх процесів є основним видом одно варіантного аналізу технічної системи. При цьому визначаються залежності фазових змінних від часу при заданих значеннях внутрішніх і зовнішніх параметрів.

Математична модель, що описує динамічні властивості технічної системи, представляє собою систему звичайних диференціальних рівнянь. При цьому математична модель може бути отримана або в певній формі звичайних диференціальних рівнянь, або в нормальній формі Коші.

Для більшості проєктованих динамічних технічних систем перехідні процеси носять асимптотичний стійкий характер. В зв'язку з цим дуже важливою задачею одно варіантного аналізу є розрахунок значень фазових змінних

технічної системи в стійкому стані, тобто аналіз статичного режиму технічної системи. Іноді динамічний об'єкт має декілька стійких станів і тоді необхідно розрахувати декілька його статичних режимів.

Аналіз статичного режиму можна здійснити, інтегруючи початкову систему звичайних диференціальних рівнянь на достатньо великому інтервалі часу (метод установлення). Це надійний, але не завжди ефективний метод.

В ряді областей техніки частина вихідних параметрів визначається на основі аналізу частотних характеристик.

При проектуванні систем автоматичного управління важливе значення має задача динамічної стійкості. Аналіз стійкості може бути виконаний або безпосереднім інтегруванням системи звичайних диференціальних рівнянь, або її дослідженням у відповідності із відомими критеріями стійкості.

Аналіз чутливості полягає у визначенні впливу внутрішніх і зовнішніх параметрів на вихідні параметри y_j , де $i=1,2,\dots,n$.

Статистичний аналіз виконується з метою отримання інформації про розсіювання вихідних параметрів Y і розрахунок ймовірності виконання умов працездатності при заданих статистичних даних про параметри X .

7.3 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Процедури аналізу технічних процесів передбачають розв'язання їх функціональних моделей.

Функціональні моделі відображають фізичні процеси, що мають місце в технічній системі (наприклад, у функціональному обладнанні, інструменті, пристосуванні, оброблюваному матеріалі). Розповсюдженими є дискретні моделі, змінні яких дискретні, а кількість рішень обмежена. В більшості випадків проектування процесів використовують статичні моделі, рівняння яких не враховують інерційність процесів в технічній системі.

За формою зв'язків між вихідними, внутрішніми і зовнішніми параметрами при здійсненні технічних процесів розрізняють моделі у вигляді систем рівнянь (алгоритмічні моделі) і моделі у вигляді залежностей вихідних параметрів від внутрішніх і зовнішніх моделей. Опис математичних співвідношень на рівнях структурних і кількісних властивостей приймає конкретні форми певного технічного процесу.

Особливості процедур аналізу технічних процесів в залежності від складності задач визначають різні принципи побудови і вибору моделей. Часто виникає необхідність розробки менш точної моделі, але разом з тим більш корисної для практики. Виникають дві задачі: з одного боку, - треба розробити модель, на якій простіше отримати чисельне розв'язання, а з другого - забезпечити максимально можливу точність моделі. З метою спрощення математичних моделей для аналізу використовують такі прийоми, як виключення параметрів, зміна характеру параметрів, зміна функціональних співвідношень між параметрами (наприклад, лінійна апроксимація), зміна обмежень (їх модифікація, поступове включення обмежень до умови задачі).

Процедури аналізу технічних процесів передбачають використання типових методів і алгоритмів рішення задач, які розглянуті вище.

7.4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСТНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Проведена статистика різних країн покачала, що функціонально-вартісний аналіз дозволяє на одну грошову одиницю витрат отримати до 20 одиниць економії.

Основна суть функціонально-вартісного аналізу полягає у наступному [4]:

– застосування системного підходу при виявленні по можливості усіх зайвих витрат (трудомісткість, витрати матеріалів, енергії, тощо) у існуючих або

проектованих виробках;

- систематичне застосування методів інженерного творення при пошуку нових технологічних рішень зі зниженими витратами;

- чітка організація робіт, яка іде від керівництва підприємством і спрямована на проведення функціонально-вартісного аналізу і реалізацію його пропозицій.

