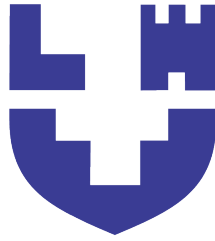


**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет**



Олександр ГЕРАСИМЧУК

ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання**

Луцьк 2023

УДК: 621.3:004.9(075.8)

Г 37

*Рекомендовано Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол № 11 від 30.06.2023 року)*

Рецензенти:

Олена НАЛОБІНА, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних,
сільськогосподарських машин і обладнання

Національного університету водного господарства
та природокористування, м. Рівне

Олег ПОЛІЩУК, доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри машин і апаратів,
електромеханічних та енергетичних систем

Хмельницького національного університету

Микола РЯБЧИКОВ, доктор технічних наук, професор
професор кафедри технологій легкої промисловості
Луцького національного технічного університету

Герасимчук О.П.

Г 37

Теорія технічних систем: Навчальний посібник для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм
навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2023. 112 с.

DOI: 10.5281/zenodo.20786000

У навчальному посібнику викладено основи теорії технічних систем. Розглянуті загальні поняття системного підходу та теорії технічних систем. Наведено широку класифікацію систем за різними ознаками, класифікацію задач, що розв'язуються по відношенню до систем, технічних процесів, технічних систем та їх властивостей. Висвітлені питання оцінки технічних систем; виникнення і розвитку технічних систем; еволюції технічних систем.

УДК: 621.3:004.9(075.8)
© Герасимчук О.П., 2023

ЗМІСТ

Вступ. Історичні передумови виникнення теорії технічних систем.....	5
Розділ 1. Загальні поняття про технічні системи.....	7
1.1. Поняття про системний підхід.....	7
1.2. Теорії технічних систем: мета, структура, види.....	8
Висновки по розділу 1.....	10
Питання для самоперевірки.....	10
Розділ 2. Основні поняття теорії технічних систем.....	11
2.1. Базові визначення теорії технічних систем.....	11
2.2. Властивості і стан системи.....	13
2.3. Типи систем і задач.....	14
2.4. Система типу „процес”.....	16
2.5. Типи і види відношень.....	17
Висновки по розділу 2.....	19
Питання для самоперевірки.....	19
Розділ 3. Система перетворень.....	21
3.1. Модель системи перетворень.....	21
3.2. Елементи системи перетворень.....	23
Висновки по розділу 3.....	25
Питання для самоперевірки.....	25
Розділ 4. Технічний процес.....	27
4.1. Модель технічного процесу.....	27
4.2. Операнди технічного процесу.....	28
4.3. Структура технічного процесу.....	29
4.4. Типи операцій.....	30
4.5. Побічні входи і виходи.....	31
4.6. Оператори технічного процесу.....	31
4.7. Характеристики і оцінка технічного процесу.....	32
4.8. Класифікацій технічних процесів.....	33
4.9. Представлення технічних процесів.....	34
Висновки по розділу 4.....	36
Питання для самоперевірки.....	36
Розділ 5. Технічна система.....	37
5.1. Суть технічної системи.....	37
5.2. Модель технічної системи.....	39
5.3. Функціональна структура технічної системи.....	41
5.4. Органоструктура технічної системи.....	42
5.5. Конструктивна схема технічної системи.....	45
5.6. Порівняння структур технічних систем і їх перетворення.....	47
Висновки по розділу 5.....	49
Питання для самоперевірки.....	49
Розділ 6. Класифікація технічних систем.....	51
6.1. Ознаки класифікації.....	51
6.2. Класифікація технічних систем за функцією.....	53

6.3. Класифікація технічних систем за принципом дії.....	54
6.4. Класифікація технічних систем за рівнем складності.....	54
6.5. Класифікації технічних систем за способом виготовлення.....	56
6.6. Класифікація технічних систем за ступенем конструктивної складності.....	56
6.7. Класифікація елементів технічних систем за ступенем стандартизації і походженню.....	57
6.8. Класифікації технічних систем за ступенем оригінальності конструкції.....	57
6.9. Класифікація технічних систем за типом виробництва.....	58
Висновки по розділу 6.....	59
Питання для самоперевірки.....	59
Розділ 7. Властивості технічних систем.....	61
7.1. Категорії властивостей технічних систем.....	61
7.2. Встановлення властивостей і їх відношень.....	76
7.3. Перелік необхідних властивостей технічної системи.....	78
7.4. Задум властивостей технічної системи.....	80
Висновки по розділу 7.....	82
Питання для самоперевірки.....	82
Розділ 8. Оцінка технічних систем.....	83
Висновки по розділу 8.....	86
Питання для самоперевірки.....	86
Розділ 9. Представлення технічних систем.....	87
Висновки по розділу 9.....	88
Питання для самоперевірки.....	88
Розділ 10. Закономірності розвитку технічних систем.....	89
Висновки по розділу 10.....	96
Питання для самоперевірки.....	96
Застосування теорії технічних систем.....	98
Перелік питань для самостійного опрацювання.....	99
Тестові завдання.....	103
Список літератури.....	109

ВСТУП. ІСТОРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИНИКНЕННЯ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Однією з найцінніших якостей *homo sapiens* є його здатність у процесі пізнання виділяти головне і суттєве. Метод абстрагування допомагав людству одержувати і впорядковувати знання в будь-якій області діяльності і тим самим сприяв виникненню і розвитку наук.

Проте для вирішення тієї або іншої проблеми не завжди є відповідна теорія. В області техніки знайдеться немало прикладів того, як практика випереджає теорію, а розвиток теорії в результаті дозволяє покращувати досягнуті практичні результати.

У процесі розвитку цивілізації змінювались уявлення людей про машини. Спочатку було прийнято розглядати машину як щось ціле, що складається з тільки їй властивих частин. Так, млин не міг бути просто млином, а був або водяним, або вітряним. Для позначення деяких машин не було спеціальних термінів. Наприклад, у Рамеллі (1588 р.) відсутній термін “насос” при описі відповідної машини.

Тільки з створенням технічних шкіл (Париж, 1794 р.; Прага, 1806 р.) починається процес впорядкування і відбувається виділення механізмів із рамок загального вчення про машини (Монж, Карно, Ашшт, Лаіс). Спочатку вводяться 10, а пізніше – 21 клас механізмів, призначених для перетворення руху. У Борні (1818 р.) мова йде про необхідність розрізняти 6 класів основних частин машини, які групуються не за принципом перетворення руху, а по функціях. Цю ідею запозичають і розробляють Коріоліс і Понселе. Вони розрізняють в машинах три основні частини: рецептор, передавальний механізм і інструмент. Їх концепція була відкинута прихильниками вчення про механізми, представником якого був Ампер, і надалі забута.

Леонардо да Вінчі (1452-1519 роки) розглядав елементи і частини машин як загальні для різних машин елементи і займався їх дослідженням.

Проте, лише в XIX сторіччі, після створення великого числа різноманітних машин було проведено систематичне дослідження елементів механізмів і машин, що дозволило, ґрунтуючись на реальних надійних конструкціях, вести пошук закономірностей, що лежать в основі цих машин, на той час разом з машинами, що застосовувалися у військовій, гірській і водній справі, існували також прядильні і ткацькі верстати, металообробні верстати, друкарські, і підйомні машини; потім винайшли парові машини, гідравлічний двигун. електродвигун, генератор. Важливою проблемою, пов'язаною з механікою і перш за все з теорією міцності, стало визначення оптимальних розмірів. Ф. Рело (1829-1905 рр.) бачив основу для виявлення принципів роботи машин в прикладній механіці і, зокрема, в кінематиці.

Саме Рело в 1874 р. в своїй роботі „Теоретична кінематика”, опираючись на дослідження Редтенбахера (1809-1869 рр.), зробив першу спробу створити загальну теорію механізмів і машин. В цьому напрямку працювали Р. Вілліс і П.Л. Чебишев. При цьому розглядалися три області теорії механізмів і машин: синтез механізмів, динаміка машин, теорія автоматів.

Розглянуті концепції так чи інакше представлені як в теорії, так і в самій структурі наук і створюють основу для машинобудування, механіки, теорії деталей машин, матеріалознавстві і технології матеріалів, організації виробництва, проте загальна теорія в даній області ще не була створена.

Із практичних міркувань всі питання, пов'язані з плануванням, виробництвом і експлуатацією, розв'язувалися окремо в рамках кожної галузі. Внаслідок цього виникли відособлені одна від одної сфери знань і професій. Причина цього полягала у відсутності теорії і, як наслідок, у відсутності системи збору і класифікації винаходів і нових технологій.

Таке положення було можливим і прийнятним тільки на етапі першої технічної революції, коли здійснювався перехід від ручних форм виробництва до промислових, – до машинного віку. Зростаюче промислове виробництво, різні кризові ситуації (особливо друга світова війна), сировинні і екологічні проблеми, що виникли в ході другої технічної революції – все це викликало необхідність розробки нових підходів і теорій. Створення нових технічних засобів, разом з підвищенням вимог, з одного боку, і новими способами вирішення задач (наприклад, засобами обчислювальної техніки), з іншого, викликає необхідність перегляду методів вивчення технічних систем.

Один з нових напрямів у сфері теорії технічних систем виник після другої світової війни спочатку у вигляді окремих аспектів загальної теорії в рамках декількох тематично зв'язаних між собою досліджень (Вегербауер, Кессельрінг), а пізніше в більш інтегрованій формі, що особливо відноситься до системотехніки (Госслінг, Рот, Хубка, Хансен, Рополь, Йошикава).

З українських вчених в області розробки і розвитку теорії технічних систем варто відмітити праці Ю.М. Кузнецова, І.В. Луціва, С.А. Дубиняки.

Теорія технічних систем знайшла визнання як основа і джерело інформації для декількох суміжних областей знань. Зокрема, теорія конструювання опирається на теорію технічних систем.

Мета викладання теорії технічних систем – отримання студентами необхідних знань, умінь та навиків у питаннях комплексного аналізу технічних систем (ТС) і процесів, а саме методів дослідження, категорій і властивостей технічних систем, закономірностей розвитку технічних систем і творчого мислення, сучасних методів пошуку технічних рішень та активізації творчості.

Задача викладання дисципліни – вміти використовувати на практиці сучасні прийоми і методи науково-технічної творчості, розробляти з їх допомогою нові технічні рішення, привити навик рішення, пов'язаних з проектуванням нових ТС.

Навчальна дисципліна відіграє важливу роль в реалізації освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів, вона вивчається студентами на ранній стадії їхнього навчання і є своєрідним вступом в обрану ними спеціальність.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ

1.1. Поняття про системний підхід

Інженер, що створює нові види одягу, взуття, розробляє і удосконалює різні об'єкти техніки і технології, має справу з так званими технічними об'єктами. Технічних об'єктів багато, і вони дуже різноманітні, але є щось загальне, властиве їм всім: будь-який об'єкт складається з сукупності окремих елементів; елементи можуть володіти не тільки різною формою, але і різними фізико-хімічними властивостями, параметрами і т.д.; елементи певним чином взаємозв'язані. Ці загальні характеристики і визначають будь-який об'єкт як систему.

Системою називатимемо таку сукупність елементів, що мають різні властивості, параметри і просторову структуру, яка забезпечує виконання якої-небудь єдиної мети або функції. Захисний костюм, установка розкрою, швейна і взуттєва машини, праска, прес, технологічний процес, потік і т.д. – все це системи легкої промисловості. Таким чином, система – це не просто сукупність елементів, а сукупність елементів, зв'язаних технологічно, конструктивно, функціонально.

Ефективне вирішення інженерної задачі можливе лише на основі усебічного, цілісного розгляду систем і її розвитку (зміни) в процесі взаємодії з навколишнім середовищем. Лише такий системний підхід здатний привести до достовірно творчих рішень, до складних винаходів і відкриттів.

Виходячи із поняття системи, можна провести поділ систем на класи, наприклад, як показано на рис 1.1, за принципом походження систем.

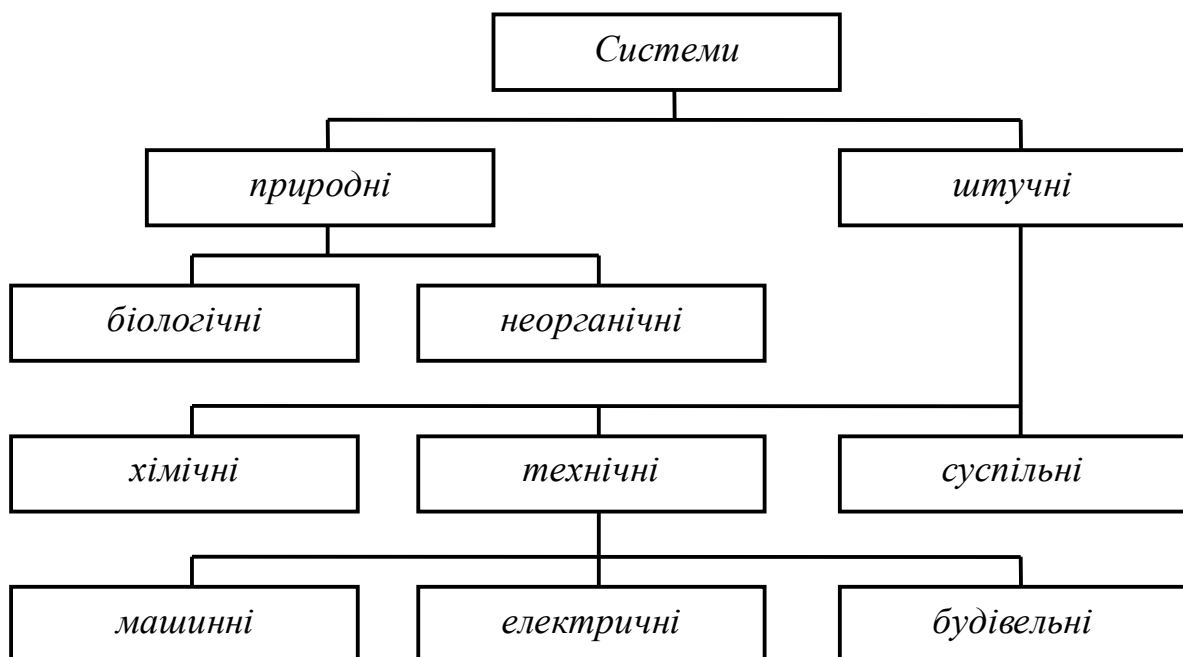


Рис. 1.1. Поділ систем за походженням

З цієї схеми поняття системи стає зрозумілішим, оскільки в ній окремі елементи структури визначаються на основі загальноприйнятої класифікації сфери знань. Класи, представлені на даній схемі, відповідають відомим галузям техніки – машинобудування, електротехніка, будівництво і т.д.

1.2. Теорії технічних систем: мета, структура, види

Концепція сучасного розуміння теорії технічних систем полягає в такому:

а) Мета теорії. Мета теорії полягає в тому, щоб призвести, наявні знання з об'єкта теорії – технічних систем – в єдиний комплекс понять, визначень і положень, базуючись на суті і закономірностях структури, створення і використання технічних систем, а не на окремих емпіричних даних, що відносяться до цих систем.

б) Структура теорії. Структура теорії містить основні положення, що визначаються більш детально в рамках цієї теорії, такі, як

- система понять;
- система перетворень;
- технічний процес як елемент системи перетворень;
- технічна система, як елемент системи перетворень;
- призначення TS ;
- структура TS ;
- властивості і оцінка TS ;
- виникнення і розвиток TS ;
- еволюції TS ;
- систематика – класи, типи і види TS ;

в) Види теорії. Відповідно до області використання розрізняють:

- загальну теорію технічних систем, яка справедлива для всіх технічних, у тому числі і машинних, систем;
- спеціальні теорії, які конкретизують загальну теорію для окремих класів, типів або видів технічних систем.

Структура спеціальної теорії може бути ієрархічною (наприклад, теорія технічних систем легкої промисловості, теорії взуттєвого виробництва, теорії пресів для формування підошви). Особливе положення займають спеціальні теорії, які поширюються на декілька галузей техніки, наприклад теорія механізмів, теорія деталей машин і т.п.

г) Взаємозв'язок теорії з іншими дисциплінами. Теорія технічних систем ґрунтується на цілому ряді наукових дисциплін, кількість яких зростає у зв'язку з включення в неї нових систем і встановлення вимог до них. Поряд з такими класичними науками, як фізика і хімія, все більшою мірою залучаються до розгляду біологія, теорія систем, економіка, логіка.

Теорія технічних систем вводить визначений порядок у багато інженерних дисциплін, пов'язаних з конструюванням, виготовленням, випробуваннями, збутом, зберіганням, транспортуванням, введенням в дію або

ліквідацією технічних систем. В цих інженерних дисциплінах положення загальної теорії технічних систем деталізуються.

Так, наука про опір матеріалів досліджує зв'язок між міцністю технічної системи, з одного боку, і геометричними характеристиками, властивостями матеріалу і навантаженнями технічної системи, з іншого; аналогічно надійність, термін служби, технологія виготовлення у відповідних теоріях ґрунтуються на деяких часткових положеннях загальної теорії. В теорії підйомно-транспортних машин вивчаються процеси транспортування, і з позиції теорії технічних систем вона також є деякою спеціальною теорією процесів. В теорії механізмів і машин розглядаються механізми як частина технічної системи, ця теорія також є спеціальною теорією технічних систем.

д) Використання теорії технічних систем. Окрім практичного використання, теорія технічних систем має також пізнавальне значення. Розробка деякої системи об'єктно-орієнтованих дисциплін (для окремих областей техніки) дозволяє встановити взаємозв'язки і границі між окремими дисциплінами і ввести певне впорядкування. З врахуванням цього теорія технічних систем важлива для створення загальної картини в області техніки і сприяє вдосконаленню інженерних дисциплін, де вона служить як узагальнююча теорія.

г) Переваги об'єднання системних теорій в теорію технічних систем:

1. Теорія виявляє закономірності, справедливі для всіх об'єктів техніки. Вона сприяє перенесенню професійного досвіду з однієї області в інші завдяки можливості переносу системних категорій (використання гомоморфізму об'єктів техніки).

2. Об'єднання всіх об'єктів техніки в клас „технічні системи” дозволяє розробити підхід до інженерної діяльності, що не зв'язаний з конкретним об'єктом техніки і прийнятний для всіх спеціальних областей. В рамках цього підходу можна вивчати і розробляти методи конструювання технічних систем взагалі і систем певного класу зокрема.

3. Робота з абстрактними поняттями примушує інженерів застосовувати наукові методи там, де сили уяви і досвіду недостатньо. Тим самим створюються умови для того, щоб відійти від застарілих традицій і шаблонів.

4. Теорія технічних систем дозволяє трактувати будь-яку технічну проблему цілісно, з позицій системного підходу. Такий підхід є передумовою ефективного конструювання і успішного виконання інших інженерних робіт.

5. Використання кібернетики і її понять дозволяє покращити зв'язки інженерів з ученими. Крім того при цьому полегшується формалізації деяких операцій у процесі конструювання, оскільки широке використання обчислювальних пристроїв вимагає побудови алгоритмів логічних операцій. Таким чином, теорія технічних систем пов'язана з розвитком автоматизованого проектування.

6. Формування класів технічних систем, базується на аналогічності відношень, дає інженерам базу для вияву максимальної кількості способів реалізації певної функції або певного відношення. Тим самим створюються

передумови для того, щоб із множини можливих рішень вибрати найкращі. Практичною формою представлення такої інформації є створення каталогу конструкцій.

Теорія технічних систем дає в руки інженерам підхід, що орієнтований на кінцеву мету і дозволяє бачити взаємозв'язки, розуміти і використовувати цілісність як принцип, а також розпізнавати в різноманітних технічних об'єктах суттєві аналоги і відношення. Такі навички особливо важливі для інженерів-конструкторів, чим пояснюється інтерес до теорії технічних систем в цій області спеціалістів.

Висновки по розділу 1

1. З розвитком людської цивілізації виникає необхідність системи збору і класифікації винаходів та нових технологій.

2. Теорія технічних систем виявляє закономірності, справедливі для всіх об'єктів техніки.

3. Теорія технічних систем дає в руки інженерам підхід, що орієнтований на кінцеву мету і дозволяє бачити взаємозв'язки, розуміти і використовувати цілісність як принцип, а також розпізнавати в різноманітних технічних об'єктах суттєві аналоги і відношення.

4. Теорія технічних систем важлива для інженерів-конструкторів, а також носить пізнавальне значення.

5. Технічна система – об'єкт дослідження теорії технічних систем – сукупність елементів, понять, норм і відношень між ними, які утворюють певну цілісність і підпорядковані визначеному керівному принципу.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттям «технічна», «машина» система?
2. Охарактеризуйте сферу застосування теорії технічних систем?
3. Охарактеризуйте зв'язки теорії технічних систем з іншими дисциплінами.
4. Приведіть приклади технічних систем в галузі машинобудування.
5. Охарактеризуйте мету та завдання системотехніки.
6. Поясніть відмінність між загальною теорією технічних систем, та спеціальними теоріями технічних систем.
7. Які переваги об'єднання системних теорій в теорію технічних систем?

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.1. Базові визначення теорії технічних систем

Множина – це сукупність спостережуваних або уявних об'єктів – елементів множини, за кількістю елементів розрізняють кінцеві і нескінченні множини. Якщо X – елемент множини M , то записують $x \in M$. Дві множини M і N еквівалентні, якщо кожному елементу множини M точно відповідає елемент множини N і навпаки. Якщо всі елементи множини N містяться в M , то N підмножина M , $N \subset M$. Сукупність всіх елементів множини M , що не належать множині N , називається доповненням множини N . Об'єднання $M \cup N$ – це множина, всі елементи якої належать або M , або N . Перетин $M \cap N$ містить всі елементи, що належать як M , так і N .

Системою називається сукупність, утворена (і впорядкована за певними правилами) із кінцевої множини елементів. При цьому між елементами системи існують визначені відношення. Можливі також системи, які включають ізольовані елементи (або групи елементів), що не мають зв'язків з іншими елементами системи.

Елемент і система є відносними поняттями. Елемент може одночасно бути системою менших елементів, а система може бути елементом деякої більшої системи. Наприклад, деяка машина – це система, утворена певними елементами, і в той же час ця ж машина може бути елементом деякого підприємства. Система може бути розділена на підсистеми різної складності. Таким чином система може вивчатися з різних точок зору, що залежить не тільки від специфіки системи, але й від можливостей органів чуття або технічних засобів. Так при конструюванні технічних систем не розглядаються молекули або атоми; самим нижнім рівнем розгляду в цьому випадку є деталі машини, кожна з яких в свою чергу може розглядатися як сукупність (система) геометричних тіл більш простої форми. Об'єктом розгляду для конструктора є машини, для проектувальника – навіть підприємства. На відміну від них, наприклад, матеріалознавець дослідження проводить на рівні молекул як елементів системи (матеріалу).

Всяка штучна система має певне призначення, яке може бути описане системою цілей. Ціль – це деяке (можливо уявне) положення справ, до здійснення якого прагнуть. Система цілей – множина цілей і співвідношень між ними..

Поведінка – це безліч послідовних в часі станів системи. Для деяких типів систем (таких, як системи понять і цілей) поняття „поведінка” не має сенсу. Метою створення технічних систем є цілком певна їх поведінка. Цілеспрямовану поведінку системи називають функцією (або технологічною функцією). Функція – це деяка стабільна здатність до певних дій, що забезпечуються лише правильною поведінкою системи система може функціонувати неправильно. „Поведінка” технічних систем називається функціонуванням.

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

Якщо $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ є безліч елементів, а $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ безліч зв'язків, то структура $Str = \{E, R\}$ є множина, що складається з E і R . Один і той же об'єкт може бути визначений декількома системами і, відповідно, декількома структурами. Структура поряд з функціонуванням є найважливішою властивістю системи.

Структура системи може бути представлена у вигляді графа. На рис. 2.1,а показана ієрархічна структура послідовності зборки утепленого капюшона, а на рис. 1,б – відповідне їй орієнтоване дерево, де кружечками позначена безліч вершин графа, кожна з яких відображає складову частину виробу (деталь, вузол, напівфабрикат); стрілками – відношення між вершинами графа, що вказують на взаємозв'язки між деталями, вузлами і напівфабрикатами.

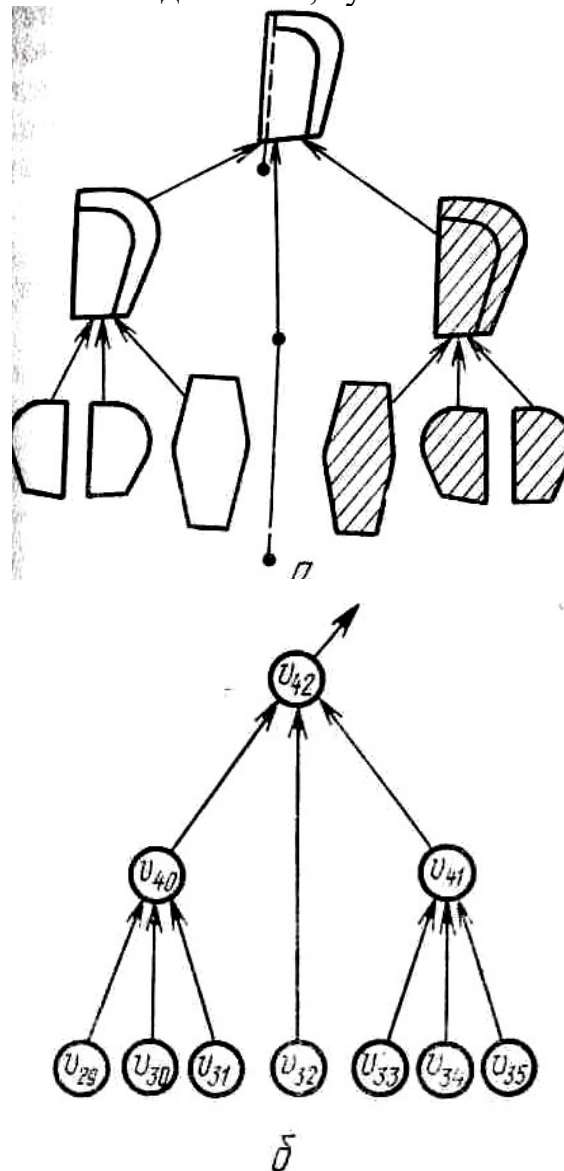


Рис. 2.1. Ієрархічна структура послідовності зборки капюшона:
(а) і відповідний їй граф (б)

Функціонування системи задається її структурою. Відносно замкнута система із заданою структурою функціонує однозначно, тобто її структура повністю визначає спосіб функціонування. Проте, функціонування не визначає структури однозначно. Одна і та ж функція може бути реалізована різними структурами.

Оточення (навколишнє середовище *Umg*) системи теоретично включає все, що не входить в дану систему. Практично обмежуються оточенням, що складається з систем, які включають хоч би один елемент, вихід якого є в той же час входом деякого елемента системи, або елемент, вхід якого є одночасно виходом деякого елемента системи. Таке безпосереднє оточення називатиметься реальним оточенням. Повне оточення системи включає такі складові частини: геосфера, атмосфера, біосфера (включаючи людей), техносфера і астросфера.

Вхід (*In*) – це зовнішнє відношення навколишнє середовище-система. Вхідна величина може бути в залежності від виду системи дією, зв'язком (відношенням) або параметром стану об'єкта (операнда). Сукупність всіх входів складає узагальнений вхід (який може бути представлений як вектор окремих входів).

Вихід (*Out*) – це зовнішнє відношення система-навколишнє середовище. Вихідна величина може бути в залежності від виду системи дією, зв'язком або параметром із стану операнда. Сукупність всіх виходів може бути зведена до узагальненого виходу (вектору виходу). Вихід системи є множина виходів всіх елементів, які не є входами інших елементів системи. Вхідна і вихідна величини – єдині зв'язки системи з навколишнім середовищем. Входи і виходи системи включають всі види зв'язків з навколишнім середовищем: бажані і небажані (перешкоди), зв'язки матеріального (*S*), енергетичного (*En*) й інформаційного (*I*) характеру.

2.2. Властивості і стан системи

Кожна система, її елементи і зв'язки мають властивості (*E*), що притаманні цій системі і точно її визначають, такими як розміри, маса, швидкість, форма, стабільність, а також технологічність, транспортабельність і здатність функціонувати. Властивість – це всяка істотна ознака об'єкту. Об'єктів без властивостей не існує. Проте ступінь втілення цих властивостей може бути різною.

Для сукупної характеристики об'єкта, наприклад при його оцінці, вибирають істотні властивості цього об'єкта. В цих випадках мова йде про частково узагальнену і сукупну оцінку, узагальнену якість або цінність. Для отримання сукупної оцінки необхідно виміряти окремі властивості, і часткові оцінки перетворити в узагальнені.

Сукупність значень властивостей системи в певний момент часу називається станом системи.

Два стані системи можуть бути однаковими або різними. Відмінність між станами називається їх різницею.

Узагальнена модель системи, представлена на рис. 2.2.

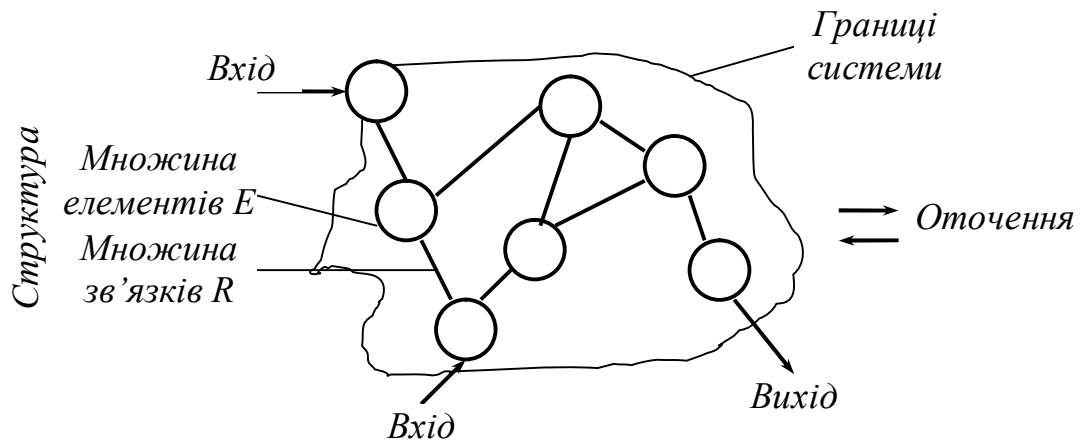


Рис. 2.2. Модель системи

2.3. Типи систем і задач

Використовуючи різні критерії, можна встановити велику кількість типів систем. Системи можна класифікувати таким чином:

а) За положенням системи в ієрархії:

- надсистема;
- система;
- підсистема.

б) За зв'язками з оточенням:

- відкриті (з певним оточенням, тобто принаймні з одним входом або виходом);
- замкнуті (без зв'язку з оточенням).

в) За зміном стану:

- динамічні (станів 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 тільки висловити припущення щодо різних можливих варіантів функціонування).

д) За типом елементів (в значенні їх конкретності)

- конкретні (елементами є реальні об'єкти);
- абстрактні (елементами є нереальні об'єкти).

с) За походженням:

- природні (створені природою);
- штучні (створені людьми).

ж) За характером залежності виходів

- комбінаторні (вихід залежить тільки від входу);
- секвентивні (вихід залежить від входу і інших величин).

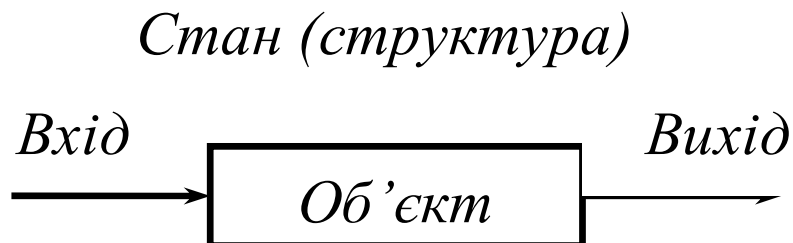
з) За ступенем складності структури:

- гранично складні (наприклад економіка держави);
- дуже складні (наприклад, повністю автоматизоване підприємство, виробничий комплекс);
- складні (наприклад, легковий автомобіль, бібліотека університету);
- прості (наприклад, сімейна бібліотека, болтове з'єднання).

i) За видом елементів.

- системи типу „об'єкт” (елементами є предмети, наприклад будинок, двигун, машина);
- системи типу „процес” (елементами є операції, наприклад виготовлення, фільтрація, перегонки, приготування їжі).

У зв'язку з системами розглядаються чотири характерних типи задач (рис. 2.3).



<i>Тип задач</i>	<i>Вхід</i>	<i>Об'єкт</i>	<i>Вихід</i>
<i>Аналіз</i>			?
<i>Синтез</i>		?	
<i>Вимірвання</i>	?		
<i>„Чорний ящик”</i>		?	?

Рис. 2.3. Типи задач при проектуванні

Задача синтезу – задані характер функціонування і інші вимоги до системи. Визначити структуру, яка задовольняє поставленим вимогам. Наприклад, необхідність розробки технічної системи, що забезпечує формування заготовок верху взуття з штучної шкіри

Задача аналізу – задана структура, визначити характер функціонування системи. Наприклад дослідження системи автоматичного управління процесом волого-теплової обробки швейних виробів на пресі за інформацією про стан

оброблювального виробу з метою інтенсифікації процесу і підвищення якості обробки.

Задача вимірювання – задані параметри системи і характер функціонування, необхідно визначити вхідні параметри.

Задача „чорного ящика” – задані система, структура якої невідома або відома частково, визначити характер функціонування і, можливо, структуру. Прикладом задачі „чорного ящика” може бути пошук структури і принципу дії технічної системи, яка забезпечувала б виготовлення певних видів одягу методом перетворення полімерних матеріалів („манекена технологія”).

2.4. Система типу «процес»

Термін «процес» означає, що щось відбувається, здійснюється, тобто змінюється з часом.

Поряд з природними процесами людина організовує штучні процеси з метою здійсненні необхідних або бажаних для неї змін. Такі зміни служать задоволенню людських потреб.