Функціонально-вартісний аналіз – метод раціоналізації і винахідництва, побудований на вивченні функцій технічної системи з метою зниження їх вартості і витрат (до 5...20%). переважно без зміни основних принципів (деталь або вузол легше удосконалити, ніж цілий верстат) [4].

Функціонально-вартісний аналіз проводять постійно функціонуючі групи чисельністю 3-6 чоловік, серед котрих обов'язково повинні бути конструктори, технологи та і економісти.

Функціонально-вартісний аналіз застосовує діалектичний підхід до розвитку технічної системи, згідно з яким основні принципи організації виробничих процесів не залишаються незмінними і повинні бути розглянуті з нових точок зору. Вироби, які виконують однакові функції і мають одне і те ж призначення, часто виявляються носіями різних за величиною виробничих і експлуатаційних витрат. Це пояснюється не тільки організаційно-технічним рівнем підприємства і ступенем підготовки до освоєння, але і різним рівнем якості проектування, в тому числі техніко-економічного відпрацювання рішень.

Початок функціонально-вартісного аналізу – засіб усунення "лишків".

Сучасний функціонально-вартісний аналіз - наукова, функціонально і системно орієнтована методологія комплексної творчої раціоналізації діяльності.

Область застосування функціонально-вартісного аналізу:

- проектування нових виробів і технологій;
- модернізація освоєних у виробництві виробів; реконструкція

підприємств;

- зниження витрат основного і допоміжного виробництва;
- зниження витрат сировини, матеріалів.

Існують три форми застосування функціонально-вартісного аналізу:

- 1) творча – проектування нової технічної системи;
- 2) коректуюча – удосконалення раніше випущеної технічної системи;
- 3) інверсна (як варіант коректуючої).

Залежно від форми існують різні етапи проведення функціонально-вартісного аналізу.

Для кожного етапу проведення функціонально-вартісного аналізу характерні такі види робіт:

– 1. Підготовчий етап.

1.1. Вибір технічного об'єкту і визначення мети (цілей) функціонально-вартісного аналізу.

1.2. Підбір і затвердження складу дослідницької групи.

1.3. Навчання спеціалістів групи – основа функціонально-вартісного аналізу.

1.4. Складання, погодження і затвердження технічного завдання на проведення функціонально-вартісного аналізу.

– 2. Інформаційно-аналітичний етап.

2.1. Збір та вивчення інформації з проектно-конструкторських рішень технічного об'єкту, існуючих витрат, умов роботи і недоліків технічного об'єкту.

2.2. Побудова конструктивної функціональної структури технічного об'єкту.

2.3. Визначення переліку основних показників і вимог до технічного об'єкту, критеріїв розвитку технічного об'єкту.

2.4. Аналіз і класифікація функцій елементів технічного об'єкту.

2.5. Визначення і порівняння вартостей функцій.

2.6. Виявлення функціональних зон найбільшого зосередження витрат в технічному об'єкті.

2.7. Постановка задач пошуку найбільш раціональних і оптимальних конструкторсько-технологічних рішень.

–3.Пошуково-дослідницький етап.

3.1. Пошук поліпшених технічних рішень.

3.2. Математичне моделювання поліпшених технічних рішень.

3.3. Пошук оптимальних параметрів поліпшених технічних рішень.

3.4. Експериментальне дослідження нових технічних рішень.

3.5. Вибір найкращих варіантів технічних рішень.

3.6. Оформлення результатів у вигляді технічної пропозиції або (і) ескізного проекту, їх погодження зацікавленими підрозділами і затвердження.

–4.Розробка і впровадження результатів функціонально-вартісного аналізу.

4.1. Складання і оформлення проектно-технологічної документації і рекомендацій щодо реалізації результатів функціонально-вартісного аналізу з уточненням розрахунків ефективності.

4.2. Погодження пропозицій по п.4.1 з зацікавленими підрозділами, службами і їх затвердження.

4.3. Організація роботи з реалізації пропозицій.

4.4. Матеріальне і моральне заохочування учасників розробки і впровадження рекомендацій функціонально-вартісного аналізу. Оформлення звіту про виконання роботи з пропозиціями щодо покращення проведення функціонально-вартісного аналізу.

Методи і прийоми, які застосовуються під час проведення функціонально-вартісного аналізу включають:

1.Поелементна обробка конструктивних рішень.

2.Систематизований аналіз функцій (за допомогою системи логічних

тестів).

3.Мозковий штурм.

4.Морфологічний аналіз.

5.Алгоритм розв'язання винахідницьких задач.

Для якісної і вартісної оцінки варіантів використовують методи:

1.Розстановки пріоритетів.

2.Розрахунку собівартості виробів за питомими показниками.

3.Елементо-коефіцієнтів.

4.Експертних оцінок.

5.Структурної аналогії.

6.Оцінки собівартості за допомогою математико-статистичного апарату.

7.5 СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Під час синтезу технічної системи важливо усунути протиріччя.

В окремі переди розвитку технічної системи відбувається чергування етапів кількісного росту і якісних стрибків. В процесі кількісного росту в результаті нерівномірного розвитку характеристик технічної системи проявляються протиріччя.

Протиріччя як невідповідність між різними вимогами, які пред'являються до системи і обмеженнями, що накладаються на неї законами природи, технічними, соціальними і економічними законами, а також рівнем розвитку науки і техніки, конкретними умовами експлуатації. Наприклад, підвищення продуктивності механічної обробки потребує збільшення глибини рвання і подачі, а це призводить до погіршення шорсткості оброблюваної поверхні, збільшення спрацювання інструменту, збільшення навантаження на привод верстату, тощо.

На початкових етапах розвитку технічних систем вимоги відносно невисокі, система має великі ресурси, тому протиріччя вирішуються шляхом компромісів: шукаються нові варіанти конструкції, які забезпечують прийнятні значення обох конкуруючих характеристик. Але кількісне зростання продовжується, відбувається накопичення і загострення протиріч. Ці протиріччя знімаються в результаті якісних стрибків - створення принципово

нових технічних рішень, нових технічних систем та підсистем.

Технічна система може мати рівні види протиріч – технічні, фізичні, економічні, екологічні, тощо. **Технічне протиріччя** – ситуація, коли спроби покращити одну характеристику системи призводять до погіршення іншої її характеристики. Так, збільшення крейсерської швидкості літака потребує зменшення площі крила, а збереження якісних злітно-посадочних характеристик – її збільшення. Перехід від задачі до її моделі дозволяє чітко визначити фізичне протиріччя: крило літака повинно бути невеликим для збільшення швидкості і значним для покращення злітно-посадочних характеристик. Протиріччя будується за схемою: об'єкт повинен мати властивість A і разом з тим протилежну властивість $\text{анти-}A$.

Фізичне протиріччя загострює конфлікт до межі і завдяки цьому полегшує рішення. Якщо крило літака повинне бути невеликим і великим, залишається одна можливість рішення: воно повинне бути змінним. Таким чином, від невизначеної технічної ситуації можна перейти до конкретної задачі, а потім і до моделі задачі та її вирішення. Для рішення задані необхідно визначити, до якого саме параметра пред'являються протилежні вимоги і яким способом можна зробити його функцією.

Інструментом для рішення вказаних протиріч може бути комплекс типових прийомів усунення технічних протиріч [3], який докладно розглянуто в лабораторних роботах з курсу.

Контрольні запитання для самоаналізу та тестування:

1. В чому полягає аналіз технічної системи?
2. В чому полягає одно варіантний аналіз технічної системи та його задачі?
3. В чому полягає багато варіантний аналіз технічної системи та його задачі?
4. В чому полягає основна суть функціонально-вартісного аналізу?
5. Назвіть основні форми застосування функціонально-вартісного аналізу.
6. Яка форма функціонально-вартісного аналізу використовується під час проектування нової технічної системи?
7. Назвіть області застосування функціонально-вартісного аналізу.
8. Що являє собою технічне протиріччя?
9. За якою схемою будується протиріччя?