Штучні процеси, в яких ті або інші властивості об'єкта дії (операнда) піддаються відповідним змінам за участю людей і технічних засобів, внаслідок чого досягається бажаний стан операнда, називаються перетвореннями.

Термін «операнд» (*Od*) позначає всі предмети, системи і стани, що піддаються цілеспрямованому перетворенню. Перетворення є наслідком певних дій, що базуються на фізичних, хімічних або біологічних явищах і описуються деякою інструкцією – рецептом, алгоритмом, технологією. Науками, що досліджують перетворення в якій-небудь певній області, є, наприклад, термодинаміка, технологія виробництва.

Дії на операнд виконуються операторами. Ці дії є виходами операторів. Дії операторів здійснюються у вигляді потоків матерії (*S*), енергії (*En*) і інформації (*I*),

Процес перетворення є сукупністю операцій. Алгоритм – це однозначно визначена послідовність операцій, яка або встановлюється один раз і дійсна на протязі всього процесу перетворень, або змінюється залежно від результату виконаної операції. Таким чином, алгоритм можна визначити аналогічно структурі процесу як впорядковану множину операцій, їх відношень і умов переходу від однієї операції до іншої. Значна схожість є між поняттями алгоритму і технологічного процесу, що є послідовністю операцій виготовлення виробу.

Досить типовими видами процесів і техніці є управління і регулювання. Управління – це процес в системі, за допомогою якого одна або декілька вхідних величин діють бажаним чином на інші, що вважаються вихідними. Регулювання – це процес, за допомогою якого деякі змінні (регулюємі) величини безперервно зіставляються з еталонними (керуючими), причому на регулюємі величини здійснюється вплив з метою приведення відповідних відхилень до нуля.

2.5. Типи і види відношень

Відношенням називається взаємозалежність або взаємодія двох і більше об'єктів або явищ абстрактного чи конкретного типу. При конструюванні суттєві об'єктивні, визначенні відношення, які піддаються опису у відповідності з фізичними або логічними законами. Відношення зв'язують окремі елементи в різні системи. Відношення може бути рефлексивним, симетричним або транзитивним. Ці типи відносин можна охарактеризувати таким чином:

- а) рефлексивність – кожний об'єкт еквівалентний самому собі;
- б) симетричність – якщо один об'єкт еквівалентний другому, то другий об'єкт еквівалентний першому;
- в) транзитивність – два об'єкти еквівалентні між собою, якщо кожен з них еквівалентний третьому.

Якщо виконуються всі три умови, то відношення називається відношенням еквівалентності. Відношення між двома об'єктами буде також називатись кореляцією. Кореляція – це математична модель відношень в узагальненій формі.

Види відношень:

Подібність – це відношення схожості між двома і більше системами (об'єктами, процесами, висловами), що визначається деякими загальними властивостями. Взагалі кажучи, можливий діапазон ступеня подібності від повної рівності (ідентичності) до часткової схожості. Можна говорити про функціональну, структурну та інші види подібності. Відношення подібності має велике значення при математичному і фізичному моделюванні. Закони подібності дозволяють визначити умови, при виконанні яких результати модельних експериментів справедливі для реальних умов. Наприклад, протікання газу або рідини подібні при рівних числах Рейнольдса. Область подібності може бути визначена як перетин множини властивостей, що беруть участь в даному відношенні.

Аналогія. Відповідність суттєвих ознак, властивостей, структур або функцій об'єктів чи явищ називається аналогією. Цей термін часто вживається в тому ж значенні, що й подібність.

Гомоморфізм. Відношення між двома системами, коли кожную складову частину і кожне відношення однієї системи можна відобразити на деяку складову частину і деяке відношення іншої системи (але не навпаки), називається гомоморфізмом. В цьому випадку виконання відповідних умов подібності дозволяє перенести результати модельних експериментів на натуру. Область подібності може бути визначена як перетин безлічі властивостей.

Ізоморфізм – це відношення між двома системами, коли кожній складовій частині однієї системи може бути поставлена у відповідність певна складова частина другої системи і навпаки (симетричність), а також, коли для кожного відношення між двома відповідними складовими частинами є таке ж відношення в другій системі і навпаки.

Ідентичність – це відношення між об'єктами або процесами, що характеризуються однаковими властивостями (ознаками). При абсолютній ідентичності повинні бути однакові всі властивості, при відносній – тільки деякі (в цьому випадку має місце подібність)

Еквівалентність. Об'єкти або процеси називаються еквівалентними, якщо між ними є відношення еквівалентності, тобто рівноцінності. Еквівалентність більш повна, ніж ідентичність, оскільки для останньої характерна тільки рефлексія. Стосовно техніки обидва поняття використовуються як синоніми, тобто під еквівалентністю розуміється абсолютна ідентичність.

Математичні функції. Важливий клас відношень виражають математичні функції як закономірна залежність від змінної: $y=f(x)$. Такого роду математичні функції виражають точно встановлене відношення між x і y , тобто детермінований зв'язок.

Причинність. Між причиною і викликаного нею дією існує асиметричне відношення Причина викликає дію. Існує строга або ослаблена форма причинного відношення. Причинний ланцюг має місце, якщо дія виступає в якості причини подальших дій.

Зв'язок. Якщо певні виходи елемента (системи) одночасно є входами якого-небудь елемента (системи), то такого роду відношення називаються зв'язком. Зв'язком. Зв'язок може бути прямим (послідовним або паралельним), зворотним або комбінованим (рис. 2.4). Він може бути матеріальним, енергетичним або інформаційним.

Відношення мета–засіб. Це двомісне асиметричне відношення між системою цілей (призначенням, задачею) і засобом їх реалізації.

Просторове відношення. Відношення такого роду характеризує взаємне положення елементів відношення в просторі. Просторові відношення вивчаються в топології.

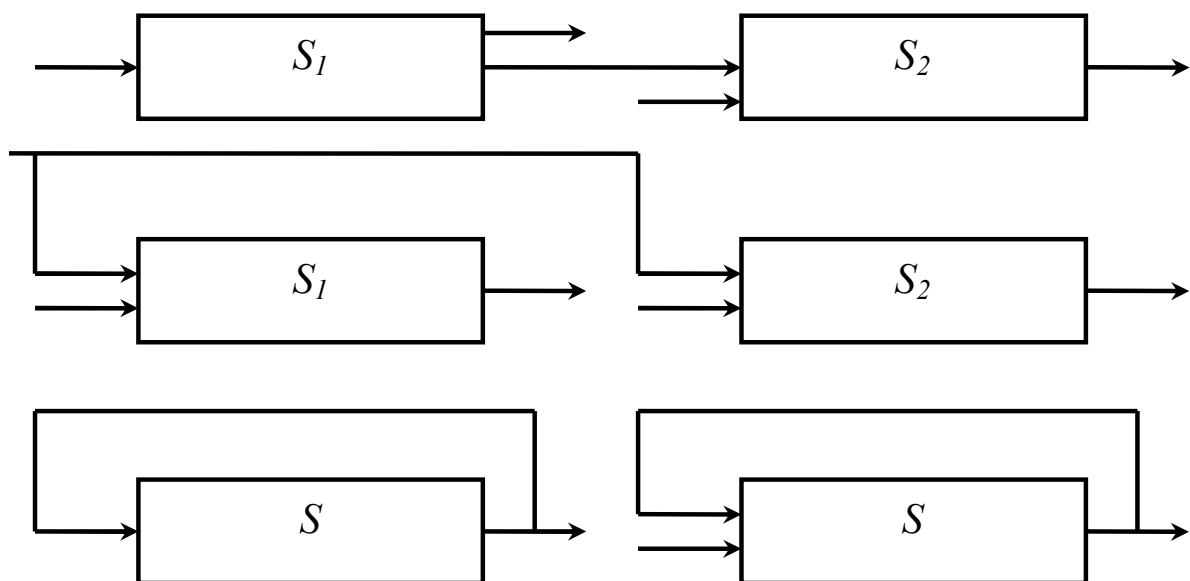


Рис. 2.4. Види зв'язків

Логічне відношення. – це відношення між об'єктами типу „ l_1 менше ніж l_2 ”, або „ l_3 знаходиться біля l_4 ”. Відомими константами (функторами) є: І; АБО; І-АБО; НЕ-АБО; ТАК, ЩО; АБО-АБО; ЯКЩО-ТО; ТІЛЬКИ; ТОДІ-КОЛИ; РІВНО. З цього переліку ясно, що багато описаних вище відношень є також логічними відношеннями. В ЕОМ реалізація відношень такого роду здійснюється логічними елементами.

Часове відношення. Відношення такого роду описує впорядкування процесів і подій в часі.

Висновки по розділу 2

1. Поняття системи виходить з поняття множина.
2. Система – це сукупність, яка створена і упорядкована зі скінченної множини елементів.
3. Будь-яка система має певне призначення, яке описується системою цілей.
4. Цілеспрямована поведінка технічних систем називається функціонуванням.
5. Функціонування системи задається її структурою.
6. Структура визначає функціонування однозначно.
7. Функціонування не визначає структуру однозначно. Одна і та ж функція може бути реалізована різними структурами.
8. Використовуючи різні категоріальні ознаки класифікації можна встановити велику кількість різних типів систем.
9. По відношенню до систем розв'язують чотири типи задач: аналізу, синтезу, вимірювання і «чорного ящика».
10. Відношення зв'язують окремі елементи у системи.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттям «множина» й елемент.
2. Охарактеризуйте зв'язки між множинами.
3. Дайте визначення поняття «система».
4. Як класифікують системи за положенням в ієрархії?
5. Як класифікують системи за зв'язками з оточенням?
6. Як класифікують системи за зміною стану?
7. Як класифікують системи за характером функціонування?
8. Як класифікують системи за типом елементів (в значенні їх конкретності)?
9. Як класифікують системи за походженням?
10. Як класифікують системи за характером залежності виходів?
11. Як класифікують системи за ступенем складності?
12. Як класифікують системи за видом елементів?
13. Охарактеризуйте задачу аналізу.
14. Охарактеризуйте задачу синтезу.
15. Охарактеризуйте задачу вимірювання.

16. Охарактеризуйте задачу «чорного ящика».
17. Які існують три типи відношень?
18. Яке відношення називається відношенням еквівалентності?
19. Поясніть термін кореляція.
20. Охарактеризуйте різні види відношень.

РОЗДІЛ 3 СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕНЬ

3.1. Модель системи перетворень

На рис. 3.1 представлені всі типи елементів і дій, що входять в модель системи перетворень. Приклади таких систем наведені в табл. 3.1 Основою для побудови моделі є наступні припущення, що випливають із досвіду людей:

1) бажані перетворення операнда (об'єкта перетворення) досягаються цілеспрямованими впливом матеріального (S), енергетичного (En) або інформаційного (I) типів;

2) ці три типи дій при будь-якому перетворенні здійснюються людьми (ΣMe), технічними системами (ΣTS) і оточенні (Umg).

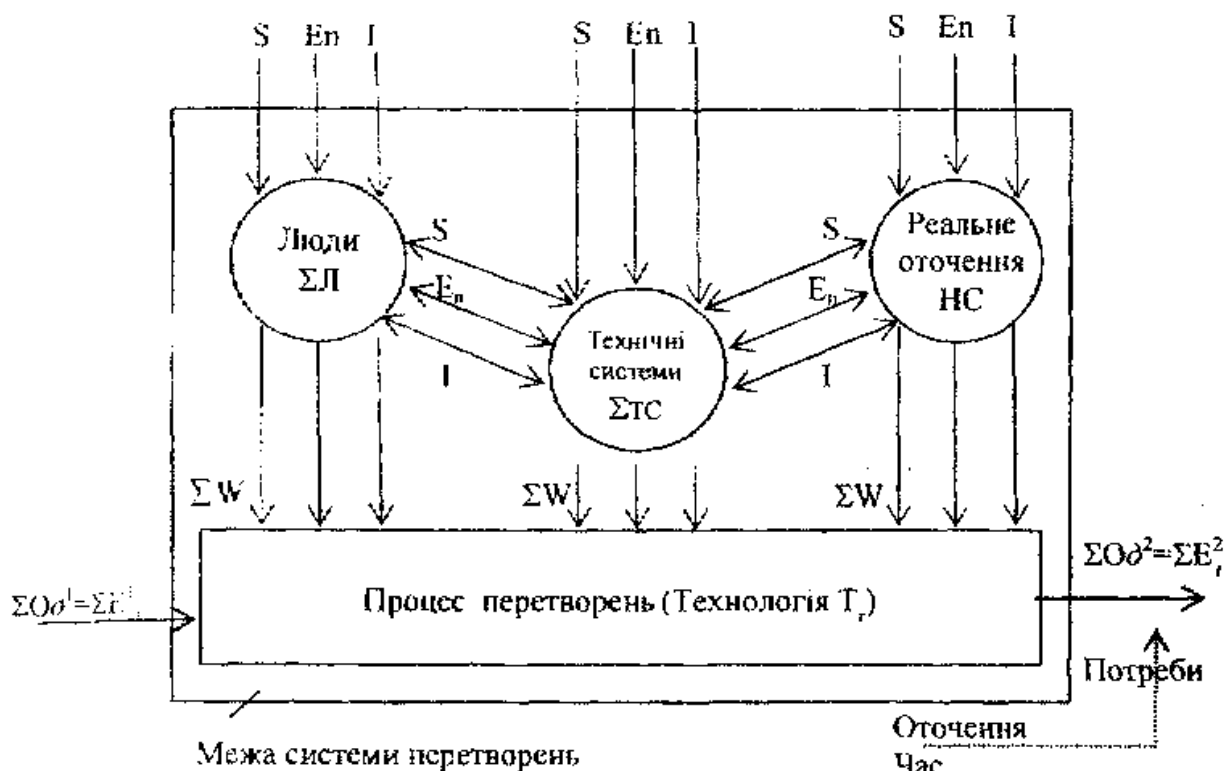


Рис. 3.1. Модель системи перетворень

Прикладом системи перетворення може також служити процес пошиття виробів, що характеризується як система якісного перетворення предметів праці в часі із стану деталей D в стан готових виробів B (рис. 3.2). Реалізація основної виробничої функції в потоці здійснюється на підставі певної технології шляхом використання трудових, технічних (устаткування і транспортні засоби), енергетичних і інших ресурсів.

В перетворенні можна виділити такі види відношень: просторові відношення, що характеризують взаємне положення елементів потоку в просторі; логічні відношення, що характеризують відношення між технологічними або організаційними операціями процесу, часові, що описують впорядкування виробничих процесів в часі.

Таблиця 3.1.

Приклади системи перетворень

Перетворення	Технологія	Дія	Участь операторів в дії		
1	2	3	4	5	6
Стальна деталь (м'яка-тверда)	Загартування	Розігрівання (в печі), охолодження (в масляній ванні)	Робітник (витримка, операції загартування)	Піч, ванна з маслом	Повітря, тепло
Виробництво зерна (мало-багато)	Вирощування в полі	Оранка, засівання, боронування, культивування, підживлення, обмолот, транспортування, зберігання	Тракторист, агроном, комбайнер, шофер, і т.д.	Трактор, плуг, сівалка, борона, культиватор, комбайн, вантажний автомобіль, елеватор	Земля, сонячне випромінювання, осадки
Матеріали-автомобіль	Конструювання і виробництво	Ескізний проект, розрахунки, робочий проект, вибір технології, комплектація обладнання, виготовлення деталей, складання, дослідження, регулювання	Конструктор, технолог, постачальник, верстатник, складальник, дослідник, контролер, адміністратор	Довідники, технічні проспекти, креслення, матеріали, верстати, вимірювальний інструмент, преси, складальний конвеєр, система контролю	Цех (освітлення, опалення, вентиляція, водопровід, каналізація)

Робітники за допомогою спеціалізованого технологічного устаткування виконують різні функції: сточують деталі, обметують зрізи, піддають деталі, вузли і весь виріб волого-тепловій обробці, формують і т.д. Функція кожного робітника спрямована на виконання загальної функції перетворення – виготовлення виробу високої якості. Таким чином, функція системи перетворення реалізується шляхом виконання кожним елементом системи своїх функцій і, навпаки, загальна функція розчленовується на окремі підфункції, що реалізуються структурними елементами, для чого весь процес розчленовується на частини і елементи. Отже, функції елементів системи перетворення визначають її структуру, а задача проектування полягає в створенні такої структури, яка найкращим чином реалізувала б функцію перетворення.

3.2. Елементи системи перетворень

Елементи системи перетворень показані на рис. 3.1 і 3.2. До окремих елементів належать:

Операнд – це пасивний елемент системи. Він може відноситися до будь-якої з чотирьох названих вище категорій (люди, матерія, енергія, інформація) або їх комбінації. Стан операнда може бути визначене як сукупність властивостей або як сукупність операндів – складових частин технічної системи. В останньому випадку мова йде про перетворення типа об'єднань або розділення.

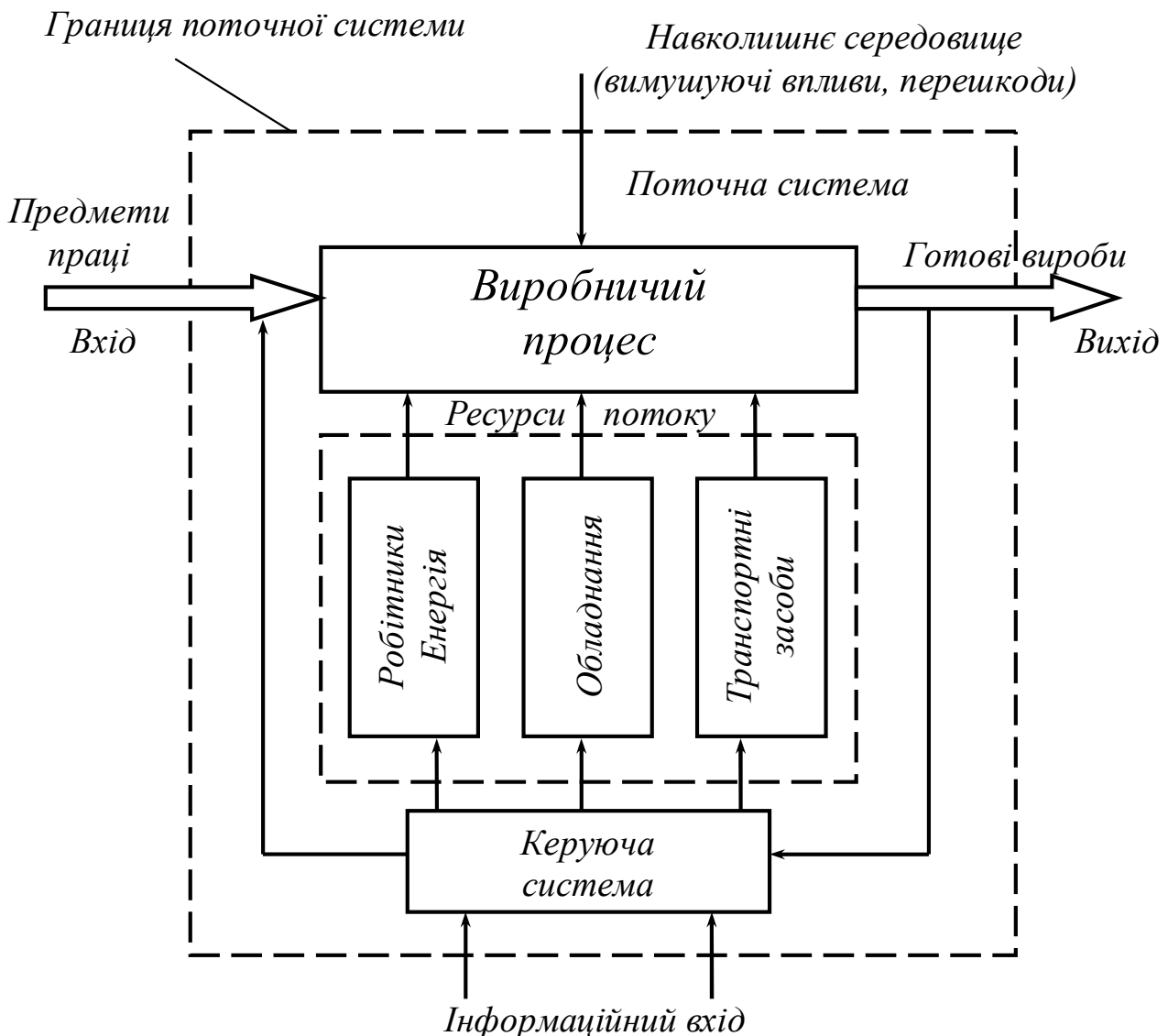


Рис. 3.2. Приведена системна модель швейного потоку (системи перетворення)

Люди як оператори системи перетворень можуть бути визначені, як підмножина людей, що включає тільки тих, хто виконує який-небудь вид дій для визначеного перетворення.

Технічні системи як оператори системи перетворення – це підмножина технічних систем, що виконують якого-небудь виду дії для певного перетворення. Необхідне відмітити масштаби технічних систем, які необхідні для виконання перетворення. Наприклад, для такого перетворення, як зміна місцезнаходження, не достатнє тільки транспортного засобу, а необхідна також система вулиць (доріг), мости, система управління рухом, автозаправні станції, гроші і т.п. Тільки за наявності всіх цих операторів перетворення може бути здійснено.

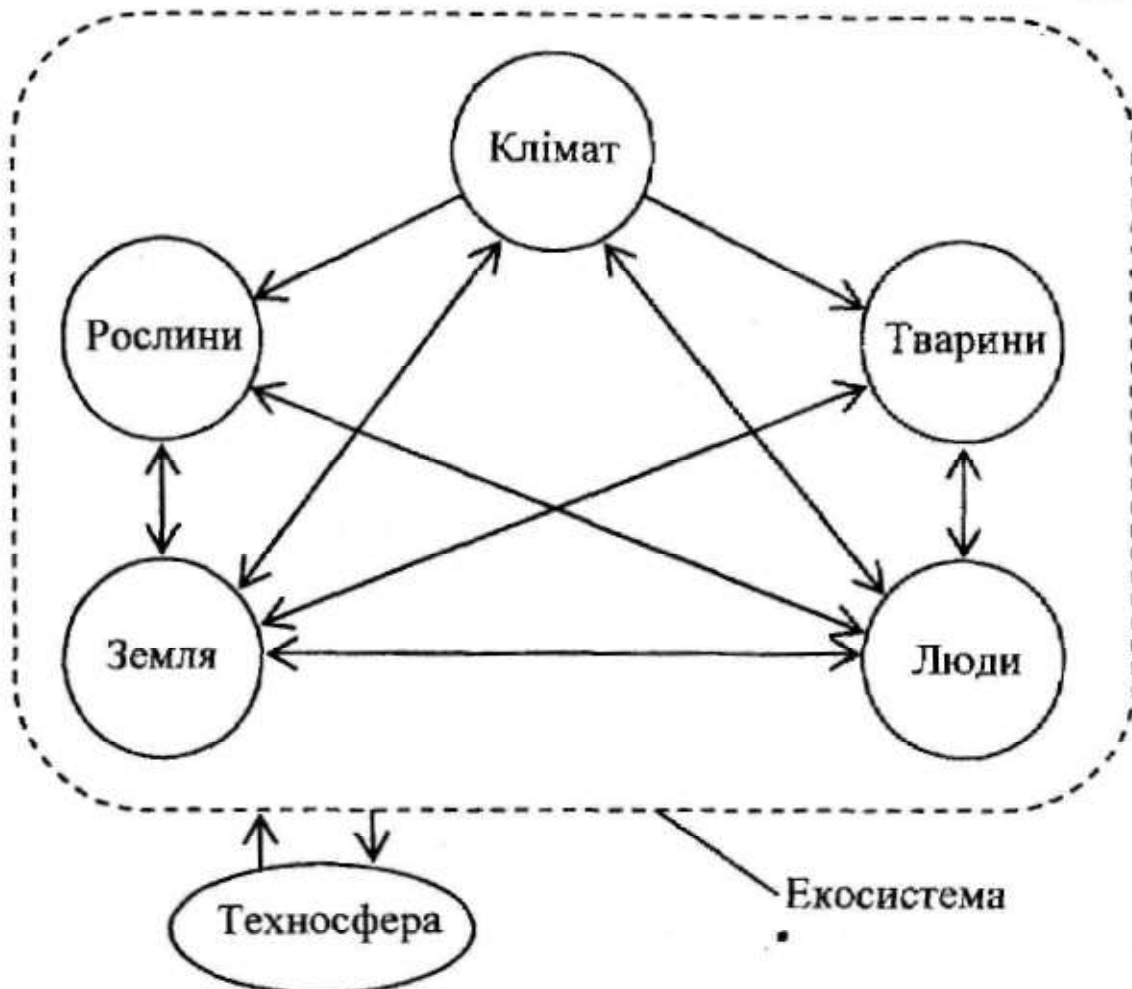


Рис. 3.3. Екосистема і техносфера

Оператор реальне оточення охоплює всі джерела зовнішніх дій в найближчому оточенні процесу перетворення, які в більшості випадків неможливо вказати точно. Жодна система не є абсолютно замкнутою, її функціональна цілісність передбачає наявність зв'язків між системою і реальним оточенням. До реального оточення відноситься вся сукупність об'єктів і систем, які роблять вплив на дану систему або залежать від її функціонування.

Особливо важливим для технічних систем (а також для людей) є відношення з системою геосфери, без якої вони не можуть функціонувати.

Сюди можна віднести середовище, що впливає, – воду для корабля, повітря для літака.

Біосфера включає усі організми (людей, тваринних і рослини) і місця їх поширення або проживання. З гео-, біо- н атмосфери можуть бути побудовані різноманітні екосистеми. В них в рамках певних відношень відбуваються необхідні для життя процеси перетворення матерії, енергії та інформації (рис 3.3) При розробці і здійсненні будь-яких технічних рішень слід не порушувати рівноваги цих систем.

Техносфера включає всі технічні системи, створені людьми.

Висновки по розділу 3

1. Людина і людське суспільство мають багатоманітні потреби залежно від цілей, які вони перед собою ставлять. Будь-яка потреба формулюється як сукупність вимог до об'єкту в певному стані. Об'єкт розглядається як засіб досягнення мети. Якщо бажана мета не може бути досягнута безпосередньо, то з'являються проміжна мета і потреба змін, які дозволять і досягти потрібну мету.

2. Зміна стану називається перетворенням, а об'єкт дії — операндом

3. Перетворення – це штучний процес, в якому бажана зміна досягається шляхом цілеспрямованого використання природних явищ.

4. Необхідність перетворення зумовлюється незадовільним початковим станом операнда або потребою у вихідному стані операнда як бажаного засобу для досягнення мети.

5. Операндами процесу перетворень можуть бути біологічні системи (живі істоти), матерія, енергія і (або) інформація.

6. Перетворення виконується на основі технології, що визначає систему часткових перетворень. Взагалі для виконання деякого перетворення можуть бути розроблені різні технології, що базуються на різних принципах.

7. Перетворення, у тому числі часткові, реалізуються певними діями. Таким чином, дії – це засіб здійснення перетворень.

8. Дії здійснюються трьома системами-операторами: людьми, технічними системами і реальним оточенням.

9. Система перетворень – це деяке відношення на множині всіх елементів, що беруть участь в перетворенні.

10. Дії здійснюються операторами в рамках процесів дії (ланцюгів дій), що перетворюють вхід оператора у вихід системи перетворень.

11. Між перетворенням (наслідок) і дією (причина) існують причинні відношення.

Питання для самоперевірки:

1. Наведіть узагальнену модель системи перетворень.
2. Наведіть приклади системи перетворень.
3. Охарактеризуйте елементи системи перетворень.
4. Назвіть операнди системи перетворень.

5. Назвіть операторів системи перетворень.
6. Що таке техносфера?
7. Наведіть приклади систем перетворень з різних галузей техніки.
8. Поясніть термін «реальне оточення» технічної системи.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНИЙ ПРОЦЕС

Технічні процеси займають центральне місце в системах перетворень, в яких роль операторів займають поряд з людьми технічні системи, так як перетворення в них можуть бути здійсненні лише за допомогою технічних процесів, крім того, елементи системи перетворень можуть бути з'єднані лише з використанням технічних процесів.

В технічних процесах беруть участь люди. Кожна людина звичайно бере участь в декількох процесах одночасно, задовольняючи свої потреби безпосередньо або створюючи засоби для наступного задоволення своїх і чужих потреб.

Зв'язок потреб з технічним процесом полягає в наступному:

- а) спочатку виник стан незадоволення або ситуації, яку людина хоче і може змінити;
- б) цей стан вимушує сформулювати потребу;
- в) усвідомлюється, що потреба може бути задоволена різними засобами;
- г) виявляється, що засоби, які могли б бути використанні безпосередньо відсутні;
- д) потрібно змінити існуючий стан на бажаний шляхом перетворення;
- е) перетворення здійснюється в технічних процесах.

4.1. Модель технічного процесу

Технічний процес (*TP*) є елементом системи перетворень. Його модель будується на відношеннях в системі перетворень (рис. 4.1).

Опис будь-якого технічного процесу повинен містити відповіді на наступні питання:

- 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 рамках існуючих умов – природних явищ, суспільних законів і інших обмежень?
- в) Якими діями (матеріального, енергетичного або інформаційного типу) можуть бути реалізовані часткові перетворення (хоч б у першому наближенні без деталізації)?
- г) Якими операторами виконуються окремі дії?

Припускаючи, що бажаний стан є виходом (результатом) технічного процесу, для цього процесу потрібно визначити показники, що є його характерними ознаками:

- кінцевий стан операнда;
- технологічний принцип;
- типи і послідовність операцій (дії), що відповідають вибраній технології;
- результат кожної операції;

- розподіл результатів по операціях, що відповідають постановці задачі і необхідному кінцевому результату.

Вказані ознаки можна розглядати як ступені вільності, які є при виборі, розробці і оптимізації технічного процесу

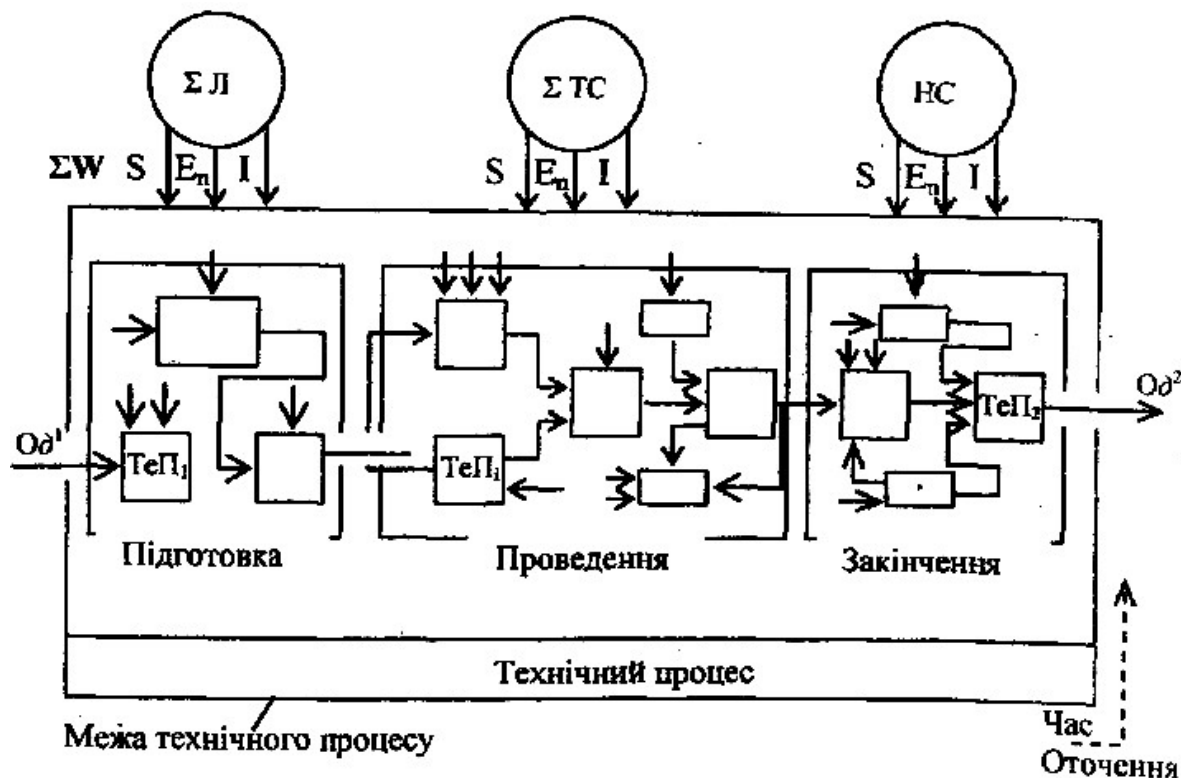


Рис. 4.1. Структура моделі технічного процесу

4.2. Операнди технічного процесу

Операнд технічного процесу є також операндом системи перетворень. Розрізняють чотири класи операндів:

1. Живі істоти. Незалежно від того, людина це або тварина, в технічному процесі змінюється або стан, або місце знаходження операнда; проте було б неправильним включати живі істоти в клас матерії зважаючи на специфічність процесів і обмежень для цього класу операндів.
2. Матерія. В технічному процесі змінюються основні властивості (наприклад, хімічний процес) або форма, розміри місцезнаходження і т.д.
3. Енергії. В технічному процесі різні види енергії (енергоносії) перетворюються в інші види, а також змінюються їх параметри.
4. Інформація. В технічному процесі змінюється форма, кількість, якість, а також місцезнаходження інформації.

Стан операнда („вектор” його властивостей) в математичній формі його можна записати таким чином:

$$Od^1 = \begin{pmatrix} E_1^1 \\ E_2^1 \\ \dots \\ E_n^1 \end{pmatrix}; \quad Od^2 = \begin{pmatrix} E_1^2 \\ E_2^2 \\ \dots \\ E_n^2 \end{pmatrix},$$

де нижні індекси при E позначають властивості операнда, а верхні – міру цих властивостей.

4.3 Структура технічного процесу

Операція – це елементарний процес, що відповідає одній робочій дії. Операція технічного процесу – це нерозривна в часі частина процесу перетворення, яка виконується оператором або групою операторів на одному робочому місці і стосується тільки одного операнда. Звичайно за допомогою операції досягається бажана зміна однієї властивості.

Узгоджена сукупність операцій є технологічним процесом. Технологічний процес залежить від вимог до операнда, інформації, кваліфікації операторів і особливо від технічних засобів, якими реалізується процес. Технологія може удосконалюватися в часі у відповідності з прогресом знань. Структура технічного процесу залежить в першу чергу від технології і в загальному вигляді зображена на рис. 4.2.

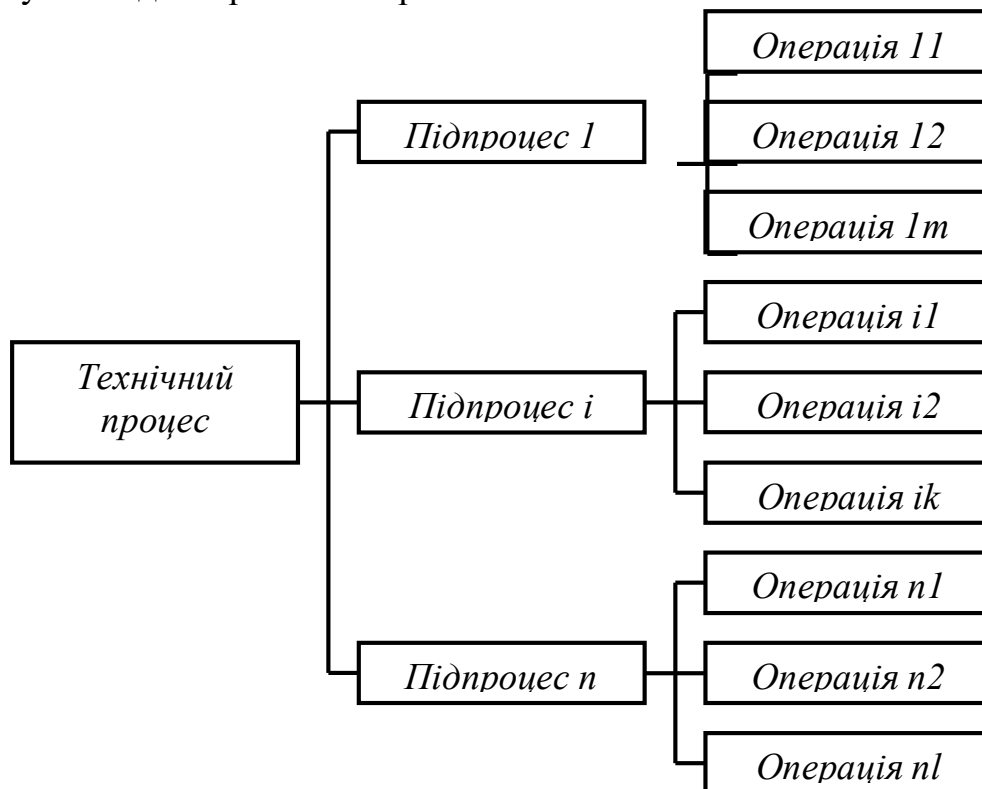


Рис. 4.2. Структура технічного процесу

Структуру технічного процесу виготовлення можна представити у вигляді графа (рис. 4.3).

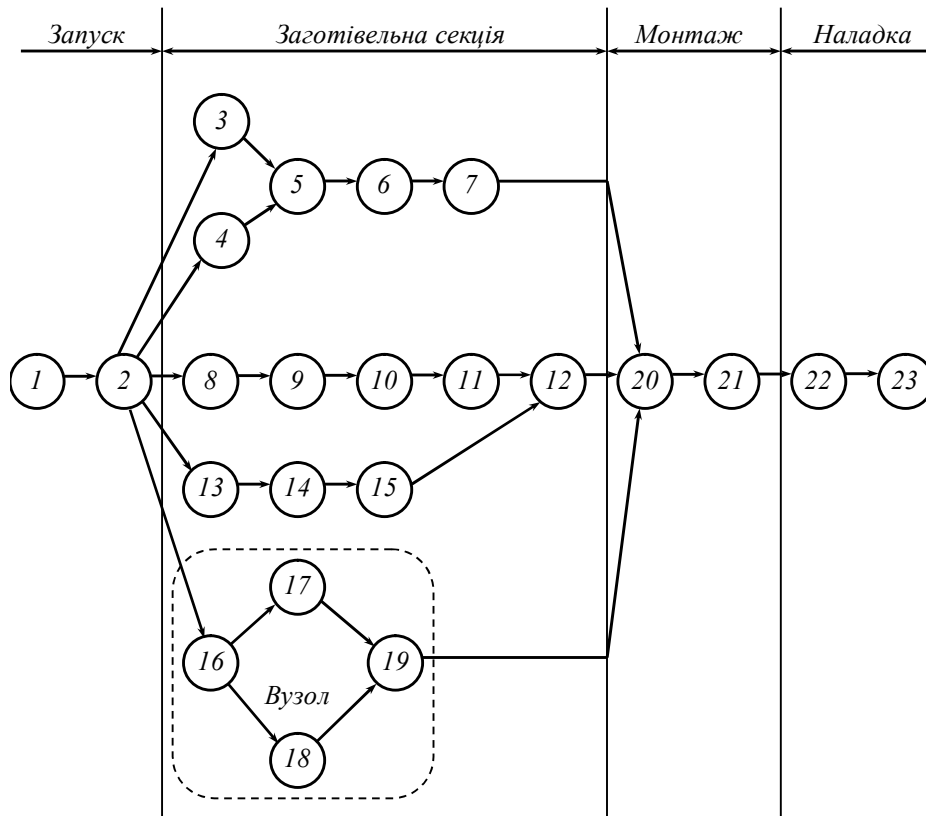


Рис. 4.3. Граф структура технічного процесу

4.4. Типи операцій

Для досягнення бажаної зміни властивостей потрібно певним чином впливати на операнд. Наприклад, операнд потрібно привезти, нагрівати, деформувати і т. Д. Такого роду перетворюючі дії на операнд називаються робочими операціями. При робочих операціях використовуються ті або інші фізичні закони і явища. Так для нагрівання потрібно знати, як різні види енергії перетворити в тепло і як забезпечити теплопередачу.

Сукупність дій (W) для здійснення перетворення ($Od^1 \rightarrow Od^2$) складається з часткових дій (TeW), що змінюють певну властивість, наприклад $E_i^2 \rightarrow E_i^1$. Можна записати

$$E_i^2 - E_i^1 = f(TeW_i);$$

при цьому сукупний вплив є сумою часткових впливів

$$W = \begin{pmatrix} TeW_1 \\ TeW_2 \\ \dots \\ TeW_i \\ \dots \\ TeW_n \end{pmatrix} \text{ або } Od^2 - Od^1 = f(W).$$

Для реалізації процесу перетворення одних робочих операцій недостатньо. Звичайно, для кожного процесу потрібні і інші операції, хоча часто їх не відділяють, оскільки виконання таких допоміжних операцій при обслуговуванні машини людиною необхідне. До операцій такого типу належать:

- операції обслуговування, наприклад, змащення, видалення стружки, охолодження;
- підготовчі операції, наприклад закріплення деталі, підведення супорта;
- операції по управлінню і регулюванню, наприклад вимірювання, наладка машини, зміна робочого режиму;
- операції узгодження, наприклад зборка.

4.5. Побічні входи і виходи

У процес входить і з нього виходить не тільки операнд *Od*. Для здійснення процесу необхідні також інші вхідні величини, такі як енергія, змащувальні матеріали, каталізatori. Наявні в технічному процесі також різні відходи (дим. стружка) і перешкоди (шум, вібрація) Такі вхідні і вихідні величини називаються побічними входами *NIn* і побічними виходами *NOu*.

Враховувати побічні входи і виходи необхідно, так як людству вже зараз загрожують шкідливі виходи технічних процесів, що забруднюють навколишнє середовище.

При здійсненні технічного процесу слід враховувати небажані, але неминучі вхідні перешкоди. При проектуванні технічного процесу потрібно проаналізувати всі можливі перешкоди, що виходять з оточення, а при функціонуванні технічної системи слід контролювати рівні окремих входів, якщо вони близькі до гранично допустимих. Такими є, наприклад, граничні значення температури і вологості для роботи високочутливого устаткування.

4.6. Оператори технічного процесу

Для сукупного результату технічного прогресу мають значення також узагальненні оператори, які справляють вплив перш за все на ефективність протікання процесу. В деяких випадках вони можуть перешкодити здійсненню перетворення, тому повинні враховуватися можливості цих операторів впливати на якість продукції. Такими операторами, є:

- спеціальна інформація *I*, що визначає технічний рівень даного виробництва;
- управління процесом *SR*, в першу чергу оперативне управління, координація виробничих дій і система матеріально-технічного постачання;
- умови оточення *Bg*: фізичні (температура, вологість, об'єм); психологічні (взаємовідносини людей); соціальні (стан і інтереси

суспільства в даний період часу) фінансові (засоби для здійснення процесу).

Результат технічного процесу, тобто вихідний стан операнда Od^2 визначається системою людина-технічна система ($Me-TS$), а також узагальненими операторами, а саме технічним рівнем виробництва, спеціальною інформацією, управлінням процесом і умовами оточення. Вказані чинники можна включити в матеріальні, енергетичні і інформаційні потоки.

4.7. Характеристики і оцінка технічного процесу

Звичайно технічний процес характеризується виходом, тобто якістю операнда на виході.

Таблиця 4.1

Показники технологічних процесів

Показники	Технічні	Економічні	Планові
Операнд Вхід Вихід	Матеріали, розміри, форма, стан, поверхня тиску, температура і ін. параметри	Ціна, затрати	Кількість Строк Поставник
Технологія	Специфікація операцій Послідовність операцій	Затрати	Час роботи Оператор Робоче місце
Оператор-робітник	Спеціальні знання Досвід Особисті властивості	Заробітна плата	Часи роботи Кількість робітників
Технічна система	Функціональні властивості Експлуатаційні властивості Естетичні властивості Ергономічні властивості Маніпуляційні властивості і ін.	Ціна, експлуатаційні витрати	Строк постачання кількість Поставник
Спеціальна інформація	Перелік типів інформації Джерела інформації	Затрати	Строк Робітник Робоче місце
Умови оточення	Фізичні: розміщення, потреба в просторі, температура, вологість, освітлення, шум	Затрати	Строк Оператор Робоче місце
	Психологічні: робоча обстановка	Продуктивність праці	—
	Соціальні: суспільні умови	Економічна ситуація	—

Якщо всі потрібні властивості операнда досягнуті, то задача процесу виконана. З другого боку технічний процес може бути охарактеризований якістю узагальнених операторів процесу, а саме:

- якістю технології;

- кваліфікацією робітників і досконалістю технічних засобів;
- якістю інформації, керування і зовнішніх умов.

Сукупним показником, що характеризує технічний процес і забезпечує можливість порівняння його з іншими процесами, є його ефективність Ef , що визначається як відношення корисності процесу до витрат на перетворення.

Корисність процесу визначається зміною властивостей операнда. Крім того, слід враховувати побічні виходи, які можуть збільшити корисність.

Витрати на перетворення охоплюють всі витрати, незалежно від того, чи є вони операндами, побічними входами або якими-небудь операторами, тобто це можуть бути витрати по операціях, енергії, основним і допоміжним матеріалам, заробітній платі, соціальним витратам, обслуговуванню і т.п.

Для однозначної оцінки або характеристики технічного процесу слід визначити показники цінності його властивостей йдеться про сукупність показників, приведених в табл. 4.1. Вони розділені на три категорії: технічні, економічні і планові показники.

При оцінці технічного процесу необхідно звернути увагу на соціальні й економічні наслідки рішень, пов'язаних з технічним процесом. Рішення такого роду справляють вплив на вартість товарів, зайнятість людей, економічну ситуацій і ряд інших важливих соціально-економічних чинників.

4.8. Класифікацій технічних процесів

Класифікація технічних процесів наведена в табл. 4.2. Об'єднавши типи зі способами зміни, перетворення структури, форми, просторових (транспортування) і часових (зберігання) координат, одержимо основні види технічних процесів, представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.2

Класифікація технічних систем

Показники	Класи процесів
1	3
Операнд	Процеси переробки матерії, енергії, інформації, процеси, пов'язані з біологічними об'єктами
Явища, на яких базуються робочі дії	Фізичні, механічні, електричні, теплові, хімічні, біологічні, комбіновані
Робочі дії	Транспортування, сортування, подрібнення, обробка,
Спосіб робочих дій	Ручна праця, використання сили тварин, механізований процес
Спосіб керування і регулювання	З участю людини, автоматизований процес, автоматичний процес
Складність процесів	Операції, під процеси, складні процеси
Співвідношення між входом і виходом	Об'єднання: кількість входів більше кількості виходів Розділення: кількість входів менше кількості виходів
Характер протікання перетворення	Безперервний процес, дискретний (перервний) процес

Таблиця 4.3

Основні види технічних процесів

Типи операндів		Перетворення			
		Структури	Форми	Просторових координат	Часових координат
Матерія	Процес	Переробляти	Обробляти	Транспортувати	Зберігати
	Приклад	Залізна руда – сталь	Заготовка – деталь	Цемент на складі – на будмайданчику	Продукти в холодильнику
Енергія	Процес	Перетворювати	Трансформувати	Транспортувати	Накопичувати
	Приклад	Гідравлічна – електрична	50000 – 220 В	Електростанція – споживач	Електрична енергія в акумуляторі
Інформація	Процес	Перетворювати	Змінювати форму	Передавати	Накопичувати
	Приклад	Графічна – цифрова	Текст німецький – російський	Радіопередача – слухач	Запис на магнітній стрічці
Людина	Процес	Змінювати істоту	Змінювати форму	Транспортувати	Утримувати
	Приклад	Рука – протез	Хворий – здоровий	Подорож	Очікування лікаря

4.9. Представлення технічних процесів

Технічний процеси можуть бути представлені різними способами залежності від виду процесу, цілі представлення, діючих інструкцій або традиції. Можуть бути використані такі способи представлення:

- Представлення у формі блок схеми (див. рис. 4.4). В цьому випадку процес зображається у вигляді прямокутника з текстом або малюнком що характеризує даний процес;
- Представляють у формі графа (див. рис. 4.3). Ребра графа позначають процеси, а вузли – стани операндів. При цьому входи і виходи процесів можна зображати точками і стрілками;
- Часова діаграма. Така діаграма дозволяє наочно представити послідовність і прив'язку операцій в часі, що може бути корисним, наприклад, для цілей керування;
- Математичний опис. Рівняння в більшості випадків найбільш точно описують протікання процесів і їх залежності. Аналіз математичної моделі, що відображає взаємодії дискового ножа пересувної машини розкрою і настилу тканини (рис. 4.5), дозволяє визначати оптимальні умови процесу розкрою. Математичні моделі процесу різання дозволяють також формулювати вимоги

Висновки по розділу 4

1. Технічні процеси – це особливий вид процесів перетворення. В них технічні системи виступають як використовуване людиною знаряддя праці, а тому для технічних процесів справедливі всі висновки, що й для процесів перетворення.

2. Технічний процес складається з безлічі підпроцесів і операцій і безлічі проміжних станів операнда.

3. Для стадії підготовки, проведення і закінчення процесу можна побудувати підструктури.

4. Процеси, у яких не беруть участь ні перетворюваний операнд, ні виконуюча його роль технічна система, допускаються тільки як виняток (з прагматичних міркувань).

5. Кожна робоча операція технічного процесу викликає ряд допоміжних операцій (підготовки, обслуговуванні, управління, регулювання і узгодження) і побічних процесів. При зображенні технічного процесу всі вони умовно включаються в процес перетворення.

6. При розробці і здійсненні технічного процесу завжди потрібно враховувати оточення і часові рамки.

7. Технічний процес як система завжди має побічні входи і виходи (включаючи перешкоди); їх необхідно враховувати й аналізувати.

8. Хоч в технічному процесі, що розглядається як система, найбільш важливими операторами є технічні системи, решта операторів також повинна бути взята до уваги.

Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення технічному процесу.
2. Наведіть модель технічного процесу та її отримання з моделі системи перетворень.
3. Що таке операція технічного процесу?
4. Дайте визначення робочим операціям технічного процесу.
5. Наведіть допоміжні операції технічного процесу.
6. Назвіть операнди технічного процесу.
7. Наведіть структуру узагальненого технічного процесу.
8. Назвіть побічні входи і виходи технічного процесу.
9. Опишіть операторів технічного процесу.
10. Назвіть показники технічного процесу.
11. Наведіть класифікацію технічних процесів.
12. Назвіть побічні входи і виходи технічного процесу.
13. Наведіть приклади технічних процесів із галузі машинобудування.
14. Перерахуйте та охарактеризуйте способи представлення технічних процесів.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІЧНА СИСТЕМА

Найважливішими елементами системи перетворення (разом з людьми і реальним оточенням) є технічні системи *TS*, що виконують необхідні впливи на операнди *Od*, внаслідок чого здійснюються необхідні перетворення. Таким чином технічні системи є засобом реалізації перетворень.

5.1. Суть технічної системи

При розгляді технічної системи потрібно перш за все визначити такі ключові характеристики, як її призначення, спосіб дії, структуру і стан.

Як видно з моделі системи перетворень (див. рис. 3.1) технічні системи повинні реалізовувати заплановані цілеспрямовані дії на операнди технічного процесу. Технічні системи виконують безліч різноманітних дії типу фіксувати, рухати, зберігати, нагрівати, з'єднувати, розділяти, ущільнювати, управляти і ін., що служать для задоволення потреб людей. Подібно функціонуванню і призначенню, слід робити відмінність між технічною і цільовою функціями технічної системи. Зовнішні задачі системи характеризують її призначення. Внутрішні задачі системи визначаються поняттям „технічна функція”, оскільки воно вже достатньо міцно укорінялося в практиці. Призначення технічної системи можна представити через систему її дій.

В технічних системах для реалізації їх призначення використовуються відомі природні ефекти, наприклад ефект важеля, гравітація, ефект розширення при підвищенні температури, ефект електричного струму в провіднику, що рухається в магнітному полі, та інші фізичні, хімічні і біологічні явища. Взаємодія складових частин технічної системи реалізує внутрішній технічний процес і тим самим створює необхідну зовнішню дію. Так, використовуючи зубчасту передачу, змінюють число обертів і напрям обертання. Причинний ланцюжок з перетворенням наслідків (виходів) в причини (входи) наступних операцій характеризує спосіб дії (спосіб функціонування) технічної системи. Внутрішні перетворення в технічній системі або описуються внутрішніми функціями системи і тоді відображають призначення системи у вигляді її функціональної структури, або характеризуються засобами (тобто виконавчими органами), що здійснюють ці функції, і тоді спосіб дії системи може бути представлений як її органоструктура. Функціональні здатності кожної функціональної одиниці (виконавчого органу) забезпечуються множиною відповідних функцій, що реалізуються органами більш низького рівня складності. При розгляді виконавчого органу як засобу здійснення бажаної дії використовують суто функціональний підхід. Одну і ту ж функцію можна здійснити різними виконавчими органами. При цьому вибір виконавчого органу визначає функцію, що виконується на найближчому знизу ієрархічному рівні. Виконавчі органи можна розглядати на різних рівнях абстрагування; тим самим визначається також і ступінь абстрактності відповідних їм функцій.

Технічна система може бути створена тільки в тому випадку, якщо є можливість створити і бажаним чином об'єднати її складові частини. При цьому за допомогою структури повинні бути реалізовані певні властивості, що забезпечують бажане функціонування системи. Розгляд технічних систем з погляду структури приводить до таких понять, як структурні елементи і групи, які знаходяться між собою в певних геометричних, механічних, енергетичних і інших відношеннях. Структура є якби „рентгенівським знімком” об'єкта. В конструкторській справі звичайно вона характеризується кресленням і специфікацією. Структура об'єкту при цьому поділяється на елементи і групи залежно від прийнятої точки зору (наприклад, зборки або функціонування).

Як приклад технічної системи розглянемо сучасну електропарову праску (рис. 5.1), основною функцією якої виявляє є волого-теплова обробка швейних виробів з використанням ручної дії.

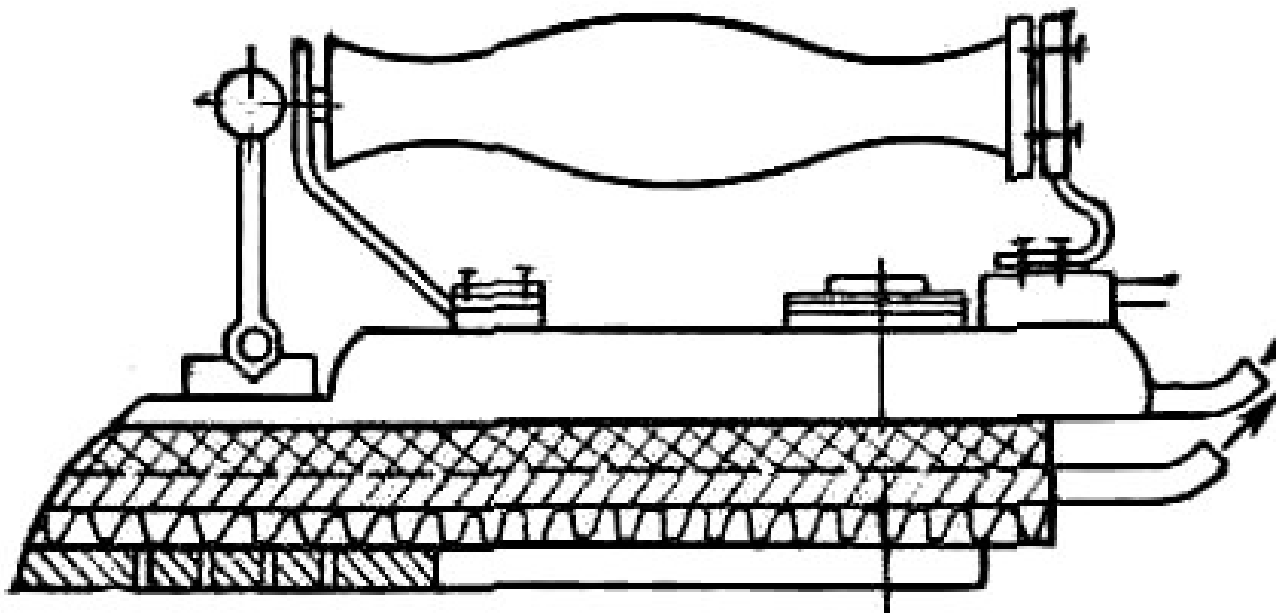


Рис. 5.1.Схема електропарової праски

Структуру електропарової праски можна представити за допомогою креслення (рис. 5.1) і специфікації (рис. 5.2).

В ході свого розвитку від виникнення і існування до ліквідації будь-яка технічна система проходить ряд типових станів, обумовлених зміною складу системи перетворення. При обговоренні, моделюванні або зображенні технічної системи необхідно зразу ж вказати відповідні стани для вибору правильної точки зору і визначення системи перетворень. Інженер-конструктор повинен представляти собі ці стани, для того щоб встановити, в якому з них знаходиться конструйована ним система. Там, де недостатньо однієї уяви, корисні експерименти на моделі.

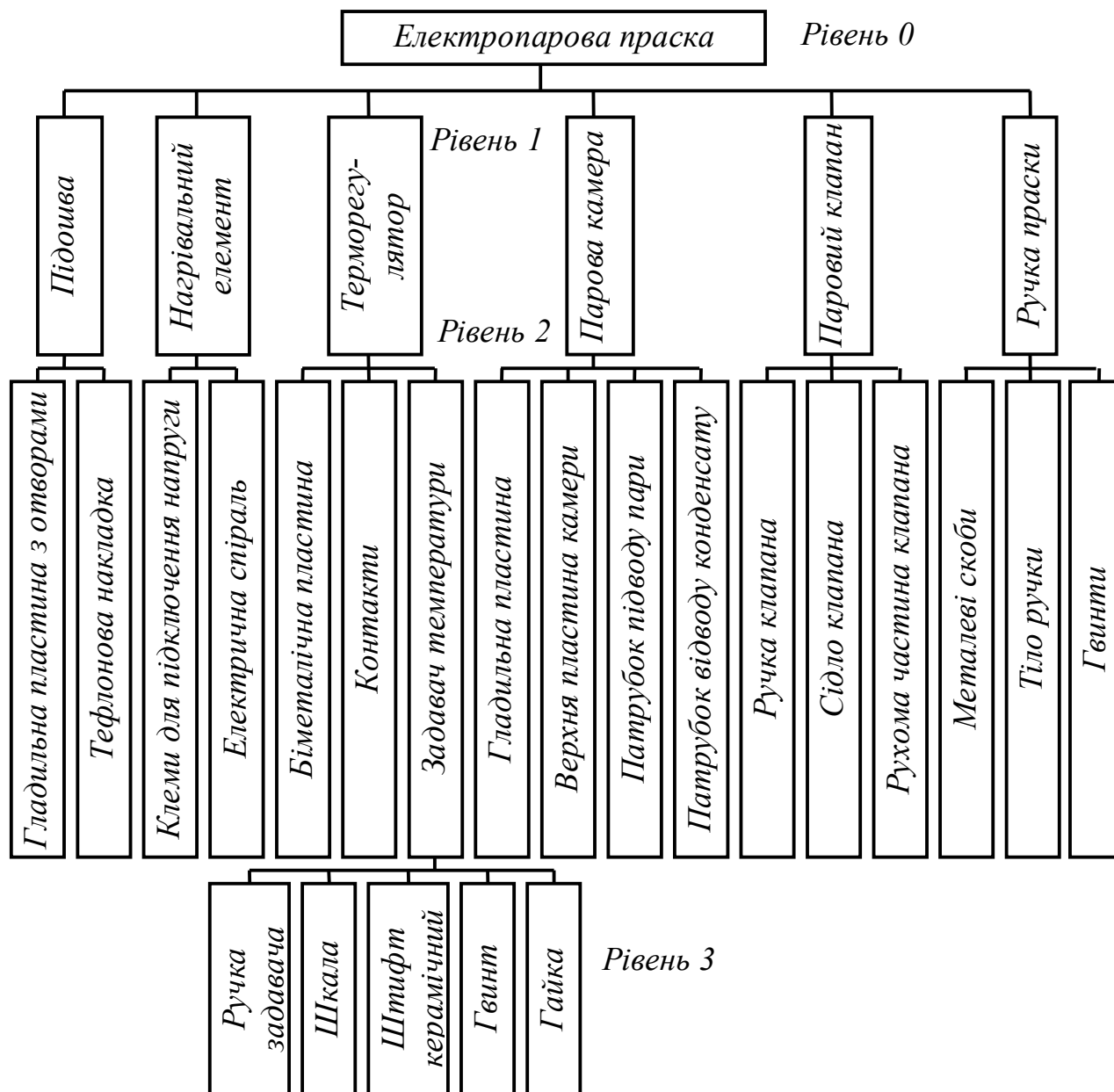


Рис. 5.2. Ієрархічна структура електропарової праски

5.2. Модель технічної системи

Як елемент системи перетворень технічна система взаємозв'язана з іншими елементами системи перетворень, а саме:

- з операндами (призначення технічної системи реалізується за допомогою впливу, тобто здійснюється перетворення $Od^1 \rightarrow Od^2$;
- з людьми-операторами (наприклад, робітники і допоміжні дії);
- з наступною технічною системою в системі перетворення;
- з реальним оточенням (всі технічні системи мають безпосередній або опосередкований зв'язок геосферою і іншими системами).

Окрім вказаних потрібних зв'язків є ще небажані і не завжди визначені побічні дії оточення, що називаються перешкодами. Всі зовнішні дії технічної системи можуть бути названі активними. Кожному впливу на технічну систему

відповідає дія технічної системи. Модель технічної системи наведена на рис. 5.3.

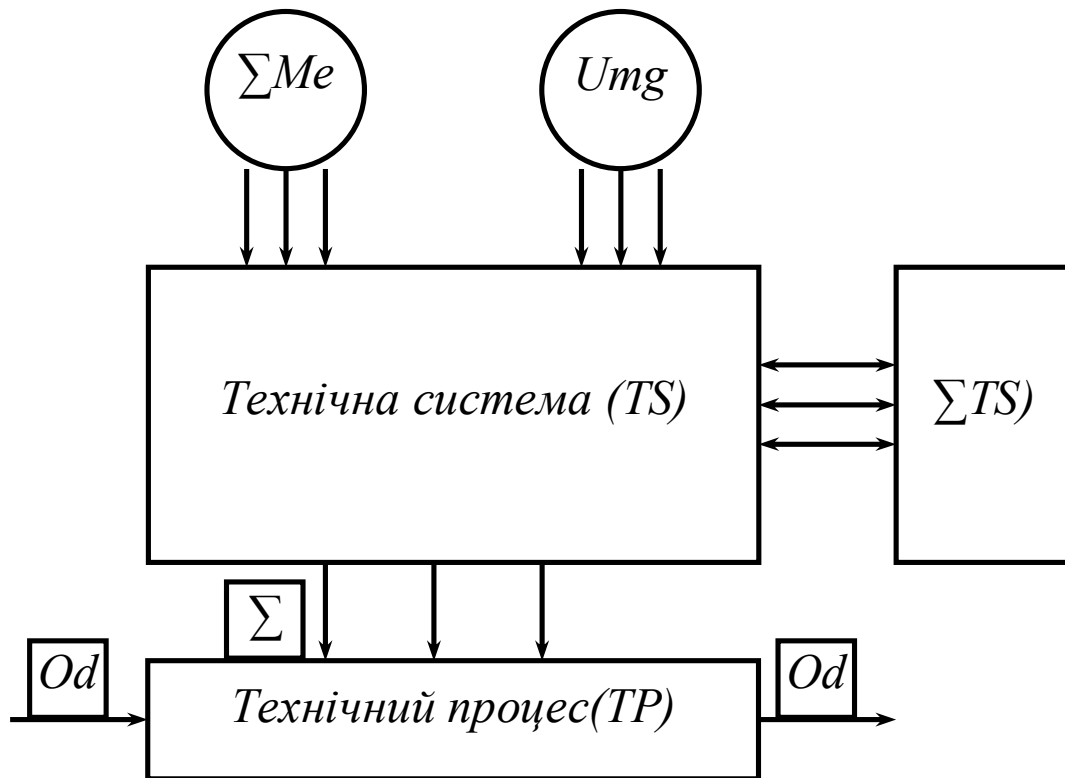


Рис. 5.3. Модель технічної системи

Впливи на операнд можуть здійснюватись:

1) є певні входні впливи (людей, технічних систем або реального оточення), які можна розглядати як входи технічної системи;

2а) за допомогою технічної системи виконуються певні функції, причому ці функції залежать від відношень вхід-вихід і від вибраного способу дії;

2б) є певні технічні засоби (виконавчі органи) і їх відношення, що виконують функції;

2в) є певні конструктивні елементи. і їх відношення, що реалізують виконавчі органи.

Варіанти 2а-2в відповідають технічній системі на різних рівнях абстрагування, а саме:

2а – на рівні функціональної структури;

2б – на рівні органоструктури;

2в – на рівні конструктивної схеми.

Можливості символічного представлення системи не вичерпуються цими трьома структурами. Теоретично можна представити будь-яку кількість таких структур. Причина того, що разом з конструктивною схемою звичайно використовуються ще дві абстрактні структури, лежить в методології конструюванні.

Взаємозв'язки між даними структурами системи легко зрозуміти, використовуючи відношення „мета-засіб”. З цієї точки зору призначення

технічної системи (як мета) забезпечується певною функціональною структурою (як засобом); ця функціональна структура (як мета) може бути реалізована різними органоструктурами (як засіб), органоструктури (як мета) можуть бути реалізовані різними конструктивними схемами

5.3. Функціональна структура технічної системи

Функціональна структура – це впорядкована сукупність функцій і відношень між ними. Функціональна структура будується стосовно робочого стану системи.

Технічна функція – це здатність системи за певних умов перетворювати вхідну величину у необхідну вихідну величину, забезпечуючи чітку відповідність залежної вихідної величини від незалежної вхідної.

Характеристики функцій:

1. Складність функції. Кожна технічна функція характеризується певним ступенем складності. Самий нижній ступінь в ієрархії складності займають елементарні функції, які далі спростити вже не можна.

2. Ступінь абстрактності функції. Технічну функцію можна описати з різним ступенем конкретності (абстрактності), що впливає на кількість можливих засобів для її виконання (носіїв функції). Наприклад, якщо розглядається функція „зміна руху”, то діапазон засобів для її реалізацій дуже широкий. З конкретизацією умов і вимог до функції (тут можуть з'явитися конструктивні ознаки) діапазон засобів все більш звужується до тих пір, поки не залишається конкретна технічна система.

Відзначимо, що ступінь абстрактності зв'язаний із ступенем складності технічної функції. Необхідність розкласти функції на підфункції, тобто на функції з меншим ступенем складності з'являється на певних рівнях абстрагування.

3. Призначення функції. Робоча функція, що виконує пряме призначення технічної системи на основі вибраної способу дії, звичайно супроводжується рядом інших функцій, що забезпечують або полегшуючих її здійснення. До таких функцій відноситься допоміжні функції підготовки, обслуговування, управління, регулювання і узгодження.

4. Логічна функція. Логічна функція перетворює одну або дві незалежні змінні величини в залежні, які можуть приймати тільки два значення (наприклад, 0,1).

5. Узагальнена елементарна функція. Це елементарна функція, що утворюється при об'єднанні операцій загального характеру (накопичення, передача, перетворення) з об'єктами таких узагальнених категорій, як людина, матерія, енергія, інформація.

6. Нормативна елементарна функція. Це елементарна функція, що відповідає стандартним операціям об'єднання, розділення і управління.

7. Фізична елементарна функція. Це функція, що відповідає дванадцяти основним фізичним операціям, до яких належать: випускати, відділяти,

збирати, підганяти, перетворювати, множити, направляти, з'єднувати, підключати, змінювати напрямок, встановлювати, зберігати.

При декомпозиції виділяють три основні класи під функцій:

- підфункції, які визначаються вибраним способом дії;
- підфункції, які обумовлюються даною функцією як обов'язкові (функції цих двох класів визначаються при розробці функціональної структури або органоструктури);
- підфункції, які забезпечують реалізацію тих або інших властивостей.