ЛІТЕРАТУРА

1. Бломберг В.А., В.Ф.Глущенко. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем. – К.: – Тернопіль, 1997.
3. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.: «ГНОЗИС», 1998.– 80 с.
4. Хубка В. Теория технических систем. – М.: Мир, 1987. – 208 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Порядок проведення рубіжного тестового контролю

На рубіжний тестовий контроль з курсу лекцій відводиться 25 хвилин часу з розрахунку 1 хвилина на питання та 5 хвилин на оформлення та здачу тестового листа.

Під час проведення рубіжного тестового контролю з курсу лекцій студент отримує варіант тесту, що складається з 20 запитань, в кожному з яких міститься 5 варіантів відповіді (А, Б, В, Г, Д). Столпчик **Е** в даних тестах не використовується. Заповнення тестового листа ведеться ручкою з синім або чорним кольором пасти.

Перед тим, як дати відповіді на тестові запитання студент заповнює титульну частину тестового листа, а саме:

- в рядку **П** вказує своє прізвище;
- в рядку **І** вказує своє ім'я;
- в рядку **Б** вказує своє по-батькові;
- в рядку **Група** вказує шифр своєї групи;
- в рядку **Варіант завдання**, вказує номер варіанта завдання, що отримав;
- в рядку **Рубіжний контроль** вказує номер рубіжного, з якого складається тест.

Після цього студент дає відповіді на тестові запитання закреслюючи відповідну літеру навпроти відповідного номера запитання. В одному рядку повинна бути закресленою тільки одна літера (А, Б, В, Г, або Д).

Якщо в одному рядку закреслено більше однієї літери, то кількість балів за відповідне запитання – 0.

Приклад. Якщо студент вважає, що на **3** запитання вірною є відповідь з літерою **В**, то він у рядку 3 тестового листа закреслює літеру В поставивши позначку \surd , \times або \blacksquare .

Зразок тестового листа

П						
І						
Б						
Група						
Варіант завдання _____						
Рубіжний контроль _____						
№	Варіант відповіді					
1	А	Б	В	Г	Д	Е
2	А	Б	В	Г	Д	Е
3	А	Б	В	Г	Д	Е
4	А	Б	В	Г	Д	Е
5	А	Б	В	Г	Д	Е
...
16	А	Б	В	Г	Д	Е
17	А	Б	В	Г	Д	Е
18	А	Б	В	Г	Д	Е
19	А	Б	В	Г	Д	Е
20	А	Б	В	Г	Д	Е

Приклад розв'язання тестового запитання

В тесті з рубіжного контролю п студент групи ІМ-16 Іванов Іван Іванович отримав варіант № m запитання 2 якого зображено нижче:

2	Скільки робочих дій відповідає операції?
	А одна
	Б дві
	В три
	Г декілька
	Д немає вірної відповіді

Вважаючи, що вірною відповіддю є «**А** одна» він вказує в тестовому листку:

П Іванов						
І Іван						
Б Іванович						
Група ІМ-16						
Варіант завдання <u> m </u>						
Рубіжний контроль <u> п </u>						
№	Варіант відповіді					
1	А	Б	В	Г	Д	Е
2	×	Б	В	Г	Д	Е
3	А	Б	В	Г	Д	Е
4	А	Б	В	Г	Д	Е
5	А	Б	В	Г	Д	Е
...
20	А	Б	В	Г	Д	Е

Електронне навчально-методичне видання

Теорія технічних систем

Конспект лекцій з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу для студентів напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування», спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування"

Укладачі: Ковришкін М.О., Лисенко О.В.

Формат 60×84 1/16. Ум.друк.арк.5,0.

Кафедра «Металорізальні верстати та системи»
м. Кропивницький, просп. Університетський, 8