Функціональні структури можна будувати двома шляхами. В першому випадку із представлення технічної системи у вигляді „чорного ящика”, тобто функції і їх відношення визначаються як засоби реалізації впливів в технічному процесі. При цьому задають входи і спосіб дії, після чого здійснюють побудову функціональної структури на тому чи іншому рівні абстрагування.

В другому випадку за органоструктурою чи конструктивною схемою будують детальну функціональну структуру. При цьому в функціональній структурі вже зафіксований ряд ознак.

5.4. Органоструктура технічної системи

Органоструктура – це абстрактна модель технічної системи, що містить технічні засоби (виконавчі органи) і відношення, що реалізують способи дії певного класу. На стадії розробки органоструктури питання про конструктивну реалізацію технічної системи не розглядається. Органоструктура розробляється і зображається стосовно робочого стану технічної системи; вона містить щонайменше дві структури – структуру ланцюгів дії і структуру зв'язків.

На рис. 5.4 приведена органоструктура сточувальної швейної машини човникового стібка, що відображає взаємозв'язок і взаємодію між механізмами голки G , ниткопритягувача $НП$, човника $Ч$, транспортуючої рейки T , притискної лапки $Л$ і електродвигуна $ЕД$. Механізми G , $НП$, $Ч$ і T , мають на вході узагальнену координату φ – кут повороту головного валу, а на виході – відповідну координату x положення робочого інструменту, залежну від структури механізму.

Органоструктура забезпечує існування даної сукупності елементів як деякої цілісності – швейної машини, що володіє певними системними функціями і забезпечує ниткове з'єднання деталей одягу або взуття.

Виконавчим органом називається підсистема, яка реалізує певну внутрішню функцію технічної системи. Виконавчий орган іноді називають також носієм функції або функціональною одиницею.

Аналогічно функціям і конструктивним елементам виконавчий орган може бути визначений на різних рівнях абстрактності. Дуже абстрактно цей термін може бути використаний для позначення групи носіїв функції (наприклад, опора), а більш конкретно – для позначення, наприклад, гвинта в

конструктивній схемі лещат. Відповідно може істотно розрізнятися і графічне представлення таких органів, залишаючись проте символічним.

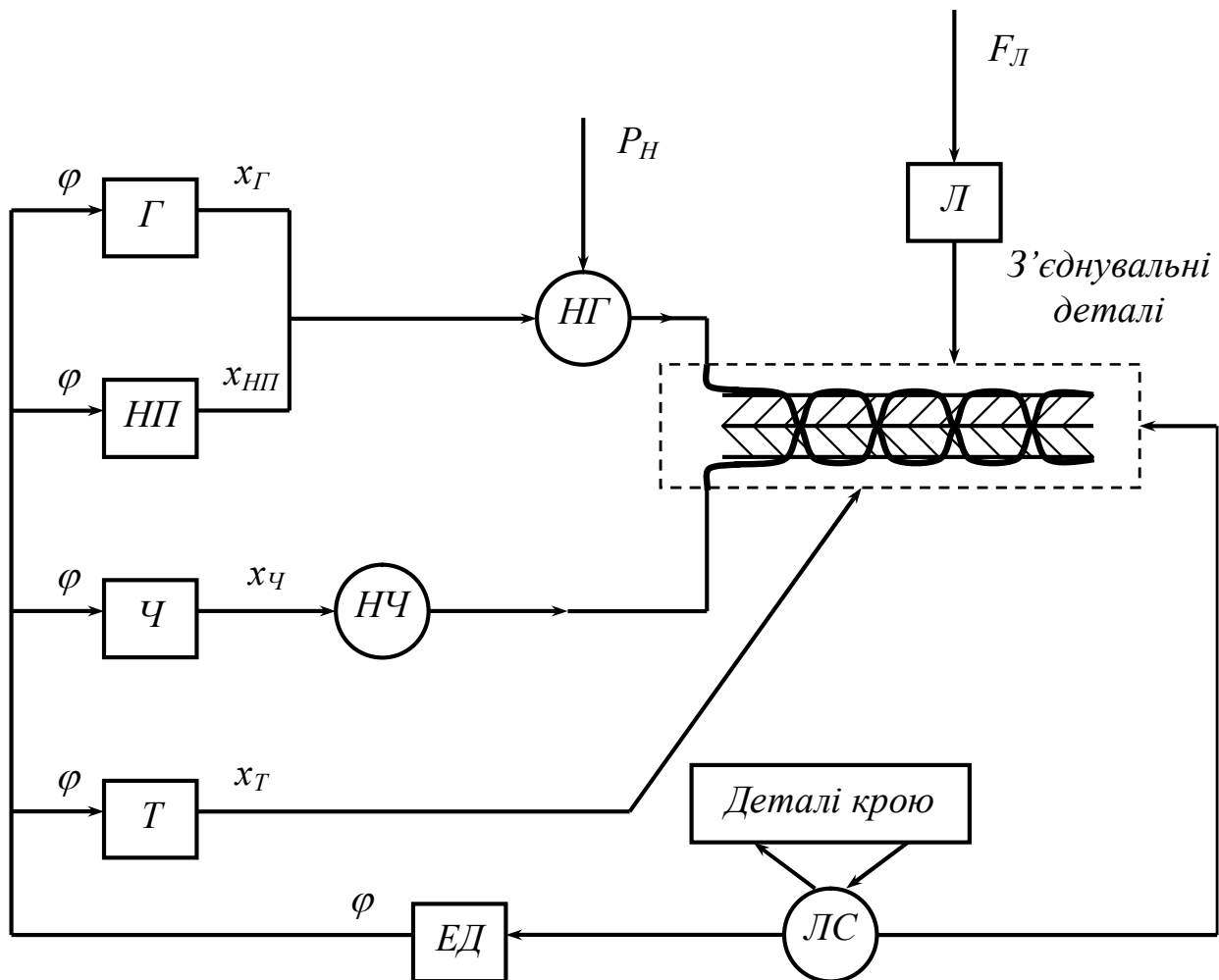


Рис. 5.4. Органоструктура сточуювальної швейної машини

Основним типом відношень виконавчих органів є зв'язки: вихід одного органу одночасно є входом наступного в ланцюгу дій. Зв'язки між виконавчими органами можуть бути різними. Вказані відношення проявляються вже в абстрактній структурі, а в зображенні способу дії вони є конкретними зв'язками виконавчих органів. В принциповій схемі органоструктури повинні бути визначені, хоча б приблизно, просторові зв'язки технічної системи

Наскільки близькі поняття виконавчих органів і функцій, настільки ж аналогічні способи їх класифікації і точки зору, з яких вони розглядаються:

1. Складність. Залежно від ступеня складності виконавчих органів розрізняють такі поняття як структура і підструктура (група) виконавчих органів, виконавчий орган і підорган.

2. Ступінь абстрактності. Аналогічно функціональній структурі виконавчий орган може бути визначений як абстрактна або конкретна функціональна одиниця.

3. Призначення. Виконавчі органи можуть виконувати функції перетворення, передачі енергії, управління або зв'язку (узгодження).

4. Положення. Залежно від положення виконавчого органу щодо межі технічної системи розрізняють граничний виконавчий орган (рецептор або ефектор) і внутрішній виконавчий орган.

Окремі виконавчі органи можна об'єднати по їх відношенню до перетворення і одержати структуру більш високого рівня — органоструктуру перетворення (рис. 5.5), подібну сукупності функцій технічної системи.

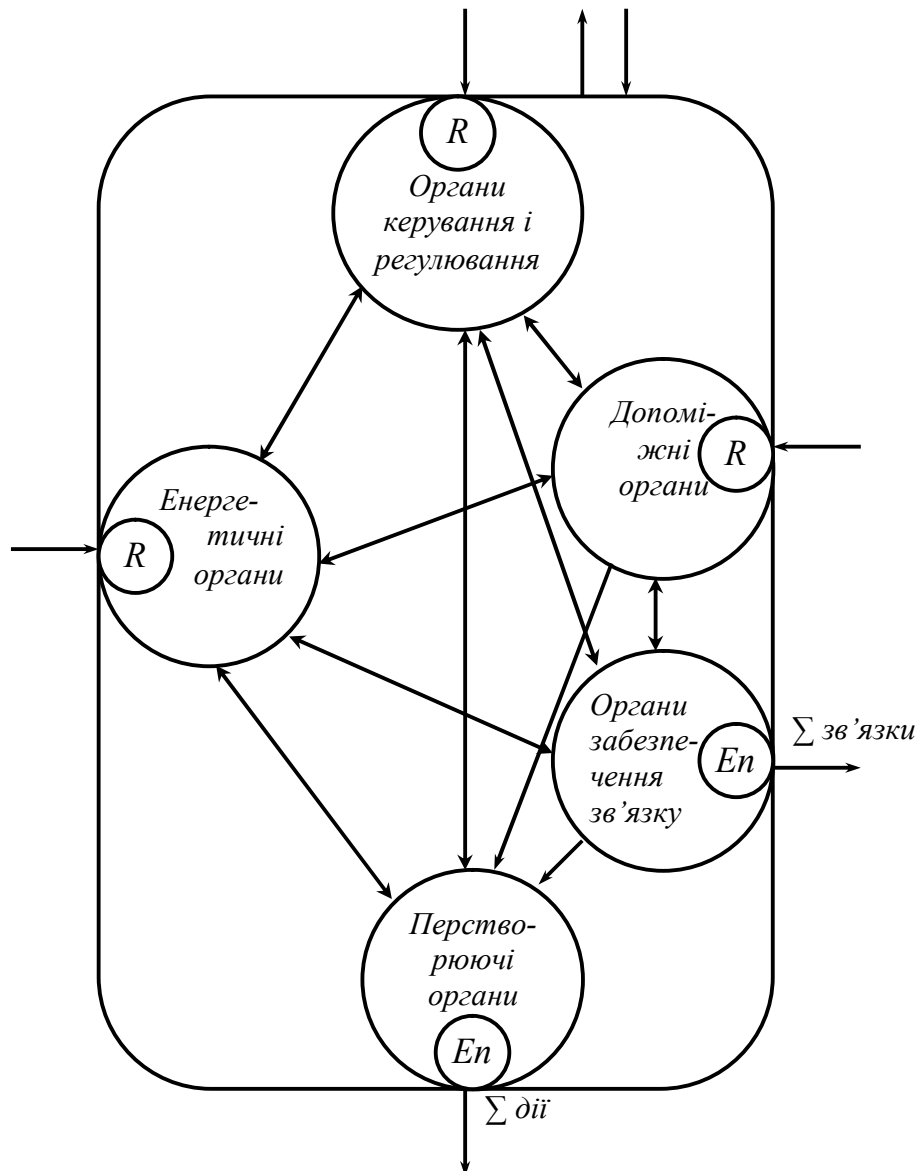


Рис. 5.5. Органоструктура перетворення

Є деякі спеціальні області, в яких поняття виконавчого органу є досить звичним. В електротехніці виконавчими органами є рубильник, конденсатор, реле або резистор; в гідравліці і пневматиці виконавчими органами служать робочий циліндр, клапан, регулятор тиску і т.д. Ці виконавчі органи об'єднуються в органоструктуру типу схеми. В розглянутих випадках виконавчі органи одночасно є конструктивними одиницями.

Зображення органоструктури корисне при проектуванні виробничого комплексу. Структурними елементами відповідної органоструктури можуть бути технічні системи третього рівня складності – машини і апарати в якості виконавчих органів. В деяких сферах техніки для розробки органоструктур розвинена спеціальна символічна мова.

Виконавчий орган – це система типу „об’єкт”, і, згідно з прийнятим позначенням, вона зображається символами. Існують різні представлення органоструктур, часто пов’язані із спеціальними стандартними мовами.

Органоструктуру за аналогією з функціональною структурою можна побудувати з конструктивної схеми або функціональної структури технічної системи. На основі функціональної структури визначаються деякі конструктивні ознаки, спосіб дії технічної системи і виконавчі органи, що його реалізують, відношення виконавчий орган-операція, а також приблизне просторове розміщення технічної системи. При побудові органоструктури на основі конструктивної схеми, навпаки, абстрагуються від деяких конструктивних ознак і при цьому втрачається деяка частина повноти.

5.5. Конструктивна схема технічної системи

Розробка конструктивної схеми технічної системи є початковою стадією конкретного конструювання, і тому конструктивна схема повинна відображати всі властивості, встановлені в якості вимог до цієї системи, і умови, необхідні для її реалізації. При цьому кількість критеріїв оцінки порівняно з тими, які вибиралися і використовувалися при розгляді функціональних аспектів, різко зростає.

Конструктивна схема є описом технічної системи конструктивними елементами; вона повинна містити впорядковану сукупність конструктивних елементів і їх відношень. Конструктивні схеми системи розробляються для робочого стану, а також для станів „розбирання” і „складання” (див. рис. 5.6).

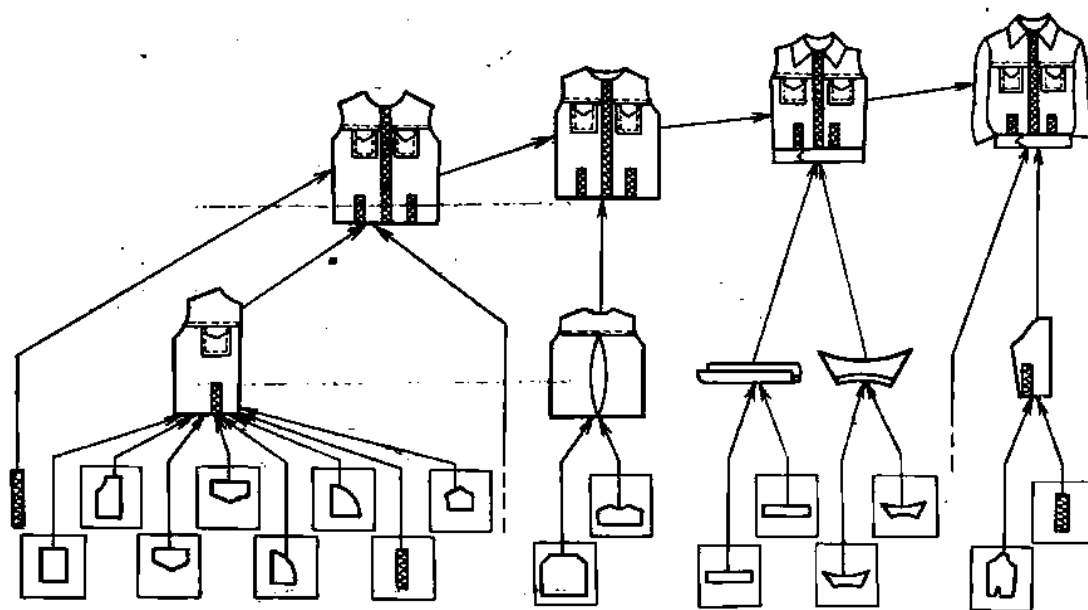


Рис. 5.6. Конструктивна схема швейного виробу

Конструктивна схема системи будується з конструктивних елементів. Конструктивний елемент може мати будь-який ступінь складності залежно від рівня складності системи, ступеня абстрактності її представлення і походження конструктивного елемента (виготовлений або закуплений). Для крупного виробничого комплексу це може бути споруда або складна виробнича лінія, а для механізму — простий стержень. Відносність поняття „конструктивний елемент” ще більше зростає, якщо до уваги береться такий аспект, як організація виробництва.

Опис стандартизованих конструктивних елементів регламентується Виготовлення конструктивні елементи характеризують їх конструктивними властивостями – формою, матеріалом, розмірами, допусками і якістю поверхні.

Для стану „складання”, що відповідає виходу із стадії „конструювання”(або „виготовлення”), в конструктивній схемі технічної системи існують три типи відношень:

- просторові відношення (визначаються розміщенням елементів технічної системи в просторі);
- механічні відношення (зв'язки) окремих елементів (характеризуються ступенями свободи);
- енергетичні відношення, які задаються, зокрема, силовою взаємодією між деталями.

З конструктивних елементів і їх просторових відношень автоматично впливають деякі енергетичні та інші види зв'язків (наприклад, по ущільненню, електроізоляції, теплоізоляції).

Класифікація конструктивних елементів:

1 Складність. Конструктивними елементами різного ступеня складності є деталь, вузол (декілька рівнів), машина, апарат, підприємство (декілька рівнів).

2. Ступінь абстрактності. Широкий діапазон ступенів абстрактності, від абстрактного позначення конструктивного елемента, що охоплює клас або групу елементів, до повного опису конструктивних елементів через конструктивні властивості.

1. Призначення. Широкий спектр призначень, характерних для різних галузей техніки. Визначення машинних елементів в машинобудуванні близьке до визначення конструктивних елементів.

2. Положення. Залежно від положення конструктивного елемента щодо межі технічної системи розрізняють:

- граничний конструктивний елемент;
- внутрішній конструктивний елемент.

Також виділяють зовнішні граничні елементи, які лежать на зовнішній межі технічної системи і визначають місце дії та безпосередньо здійснюють дію; внутрішні граничні елементи, розташовані на стиках між внутрішніми підсистемами.

Конструктивна схема визначається не тільки типом впливів, способом дії і властивостями операнда, які вона повинна реалізувати, але також і принципом побудови. Типовим є модульний принцип побудови, який зарекомендував себе не тільки при проектуванні, але також при виготовленні й використанні технічних систем. Часто комбінують різні принципи, що дозволяє поєднувати їх переваги і виключати недоліки.

Оскільки розробка конструктивної схеми в більшості випадків є свого роду інструкцією по створенню технічної системи, тут на відміну від абстрактних структур розроблені норми і правила, що забезпечують одноманітність. В ще більшому ступені регламентуються ескізні і конструкторські креслення. В своїй більшості їх представлення близьке до стандартів для креслень деталей, що забезпечує простоту і одноманітність показу зв'язків між ними.

Конструктивна схема може розроблятися на основу або функціональної структури, або органоструктури. Внаслідок складності задачі конструювання перехід від загальних вимог до конструктивних властивостей необхідно здійснювати методом послідовних наближень. В машинобудуванні, наприклад, конструктивна схема опрацьовується в три етапи: ескіз – конструкторські креслення – деталіровка і складальні креслення. Конструкція, розроблена на основі конструктивної схеми, повинна задовольняти всім поставленим вимогам і поєднувати всі властивості, які виявляються в процесі конструювання.

5.6. Порівняння структур технічних систем і їх перетворення

Три описані вище структури можна порівняти між собою за детальністю опису технічної системи в системі координат “ступінь абстрактності – ступінь повноти”. На кожному рівні абстрагування може бути досягнута більший або менший ступінь повноти опису технічної системи шляхом встановлення тих або інших конструктивних ознак і властивостей.

Технічна система може бути визначена повністю тільки на стадії конкретного конструювання шляхом вказування всіх конструктивних ознак і властивостей. Таким чином, при проектуванні потрібно враховувати складність технічної системи, оскільки конструктивні ознаки і властивості можуть бути визначені лише у тому випадку, коли розробка системи (простої або складної) доведена до рівні конструктивних елементів.

Перетворення однієї структури в іншу здійснюється шляхом встановлення деяких (або абстрагування від деяких) конструктивних ознак або властивостей. Саме перетворення структур технічних систем і складають зміст більшості інженерних задач.

Огляд конструктивних ознак для розглянутих вище чотирьох видів структури технічних систем міститься в табл. 5.1.

Розглядаючи структури технічних систем і відповідні їм поняття як мету, можна визначити засоби її реалізації (див. табл. 5.2).

При переході від мети до засобу виникають задачі втілень конструктивних ознак, які розв'язуються зразу або методом послідовних наближень.

Таблиця 5.1

Конструктивні ознаки технічних систем

Структура	Характеристика	Приклад ознак
Технічний процес („чорний ящик”)	Ознаки, які обґрунтовують і пояснюють вид впливів технічної системи, допоміжні дії і умови	Технологічний принцип, технологія, послідовність часткових перетворень, ступінь участі технічної системи і технічного процесу, їх кількість, дія, місце дії, умови
Функціональна структура	Ознаки, які обґрунтовують і характеризують внутрішні функціональні ланцюги, в яких потрібними входами досягаються впливи	Входи основні і побічні, ланцюги дій, способи дій, виконуваних функцій, ступінь механізації і автоматизації, агрегатизація функцій, розподіл функцій
Органоструктура	Ознаки, які обґрунтовують і характеризують внутрішні ланцюги дій (внутрішні задачі), призначенні для виконання функціональних ланцюгів	Принцип дії, виконуваних функцій і виконавчі органи, агрегатизація виконавчих органів, розподіл виконавчих органів, попереднє впорядкування в просторі місць зв'язку з іншими технічними системами
Конструктивна схема	Ознаки, які обґрунтовують і характеризують реалізованість технічної системи і її властивостей при заданих умовах	Вид схеми, виконуваних функцій, міцність, жорсткість, пружність, знос, твердість, корозійна стійкість, температурна стабільність, групи конструктивних елементів

Таблиця 5.2

Засоби реалізації мети

Мета	Засіб
Зміна операнда	Технологія (часткові перетворення)
Технологія	Дія
Дія (цільова функція)	Вхід (технічна функція)
Технічна функція	Виконавчий орган
Виконавчий орган	Конструктивний елемент

Висновки по розділу 5

1. Задачею (метою, призначенням) технічної системи є виконання визначеної дії в технічному процесі.
2. Дія відбувається на межі технічної системи за певних умов.
3. Дія реалізується як вихід процесу дії (ланцюга дій), в якій вхідні величини перетворюються в вихідні дії. Процес дії визначається структурою технічного процесу, в зв'язку з чим говорять про спосіб дії технічної системи. Процес дії викликається безпосередньою причиною і відбувається в потрібний момент часу.
4. Процес і спосіб дії характеризуються перетвореннями матеріальних, енергетичних і інформаційних входів в середині технічної системи. Внутрішні перетворень називаються технічними функціями і утворюють, в рамках однієї технічної системи, її функціональну структуру.
5. Технічна функції описує здатність технічної системи перетворювати вхідні величини в необхідні вихідні шляхом впорядкованого використання природних явищ і законів.
6. Вхідними величинами технічних систем є матерія, енергія і інформації.
7. На стадіях виникнення, використання і ліквідації технічна система перебуває в різних станах і відіграє різні ролі залежно від того, до якої системи перетворень вона належить.
8. Технічна система перебуває в певних відношеннях зі всіма елементами відповідної системи перетворення. Разом з відомими бажаними входами і виходами є також і небажанні входи і виходи, які називаються перешкодами.
9. Функції (функціональні структури) реалізуються виконавчими органами (органоструктурами) на основі певних принципів дії. Виконавчі органи є засобом реалізації функції. Для виконань кожної функції може бути вибраний бажаний принцип дії з декількох можливих.
10. Виконавчі органи (органоструктура) конкретизуються у вигляді конструктивних елементів (конструктивних схем). Конструктивна схема втілює (в узагальненому вигляді) всі потрібні властивості і ознаки технічної системи. Органоструктура може бути реалізована різними конструктивними схемами.
11. Кожна з названих вище структур технічної системи характеризується більшим або меншим ступенем втілення тих або інших конструктивних ознак і властивостей.
12. Кожна функція, кожний виконавчий орган або конструктивний елемент є системою підфункцій, підорганів або конструктивних піделементів, що витікає з системного характеру технічних об'єктів і процесів

Питання для самоперевірки

1. Назвіть призначення технічної системи.
2. Чим характеризується структура технічної системи?
3. Що характеризує стан технічної системи?

4. Отримання моделі технічної системи із моделі системи перетворення.
5. Зображення функціональної структури технічної системи.
6. Класифікація виконавчих органів.
7. Зображення і побудова органоструктури технічної системи.
8. Конструктивні елементи і відношення між ними.
9. Класифікація конструктивних елементів.
10. Розробка і зображення конструктивних схем.
11. Границі технічної системи.
12. Оточення технічної системи.
13. Наведіть приклади технічних систем легкої промисловості.
14. Зобразіть функціональну схему, органоструктуру і конструктивну схему технічної системи, що використовується в легкій промисловості.

РОЗДІЛ 6

КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

6.1. Ознаки класифікації

Визначення “технічна система” – це узагальнюючий термін для всіх видів машин. В різних процесах технічні системи здійснюють необхідні перетворення об’єктів дії (операндів). Область використання технічних систем дуже широка і включає в себе всі галузі економіки. В табл. 6.1 приведенні приклади технічних систем, що використовуються у найважливіших галузях економіки. Класифікація технічних систем вносить порядок і дозволяє краще орієнтуватися у великій кількості технічних систем. Класифікація сприяє руху пізнання із ступеня емпіричного накопичення знань на рівень теоретичного знання. Методи класифікаційного аналізу знаходять практичне використання для задач інформаційного пошуку технічних рішень і створення автоматизованих банків знань.

Технічні системи класифікують за такими ознаками:

- за функцією (робочій дії) наприклад, технічні системи для фіксації, надання форми, обертання, підйому;
- за типом операнда, наприклад, технічні системи для перетворення матерії, енергії, інформації, біологічних об’єктів;
- за принципом здійснення робочої дії, наприклад, технічні системи, що базуються на механічному, гідравлічному, пневматичному, електронному, хімічному, оптичному, акустичному принципі;
- за характером функціонування, наприклад, потужностні, швидкісні, імпульсні технічні системи, системи для різноманітних умов навколишнього середовища (наприклад, для тропічного клімату) і т. п.;
- по рівнем складності, наприклад, конструктивні елементи, вузли, машини, підприємства в цілому;
- за способом виготовлення, наприклад, технічні системи, виготовлені шляхом литва, кування, штампування, обточування;
- за ступенем конструктивної складності;

Таблиця 6.1.

Приклади технічних систем в різних галузях економіки

Галузь економіки	Технічна система	
	призначення	машина
1	2	3
Гірнична справа	Добування Транспортування Збагачення	Врубова машина Транспортер Сортувальна машина
Енергетика	Виробництво пари Виробництво електроенергії	Паровий котел, барабан Парова турбіна, гідротурбіна, генератор

Продовження табл. 6.1

1	2	3
Металургія	Виробництво чавуну Виробництво сталі Виробництво прокату	Доменна піч Мартенівська піч Прокатний стан
Хімічна промисловість	Очистка і переробка нафти Виробництво барвників Виробництво пластмас	Резервуар Реактор Колона
Фармацевтична промисловість	Виробництво ліків	Прес, каландр
Металообробна промисловість	Обробка тиском Обробка різанням Термообробка Лиття Складання	Прес, молот Верстат Піч Формовочна машина Конвеєр
Транспорт	Залізничний зв'язок Водний зв'язок Повітряний зв'язок	Локомотив, вагон Пароплав Літак
Текстильна промисловість	Виробництво текстилю Виготовлення готового плаття	Прядильна машина, ткацький верстат Швейна машина
Харчова промисловість	Виробництво муки Виробництво жирів Виробництво молока	Млин Прес Центрифуга
Медицина	Діагностика Терапія	Рентгенівський апарат Протез
Типографія	Друкування	Друкарська машина
Сільське і лісове господарство	Обробка землі Збирання врожаю Заготовка деревини	Трактор з плугом Комбайн Електропилка

- за формою, наприклад, технічні системи (конструктивні елементи) у вигляді тіла обертання, плоскі, складної форми;
- за способом впорядкування більш низьких рівнів технічної системи, наприклад, установки з впорядкуванням підсистем по способам їх дії або технології;
- за матеріалом, наприклад, технічні системи із сталі, міді, пластмаси;
- за ступенем оригінальності конструкції, наприклад, запозиченні, дорацьовані, модифіковані, оригінальні технічні системи;
- за типом виробництва, наприклад, технічні системи, виготовленні в умовах одиничного, серійного або масового виробництва;
- за назвами фірм-виробників;

- за місцем в технічному процесі, по експлуатаційним властивостям, зовнішньому вигляду, техніко-економічним характеристикам.

6.2. Класифікація технічних систем за функціями

Назву технічної системи часто вибирають у відповідності з її функціями. Складання номенклатур виробів теж здійснюється, як правило, у відповідності з функціями технічної системи.

Вироби позначаються за функціями в тих випадках, коли необхідно допомогти потенційному споживачу знайти той або інший технічний засіб для виконання певної функції (рис. 6.1): для цього застосовуються торгові і промислові каталоги, оглядові таблиці і т.п.

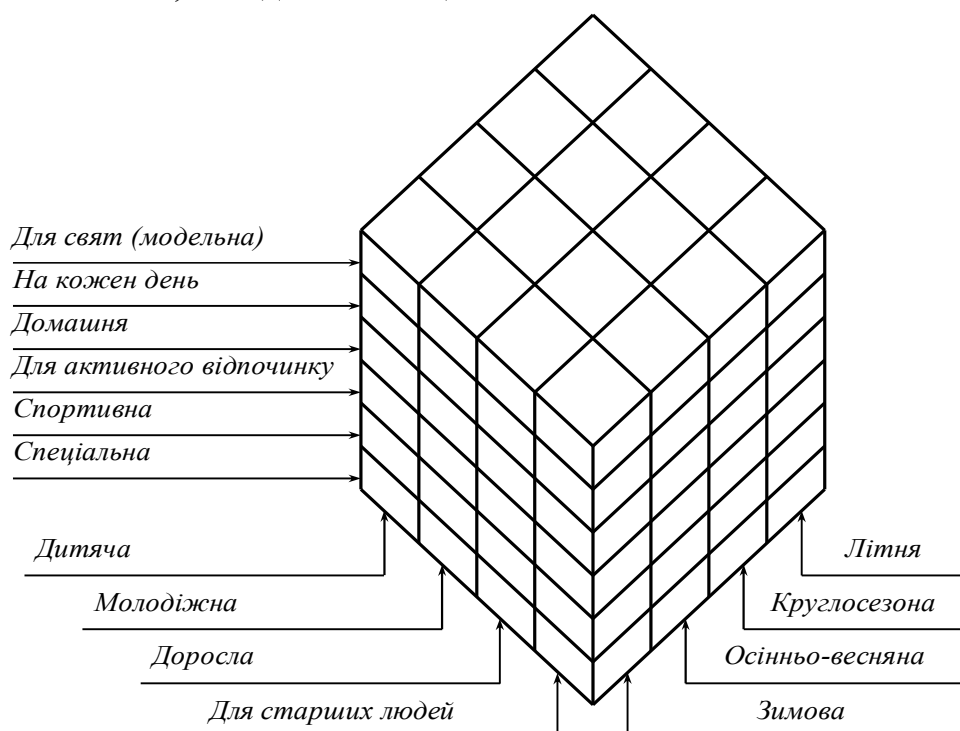


Рис. 6.1. Схема класифікації взуття відповідно до його призначення (функції)

Вузли і деталі машин часто можна розглядати як технічні системи. Їх класифікацію доцільно проводити за функцією, так як конструктор, виробник і експлуатаційник застосовують різні деталі у відповідностей з їх функціональною придатністю. Така класифікація називається конструктивно-функціональною; поряд з класифікацією за способом виготовлення вона є основною при запозиченні існуючих технічних систем, уніфікації, типізації і стандартизації елементів і груп. Класифікації за цими принципами дозволяє економити робочий час конструктора.

Провести повну конструктивно-функціональну класифікацію елементів і вузлів, що використовуються в різних галузях техніки, надзвичайно важко через їх різноманіття. На будь-якому підприємстві використовується безліч елементів і вузлів, що виконують в різних галузях техніки одну певну функцію, таких, як кріпильні деталі, редуктори, з'єднувальні муфти, вимірювальні,

регулюючі і сигнальні прилади, гідравлічні і пневматичні прилади і їх частини, спеціалізовані електротехнічні пристрої і т.п.

При розробці класифікації елементів, вузлів і систем слід пам'ятати про те, що умовні позначення не повинні бути дуже складними, інакше їх важко запам'ятовувати і розшифровувати. Рекомендується використовувати трьох-, максимум чотиризначне маркування. Класифікація за конструктивно-функціональним принципом значно спрощується, якщо позначення технічних систем і їх елементів на кресленнях давати відповідно до їх робочої функції.

6.3. Класифікація технічних систем за принципом дії

Для конструктора важливо, щоб технічні системи, що виконують однакові функції, були згруповані за ще якоюсь важливою ознакою. Такою ознакою є принцип дії технічної системи. Так, наприклад, технічні системи “промислові печі” можна підрозділити за принципом дії: печі електричні, газові, печі на твердому і рідкому паливі; електричні печі у свою чергу можна підрозділити за фізичним принципом, що використовується, на електричні печі опору і індукційні електропечі. Такого роду ознаки технічних систем відносяться переважно до групи функціонально

6.4. Класифікація технічних систем за рівнем складності

Враховуючи потреби виробництва, наприклад з міркувань монтажу, через організаційні причини, виникає необхідність у проведенні класифікації технічних систем за рівнем складності (табл. 6.2.).

Таблиця 6.2

Класифікація технічних систем за рівнем складності

Рівень складності	Технічна система	Характеристика	Приклади
I	Конструктивний елемент Деталь машини	Елементарна система, виготовлена без монтажних операцій	Болт, підшипникова втулка, пружина, шайба
II	Підгрупа Група Вузол Механізм	Проста система, що виконує нескладну функцію	Коробка передач, гідравлічний привод, шпіндельна бабка токарного верстату
III	Машина Прилад Апарат	Система, що складається із елементів і виконує певну функцію	Токарний верстат, автомобіль, електромотор
IV	Установка Підприємство Промисловий комплекс	Складна система, що складається із машин, груп і елементів, що виконують ряд функцій	Технологічна лінія, цех термічної обробки, нафтохімічний комплекс

Зв'язки в технічній системі визначаються рівнем складності складових частин. На більш високих рівнях складності можна розрізняти проміжні рівні. Одна і та ж система більш низького рівня, наприклад електромотор або коробка передач, в одній системі розглядається як підгрупа, а в іншій системі – як група або машина (підсистема).

Як ілюстрація даного принципу на рис. 6.2 показана ієрархічна структура технічної системи „швейна машина”. Надсистемою для неї є інтегроване робоче місце, а елементами – механізми голки, ниткопритягувача, човника, транспортуючої рейки. Якщо як система розглядати човник, надсистемою буде швейна машина, а елементами – шпулька і шпульний ковпачок.

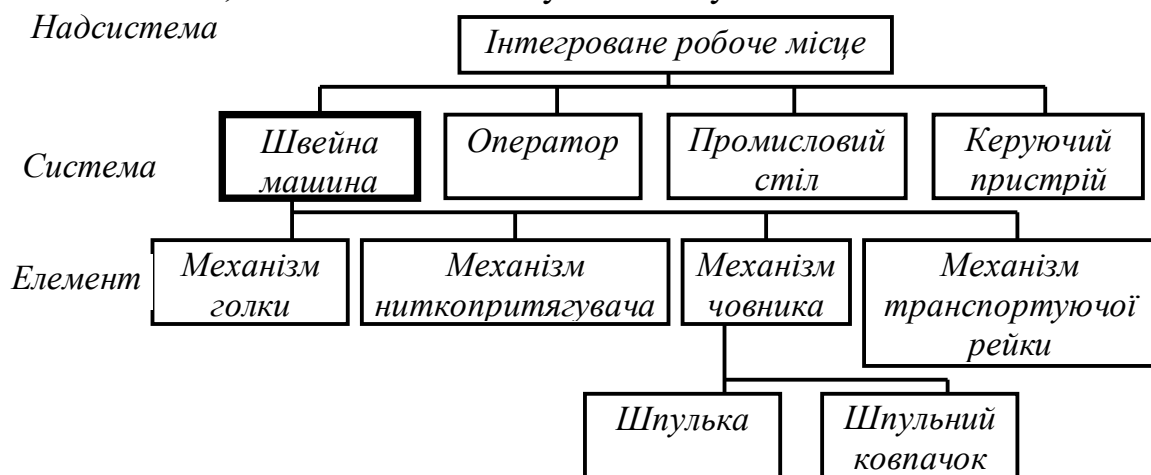


Рис.

6.2. Ієрархічна структура технічної системи „швейна машина”

На практиці загальновизнано, що нижні рівні технічних систем знаходять більш універсальне використання; наприклад, елемент “гвинт” застосовується в машинобудуванні повсюдно, “електромотор” досить часта, а “технологічна лінія” використовується лише в певних, спеціальних процесах.

Класифікація технічних систем за рівнем складності має важливе значення для конструкторів, оскільки

а) рівень складності технічної системи знаходиться в певному співвідношенні із ступенем складності вирішення поставленої перед конструктором задачі;

б) припускає встановлення відомих меж для спеціалізації конструктора (наприклад, інженер-проектувальник має діло з підприємством, інженер-конструктор – з машиною, конструктор деталей – з елементами машини);

в) допомагає конструктору орієнтуватися у процесі роботи, бо якщо він вирішує задачу на якомусь певному рівні складності, йому важливо знати лише те, як його задача узгоджена з більш високим рівнем (у відношенні більш низького рівня конструктор приймає найчастіше лише принципіальні рішення).

На підставі складального креслення окремі рівні складності можна розглядати як сукупність процесів виготовлення і монтажу. Утворення відповідних сукупностей, перш за все із деталей, підгруп і груп, є необхідною

умовою створення модульних конструкцій, а також доцільної організації виробничого процесу.

6.5. Класифікації технічних систем за способом виготовлення

Для виготовлення певних груп технічних систем потрібне однотипне технологічне устаткування. Деталі машин можна також згрупувати в технологічні групи за принципом подібності технологічних операцій виготовлення, де головною відмінною ознакою служитиме форма.

Така класифікація дозволяє раціонально провести технологічну підготовку виробництва і підвищити ефективність виробничого процесу, оскільки дає можливість об'єднати робочі місця для виготовлення однакових за способом виготовлення деталей. Це у свою чергу полегшує здійснення самих різних заходів раціоналізації, наприклад спеціалізацію робочих цехів, підприємств. Значення такої класифікації особливо велике при розробці і здійсненні планів підготовки виробництва, методів управління і планування. Вона є складовою частиною так званої групової технології обробки.

6.6. Класифікація технічних систем за ступенем конструктивної складності

Технічні системи можна також класифікувати з точки зору конструктивної складності (табл.. 6.3).

Таблиця 6.3.

Класифікація деталей машин по ступені конструктивної складності

Ступінь конструктивної складності	Характеристика	Прилади
1	Дуже прості деталі з невеликою кількістю контрольних розмірів невисокої точності	Опорна шайба, простий важіль, вал, болт, кріпильна скоба
2	Прості деталі з великою кількістю контрольних розмірів	Важіль, шків, простий штампований виріб
3	Більш складні деталі	Шестерня, шліцьовий вал
4	Більш складні деталі з великою кількістю контрольних розмірів	Невеликі відливки і поковки
5	Дуже складні вироби	Складні відливки кожухів і поковки середніх розмірів
6	Дуже складні і великі деталі	Каркаси, кожухи машин, зварні або лиття станини
7	Особливо складні деталі великих розмірів і нестандартної форми з великою кількістю контрольних розмірів	Лопаті турбін, прецензійні відливки складної форми

Залежно від рівня складності даної технічної системи для вирішення пов'язаних з нею проблем вибирається відповідний фахівець чи група фахівців. При плануванні конструкторської роботи ступінь конструктивної складності технічної системи, що розробляється, служить критерієм для установки певних часових рамок інженерної роботи.

Критеріями оцінки ступеня конструктивної складності служить ступінь оригінальності конструкції, складність виконуваних функцій, форм, структури в цілому; складність розрахунків; розміри, необхідна точність їх виконання і якість обробки; особливі вимоги, такі як маса, технологічність конструкції, витрати, вимоги до зовнішнього вигляду.

6.7. Класифікація елементів технічних систем за ступенем стандартизації і походженням

Така класифікація дуже важлива для оцінки економічності конструкції. За ступенем стандартизації технічної системи можна судити про доцільність і можливі масштаби її виробництва в рамках даного підприємства.

Елементи технічної системи поділяються на дві основні групи:

1. Такі, що поставляються: стандартизовані, типізовані або нормалізовані (постачальником), оригінальні;
2. Власного виробництва: стандартизовані, нормалізовані на підприємстві, типізовані, запозиченні, оригінальні.

З економічної точки зору число оригінальних деталей повинно бути якомога меншим, оскільки вони характеризують вимоги до конструкторської і технологічної підготовки виробництва. При мінімальній кількості оригінальних деталей сприятливі умови для організації серійного і масового виробництва.

Часто ці міркування не є вирішальними. Але в кожному звіті про виконану конструкторську роботу слід включати дані про співвідношення окремих категорій елементів різного ступеня стандартизації.

6.8. Класифікації технічних систем за ступенем оригінальності конструкції

При розробці нової машини конструктор завжди старається використовувати в конструкції вузли і деталі, що виправдали себе на практиці. За ступенем оригінальності конструкції технічні системи можна розділити на наступні категорії.

1. Запозиченні технічні системи. Для виконання необхідної функції вже існують яка-небудь технічна система або декілька систем, із яких можуть бути вибрані найбільш відповідні. До них відносяться, в першу чергу, уніфіковані елементи і групи (болти, клини, вентилі, пружини), а також неуніфіковані елементи і групи, які можуть запозичати з інших конструкцій.

2. Допрацьовані технічні системи. В наявності є технічна система, що виконує необхідну функцію, але не відповідає деяким вимогам. Виникає потреба, наприклад, змінити габарити, потужність, число оборотів, швидкість, установочні розміри, матеріал або технологію. Структура системи і

найважливіші властивості елементів в цьому випадку залишаються без зміни. Таким чином, доробка технічної системи проводиться виключно в цілях пристосування її до особливих умов і вимог нової задачі, а нові матеріали використовуються тільки з метою підвищення якості, здешевлення або модернізації.

3. Модифіковані технічні системи. Існуючі системи не відповідають вимогам, що пред'являються до деяких властивостей груп і елементів конструкції. В модифікованій конструкції звичайно не змінюються лише функція, деякі параметри і по можливості принцип дії. В елементах можуть бути змінені форма, розміри, матеріал або технологія, в складних технічних системах змінюються органоструктура і конструктивна схема, тобто деякі елементи і групи їх з'єднання і розміщення в просторі. Звичайно модифікація здійснюється шляхом переробки конструкції.

4. Нові технічні системи. Для виконання бажаної функції відсутня технічна система або ж існуюча має недоліки принципового характеру. Необхідна система з новим принципом дії і іншими технічними властивостями.

6.9. Класифікація технічних систем по типу виробництва

Тип виробництва, який визначається кількістю одиниць продукції, що виготовляються, надає кожному виробу ряд характерних технічних і економічних властивостей.

Технічні системи можна розділити на:

Технічні системи одиничного виробництва. В цьому випадку конструкторські і підготовчі роботи необхідно пристосувати до потреб поштучного виробництва, в умовах якого вартість кожної виготовленої технічної системи збільшується. Не виключено, що в умовах одиничного виробництва необхідна функція технічної системи взагалі не буде досягнута, оскільки при виготовленні крупних технічних систем доводиться працювати без прототипу. Ось чому ця категорія систем пред'являє високі вимоги до конструктора.

Технічна система серійного або масового виробництва. Через великий об'єм партій виробів частина конструкторських витрат по відношенню до загальних витрат невелика. Проте, оскільки контролю піддається, як правило, лише невелика частина виробів, то не виключені різноманітні похибки і дефекти. Тільки при здійсненні безперервного контролю за всіма операціями або деталями і виробами можна досягти стабільної якості при серійному і масовому виробництві.

Простежується чітка тенденція до все більшого використання уніфікованих, що серійно випускаються, технічних систем, особливо для виконання різних функцій низьких рівнів, наприклад елементів з'єднання, вимірювання, регулювання, приводу, розподілу. З іншої сторони, зростає кількість технічних систем спеціального призначення. Сучасне виробництво не може обійтися без цілого ряду допоміжних засобів, спеціалізованих машин,

автоматів і поточкових ліній, спеціального устаткування, тобто без всього того, що забезпечує випуск дешевої уніфікованої продукції в масовій кількості. Обидві категорії виробів пред'являють високі вимоги до об'єму і якості конструкторської роботи.

Класифікацію технічних систем можна також здійснювати за ступенем абстрактності, за типом операндів (для переробки матерії, енергії, інформації, біологічних об'єктів), за місцем у технічному процесі (кінцеві і внутрішні (проміжні)), за ступенем цінності.

Класифікацію технічних систем можна здійснювати з різних точок зору, при цьому із множини технічних систем утворюються підмножини, зв'язані загальними ознаками. Отриманні категорії можуть служити різноманітним цілям, наприклад, систематизації, наглядності, каталогізації, оцінці, аналізу і т.д. Як приклад на рис. 6.3 приведена класифікація ниткових швів, що застосовуються для з'єднання деталей трикотажних виробів.

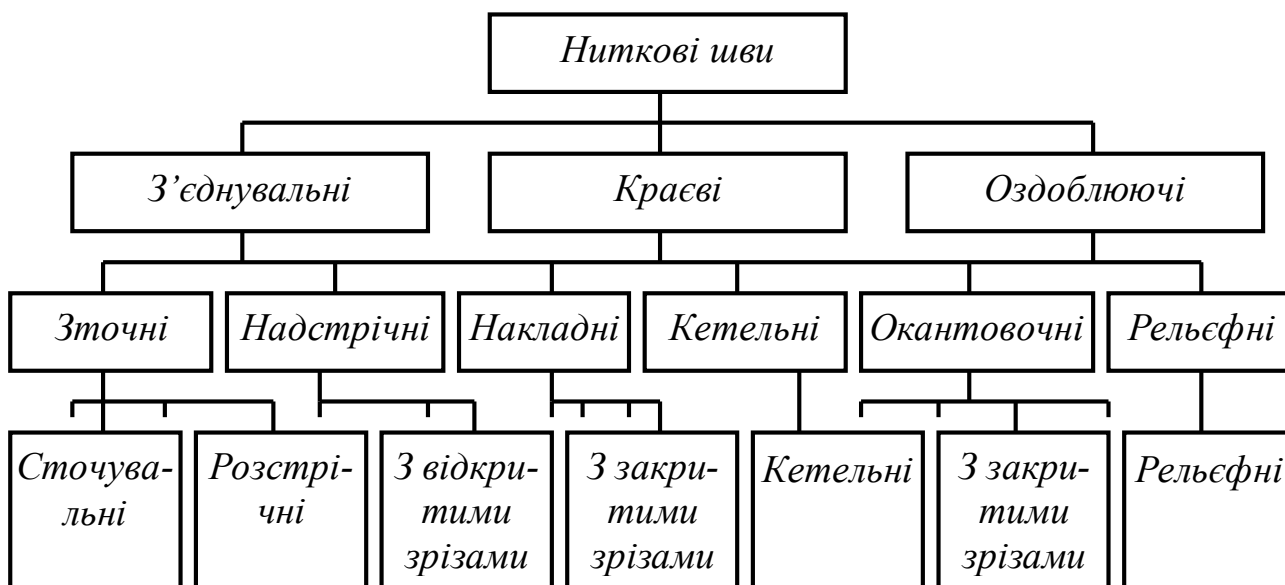


Рис. 6.3. Класифікація ниткових швів

Висновки по розділу 6

1. Класифікацію технічних систем можна здійснювати з різних точок зору, при цьому із множини технічних систем утворюються підмножини, зв'язані загальними ознаками.

2. Отримані категорії можуть служити різноманітним цілям, наприклад, систематизації, наглядності, каталогізації, оцінці, аналізу і т.д.

Питання для самоперевірки:

1. Класифікація технічних систем за функціями.
2. Класифікація технічних систем за принципом дії.
3. Класифікація технічних систем за ієрархічним рівнем складності.

4. Класифікація технічних систем за способом виготовлення.
- Класифікація технічних систем за ступенем конструктивної складності.
5. Класифікація технічних систем за ступенем абстрактності.
6. Класифікація технічних систем за ступенем типу операнда.
7. Наведіть приклади класифікації технічних систем легкої промисловості.

РОЗДІЛ 7

ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

При характеристиці технічної системи певні труднощі представляє вибір властивостей, тобто ознак об'єкта (в даному випадку – технічної системи). Ознакою можуть служити, наприклад, здатність вести себе певним чином або задовольняти певні вимоги. Через ті або інші властивості дається характеристика технічної системи. При цьому для об'єктивного аналізу важливо, щоб оцінювані властивості і критерії оцінки могли бути визначені кількісно.

Замовляючи технічну систему, ми визначаємо не тільки те, що ця система повинна робити, ми одночасно встановлюємо її бажані властивості. На етапі постановки задачі бажані властивості технічної системи називаються вимогами.

Так, щоб відповідати вимогам, що пред'являються, технічна система повинна не тільки виконувати бажану робочу функцію, але і володіти певними властивостями. Технічна система завжди є носієм самих різних властивостей, але тільки міра цих властивостей (цінність) має вирішальне значення. Сукупна цінність системи, що володіє численними і різноманітними властивостями визначається поєднанням оцінок всіх цих властивостей.

Для полегшення роботи по складанню переліку вимог при постановці задачі або при проведенні порівняльного, оціночного або контрольного аналізів всі властивості класифікують за найбільш важливими аспектами.

7.1. Категорії властивостей технічних систем

Всі численні і різноманітні властивості технічних систем можна класифікувати за різними категоріями.

Класифікація властивостей за способом їх встановлення:

- зовнішні;
- внутрішні.

Зовнішні властивості технічних систем легко можна встановити, або за допомогою органів відчуттів, або за допомогою різних допоміжних пристроїв. До них відносяться, наприклад, форма, розміри, колір. Внутрішні властивості зовні ніяк не виявляються, і для їх встановлення доводиться вдаватися до спеціальних засобів.

Класифікація властивостей за причинним зв'язком:

- вхідні, що діють (причина);
- функції (наслідок).

Між вхідними діями і функціями існують причинні відношення. Здатність конструктора тонко відчувати відмінність між причиною і її наслідком слід віднести до числа його головних творчих здібностей. Конструктору доводиться „конструювати” причини для отримання необхідних наслідків. Прикладами причинних відносин в технічних системах є: висока температура свічки розжарювання як причина загоряння стиснутої паливної суміші; недостатня

жорсткість станини токарного верстата як причина похибок обробки деталей. Часова послідовність причини і дії виявляється у вигляді процесу.

Класифікації властивостей за функціональною залежністю:

- властивості, що залежно змінюються;
- властивості, що незалежно змінюються.

В галузях природознавства і техніки існує багато формул, що виражають взаємозалежності властивостей однієї від одної. Так, наприклад, існує залежність між тиском і рівнем рідини, міцністю і температурою матеріалу, швидкістю руху об'єму і його кінетичною енергією, швидкістю потоку і діаметром труби. Всі ці властивості знаходяться між собою у функціональній залежності, яка може бути виражена аналітично. Ті властивості, на які виявляється вплив, називаються залежними змінними (міцність). Ті властивості, які роблять вплив на інші, називаються незалежними змінними (матеріал, форма, габарити). Одні і ті ж властивості в різних технічних системах можуть виступати як залежні або незалежні.

Класифікація властивостей за їх кількісним визначенням:

- ті, що легко визначаються;
- ті, що важко визначаються;
- ті, що кількісно не визначаються.

В тих випадках, коли неможливо кількісно оцінити властивості, застосовується бальна система оцінок, тобто з використанням певних критеріїв проводиться оцінка властивостей по зростаючих рівнях (класам). Такий метод, дає більш точні результати, ніж суб'єктивні оцінки. Проте виникає безліч невизначеностей, обумовлених, з одного боку, трудностю визначення ціни бала, а з іншою – суб'єктивністю експерта, що дає оцінку.

Класифікація властивостей за їх значущістю:

- дуже важливі (незамінні), наприклад функція, безпека;
- важливі, наприклад надійність, термін служби, ціна;
- менш важливі, наприклад відсутність необхідності в упаковці, можливості тривалого зберігання;
- неістотні для функціонування технічної системи властивості, наприклад зовнішній вигляд, колір.

Не всі властивості технічної системи легко визначити з погляду їх значущості. Крім того, необхідно враховувати відносність цієї значущості, оскільки значущість тих або інших властивостей залежить від обставин. Деколи найважливішою властивістю є швидкість поставки системи або легкість її демонтажу.

Маса, що не має істотного значення для, наприклад верстата, є найважливішим параметром літального апарату. Тому значущість різних властивостей потрібно ретельно аналізувати в кожному конкретному випадку.

Класифікація властивостей за їх фізичною суттю:

- геометричні властивості, наприклад ширина, висота, симетрія, форма, міжосьова відстані, кут.

- кінематичні властивості, наприклад швидкості, прискорення;
- механічні властивості, наприклад міцність, пружність, прогин, герметичність;
- теплові властивості, наприклад нагрівання, теплопровідність, теплові втрати, теплоізоляція;
- електричні і магнітні властивості, наприклад місткість, напруга, опір, електрична провідність;
- оптичні властивості, наприклад фокусна відстань, заломлення, відображений, поляризації;
- акустичні властивості, наприклад поглинаюча здатність, луна, шум, звукова частота;
- хімічні властивості, наприклад хімічна активність, концентрація, корозія, хімічна спорідненість.

Класифікація властивостей за їх фізичною суттю відповідає структурі технічних наук. Наведений перелік категорій властивостей наочно ілюструє строкатість і багатоманітність властивостей технічних систем.

Приведених способів класифікацій недостатньо для повної характеристики властивостей, що необхідно для методичної роботи конструктора. Характеристика повинна не тільки застосовуватись до властивостей будь-яких технічних систем (від деталі до підприємства), але і враховувати технічний, економічний, ергономічний, маніпуляційний, соціальний, юридичний і інші аспекти. Можливий наступний перелік груп властивостей:

- кількісні (параметри);
- геометричні;
- механічні;
- теплові;
- електричні і магнітні;
- оптичні;
- акустичні;
- хімічні;
- виробничі і монтажні;
- експлуатаційні.

Класифікації властивостей по потребі в конструкторській роботі приведена в табл. 7.1. Розглянемо докладніше окремі категорії властивостей.

Функції F і дії W . Основні (робочі) і допоміжні дії, необхідні для виконання перетворень, здійснюються шляхом взаємодій людини і технічної системи. Технічна система TS в даний час виконує більшу частину таких дій. Людина залишає за собою лише деякі дії по управлінню системою. Технічна система, таким чином, повинна виконувати необхідні функції, тобто бути здатною до заданих дій. Функція є найважливішою властивістю будь-якої технічної системи, бо навіть якщо всі інші властивості є наявними, а робоча функція не виконується, тобто якщо автомобіль не їде, токарний верстат не

обробляє, то така технічна система непотрібна. В крайньому випадку вона могла б служити для якої-небудь іншої мети, наприклад як прикраса або виставковий експонат

Під „функцією” розуміється властивість, абстрагована від певних умов даної ситуації. Наприклад, автомобілі, літаки, судна, ракети, стрічкові транспортери, крани, підйомники виконують функцію транспортування. Проте тільки автомобілі володіють функцією безрейкового транспортування по суші; легкові автомобілі мають функцію безрейкового транспортування людей по суші; гоночні автомобілі — функцію безрейкового транспортування людей по суші з максимальною швидкістю в спортивних цілях і т.д. Функціонування будь-якої технічної системи є реалізацією функції, що відповідають умовам конкретної ситуації.

Таблиця 7.1.

Класифікацій властивостей технічних систем по потребі в конструкторській роботі

Категорія властивостей	Питання	Приклади властивостей
1	2	3
Функції	Які функції системи? Що робить система?	Робоча функція Допоміжна функція Підготовча функція Функція керування і регулювання Функція узгодження
Дії	Які умови характерні для даної функції?	Продуктивність Швидкість Функціональні параметри Вантажопідйомність
Функціонально обумовлені властивості	Які умови характерні для даної функції?	Продуктивність Швидкість Розміри Маса
Виробничі властивості	Наскільки придатна система для виробничого процесу?	Безпека експлуатації Надійність Строк служби Витрата енергії Ремонтопридатність
Ергономічні властивості	Як обслуговується система і який вплив справляє на людину?	Зручність обслуговування Способи обслуговування Вимоги до оператора
Естетичні властивості	Як система сприймається естетично?	Форма Колір Зручність Привабливість

Продовження табл. 7.1

1	2	3
Маніпуляційні властивості	Настільки система придатна до транспортування, зберігання, упаковки?	Відповідність умовам транспортування, зберігання, упаковки Придатність для безпосереднього пуску
Характеристика поставок і планування	Як система може бути поставлена? В якій кількості виготовляється?	Доступність Продукція серійного виробництва Продукція одиничного виробництва
Правові норми	Чи відповідає система правовим юридичним нормам?	Відповідність юридичним нормам Порушення патентного права Відповідність вимогам колективного договору
Технологічні властивості	Наскільки система відповідає прийнятій технології?	Відповідає технології Відповідає умовам монтажу
Економічні властивості	Наскільки економічний процес виробництва?	Експлуатаційні витрати Витрати виробництва Економічна ефективність Ціна
Конструктивні властивості	Як реалізуються зовнішні властивості?	Структура Форма Габарити Матеріал Якість поверхні Поле допуску Тип виробництва
Якість виготовлення	Хто і як виготовляв систему?	Виробник Переваги і недоліки виготовлення

Функції технічної системи відрізняються різноманітністю і складністю. Всі функції здійснюються на відносно високому рівні абстрактності, при чому одні функції складніші, ніж інші. Ступінь складності зростає від елементарної функції (наприклад, обточування валу) до загальної зборки. Цей говорить про наявність певної ієрархії функцій. Функція будь-кого рівня виконується за допомогою ряду підфункцій, залежних від виду технології.

Як елементарні функції зручно використовувати об'єднувально-роз'єднувальні функції, які характеризуються високим рівнем абстрактності і відповідають ряду ієрархічних ступенів для різноманітних наборів умов.

Будь-яка задана функції може бути реалізована різними технічними системами. Ступеню складності виконуваної функції відповідає рівень складності технічної системи – від складного виробництва, наприклад космічного літального апарату, до простої кріпильної деталі.

З другого боку, одна і та ж технічна система може, як відомо, виконати різні функції, так, наприклад; гвинт сполучає дві деталі, або перетворює поступальний рух в обертальний, або регулює зазор. Конструюючи технічну систему, звичайно прагнуть, щоб вона виконувала більше число функцій. При цьому говорять про агрегацію функцій. Такий взаємозв'язок між множиною функцій і множиною технічних систем на певному рівні схематично показаний на рис. 7.1. Можливість універсального використання будь-якої технічної системи зменшується у міру ускладнення функцій, які потрібно виконати.

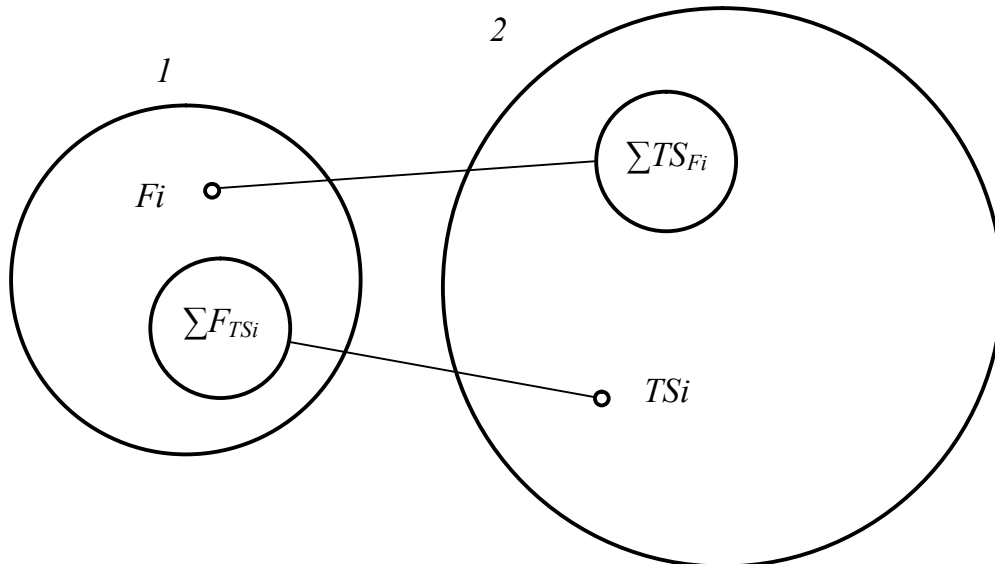


Рис. 7.1. Відношення між функціями F і технічними системами TS :

1 – множина технічних систем ΣTS , що здатні виконувати функції ΣF ; 2 – множина функцій ΣF , виконуваних технічними системами ΣTS ; F_i – функція; TS_{F_i} – технічна система, що виконує функцію F_i ; TS_i – технічна система; F_{TS_i} – функція, виконувана технічною системою TS_i

Функціонально обумовлені властивості Bd . При розгляді функції ми отримуємо умови, які допускають безліч рішень. Тому для постановки задачі створення конкретної технічної системи потрібно вказати додаткові умови – ознаки. Користуючись методом аналізу, можна констатувати, що дані про перетворення, тобто про об'єкт, технологію, умови перетворення і т.д., є функціонально обумовлені властивості. Ці важливі властивості тісно пов'язані з функцією і відповідно з діями (функціонуванням) і завжди приводяться в каталогах і інструкціях, оскільки тільки за допомогою цих властивостей

пояснюється призначення технічної системи. Вони називаються параметрами технічної системи.

Виробничі властивості *Ve*. Бажане перетворення операнда здійснюється за допомогою дії технічної системи. Придатність технічної системи для використання характеризується групою властивостей, які називаються виробничими, наприклад надійність, безпека, термін служби, витрата енергії, матеріалів, займана площа, ремонтпридатність, можливість регулювання і т.д. Оскільки виконання системою робочої функції фактично є попередньою умовою, значення виробничих властивостей все більш зростає.

Вимоги до виробничих властивостей з часом змінюються; вони різні залежно від галузі техніки. Там, де в ролі оператора процесу або операнда виступає людина, повинні пред'являтися високі вимоги до надійності і безпеки. У процесі прискореного розвитку техніки змінюються уявлення про найбільш відповідний термін служби системи; так, часто вже непридатна вимога, що деталь повинна мати якомога більш тривалий термін служби, оскільки багато машин застарівають швидше, ніж зношуються. Інша тенденція спостерігається у відношенні до габаритів і маси. Зменшення розмірів і маси технічної системи виступає в якості все більш важливої вимоги.

Виявлення виробничих властивостей технічної системи викликає певні труднощі, перш за все на стадіях ескізного і технічного проектування, оскільки ці властивості звичайно виявляються у всій своїй повноті лише після тривалого періоду експлуатації системи. Тому конструктору слід протягом довгого часу контролювати роботу створених ним технічних систем і аналізувати причини виникнення незадовільних виробничих властивостей. Лише це джерело інформації разом з вивченням виробничих властивостей інших аналогічних машин може забезпечити конструктору необхідний ступінь розуміння цих властивостей.

Ергономічні властивості *Erg*. Перетворення здійснюються взаємодією системи людина-технічна система. Одержуваний результат залежить від злагоженості спільної роботи цих учасників технічного процесу. Суспільство зацікавлене в тому, щоб людині при цьому не наносилося ніякої шкоди. Ергономіка вивчає відношення в системі людина-машина. Практичним аспектом цих відношень займаються прикладна ергономіка і психотехніка, що спирається на антропологію, фізіологію, психологію, біологію, соціологію, фізику і кібернетику. Задачі досліджень відношень в системі людина-машина включають вивчення впливу часу і рухів у виробничому процесі на людину, сприйняття органами чуття, обробку даних і прийняття рішень, робочі, ефективні і граничні навантаження (час, зусилля, температура, тиск, прискорення, випромінювання, голод), порушення нормальної орієнтації (акустичної, оптичної, адекватність реакцій, адаптацію і т.д.

Ергономіка не обмежується технікою безпеки і умовами роботи; вона також шукає межі людських здібностей в екстремальних ситуаціях. Зрозуміло, ряд задач ергономіки здійснюється тільки для певних галузей техніки, наприклад авіації і космонавтики. Проте існує безліч загальних питань,

наприклад проектування технічних систем з таким розрахунком, щоб вони забезпечували людині з середніми здібностями оптимальні умови обслуговування та управління. В ідеалі робота не повинна стомлювати ні фізично, ні психічно.

Конструктор ставить перед людиною в системі людина-машина певні задачі; отже, йому винні бути добре відомі всі переваги і недоліки обох партнерів системи (табл. 7.2). Відношення в цій системі схематично показанні на рис. 7.2.

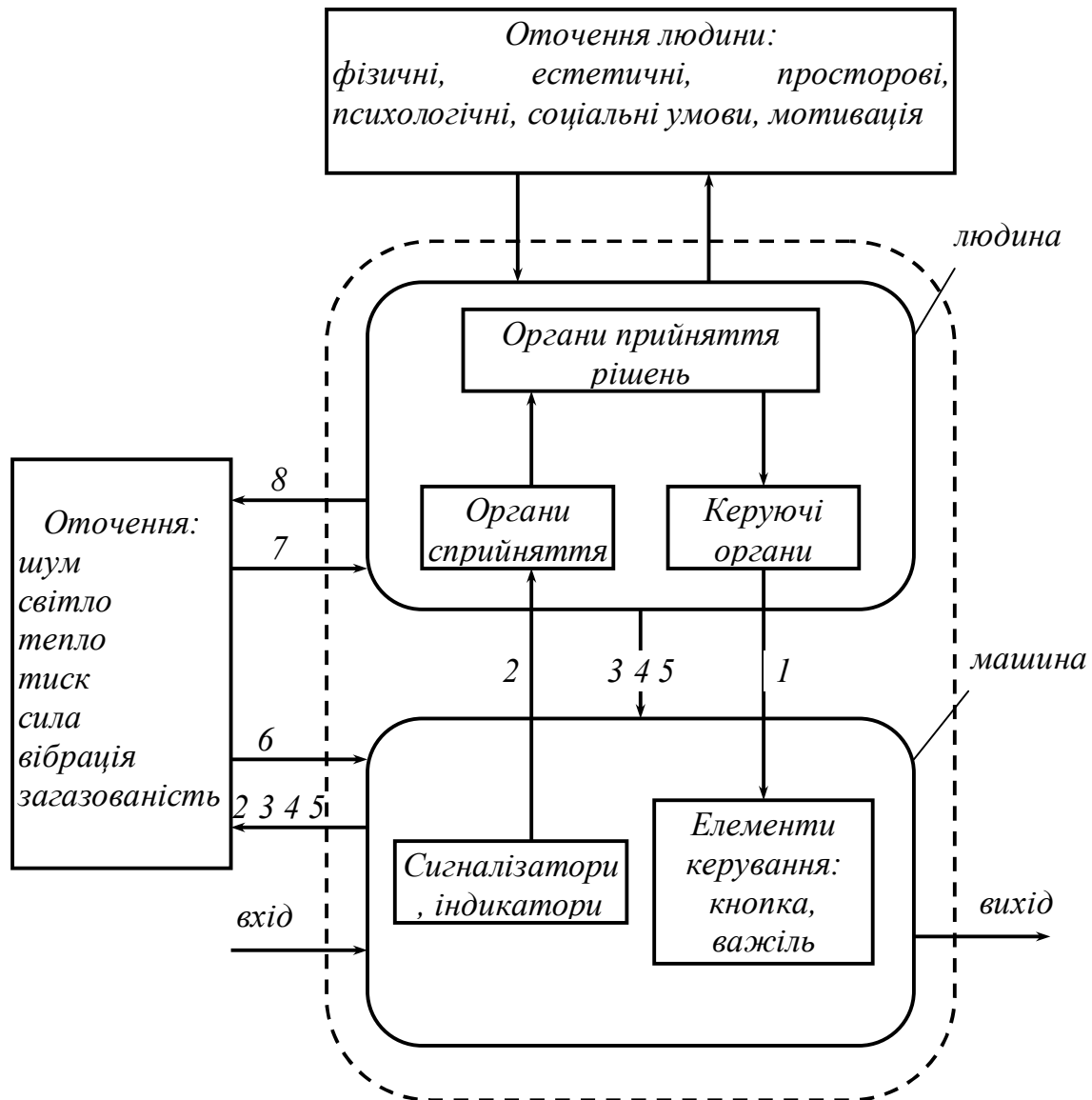


Рис. 7.2. Відношення в системі людина-машина:

1 – обслуговування в керуванні; 2 – сигнали про функціонування; 3 – фізичні перепони; 4 – шуми; 5 – вібрації, тепло; 6 – вплив оточення на машину (технічну систему); 7 – вплив оточення на людину; 8 – вплив людини на оточення

Конкретні висновки, які конструктор може зробити на основі результатів ергономічних досліджень, можуть бути представлені в наступному вигляді:

- можливості різних частин тіла людини по відношенню до виробничого процесу;
- розміри людини (антропометрія);
- продуктивність людини в різних навколишніх умовах;
- розташування вимірювальних приладів і органів управління з розрахунком досягненні оптимальної продуктивності системи людина-машина.

Таблиця 7.2

Характерні властивості людини і машини

Людина	Машина (технічна система)
<u>Переваги:</u> Здатність приймати важливі рішення навіть при наявності обмеженої інформації Правильна реакція навіть на неочікувані умови Здатність виконувати певні операції різноманітними способами, що важливо в тому випадку, коли якийсь механізм пошкоджений Гнучкість у плануванні робіт <u>Недоліки:</u> Обмежена здатність до сприйняття інформації, в тому числі обмежена швидкість сприйняття Обмежена здатність органів відчуття (рецепторів) Зниження продуктивності й уваги з часом Необхідність комфортних умов (температури, вологості, тиску, шуму і т.п.) Відносна повільність операцій і висока ймовірність помилки	<u>Переваги:</u> Змінювана по бажанню здатність до сприйняття інформації Можливість покращення параметрів сприйняття Постійна продуктивність і точність Можливість пристосування до будь-яких навколишніх умов Швидке виконання логічних операцій практично без помилок <u>Недоліки:</u> Функціонування лише згідно з отриманими командами Можливість відмови в непередбачуваних ситуаціях Обмежена кількість виконуваних операцій Трудомісткість зміни програми функціонування

Естетичні властивості Аи. Тенденція до об'єднання властивостей практичної корисності технічної системи з естетичними властивостями (тобто об'єднання користі і краси) сягає початку створення перших машин і виявилася вже на етапі ремісничого виробництва. Цей підхід можна знайти і в самому вченні про конструювання. Проте форми старих робочих машин, як правило, не поєднуються з сучасним розумінням користі.

Проблема зовнішнього вигляду технічної системи, що розробляється, вирішується і за допомогою простого правила, яке свідчить: „все, що доцільно,

– красиво”. Декілька десятиріч назад ця група проблем почала формуватися в окрему дисципліну, що має ціллю виявлення закономірних зв'язків між відчуттям прекрасного і зовнішнім виглядом конструкції. При цьому мова йде не стільки про відчуття прекрасного і хорошему самопочутті, як наслідку естетичного сприйняття, скільки про більш практичні результати цього сприйняття. Вплив естетичних впливів на розумову і фізичну діяльність було доведено прикладами підвищень продуктивності при одночасному зниженні фізіологічної втомленості організму. Для створення істотного сприятливого впливу на стан і здібності людського організму необхідно використовувати всі засоби стимулювання сприйняття органами чуття.

Засобами естетики можна значно підвищити сукупну цінність технічної системи. Проте значення естетичного підходу не слід перебільшувати, тобто не потрібно зосереджувати всі зусилля тільки на вирішенні завдання красивого зовнішнього вигляду. Для кожної технічної системи можна знайти оптимальне її співвідношення між технічними, ергономічними і естетичними властивостями (рис. 7.3).

Маніпуляційні властивості *Di*. Технічна система до введення в дію у замовника піддається багатьом маніпуляціям. При цьому вона піддається переміщенням, ударам, впливу погодних умов і умов зберігання. Вона повинна бути доставлена на робоче місце і змонтована в найкоротший строк (бо монтаж і бездіяльність системи коштують дорого); нарешті, вона повинна бути запущена в хід. Усі ці процеси, умовно називані маніпуляціями, пред'являють високі вимоги до технічної системи. Тому розроблена технічна система повинна володіти такими властивостями, які дозволили б їй пройти маніпуляційні процеси з мінімальними витратами.

Особливості технічної системи, що впливають на характеристики зберігання, упаковки і транспортування виробу:

1 Габарити виробу є найважливішим параметром для маніпуляційних процесів; вони не повинні по можливості перевищувати допустимі для вантажних перевезень габарити.

2. Форма виробу може істотно впливати на зручність транспортування і завантажувально-розвантажувальних робіт; якщо у виробу є виступаючі частини, то це позначається на транспортних і пакувальних витратах, часом потрібно передбачити можливість розбирання виробу для транспортування.

3. Вага виробу не повинна перевищувати вантажопідйомності кранів і засобів транспортування; при необхідності потрібно розібрати виріб з розрахунком на транспортування по частинах.

4 Крихкі частини виробу, які можуть бути пошкоджені при транспортуванні, повинні конструюватися з врахуванням їх демонтажу і окремої упаковки.

5. Матеріали, які можуть бути пошкоджені в несприятливих умовах транспортування (низька температура, висока вологість), повинні бути вказані в специфікації разом з відповідними запобіжними засобами

6. Міцність виробів повинна бути достатньою для виконання передбачених маніпуляційних операцій.

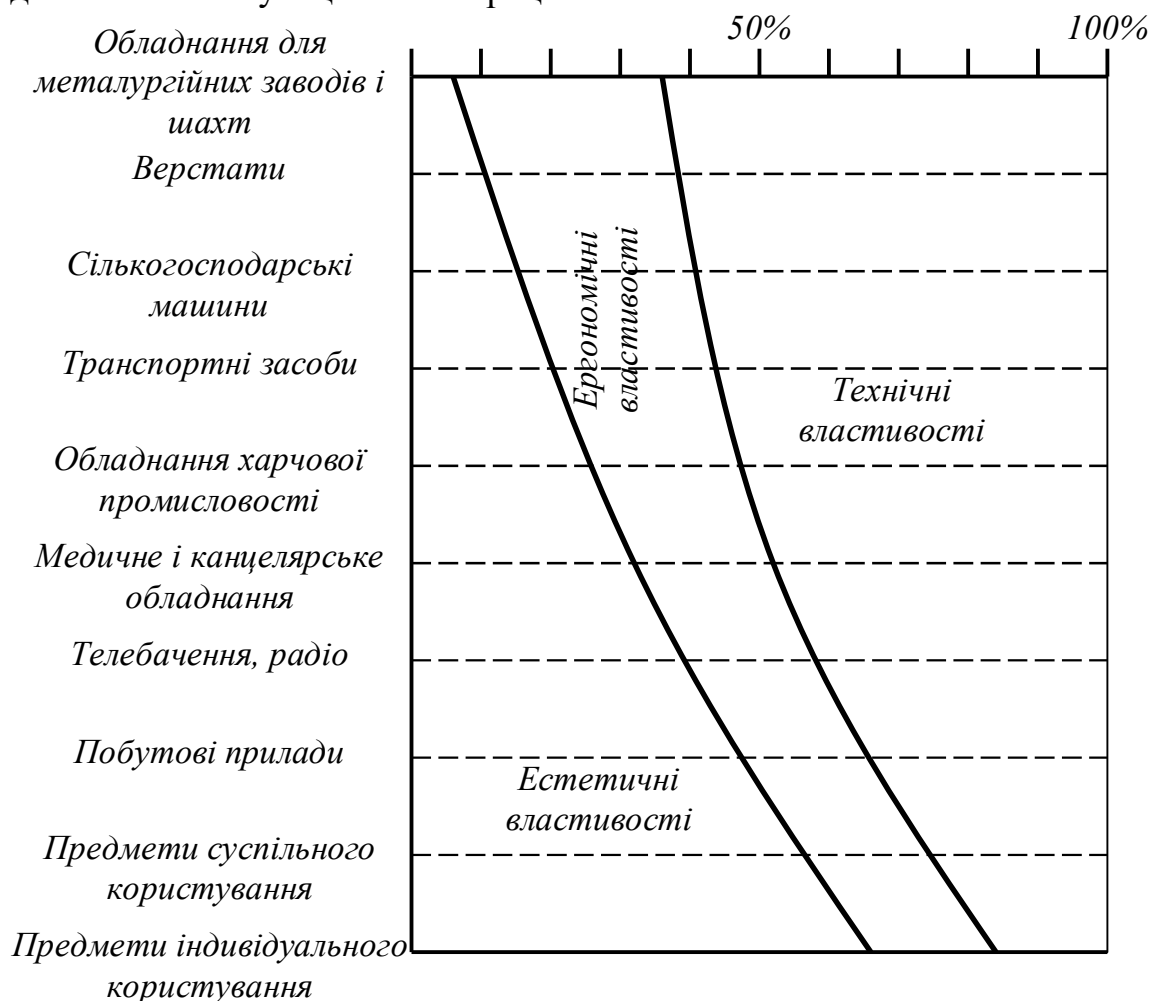


Рис. 7.3. Співвідношення між технічними, ергономічними і естетичними властивостями деяких типів технічних машин

Кожна технічна система повинна бути забезпечена вантажним крюком або іншими пристосуваннями для такелажних робіт.

Характеристики упаковки, транспортування і зберігання особливо суттєві для виробів серійного і масового виробництва.

Характеристики поставок і планування LP. Будь-який замовник термін поставки або готовності виробу рахує важливою властивістю, що має часто вирішальне значення при виборі підрядчика. З другого боку, цей термін важливий і для підрядчика (конструктора), бо він окреслює часові рамки для його роботи.

Характеристики відповідності правовим нормам GN. В будь-якій державі існують правові норми, в рамках яких регламентуються відносини виробників і споживачів. Відповідність технічної системи правовим нормам є однією із важливих її властивостей. Конструктору необхідно знати всі закони і постанови, що стосуються використанню виробу як в своїй країні, так і в країні-споживачі (при розробці виробів на експорт). Цей аспект часто не враховується належним чином, внаслідок чого бувають випадки відмови від виробу або

виникнення конфліктних ситуацій. Аналогічним чином конструктор повинен знати патентне право і патентну ситуацію в своїй країні і в тій країні, де технічна система, що розробляється ним, експлуатуватиметься. У разі потреби, щоб не порушити авторське право, конструктор повинен консультуватися з фахівцями по патентах.

Крім того, законодавство кожної країни вимагає, щоб продукції виготовлялася у відповідності з прийнятими технічними правилами і нормами, положеннями по охороні праці і інструкціями по техніці безпеки

Технологічні властивості *Fe*. Технологічні властивості дають уявлення про те, яким чином може бути виготовлений сконструйований виріб, скільки операцій потрібно для виготовлення деталі потрібної форми, яка трудомісткість виконання операцій, яка технологічна підготовка необхідна для виконання задачі, які спеціальні пристосування, інструменти, вимірювальні пристрої потрібно закупити або сконструювати і виготовити, який ступінь точності потрібен при виготовленні, що потрібно регулювати і підлагоджувати при монтажі і введенні виробу в дію. Вимоги до технологічних властивостей змінюються залежно від типу виробництва (одиничне, серійне або масове) і технічного рівня виробництва.

Конструктивні властивості *Ko*. Користувач звичайно поводить себе з технічною системою як з якимось „чорним ящиком”. Використовуючи інструкції і власний досвід експлуатації аналогічних виробів, він пізнає закономірності у відношеннях між входами (натисненням на кнопки, дією на важелі) і виходами –функціонуванням системи, що характеризуються певними параметрами. Користувач знає також інструкції по її використанню і обслуговуванню. Його не цікавить, яким чином здійснюється функціонування системи і чим обумовлені інші її властивості. Йому лише потрібно досягти конкретної мети шляхом виконання визначеної функції за допомогою надійного пристрою, який до того ж повинен мати привабливий зовнішній вигляд.

В той момент, коли користувач відгвинчує і знімає кришку машини і його погляду представляються вали, важелі, шестерні, підшипники, пружини і інші приховані елементи електричного або гідравлічного устаткування, перед ним відкривається світ фахівця: з одного боку, конструктора, що створив їх, і, з другого боку, робочого, що виготовив і пустив машину в хід. Варто тільки поглянути уважніше всередину такого „чорного ящика”, як виявиться безліч нових властивостей. Ці внутрішні властивості ми будемо називати конструктивними властивостями, бо вони служать конструктору засобом реалізації робочої функції і інших бажаних зовнішніх властивостей. При такому визначенні конструктивних властивостей до них можна віднести коефіцієнт стиснення, передаточне число, коефіцієнт корисної дії, характеристики регулювання, форму, компоновку, міцність, твердість, розміри деталей, допуски, матеріали, термообробку і т.д. Таку множину властивостей слід класифікувати. Так, міцність залежить від розмірів, матеріалу і форми,

твердість – від матеріалу і термообробки. Ці властивості і зв'язки характерні практично для будь-яких систем К.К.Д і коефіцієнт стиснення є властивостями, які тісно пов'язані з перетворенням, що відбувається; так, на прикладі бензинового двигуна можна говорити, про перетворення хімічної енергії бензину в механічну енергію на валу.

Класифікація конструктивних властивостей:

1. Спеціальні конструктивні властивості, пов'язані з здійсненням перетворення. Іноді досить важко встановити межу між функціонально обумовленими властивостями і конструктивними властивостями.

2. Загальні конструктивні властивості, які характерні для більшості технічних систем різних класів. До них відносяться міцність, жорсткість, зношення, твердість, пружність, корозійна стійкість і т.д.

3. Елементарні конструктивні властивості є засобом, що знаходиться у розпорядженні конструктора, за допомогою якого він реалізує всі інші властивості. Це структура (для технічних систем високих рівнів складності); форма, розміри, матеріал, обробка поверхні, допуски, спосіб виготовлення (для деталей машин і простих технічних систем).

Всі спеціальні і загальні конструктивні властивості створюються конструктором на елементарних конструктивних властивостях.

Навіть серед елементарних властивостей виявляються взаємозв'язки, що обумовлюють складність відношень в технічній системі і утруднюють процес конструювання. Елементарні властивості формують методологію конструювання. Вони визначають власне елементарні операції, такі як вибір форми, визначення розмірів, вибір матеріалу, характеру поверхні, допусків і способу виготовлення.

Групи елементарних властивостей:

Структура технічної системи. Як зазначалось вище, структура і функціонування є найважливішими властивостями системи. Функціонування системи однозначно визначається її структурою. Структура – ця впорядкована множина елементів і їх відношень. На найнижчому рівні ієрархії, технічна система являє собою безліч деталей і вузлів, які служать структурними елементами підсистем більш високих рівнів. З погляду механіки структуру машини можна описати як впорядковану сукупність пар елементів, зв'язаних в кінематичні ланцюги. Технічна система складається з кінематичного ланцюга і може бути розчленована на підсистеми (механізми, групи, вузли), які в передбачених комбінаціях виконують підфункції і елементарні функції.

Відношення між підсистемами є важливим засоби досягнення різних властивостей. Функціонування якої-небудь технічної системи – це не просто сума функцій її елементів. Воно залежить від того, як елементи системи взаємодіють між собою.

Зв'язки між елементами системи можуть бути різними, наприклад механічні, електричні, хімічні, магнітні, тимчасові і просторові.

Механічна зв'язки обмежує рух точки або тіла в просторі. Точка має три ступені вільності, тіло – шість.

Зв'язки бувають:

- склерономні (стаціонарні), тобто не залежні від часу; вони можуть бути представлені системою незалежних стаціонарних умов, виражених в аналітичній формі;
- реономні (змінні в часі); вони описуються рівнянням, в яких фігурує час;
- голономні, які можуть бути представлені відношенням між координатами точки і часом, т. е. склерономно-реономні зв'язки;
- неголономні (вони виражаються диференціальними рівняннями, що аналітично не інтегруються).

Обмеження ступенів вільності створюють:

- односторонні зв'язки, в яких рух обмежується тільки в одному напрямку (наприклад, контакт двох тіл або тіло, підвішене на нитці);
- двосторонні зв'язки, при яких тіло шляхом переміщення або іншого механічного зв'язку приведені в точно заданий рух або положення.

Розрізняють:

- силові зв'язки, які передають певну величину сили;
- несилові зв'язки, які не передають сили (кінематичний зв'язок); це не виключає, проте, можливості появи окремих сил.

Інші види зв'язків:

- електричні (струмопровідні або з'єднання, які можна виконати у вигляді послідовної, паралельної або комбінованої схеми);
- хімічні (агресивні або нейтральні, перші ведуть до хімічної реакції, наприклад, корозії);
- термічні (теплопровідні, теплоізолюючі)
- магнітні (збуджуванні магнітним);
- зворотні (повернення тієї або іншої комбінації виходів на вхід).

Такий зв'язок характерний для регульованих систем.

Форма. Форма відноситься до найважливіших елементарних властивостей технічної системи. Залежно від мети, яким вона служить, можна говорити про різні види форми. Форму, що задається якими-небудь спеціальними вимогами, завжди слід оптимізувати відносно зовнішнього вигляду, технології, міцності, а також з економічної точки зору.

Розміри. Розміри впливають практично на всі властивості. Як і форма, вони можуть визначатися, наприклад, функціонуванням або міцністю.

Матеріал. Матеріал, з якого виготовляють деталі машин, також визначається необхідними зовнішніми властивостями технічної системи.

Якість поверхні. Під якістю поверхні розуміємо вид і колір поверхні, необхідні для досягнення бажаних зовнішніх властивостей виробів. Якість поверхні впливає на цілий ряд характеристик вимоги яких вона повинна задовольняти.

Допуски. Поле допусків впливає на просторові відношення між елементами.

Спосіб виготовлення. Спосіб виготовлення через загальні конструктивні властивості побічно впливає на зовнішні властивості виробу.

Конструктивні ознаки. Конструктивні ознаки є внутрішньою ознакою технічної системи, що класифікує і характеризує її.

До конструктивних ознак відносяться групи спеціальних і загальних конструктивних властивостей.

За своєю суттю конструктивна ознака займає місце між зовнішніми властивостями, що визначають призначення технічної системи, елементарними конструктивними властивостями, що служать засобом.

Економічні властивості. *We.* Економічні властивості об'єднують ряд вже описаних властивостей в єдиний показник. Вони представляють, з одного боку, витрати з іншою – дохід. Витрати виникають на стадіях розробки конструкції, підготовки виробництва, виготовлення, реалізації і експлуатації виробів.

В якості доходу від виконуваного системою робочого процесу розуміють корисність виконуваних нею перетворень, тобто сукупний ефект робочої дії.

Для економічної оцінки виробництва необхідно знати собівартість технічної системи, що використовується.

Для виробника собівартість, є головною економічною властивістю. Вона охоплює всі прямі витрати на створення технічної системи, такі, як витрати на матеріали, оплату праці, дослідження, розробку, випробування, підготовку виробництва, споживання енергії в процесі виробництва і т.д.

Оцінка окремих статей витрат на технічну систему, тобто аналіз витрат, необхідних для досягнення потрібних властивостей системи, розкриває багато цікавих аспектів конструкції. При цьому важлива як абсолютна величина витрат, так і взаємозв'язок окремих статей витрат. Наприклад співвідношення витрат на матеріали і оплату праці є інформативним показником.

Попередня оцінка собівартості проводиться по емпіричним формулам, що виражають накопичений досвід, для кожної статті витрат.

Собівартість служить початковим пунктом для визначення орієнтовної ціни – найважливішої економічної властивості виробу. Ринкова ціна і собівартість можуть сильно відрізнятись від орієнтовної розрахункової ціни.

Величина партії виробів, що виготовляються, і технологія впливають на вартість виготовлення виробу. Вартість виготовлення знижується із зростанням кількості виробів. Для загальних виробничих витрат важливим показником є оптимальне число виробів у серії.

Виробничі витрати залежить також від ступеня новизни виробу і його деталей. Попередній розрахунок виробничих витрат дозволяє виробнику технічної системи вирішити, чи вигідніше виготовляти деякі деталі у себе, чи купувати їх.

Для споживача дуже важливі експлуатаційні витрати, пов'язані з підтримкою працездатності і нормальною роботою технічної системи. Найважливішим показником є амортизація витрат за час служби системи, що визначається закупівельною ціною, витратами на транспортування, монтаж, відладку і забезпечення виробничого процесу.

Експлуатаційним витратам протиставляється досягнутий за той же період часу економічний і соціальний ефект (корисність). Корисний ефект виражається в грошових або в технічних одиницях. Співвідношення корисного ефекту і експлуатаційних витрат визначає економічну ефективність, яка є одним з найважливіших економічних показників.

Другою важливою економічною характеристикою є рентабельність, яка визначається співвідношенням витрат і капіталовкладень.

Оскільки розрахунок економічних властивостей не входить безпосередньо до обов'язки конструктора, такими розрахунками він часто нехтує на найважливіших стадіях створення технічної системи.

Якість виготовлення. *Не*. Недостатньо лише добре сконструювати виріб; він повинен бути добре виготовлений, що позначається на його функціонуванні. Якість виготовлення є результатом ефективного виробництва, що являється самостійною задачею, оскільки виробничий процес можна здійснити по-різному.

Назва фірми, якщо вона зарекомендувала себе у споживачів, служить в деякій мірі гарантом якості.

Конструктор в процесі своєї роботи повинен зважати на чинники впливу характеру виробництва на якість виробу. Такими чинниками є кваліфікація операторів і технічна оснащеність підприємств. Конструктор повинен пристосовувати технічні вимоги креслень до цих чинників. Таким чином, контакт конструктора з виробництвом – важлива умова отримання якісного виробу.

7.2. Встановлення властивостей і їх відношень

Щоб порівняти властивості технічних систем з вимогами, що пред'являються до них або щоб порівняти між собою різні системи і охарактеризувати їх необхідно визначити властивості. Методи визначення властивостей технічної системи змінюються залежно від стадії її існуванні.

Для визначенні властивостей використовуються наступні методи і прийоми: 1) вимірювання, 2) експертної оцінки, 3) моделювання, 4) обчислення або зчитування; 5) порівняння; 6) визначення оптимального рівня властивостей.

1. Вимірювання. Властивості технічних систем, що визначаються кількісно на стадії експлуатації, можна встановити шляхом вимірювання, а при якісному визначенні – за допомогою експертної оцінки фахівців. Вимірювання – це професійні операції, що мають свої робочі методики. Як і в інших операціях, підготовка до вимірів, яка включає розробку інструкцій і формулярів, має важливе значення.

Особливий підхід необхідний при тривалих вимірюваннях, наприклад при визначенні терміну служби деталей.

Властивості можна визначити і непрямым шляхом – по відомій залежності однієї величини від іншої.

2. Експертна оцінка. Певною складністю є експертна оцінка невимірюваних величин. Щоб отримати надійні результати, потрібно точно визначити властивості і критерії їх оцінки. Якщо, наприклад, про технічну систему сказано, що вона ремонтпридатна, то ця оцінка повинна бути підкреслена такими аргументами, як легкість визначення відмов, доступність деталей, швидкість ремонту, гарантії фірми-виробника і т. д.

Ще складніше виглядає ситуація з експертною оцінкою, якщо про систему є лише приблизне уявлення. В цьому випадку доводиться використовувати моделювання.

3. Моделювання. Дослідження абстрактної машинної моделі набагато складніше за вимірювання реальної фізичної величини. Поки конструктор може засновувати свою ідею на досвіді схожих ситуацій, його висновки ще відносно прості. Навпаки, коли вимагається оцінити нову ситуацію, для об'єктивної оцінки слід використовувати моделювання.

Модель – це представлення реального об'єкту або процесу доступними фізичними або математичними засобами. Відношення між моделлю і оригіналом регламентуються законами подібності. Моделювання знаходить все більш широке застосування завдяки використанню обчислювальних машин.

Перш за все, слід з'ясувати, якого роду подібність між моделлю і оригіналом нас цікавить, тобто, які властивості оригіналу повинні бути враховані в моделі, які цілі переслідуються при цьому. На відмінно від дослідного зразка системи, у якого більшість властивостей може бути визначена, у моделі визначаються тільки деякі, такі, як функціонування, структура, форма і т. д. Відповідно розробляються функціональні, структурні і масштабні моделі. Модель завжди має певне призначення. Йдеться не тільки про визначення властивостей; модель часто служить засобом контролю, комунікацій, інструктажу і навчання. Залежно від засобів моделювання розрізняють наступні види моделей:

- Іконічні, які відтворюють оригінал в двох- або тривимірному вимірі, по потребі в зменшеному або збільшеному масштабі, наприклад креслення, об'ємні моделі машин і верстатів, фотографії. При цьому зовнішня схожість між моделлю і оригіналом велика.
- Аналогові, які схожі з оригіналом тільки по деяким функціональним властивостям. З допомогою цих моделей можна відтворити, наприклад, статичні і динамічні властивості оригіналу. До них відносяться графи, діаграми і фізичні моделі, в яких використовується подібність явищ.
- Символічні, які зображають властивості оригіналу за допомогою слів або математичних символів.

Закономірності подібності є предметом теорії подібності. Теорії подібності спирається на теорію розмірностей і критерії подібності, які дозволяють виразити процес або властивість за допомогою безрозмірної функцій.

Метою експериментів з моделлю є підтвердження або відхилення певної гіпотези, отримання даних для кількісного виразу закономірностей. Експерименти потрібно проводити за ретельно розробленим планом, в якому повинні міститися точні вказівки про умови проведення експерименту й обробку результатів.

4. Обчислення і зчитування. Коли є графіки, можна одержати шукані показники для даних умов шляхом зчитування. Показники, що виражаються формулами, можна визначити обчисленням із застосуванням аналогових або цифрових обчислювальних машин.

5. Порівняння. Еталон, наприклад, форми поверхні (профілю зуба) служить разом з тим і моделлю. В цьому випадку ступінь реалізації шуканої властивості визначають шляхом порівняння виробу з зразком.

6. Визначення оптимального рівня властивостей. В техніці часто необхідно визначити оптимальний рівень властивостей для даних умов, наприклад оптимальні швидкість, потужність, форму, кількість.

Для визначень оптимальної рівня властивості використовуються знання про відношення між властивостями. Звичайно, зміна умов на одні властивості впливає позитивно, на інші – негативно. Оптимальний рівень властивості може змінюватися а) дискретно (наприклад, число несучих опор, циліндрів двигуна, гвинтів), і б) безперервно (наприклад, товщина покриття, швидкість руху).

Визначення оптимального рівня властивостей може бути здійснено графічно або аналітичним шляхом розрахунку. Широке розповсюдження отримав аналітичний метод, що пов'язаний з використанням обчислювальних машин.

Всі операції по визначенню властивостей і їх відношень є елементарними операціями процесу конструювання, які більш детально розглядаються при вивченні конкретних дисциплін.

7.3. Перелік необхідних властивостей технічної системи

В технічних вимогах, технічних умовах або технічному завданні завжди подано повний перелік точно сформульованих необхідних властивостей технічної системи. Нерідко неповне вказування необхідних властивостей стає причиною дефектів готових виробів.

Важливість правильного і повного переліку необхідних властивостей відображає відоме положення: правильна постановка задачі – це вже половина вирішення. Зміст і форма переліку необхідних властивостей різні в кожному конкретному випадку, їх обумовлюють чинники:

- складність виконуваної функції – вона різна, наприклад, для виробничого комплексу і окремої деталі машини;
- конструктивна складність – складна конструкції на відмінно від простої, нова конструкція на відмінно від модернізованої;
- потреба в додаткових властивостях, таких як висока надійність, великий термін служби, привабливий зовнішній вигляд;

- вимоги замовника.

Існує дві можливості задоволення виробничої потреби:

1. Закупівля готового виробу. Споживач, що бажає задовольнити свою проблему в тому або іншому виробі, з'ясовує, чи є у продажі виріб з бажаними властивостями. Як правило, він має нагоду вибирати між декількома виробами.

2. Замовлення спеціального виробу. Якщо виробу з бажаними властивостями немає у продажу, споживач вимушений чекати, поки буде пройдений довгий шлях від моменту оформленні замовлення через стадії конструювання і виготовлення до поставки виробу. Виріб, виготовлений з врахуванням індивідуальних вимог замовника, відповідно коштує дорожче. Для правильних постановки і вирішення такої задачі потрібна активна співпраця ряду фахівців, серед яких конструктор повинен відігравати головну роль.

Оскільки постановка задачі ніколи не буває ідеальною, то при виконанні кожного замовлення конструктор повинен надавати проектованій системі додаткові властивості. Замовники певного роду, такі, як армія, пошта, залізниця, нерідко пред'являє особливі вимоги, виходячи з свого професійного досвіду. Вимоги до підсистем і елементів звичайно визначає сам конструктор.

Існують постійні вимоги, які не встановлюються в явній формі, але необхідні практично завжди:

1. Максимально можливий рівень експлуатаційних властивостей, серед яких, зокрема, мінімальні габарити, мінімальна маса; мінімальне споживання енергії, доступність і замінюваність всіх елементів, що мають обмежений термін служби, оптимальна надійність.

2. Оптимальні ергономічні показники: просте, легке і зручне обслуговування; захист від шкідливих коливань і побічних виходів (перешкод), таких, як шум, тепло, вібрація, пил і т.д; мінімальна шкода навколишньому середовищу.

3. Максимальне врахування всіх особливостей існуючого виробництва: вживання наявних матеріалів, стандартних деталей і документації використання наявного обладнання і технології.

4. Найкращі економічні показники, мінімальні витрати виробництва; мінімальні експлуатаційні витрати.

З розглянутих вимог логічно витікають ряд принципів, якими керується конструктор, а саме:

- 1) вибір найпростішого конструкторського рішення;
- 2) однаковий (не завжди максимальний) термін служби всіх деталей або легка заміність деталей, схильних до зношування;
- 3) оптимальне використання міцності матеріалів;
- 4) облік особливостей оточення, включаючи природні ресурси і населення;
- 5) шанування існуючих традицій.

Деякі з цих вимог суперечать одна одній, і доводиться шукати компромісне рішення.

Вимогами особливого роду є обмеження. Вони диктуються конструктору природою і суспільством, внаслідок чого він обмежений у виборі рішень. Природні чинники звичайно не сприймаються як обмеження, оскільки ми звикли до законів природи і усвідомлюємо, що не можна сконструювати вічний двигун.

Суспільство накладає обмеження правового характеру.

Слід підрозділяти вимоги за їх значенням для покупця на три категорії!

- 1) Вимоги, які обов'язково повинні бути виконані, такі, як робоча функція і ціна. Їх у свою чергу підрозділяють на жорсткі вимоги, відхилення від яких неприпустиме, і нежорсткі вимоги, відхилення від яких можливе.
- 2) Вимоги, які в особливих випадках не обов'язково виконувати в заданому об'ємі.
- 3) Побажання, які потрібно виконувати в сприятливих ситуаціях.

Конструктор повинен, погодившись з точкою зору замовнику визначати, до якої категорії, відноситься кожна вимога.

7.4. Задум властивостей технічної системи

Без якісного втілення навіть найкращий проект залишається даремним рисунком на папері, а без чіткої організації виробництва довелось б витратити на виготовлення невиправдано багато часу і засобів. Проте без технічних знань і роботи фантазії конструктора було б неможливо задовольнити високі сучасні вимоги до виробів.

Конструктор є творцем виробу і його функціональних властивостей; в той же час він менше впливає на якість виготовлення і характеристики планування і поставки, лише створюючи для них передумови. Він бере участь у формуванні зовнішнього вигляду, ергономічних властивостей, працюючи по можливості спільно з дизайнером; він суттєво впливає на економічні властивості виробу.

Цінність технічної системи створюється у процесі конструювання. До чинників, що впливають на результат цього процесу, відносяться технічні знання конструктора, тривалість конструювання, кількість учасників і складність технічної системи, що створюється.

Залежність якості проекту від кваліфікації конструкторів наведена на рис. 7.4. Залежність якості проекту від тривалості конструювання і від кількості учасників приведено на рис. 7.5. Чисельність конструкторського персоналу можна виразити кількістю грошових витрат в одиницю часу. Із рисунка видно, що з одного боку за час t_0^x якість зростає відносно поволі, з іншого – використання хвойної кількості конструкторів не забезпечує пропорційного пришвидшення робіт.

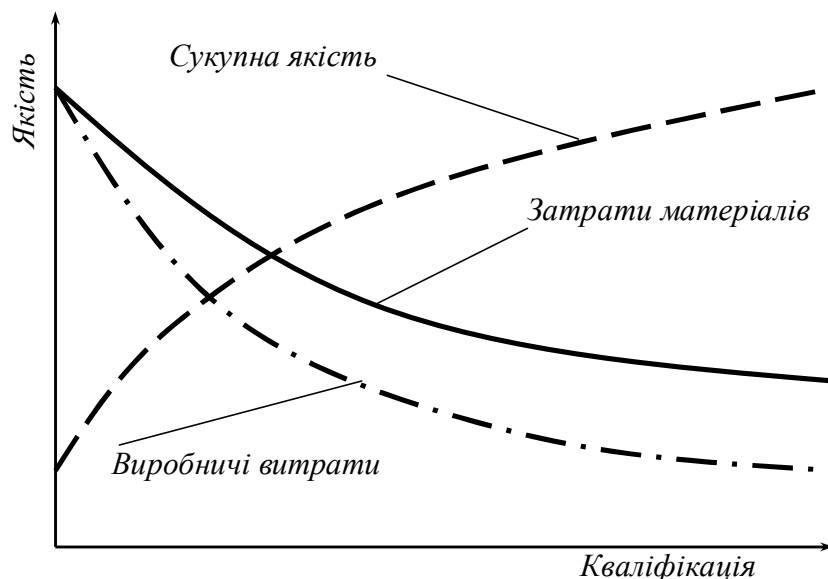


Рис. 7.4. Вплив кваліфікації конструктора на якість розробки

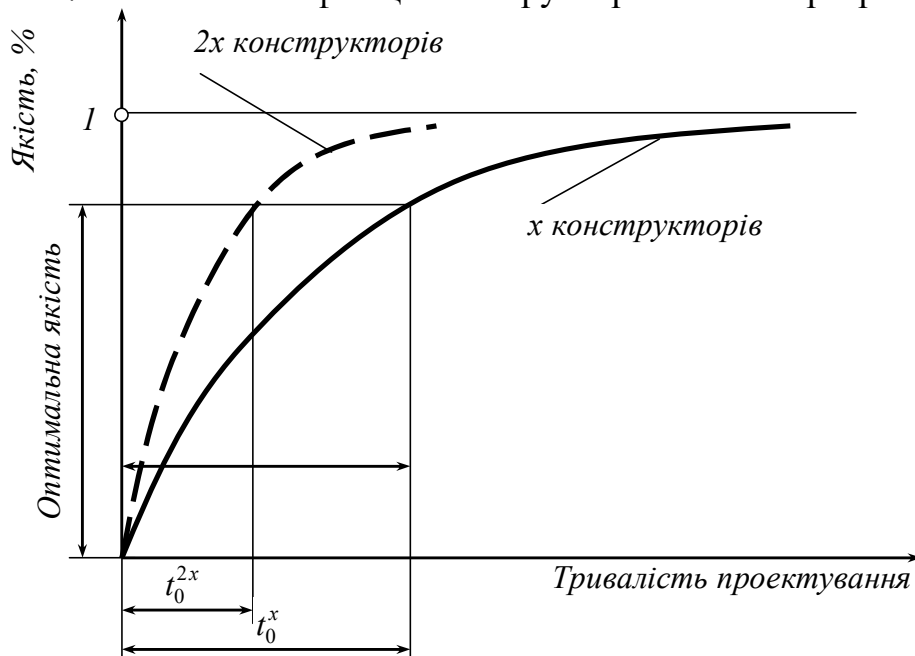


Рис. 7.5. Залежність якості проекту від тривалості процесу конструювання і кількості конструкторів

Графік 7.5. підходить лише для добре підбраного й організованого конструкторського колективу, який має певний об'єм спеціальних знань. Для іншого колективу графік виглядав би інакше; так наприклад, для більш слабого колективу відстань між кривою і асимптотою ідеального вирішення по графіку було б значно більшою, а нахил кривої менш крутим. Будь-яке удосконалення існуючої технічної системи повинне переслідувати отримання нових властивостей або досягнення більш високих рівнів існуючих властивостей.

Конструкторські роботи можуть визначальним чином впливати на собівартість виробу (рис. 7.6).

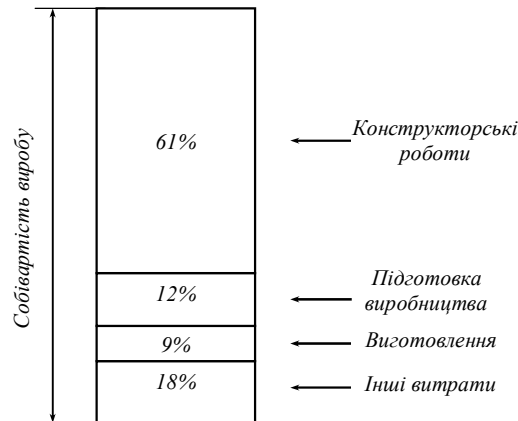


Рис. 7.6. Приблизний розподіл витрат при одиничному виробництві складних виробів

Висновки по розділу 7

1. Властивість як категорія, що визначає кожний об'єкт і що відноситься до його суті, займає центральне місце в теорії технічних систем.
2. Для того, щоб технічну систему можна було використати, вона повинна виконувати робочу функцію і володіти іншими властивостями з певним рівнем їх втілення. Деякі з цих властивостей забезпечують виконання робочої функції, а інші характеризують виріб в інших відношеннях.
3. Впорядкування властивостей здійснюється шляхом їх класифікації.
4. Будь-яка технічна система володіє численними властивостями незалежно від того, чи створювалися вони свідомо відповідно до поставлених вимог чи ні.
5. Розробці технічної системи передують формулювання вимог, що визначають її бажані властивості.
6. Властивості технічної системи можна класифікувати з різних точок зору. Найважливішими категоріями властивостей є зовнішні (споживчі) і внутрішні (конструктивні) властивості.
7. Зовнішні властивості залежать від внутрішніх конструктивних ознак і конструктивних властивостей.

Питання для самоперевірки:

1. Загальні ознаки технічних систем.
2. Класифікація властивостей за способом їх встановлення.
3. Класифікація властивостей за причинним зв'язком.
4. Класифікація властивостей за функціональною залежністю.
5. Класифікація властивостей за можливістю кількісної оцінки.
6. Класифікація властивостей за значенням.
7. Класифікація властивостей за фізичною суттю.
8. Класифікація властивостей за потребою в конструкторській роботі.
9. Функціонально обумовлені властивості технічних систем.
10. Виробничі властивості технічних систем.

РОЗДІЛ 8

ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Можливі три схеми оцінки, які характеризуються питаннями, наведеними в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Схеми оцінки		
Схема	Оцінюваний об'єкт	Тип оціночного питання
I	Реалізована технічна система	Яка технічна система?
II	Постановка задачі (перелік вимог) і варіант вирішення або зразок	Чи відповідає технічна система (модель) даний постановці питання?
III	Постановка задачі і різні можливі рішення, які технічно відповідають постановці задачі	Яке рішення краще (оптимальне)?

Оцінка здійснюється двома способами:

- інтуїтивно;
- об'єктивно, тобто на основі визначальних критеріїв.

Інтуїтивна оцінка, не дивлячись на суб'єктивність, не може бути повністю відкинута. Вона визначається не лише суб'єктивними відчуттями, але часто і довголітнім досвідом, тому необхідно систематично розвивати навички інтуїтивних оцінок. Це особливо важливо при недостатньо повній інформації, що характерно для початку процесу проектування.

Оцінка може проводитись по схемах (рис. 8.1). У процесі оцінки виконують такі операції:

- вибір узагальненого показника;
- вибір критеріїв оцінки (властивостей);
- визначення критеріальних оцінок;
- перетворення оцінок в узагальнений показник.

Визначимо деякі поняття і пояснимо проблематику цих операцій.

а) Для об'єктивної оцінки повинні бути вибрані визначаючі критерії. При цьому звичайно виходять з того, що технічна система володіє цінністю, яку потрібно встановити. Цінність системи визначається тим, які потреби вона задовольняє і якою мірою. Залежно від точки зору, з якої оцінюється система, можливі різні різновиди цінності.

- Технічна цінність визначає сукупність (вектор) якостей технічних властивостей даної технічної системи. Це властивості функціонування, обслуговування і виробництва. Сюди можна віднести також технологічність і конструктивні властивості

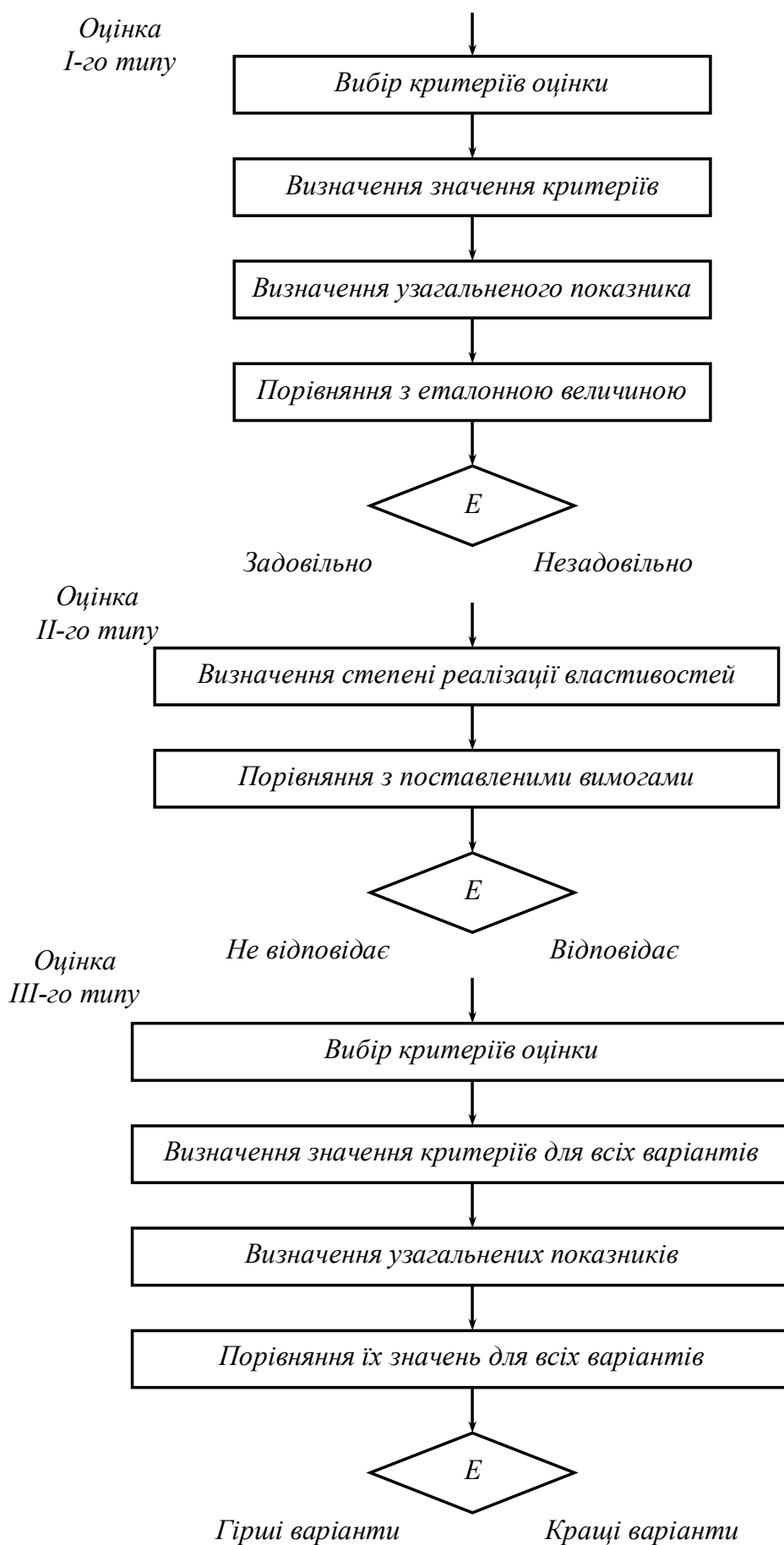


Рис. 8.1. Схеми оцінки

- Економічна цінність – сума (вектор) якостей економічних властивостей. Аналогічним чином можна визначити ергономічну, естетичну і інші види цінностей, що відповідають категоріям властивостей.
- Споживача цінність охоплює зовнішні властивості виробів, які задовольняють потреби людей.
- Сукупна цінність є самим загальним показником, що враховує цінності всіх класів властивостей даного виробу.

Вказані вище показники можна назвати „абсолютними”. Окрім них можна встановити цілий ряд відносних показників. Для цього потрібно визначити „ідеальний виріб” як носій ідеальних властивостей. Тоді відносним показником цінності буде відношення дійсної цінності до цінності ідеального виробу. В якості відносних можна використовувати й інші показники, такі як економічна ефективність.

б) Важливим етапом оцінювання є вибір критеріїв, тобто визначальних властивостей системи. Такий вибір повинен забезпечувати достатню повноту розгляду системи. Це загальне правило, проте у багатьох випадках доводиться йти на розумні обмеження, оскільки велика кількість вибраних для оцінювання властивостей призводить до зниження осяжності. Вибір властивостей повинен проводитися з урахуванням можливості їх кількісної оцінки. Крім того, на вибір властивостей впливає мета оцінки, а також стадія, на якій знаходиться технічна система. Наприклад, технічна система на стадіях ескізного проекту і дослідного зразка може бути оцінена по-різному. Деяка свобода вибору критеріїв існує при першому і третьому типах оцінювання. тоді як при другому типі вибір визначається раніше сформульованими вимогами (табл. 8.1).

в) Хоча багато властивостей (критеріїв) можуть бути оцінені кількісно, все ж таки виникають труднощі, пов'язані з об'єднанням їх в узагальнений показник, оскільки різні властивості виражаються в різних одиницях. При цьому можна використовувати грошові або бальні оцінки. Такий підхід дозволяє одноманітно оцінити різнорідні властивості, що дуже важливо для отримання узагальненої оцінки.

г) Перед наступною математичною обробкою оцінок потрібно вирішити, чи достатньо для узагальненої оцінки арифметичне середнє, або слід віддати перевагу зваженому середньому, в якому врахована важливість окремих властивостей. В обох випадках йдеться про одновимірне порівняння. Багатовимірне уявлення отримується при використанні середніх геометричних. В цьому випадку узагальнену оцінку можна представити як площу багатокутника або об'єм многогранника, лінійними розмірами якого є оцінки окремих властивостей.

Узагальнену оцінку можна визначити так само, як векторну суму – радіус-вектор, компонентами якого є оцінки властивостей.

Висновки по розділу 8

1. Узагальнена оцінка сукупної цінності технічної системи визначається сумою оцінок часткових цінностей (властивостей).
2. Для оцінки властивостей системи необхідно вибрати найоб'єктивнішу одиницю вимірювань.
3. Вибрані для оцінки визначаючі властивості називаються критеріями. Вибір критеріїв є найважливішим етапом оцінювання, що забезпечує зіставлення і повноту оцінок
4. Перетворення оцінок окремих критеріїв в узагальнену оцінку можна проводити різними методами. Метод такого перетворення є один з найважливіших чинників об'єктивності оцінки.
5. На деяких стадіях становлення технічної системи важку проблему представляє правильне визначення цінностей властивостей, Об'єктивне оцінювання цінностей сприяє кращій якості узагальненої оцінки.

Питання для самоперевірки:

1. Виберіть критерії для проведення оцінки довільної технічної системи легкої промисловості.
2. Складіть алгоритм для оцінки довільної системи легкої промисловості
3. Складіть схему оцінювання довільної системи легкої промисловості.
4. Наведіть S-діаграму для визначення загальної відносної цінності виробу по його варіантах.
5. Проведіть бальну оцінку довільної технічної системи.

РОЗДІЛ 9

ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Теорій представлення технічних систем детально розглядається у науковій теорії конструювання. Одержані шляхом того або іншого представлення моделі описують окремі конструктивні властивості технічної системи, самі є системами типу „об’єкт”.

Існує багато видів і способів представлення систем. Важливими чинниками при виборі виду і способу представлення є власне об’єкт і його стан, а також призначення представлення (моделі) – повідомлення, випробування, розрахунок, аналіз, фіксація для пам’яті і т.п.

Оскільки створення і вивчення моделей часто займає багато часу, їх раціоналізації надається велика увага. Із застосуванням обчислювальної техніки в цій сфері відбулися корінні зміни, але у свою чергу виникли і нові проблеми, наприклад проблеми моделюванні з використанням ЕОМ.

В попередніх розділах були проаналізовані технічні системи, їх структури і властивості. При цьому розглядалися різні способи представлення технічних систем, в першу чергу залежно від ступеня абстрактності. Як критерій впорядкування представлень використовується ступінь абстрактності або протилежний йому ступінь повноти опису.

Представлення технічних систем можливе за допомогою графів. При цьому вузол (точка) графа позначає конструктивний елемент а відрізок (стрілка) – відношення. З’єднання двох точок (двомісне відношення) може бути направленим (стрілка) або ненаправленим.

Інший спосіб представлення – матриця зв’язків, яка описує елементи в їх функціональній взаємодії. Зображення в матричній формі і за допомогою графів можуть бути перетворенні одне в інше.

Конструктивні елементи, що є технічними системами низького рівня складності, нерідко, особливо в машинобудуванні, дуже багатоманітні, переважно формою і розмірам. Традиційні графічні методи представлення конструктивних елементів добре відомі. Проте створенні нові методи, придатні для роботи з ЕОМ. Це знов акцептує увагу на системному підході З точки зору геометрії тіло можна розглядати як систему точок, ребер, поверхонь або елементарних форм. Виходячи з цього, можуть бути розглянуті наступні моделі:

а) лінійна модель, яка описує конструктивний елемент за допомогою ліній і точок (як в кресленні). Ця модель не дозволяє задовільно передати форму, оскільки вона неоднозначна, не створює просторового ефекту і допускає безглузді форми;

б) площинна модель, що є системою поверхонь деталі. Поверхнями можна однозначно описати заготовку;

в) об’ємна модель – впорядкована сукупність елементарних тіл певної форми. Таке модельне представлення геометрично повністю відповідає

дійсності і дозволяє створити різноманітні конструктивні елементи шляхом різноманітних комбінацій елементарних тіл.

Висновки по розділу 9

1. Представлення технічної системи — це її моделі, в яких враховуються ті або інші конструктивні властивості (конструктивні ознаки).

2. Залежно від виду, кількості і ступеня врахування конструктивних властивостей представлення можуть розрізнятися ступенем абстрактності (ступенем деталізації).

3. Існуючими способами і прийомами можуть бути побудовані будь-які моделі будь-яких технічних систем.

4. Представлення технічної системи звичайно служить певній меті. Залежно від мети вибирається спосіб представлення технічної системи.

Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте способи зображення технічних систем.
2. Зобразіть довільну технічну систему за допомогою графа.
3. Зобразіть ієрархічну структуру довільної технічної системи.
4. Зобразіть лінійну модель довільного конструктивного елементу.
5. Зобразіть просторову модель довільного конструктивного елементу.
6. Зобразіть об'ємну модель довільного конструктивного елементу.

РОЗДІЛ 10

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

При створенні нових технічних систем разом з новими методами виготовлення, новими матеріалами і новими технічними рішеннями використовується накопичений минулому досвід. Крім того, додаються зусилля до поліпшення властивостей вже існуючих виробів і створюються нові вироби, які повинні задовольняти потребам людей. На рис. 10.1 показані відношення в макросистемі суспільство – економіка – наука і техніка, а на рис. 10.2 – співвідношення темпів розвитку науки, техніки і виробництва.

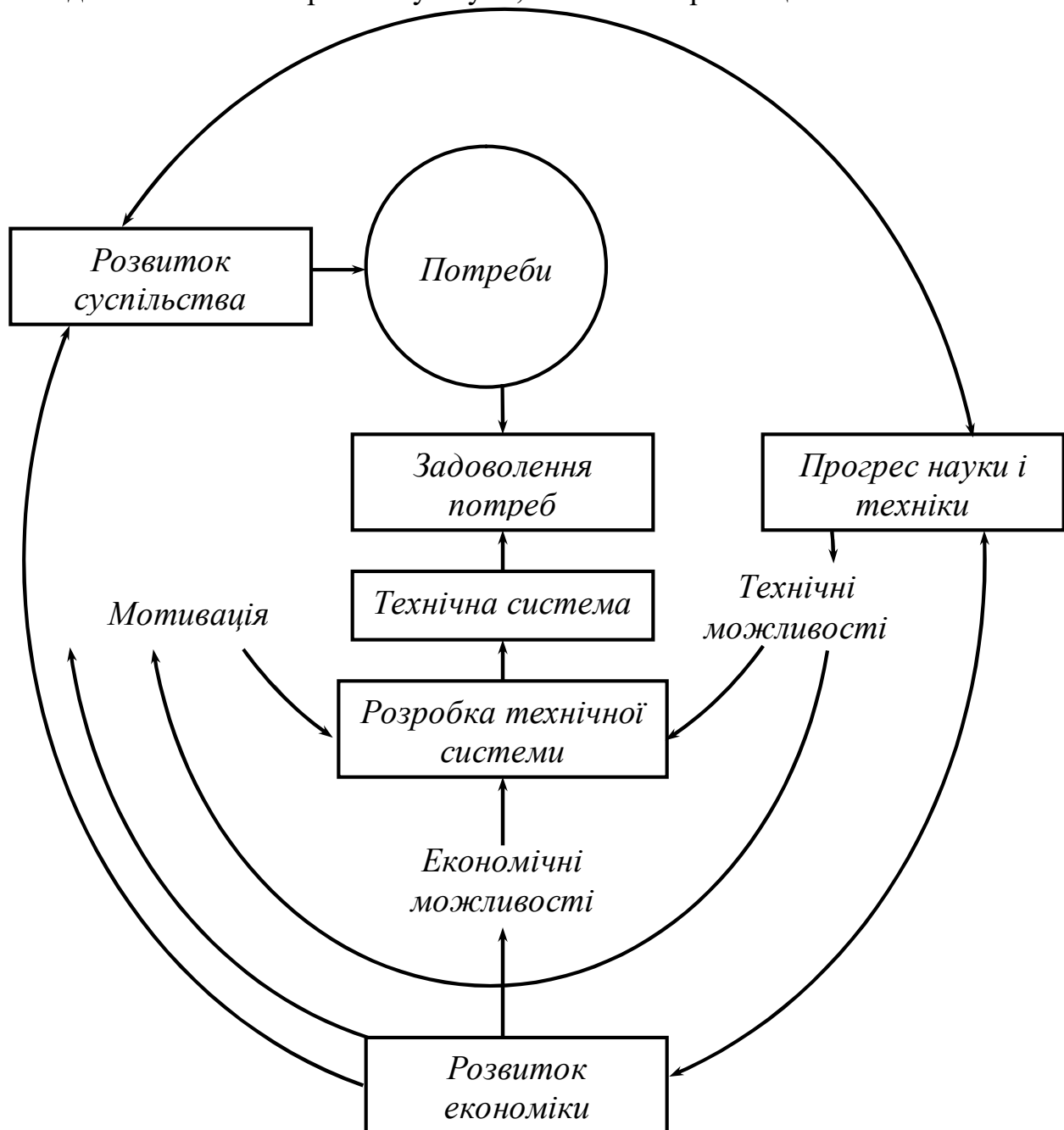


Рис. 10.1. Відношення в макросистемі суспільство – економіка – наука і техніка

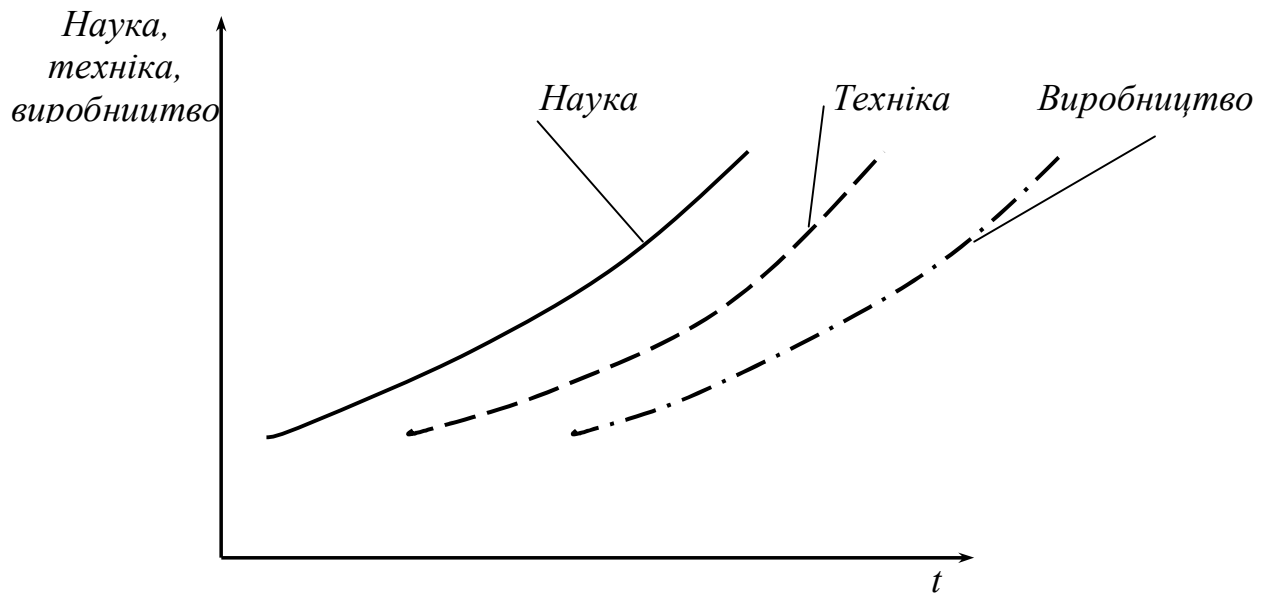


Рис. 10.2. Темпи розвитку науки, техніки і виробництва

З розвитком науки з'являються нові знання, які дозволяють розробити нові матеріали, технічні рішення і використовувати їх для створення нового технологічного устаткування (об'єктів техніки). Нова техніка впроваджується у виробництво з метою підвищення його ефективності. Звідси очевидно, що темпи розвитку науки повинні випереджувати темпи розвитку техніки і виробництва.

Освоєння нового виробу або технологічного процесу є, як правило, результатом великої попередньої діяльності, що включає наукові дослідження, наукове прогнозування, патентний пошук, порівняння з кращими зразками передових вітчизняних підприємств і зарубіжних фірм, попередній розрахунок економічної ефективності, капітальних витрат. Найбільший економічний ефект дають нові вироби або технологічні процеси, розроблені на основі фундаментальних досліджень, принципово нових наукових ідей і напрямів, технічних рішень, захищених охоронними документами (авторськими свідоцтвами або патентами).

Важливу роль в підвищенні ефективності інженерної діяльності і її творчих результатів при пошуку нових технічних рішень відіграють знання закономірностей розвитку технічних систем, уміння їх аналізувати і використовувати для виявлення резервів їх розвитку, визначення доцільності вдосконалення або створення принципово нових технічних систем.

Закономірності розвитку техніки повинні допомагати знаходити відповіді на ряд питань, які можуть виникати у творчо працюючих конструкторів, інженерів, технологів. Це наступні питання:

1. Як для певного класу технічних систем і техніки в цілому відбувається прогресивна конструктивна еволюція, тобто як з часом змінюються функціональна структура, принцип дії і технічне рішення?

2. Як з часом змінюються продуктивність праці і інші критерії прогресивного розвитку певного класу технічних систем?
3. Як зростають з часом потреби і відповідні їм функції технічних систем в значенні різноманітності і кількісної характеристики?
4. Як зростає з часом різноманітність технічних систем, що мають однакові або близькі функції, а також різноманітність технічних систем в галузі?
5. Як зростає з часом складність технічних систем?
6. Як ростуть з часом витрати енергії, матеріалів і інформації з розрахунку на одну людину?

Як приклад, що відображає закономірності розвитку технічної системи, розглянемо динаміку розвитку швейної машини (рис. 10.3):

- кінець XVI в. – винайдено пристрій для утворення одониткових ланцюжкових стібків (Англія, Чи Уільям);
- 1755 р. – створена швейна машина з вушком посередині, яка копіювала принцип ручного утворення стібка (Німеччина, Карл Вейзенталь);
- 1790 р. – одержаний патент на швейну машину для виготовлення виробів з шкіри (чоботи), в якій використовувалися транспортування матеріалу і регулятор довжини стібка; отвори заздалегідь проколювалися шилом (Англія, Томас Сент);
- 1808 р. – створена перша швейна машина для кравця (Англія, Д. Пірі). У всіх цих машинах використовувався принцип повного протягування голки разом з ниткою крізь матеріал;
- 1834 р. – розроблена перша швейна машина човникового стібка, в якій застосовувалася голка з вушком на загостреному кінці і використовувалися верхня і нижня нитки (США, Уолтер Хантів);
- 1844-1845 рр. – в результаті ряду удосконалень створена стабільно працююча швейна машина із швидкістю сточування порядку 300 стібків в хвилину (США, Еліус Хоу);
- в 1845-1850 рр. в Англії, Франції, США з'явилися швейні машини, які були доведені практично до сучасного вигляду. Заснована фірма „Зінгер” для виробництва побутових швейних машин. Створена машина двохниткового ланцюжкового стібка (США, Гробер і Бекер);
- в 1850-1860 рр. здійснювалося подальше удосконалення швейних машин (Англія, Томас Ейт; Німеччина, Віллі Пфафф і Швеція, Хуськварна). В 1877 р. швейні машини з'явилися в Азії і Японії; в кінці XIX в. – в Німеччині з'явилися нові фірми по виробництву швейних машин: „Штробель” – машини потайного стібка і „Пфафф”, „Адлер”, „Дюркопп” – різні види машин;
- 1900 р. – в Росії в с. Подольське фірмою „Зінгер” заснований завод по зборці швейних машин;
- початок XX в. – з'явилися фірми в Італії: „Рімольді” і „Некки” (швейні машини по виготовленню чоловічих сорочок);

- 1925 р. – початок розвитку швейного машинобудування в СРСР, створені Подільський механічний завод (ПМЗ) імені М. І. Калиніна; і його філіали в містах Орша, Ростов-на-Дону і Полтава;
- 1950 р. – створюються об'єднання „Текстіма” (ГДР), фірми „Панновія” (ВНР) і „Мінерва” (ЧССР);
- 1950 г. – стрибок в розвитку швейного машинобудування в Японії — фірми „Джуки”, „Дмото”, „Сейко” і ін.

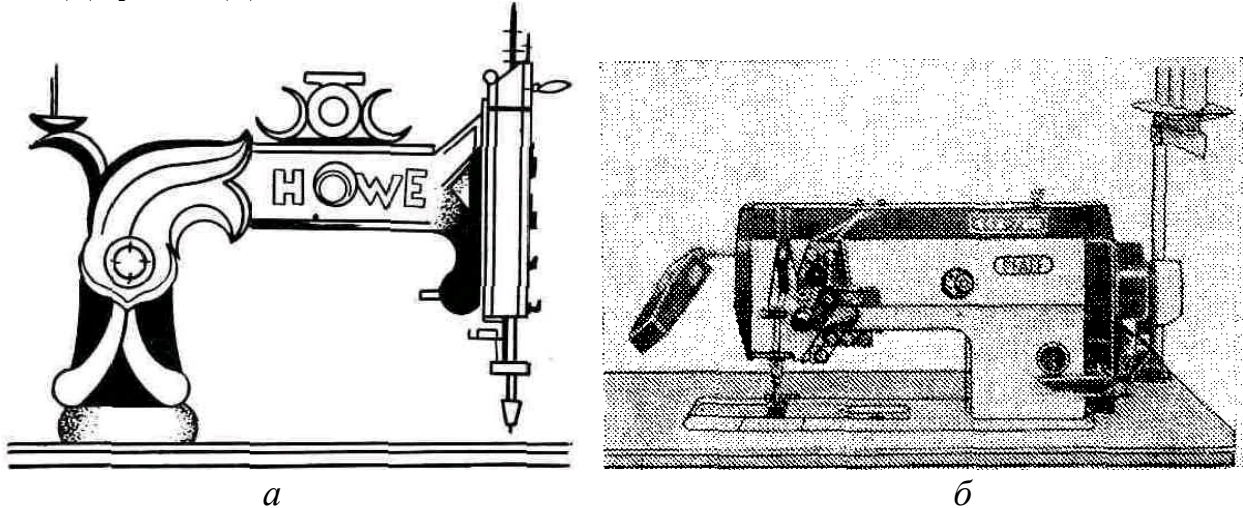


Рис. 10.3. Швейна машина 1853 р. (а) і 1988 р. (б)

В даний час більше 100 фірм випускають сучасні високошвидкісні промислові і побутові швейні машини. Кількість видів промислових швейних машин, напівавтоматів і автоматів обчислюється тисячами. Вже існують високошвидкісні швейні машини з частотою обертання головного валу до 10000 хв^{-1} . Фахівці вважають, що можливе збільшення частоти обертання головного вала досягне порядку 20000 хв^{-1} , оскільки подальше її зростання неекономічне.

„Життєвий цикл” технічної системи можна зобразити графічно у вигляді ламаної кривої (рис. 10.4), що показує, як змінюються в часі головні характеристики системи: продуктивність, потужність, швидкість і т. д. У різних систем ця крива має свої індивідуальні особливості, проте є характерні ділянки, властиві всім системам. Ділянка 1 відображає розробку системи, ділянка 2 характеризує інтенсивне вдосконалення системи. Починається її масове використання, ділянка 3 показує, що темпи розвитку системи починають спадати, відбувається старіння системи, ділянка 4 показує, що технічна система морально старіє, замінюється принципово новою технічною системою, або довгий час експлуатується, зберігаючи показники на досягнутому рівні.

Співвідношення між ділянками „життєвого циклу” технічної системи залежать від ряду чинників: термінів розробки нових машин, термінів заміни устаткування і т. д.

Наприклад, по даним дослідників, середній термін створення нових базових верстатів і машин від конструкторських розробок до промислового

упровадження триває 5-10 років. Саме ці терміни визначають моральне старіння попередніх зразків техніки.

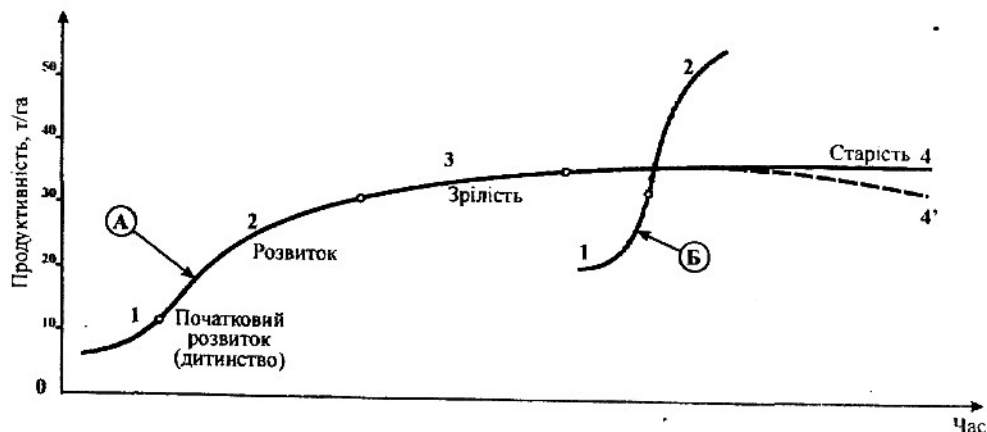


Рис. 10.4. Крива розвитку технічної системи:

А – повна крива розвитку старої технічної системи; Б – початок розвитку нової технічної системи

Якщо виходити з науково обґрунтованих норм заміни устаткування, то щорічно слід обновляти від 10 до 20% всього верстатного парку промисловості. На практиці зробити це неможливо. Наприклад, нинішня ткаля або прядильниця протягом всієї своєї трудової діяльності в кращому випадку двічі освоює нову техніку, хоча за нормами прогресу повинна робити це значно частіше.

Аналіз динаміки розвитку різних технічних систем показує, що реальні криві „життєвого циклу” відрізняються від теоретичних кривих. Причини розбіжності реальних і теоретичних кривих такі. З моменту розробки технічна система повинна поступово розвиватися до моменту переходу до її масового використання у виробництві. Насправді цей перехід до масового використання починається із запізненням і відбувається на більш низькому технічному рівні. Період швидкого розвитку технічної системи повинен був би завершитися там, де вичерпуються можливості використання закладеного в систему принципу дії і виявляється економічна недоцільність подальшого розвитку даної системи. Проте реально людям психологічно деколи важко міняти ще неначебто придатне устаткування, а на його місце ставити нове. Тому система продовжує залишатися економічно вигідною в збиток навколишньому середовищу. Потім все-таки досягається рівень фізичного зносу системи.

Тому економічне мислення повинне бути більш сміливим, оскільки застарілі машини не тільки низькопродуктивні, вони до того ж вимагають підвищених матеріальних і енергетичних ресурсів. Краще один раз замінити верстат новим, в 2-3 рази більш продуктивним, ніж двічі або тричі за цей же час замінювати його модернізованими дублерами, що дають вигрaш в продуктивності всього на 20-30 %.

Винахіднику треба знати особливості кривих „життєвого циклу” технічних систем для правильної відповіді на важливе питання: чи слід

вирішувати задачу по вдосконаленню даної технічної системи або треба поставити нову задачу і створити щось принципово нове. На рис. 10.5 відображено порівняння кривої „життєвого циклу” технічної системи і її ділянок (рис. 10.5,а) з показниками, що характеризують винахідницьку діяльність по розвитку даної системи.

Крива, зображена на рис. 10.5,б, показує зміну кількості винаходів в різні періоди „життєвого циклу” системи. Перший пік кількості винаходів відповідає періоду переходу до масового використання системи, другий обумовлений прагненням продовжити життя системи. Характер кривої, зображеної на рис. 10.5,в, показує, що перші винаходи, що створюють основу технічної системи, завжди високого рівня. Поступово цей рівень знижується. Не дивлячись на те, що перші винаходи є винаходами високого рівня, вони не дають економічного ефекту, оскільки технічна система ще тільки створюється, в ній є недоліки і недоробки. Ефект починає з'являтися тільки після переходу до масового використання системи (рис. 10.5,г). В цей період навіть невелике удосконалення приносить великий ефект.

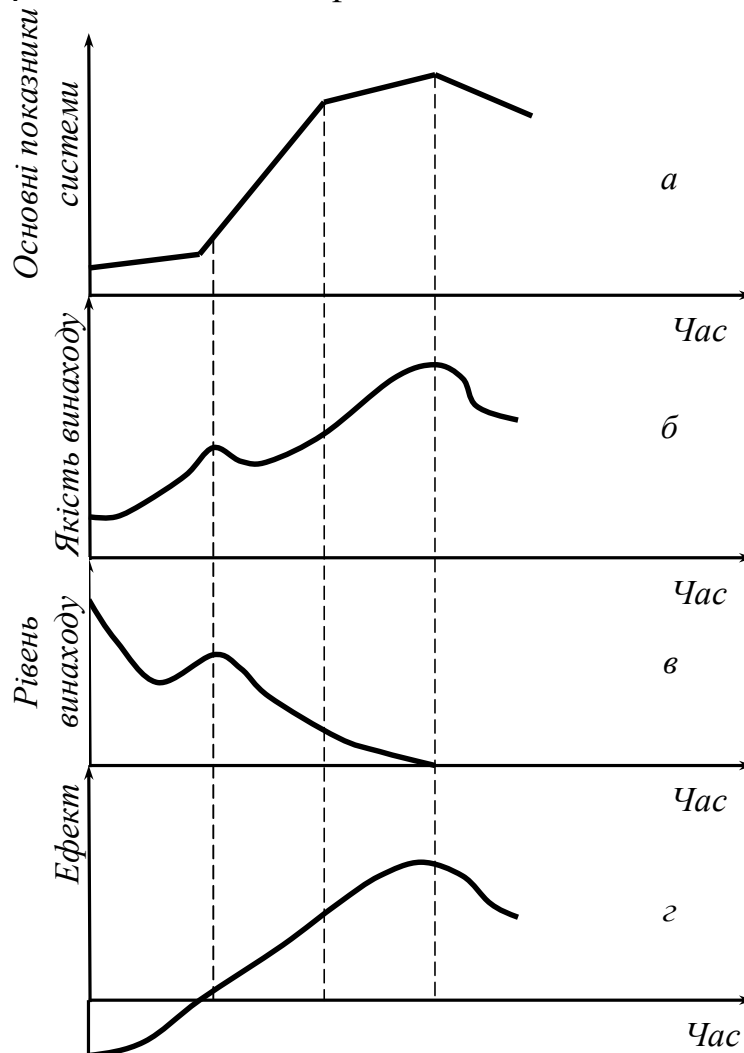


Рис. 10.5. Криві, що характеризують винахідницьку діяльність в різні періоди „життєвого циклу” технічної системи

Важливим показником є еволюція попиту на технічну систему. Для простоти аналізу цього явища приймають, що виробництво технічної системи завжди відповідає попиту на неї. Дійсна зміна попиту з часом відбувається приблизно так, як показано на рис. 10.5,а. Ця крива може бути замінена спрощеною, більш плавною, кривою (рис. 10.5,б). Попит на технічну систему навіть після розробки нових, більш ефективних, систем не завжди падає до нуля. Старі машини використовуватимуться і надалі, хоча і в менших масштабах. Наприклад, віброманекени і потужні преси не можуть повністю витіснити ручну праску. Криву попиту на технічну систему можна представити також у вигляді першої похідної попередньої кривої. В результаті виходить крива типу синусоїди (рис. 10.5,в). Природно, що реальна крива (рис. 10.5,г) не буде такою гладкою унаслідок впливу зовнішнього середовища.

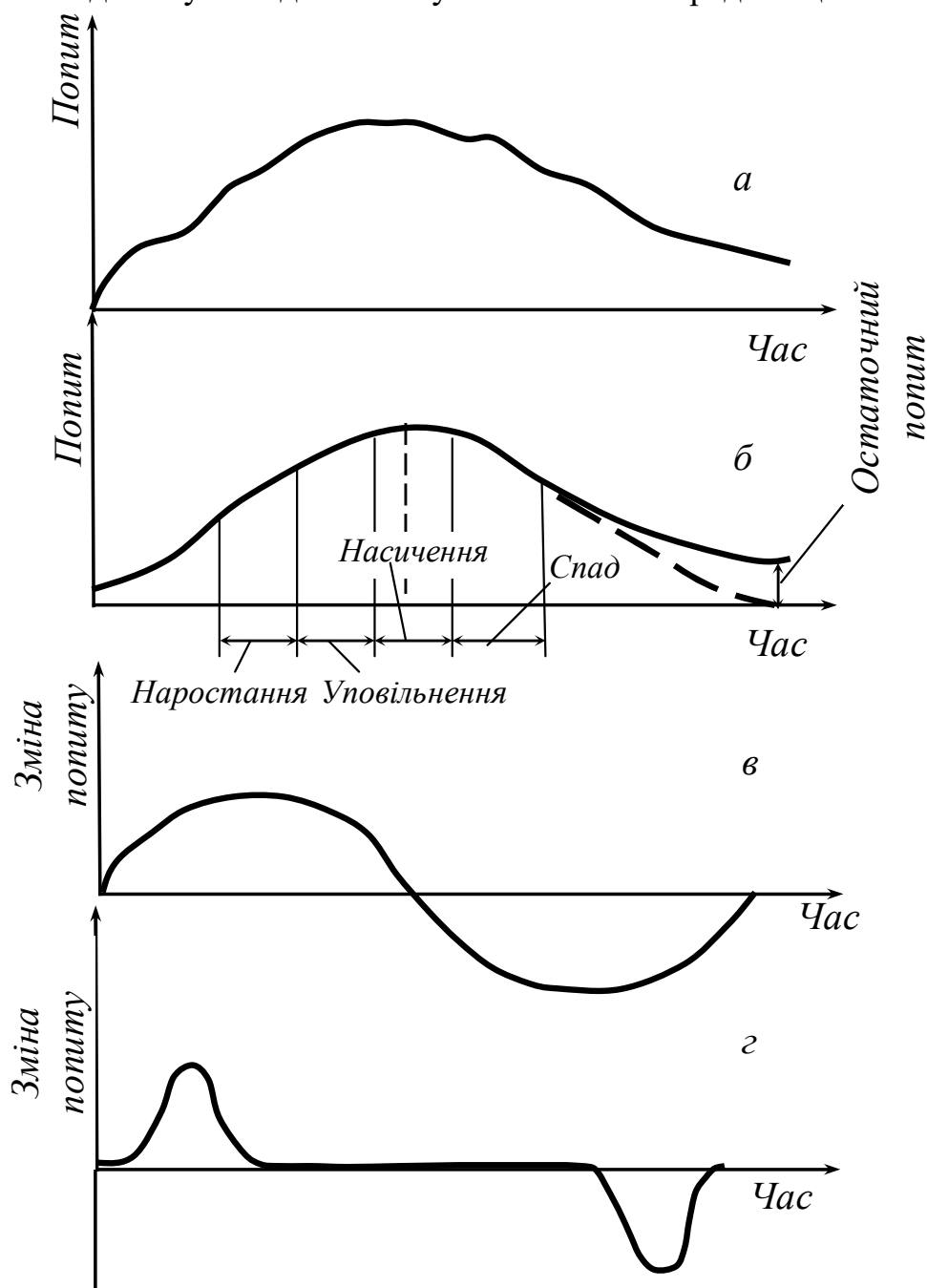


Рис. 10.6. Криві зміни попиту на технічну систему

Аналіз кривих попиту на різні об'єкти і технічні системи показує, що довжина хвилі цих кривих з часом коротшає. Таким чином, науково-технічний прогрес приводить до того, що тривалість використання виробів скорочується. З другого боку, при прискоренні випуску нових виробів амплітуда попиту на них збільшується. Звідси випливає, що необхідно прискорювати розробку нових виробів і систем.

Висновки по розділу 10

1. Розвиток техніки повинен підтримувати і гарантувати гуманні цілі суспільства. Кожний технічний адміністратор, інженер і науковець повинен усвідомлювати свій обов'язок не допускати зловживання досягненнями техніки в приватних інтересах.

2. Тенденції розвитку технічної системи можна виявити шляхом апроксимації змін її властивостей на визначених (наприклад, річних) інтервалах часу.

3. Темпи технічного розвитку постійно зростають завдяки скороченню часу розробок, експлуатаційного періоду технічних систем, підвищенню вимог до властивостей систем.

4. Розвиток технічних систем знаходиться під впливом трьох головних чинників: технічного рівня, економічного потенціалу і зацікавленості.

Питання для самоперевірки.

1. Зобразіть криву розвитку технічних систем та охарактеризуйте її основні ділянки.

2. Як підвищується технічний рівень виробу з часом?

3. Які основні фактори еволюційного процесу?

4. Які основні тенденції еволюційного процесу?

5. Наведіть приклади еволюції технічних систем легкої промисловості.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Теорія технічних систем може служити в якості:

- бази знань для розробки нових технічних систем;
- орієнтиру для вчення про конструкції;
- початкового пункту для спеціальних теорій технічних систем;
- основи для використання ЕОМ (алгоритми, системи банків даних і т.д.);
- керівництво для системи навчання;
- зв'язуючої ланки між фахівцями різного профілю;
- бази для систематичних досліджень в області історії техніки.

Мета викладання дисципліни – отримання студентами необхідних знань, умінь та навиків у питаннях комплексного аналізу технічних систем (ТС) і процесів, а саме методів дослідження, категорій і властивостей технічних систем, закономірностей розвитку технічних систем і творчого мислення, сучасних методів пошуку технічних рішень та активізації творчості, основних системи легкої промисловості.

Задача викладання дисципліни – вміти використовувати на практиці сучасні прийоми і методи науково-технічної творчості, розробляти з їх допомогою нові технічні рішення, привити навички рішень, пов'язаних з проектуванням нових ТС легкої промисловості.

Навчальна дисципліна відіграє важливу роль в реалізації освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів, вона вивчається студентами на ранній стадії їхнього навчання технічній творчості і є своєрідним вступом в обрану ними спеціальність. До складу дисципліни “Теорія технічних систем” входять такі розділи, як основні поняття систем, системи перетворень, технічний процес, структура і параметри технічних систем, класифікація технічних систем, оцінка технічних систем, закони побудови та розвитку технічних систем, моделювання, проектування, створення і використання технічних систем. Сучасна вища школа практично не має таких навчальних планів, які в процесі навчання давали б студентам повне уявлення про галузь техніки, в якій їм належить працювати, виявляючи її топологію і взаємозв'язки з іншими галузями і навколишнім світом в цілому, що сприяє формуванню гармонійно розвиненого фахівця. Теорія технічних систем відіграє в цьому відношенні важливу роль, оскільки в ній з достатньо високим ступенем узагальнення висловлюються всі основні аспекти системного підходу і дається інструмент для орієнтації в будь-якій спеціальній галузі техніки. Вона дозволяє пов'язати між собою різні навчальні курси і пояснити мету їх вивчення. Такий підхід сприятиме кращому розумінню зв'язків між окремими елементами системи навчання.

Теорія технічних систем робить зрозумілою тому, хто навчається, всю систему навчання і прояснює місце окремих дисциплін, наприклад термодинаміки як спеціальної теорії процесів в теплових машинах (спеціальному сімействі технічних систем) або теорії опору матеріалів як

загального вчення про міцність – властивості технічних систем. Теорії технічних систем дає системний огляд спеціальної проблематики і висуває взаємозв'язки між спеціальними дисциплінами на передній план.

Включення теорії в загальний курс інженерного навчання дозволяє пояснити і довести до свідомості всіх, в тому числі і неспеціалістів, суть техніки і технічних систем і таким чином зробити більш доступним і поширеним розуміння техніки як одного з основних елементів ноосфери – елементу, який створений і використовується людиною.

Розуміння історії техніки також може стати більш глибоким завдяки теорії технічних систем. Процес розвитку технічних систем стає більш зрозумілим, коли, наприклад, з'ясовується залежність зміни конструктивних ознак від чинників навколишнього середовища.

Теорія технічних систем є віддзеркаленням сучасного розвитку техніки і одним з проявів розуміння інженерами своєї ролі в сучасному суспільстві.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1. Загальні поняття про технічні системи

Перелік питань, які необхідно опрацювати:

1. Історія розвитку технічних наук і передумови виникнення теорії технічних систем. [2], стор. 8-10; [9], стор. 6-7; [10], стор. 11-14.
2. Загальна класифікація систем. [2], стор. 7-8; [9], стор. 32-33; [10], стор. 14-15.
3. Поняття “технічна система” і “машина система”. [2], стор. 8-9; [9], стор. 7-8; [10], стор. 14-15.
4. Динаміка розвитку технічних систем. [2], стор. 9-10; [10], стор. 188-189.
5. Ієрархія технічних систем на прикладі обладнання легкої промисловості. [2], стор. 10-11; [10], стор. 15-19.

Тема 2. Основні поняття теорії технічних систем

Перелік питань, які необхідно опрацювати:

1. Поняття множини й елемента. [2], стор. 13-14; [9], стор. 11-16; [10], стор. 21.
2. Призначення та структура системи. [2], стор. 13-14; [9], стор. 11-16; [10], стор. 22-23.
3. Модель системи. [2], стор. 13-14; [9], стор. 11-16; [10], стор. 25.
4. Типи систем і задач. [2], стор. 15-19; [9], стор. 11-16; [10], стор. 25-27.
5. Ієрархія опису технічної системи. [2], стор. 19-20.
6. Параметричний опис властивостей системи. [2], стор. 19-20.

Тема 3. Система перетворень

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Приклади систем перетворень в галузі легкої промисловості. [10], стор. 33-34.
2. Технічні системи як елементи системи перетворень. [2], стор. 28-29; [9], стор. 21-23; [10], стор. 36-38.
3. Операнди системи перетворень. [2], стор. 28-29; [9], стор. 21-23; [10], стор. 36-38.
4. Оператори системи перетворень. [2], стор. 28-29; [9], стор. 21-23; [10], стор. 36-38.
5. „Реальне оточення” як елемент системи перетворень. [2], стор. 28-29; [9], стор. 21-23; [10], стор. 36-38.

Тема 4. Технічний процес

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Структура моделі технічного процесу. [2], стор. 29-33; [9], стор. 23-25; [10], стор. 39-44.
2. Опис підпроцесів і операцій в моделі технічного процесу. [2], стор. 29-33; [9], стор. 23-25; [10], стор. 39-44.
3. Використання моделі технічного процесу. [2], стор. 29-33; [9], стор. 23-25; [10], стор. 44-46.
4. Структура технічного процесу. [2], стор. 33-36; [9], стор. 23-25; [10], стор. 46-48.
5. Типи операцій у технічному процесі. [2], стор. 33-36; [9], стор. 27-30; [10], стор. 48-50.
6. Оцінка технічних процесів. [10], стор. 52-57.
7. Спеціальні теорії технічних процесів. [10], стор. 58-59.

Тема 5. Технічна система

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Суть технічної системи. [2], стор. 39-41; [9], стор. 30-32; [10], стор. 60-61.
2. Спосіб дії в технічній системі. [10], стор. 62-63.
3. Призначення і структура технічної системи. [2], стор. 39-41; [9], стор. 30-32; [10], стор. 60-63.
4. Модель технічної системи. [10], стор. 65-70.
5. Класифікація технічних функцій. [10], стор. 70-72.
6. Декомпозиція технічних функцій. [10], стор. 72.
7. Побудова функціональної структури. [10], стор. 73-74.
8. Функціональна структура технічної системи. [2], стор. 44-45; [9], стор. 32-36; [10], стор. 70-74.
9. Органоструктура технічної системи. [2], стор. 44-45; [9], стор. 32-36; [10], стор. 74-78.
10. Конструктивна схема технічної системи. [2], стор. 45-48; [9], стор. 32-36; [10], стор. 78-83.
11. Границя і оточення технічної системи. [10], стор. 86-87.

Тема 6. Класифікація технічних систем

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Класифікація технічних систем за функціями. [2], стор. 53-54; [9], стор. 30-32; [10], стор. 91-92.

2. Класифікація технічних систем за принципом дії. [2], стор. 53-54; [9], стор. 30-32; [10], стор. 93.
3. Класифікація технічних систем за ієрархічним рівнем складності. [2], стор. 54-57; [9], стор. 30-32; [10], стор. 93-95.
4. Класифікація технічних систем за способом виготовлення. [10], стор. 95-96.
5. Класифікація технічних систем за ступенем конструктивної складності. [10], стор. 96-98.
6. Класифікація технічних систем за ступенем абстрактності. [2], стор. 61-62.
7. Класифікація технічних систем за ступенем типу операнда. [10], стор. 101.

Тема 7. Властивості технічних систем

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Загальні признаки технічних систем. [10], стор. 107.
2. Співвідношення між властивостями технічних систем. [2], стор. 63-69; [9], стор. 42-49; [10], стор. 138-140.
3. Необхідні властивості технічних систем. [2], стор. 69-70; [9], стор. 42-49; [10], стор. 146-149.
4. Функціональні та технологічні критерії розвитку технічних систем. [2], стор. 72-76
5. Економічні критерії технічних систем. [2], стор. 76-78; [9], стор. 42-49; [10], стор. 107-138.
6. Ергономічні, екологічні та естетичні критерії технічних систем. [2], стор. 78-80; [9], стор. 42-49; [10], стор. 107-138.
7. Встановлені властивості і їх відношення. [9], стор. 42-49; [10], стор. 140-146.

Тема 8. Оцінка технічних систем

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Вибір критеріїв при проведенні оцінки. [2], стор. 80-83; [9], стор. 42-49; [10], стор. 152-156.
2. Алгоритми оцінювання технічних систем. [2], стор. 80-83; [9], стор. 42-49; [10], стор. 152-156.
3. Схеми оцінювання технічних систем. [2], стор. 80-83; [9], стор. 42-49; [10], стор. 152-156.
4. S-діаграма для визначення загальної відносної цінності виробу по його варіантам. [2], стор. 80-83; [9], стор. 42-49; [10], стор. 152-156.

Тема 9. Представлення технічних систем

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Способи представлення технічної системи. [2], стор. 19-20; [10], стор. 159-160.
2. Способи представлення конструктивних елементів технічної системи. [2], стор. 19-20; [10], стор. 160-161.
3. Зображення структури технічної системи за допомогою графа. [2], стор. 19-20; [10], стор. 160-161.
- 4.

Тема 10. Закономірності розвитку технічних систем

Питання, які необхідно опрацювати:

1. Підвищення технічного рівня виробу з часом. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 177-182.
2. Еволюція попиту на технічну систему. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 182-184.
3. Фактори еволюційного процесу. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 184-187.
4. Тенденції технічного розвитку. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 188-192.
5. Управління процесом технічного розвитку. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 192-194.
6. Мотивація досліджень і розробок. [2], стор. 20-25; [9], стор. 49-57; [10], стор. 194.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Поділ систем за походженням:
 - 1.1. хімічні та фізичні
 - 1.2. віртуальні та реальні
 - 1.3. дійсні та уявні
 - 1.4. природні та штучні
 - 1.5. фізичні та механічні
2. Поділ систем за зв'язками з оточенням:
 - 2.1. відкриті і замкнуті
 - 2.2. розімкнуті і зімкнуті
 - 2.3. відкриті та закриті
 - 2.4. комбінаторні і секвентивні
 - 2.5. складні та прості
3. Типи систем за зміном стану:
 - 3.1. динамічного стану
 - 3.2. статичного стану
 - 3.3. нерухомі і рухомі
 - 3.4. динамічні і статичні
 - 3.5. статодинамічні
4. Типи систем за характером функціонування:
 - 4.1. детерміновані
 - 4.2. стохастичні
 - 4.3. комбінаторні
 - 4.4. відповіді 2, 3 вірні
 - 4.5. відповідь 1, 2 вірні
5. Кореляція – це ...
 - 5.1. фізична модель відношень між двома об'єктами
 - 5.2. логічне об'єднання систем
 - 5.3. математична модель відношень в узагальненій формі
 - 5.4. математична модель відношень між системами
 - 5.5. еквівалентність об'єктів
6. Операнд – це...
 - 6.1. активний елемент системи
 - 6.2. пасивний елемент система
 - 6.3. відомий елемент системи
 - 6.4. невідомий елемент системи
 - 6.5. розв'язок системи
7. Класи операндів технічного процесу:
 - 7.1. живі істоти
 - 7.2. матерія
 - 7.3. енергія
 - 7.4. інформація
 - 7.5. всі правильні

8. Операції бувають таких типів:
 - 8.1. обслуговування
 - 8.2. підготовка
 - 8.3. відповіді 1, 2 вірні
 - 8.4. опрацювання
 - 8.5. переналагодження
9. Як можна представити технічні процеси:
 - 9.1. У формі блок-схеми, графа, часової діаграми, математичним описом і словесним описом.
 - 9.2. У формі блок схеми, часової діаграми, графічною моделлю, математичним описом.
 - 9.3. Математичним описом, ескізом опису, словесно.
 - 9.4. У формі тільки блок-схеми.
 - 9.5. Тільки математичним описом.
10. Найважливішими елементами системи перетворення є...
 - 10.1. математичні моделі
 - 10.2. графічні системи
 - 10.3. технічні системи
 - 10.4. системи алгоритмів
 - 10.5. усі відповіді правильні
11. Функціональна структура – це...
 - 11.1. функціональне впорядкування між елементами системи
 - 11.2. функціональне впорядкування систем
 - 11.3. впорядкована сукупність систем і відношень між ними
 - 11.4. впорядкована сукупність функцій і відношень між ними
 - 11.5. впорядкована сукупність функцій без зв'язку між ними
12. Технічні системи класифікують за ознаками:
 - 12.1. за функцією
 - 12.2. за типом операнда
 - 12.3. за принципом здійснення робочої дії
 - 12.4. за способом виготовлення
 - 12.5. усі відповіді правильні
13. Технічні системи розрізняються за ознаками:
 - 13.1. за формою вводу
 - 13.2. за способом впорядкування
 - 13.3. за матеріалом
 - 13.4. всі вірні
 - 13.5. всі невірні
14. На які основні групи поділяються елементи технічних систем:
 - 14.1. експортовані
 - 14.2. імпортовані
 - 14.3. такі, що поставляються або власного виробництва
 - 14.4. відповіді 1, 2 вірні

- 14.5. усі невірні
- 15. Технічні системи за ступенем оригінальності конструкції бувають:
 - 15.1. оригінальні
 - 15.2. не оригінальні
 - 15.3. новітньо-технологічні системи
 - 15.4. модифіковані технічні системи
 - 15.5. закордоння технологічні системи
- 16. Класифікація технічних систем за типом виробництва:
 - 16.1. прототипного виробництва
 - 16.2. одиничного, масового виробництва
 - 16.3. серійного, корпоративного виробництва
 - 16.4. масового, серійного, корпоративного виробництва
 - 16.5. масового, одиничного, корпоративного виробництва
- 17. Технічні системи можна класифікувати за...
 - 17.1. ступенем абстрактності
 - 17.2. типом операндів
 - 17.3. місцем у технічному процесі
 - 17.4. відповіді 1, 2 вірні
 - 17.5. 1, 2, 3 вірні
- 18. Ниткові шви класифікуються за основними ознаками:
 - 18.1. з'єднувальні, краєві, оздоблюючі
 - 18.2. зточні, надстрічні, накладні, кетельні
 - 18.3. окантовочні, оздоблюючі
 - 18.4. рельєфні, краєві, накладні
 - 18.5. краєві, кетельні, зточні, рельєфні, накладні, окантовочні
- 19. За принципом походження системи поділяються:
 - 19.1. природні, штучні, технічні, біологічні, хімічні
 - 19.2. біологічні, неорганічні, суспільні
 - 19.3. машинні, електричні, будівельні
 - 19.4. природні, штучні
 - 19.5. відповіді 1, 2, 3 вірні
- 20. Категорії властивостей технічних систем:
 - 20.1. опосередковані властивості
 - 20.2. неопосередковані властивості
 - 20.3. штучні і реальні
 - 20.4. внутрішні та зовнішні
 - 20.5. опосередковані і неопосередковані властивості
- 21. Класифікації технічних систем за причинним зв'язком:
 - 21.1. вхідні, вихідні що діють
 - 21.2. вихідні, що діють
 - 21.3. вхідні, що не діють
 - 21.4. вхідні, що діють, функції
 - 21.5. вхідні, вихідні що не діють
- 22. Класифікація властивостей технічних систем за їх кількісним визначенням:

- 22.1. ті, що визначаються різними математичними способами
- 22.2. ті, що визначаються кількісними способами
- 22.3. ті, що визначаються або не визначаються
- 22.4. ті, що визначаються дослідно
- 22.5. всі відповіді невірні
- 23.Зв'язки в механічних системах бувають:
 - 23.1. склерономні
 - 23.2. реономні
 - 23.3. голономні
 - 23.4. всі відповіді вірні
 - 23.5. всі відповіді не вірні
- 24.Розрізняють наступні види моделей:
 - 24.1. символічні
 - 24.2. аналогічні
 - 24.3. іконічні
 - 24.4. бконічні
 - 24.5. відповіді 1, 3 вірні
- 25.Оцінка технічних систем здійснюється:
 - 25.1. інтуїтивно
 - 25.2. об'єктивно
 - 25.3. інтуїтивно й об'єктивно
 - 25.4. мозковою атакою
 - 25.5. об'єктивно й алгоритмічно
- 26.Структура теорії технічних систем містить такі основні положення:
 - 26.1. система понять, система перетворень, технічний процес як елемент системи перетворень
 - 26.2. система визначень, розробок
 - 26.3. створення нових систем
 - 26.4. еволюція і деградація технічних систем
 - 26.5. всі відповіді невірні
- 27.Типи систем і задач, за положенням системи в ієрархії:
 - 27.1. система, підсистема, надсистема
 - 27.2. системи типу "Об'єкт"
 - 27.3. природні системи
 - 27.4. прості системи, складні, дуже складні неприродного походження
 - 27.5. прості системи, складні, дуже складні природного походження
- 28.Типи систем і задач, за зв'язками з оточенням:
 - 28.1. відкриті, закриті, ототожнені
 - 28.2. відкриті, замкнуті
 - 28.3. взаємодіючі з навколишнім середовищем
 - 28.4. які не взаємодіють з навколишнім середовищем
 - 28.5. усі відповіді вірні
- 29.Типи систем і задач, за характером функціонування:

- 29.1. детерміновані, стохастичні, тетроїдні
- 29.2. тетроїдні, детерміновані
- 29.3. тетроїдні, стохастичні
- 29.4. детерміновані, стохастичні
- 29.5. ортодоксальні
- 30. Типи систем і задач, за типом елемента:
 - 30.1. невиражені, виражені
 - 30.2. визначені, невизначені
 - 30.3. конкретні, абстрактні
 - 30.4. явні, неявні
 - 30.5. уявні, дійсні
- 31. Типи систем і задач, за походженням:
 - 31.1. технологічні
 - 31.2. природні, штучні
 - 31.3. природні, синтезовані
 - 31.4. біомеханічні
 - 31.5. всі відповіді невірні
- 32. Типи систем і задач, за ступенем складності структури:
 - 32.1. складні
 - 32.2. прості
 - 32.3. дуже складні
 - 32.4. гранично складні
 - 32.5. всі відповіді вірні
- 33. Типи систем і задач, за видом елементів:
 - 33.1. системи типу об'єкт
 - 33.2. системи типу процес
 - 33.3. системи типу суб'єкт
 - 33.4. відповідь 1, 3 правильна
 - 33.5. відповідь 1, 2 правильна
- 34. Задача чорного ящика:
 - 34.1. визначити систему
 - 34.2. визначити результат
 - 34.3. визначити характер функціонування
 - 34.4. визначити вихідні параметри
 - 34.5. проаналізувати інформацію
- 35. Задача синтезу:
 - 35.1. визначити характер функціонування
 - 35.2. визначити вихідні параметри
 - 35.3. визначити вхідні параметри
 - 35.4. визначити структуру, яка не задовольняє поставлені вимоги
 - 35.5. визначити структуру, яка задовольняє поставлені вимоги
- 36. Задача вимірювання:
 - 36.1. виміряти параметри сит теми
 - 36.2. визначити параметри системи

- 36.3. визначити характер функціонування системи
- 36.4. визначити вхідні параметри
- 36.5. визначити вихідні параметри
- 37. Задача аналізу:
 - 37.1. визначити вхідний фактор
 - 37.2. визначити об'єкт
 - 37.3. визначити "чорний ящик"
 - 37.4. визначити вихід
 - 37.5. усі відповіді невірні
- 38. Рефлексивність – це коли...
 - 38.1. кожний об'єкт еквівалентний самому собі
 - 38.2. кожний об'єкт нееквівалентний самому собі
 - 38.3. кожний об'єкт еквівалентний іншому
 - 38.4. кожний об'єкт нееквівалентний іншому
 - 38.5. відповіді 1, 3 вірні
- 39. Симетричність – це коли...
 - 39.1. кожний об'єкт еквівалентний самому собі
 - 39.2. кожний об'єкт нееквівалентний самому собі
 - 39.3. кожний об'єкт еквівалентний іншому
 - 39.4. кожний об'єкт нееквівалентний іншому
 - 39.5. відповіді 1, 4 вірні
- 40. Транзитивність – це коли...
 - 40.1. кожні два об'єкти еквівалентні між собою, і еквівалентні третьому
 - 40.2. кожні два об'єкти нееквівалентні між собою, і нееквівалентні третьому
 - 40.3. кожний об'єкт нееквівалентний іншому, і еквівалентні третьому
 - 40.4. об'єкти нееквівалентні
 - 40.5. відповіді 1, 4 вірні
- 41. Кореляція – це ...
 - 41.1. система технічних моделей і відношень між ними
 - 41.2. механічна модель відношень в узагальненій формі
 - 41.3. система технічних моделей, які еквівалентні між собою
 - 41.4. математична модель відношень в узагальненій формі
 - 41.5. технічна модель, що взаємодіє з математичною моделлю
- 42. Просторові відношення характеризують:
 - 42.1. взаємне положення елементів потоку в просторі
 - 42.2. взаємне положення елементів потоку на площині
 - 42.3. положення елемента потоку відносно інших елементів
 - 42.4. положення елемента потоку відносно системи
 - 42.5. всі відповіді неправильні

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hubka V. Teoriya tehniceskikh sistem. M.: Mir, 1987. 210 s.
2. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. та ін. Дослідження та випробування технічних систем : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 212 с
3. Журахівський А. В., Яцейко А. Я., Дьяченко Н. Б.. Основи технічної творчості та наукових досліджень: навч. посібник /. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 380 с.
4. Кравець С.В., Нечидюк А.А., Романовський О.Л. Теорія технічних систем. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2015. 139 с.
5. Кузнецов Ю. М., Луців І. В., Дубиняк С. А. Теорія технічних систем. К. – Тернопіль, 1997. 310 с.
6. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. Посібник. К. : ТОВ «ЗМОК» - ПП «ГНОЗІС», 2004. 323 с.
7. Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач К.: ТОВ «ЗМОК» - ПП «ГНОЗІС», 2003. 294 с.
8. Кузнецов Ю. М., Новосьолов Ю. К., Луців. І. В. Теорія технічних систем: підручник. Севастополь : СевНТУ, 2011. 246 с.
9. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О.. Теорія технічних систем. К.: ЦП „КОМПРИНТ”, 2017. 291 с.
10. Сахно Є. Ю., Терещук О. І., Чуприна В. М., Коваленко С. В.. Основи системотехніки: навчальний посібник. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 280 с.
11. Севостьянов, І. В. Теорія технічних систем : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2014. 181 с.
12. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем. Монографія. К.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. 263 с.

- 13.Хелемендик М.М., Люлька Г.І., Хелемендик І.М. Теорія технічних систем АПК: Навчальний посібник. Під загальною редакцією проф.. М.М. Хелемендика. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. 196 с.
14. Чорней Н.Б., Чорней Р.К. Теорія систем і системний аналіз:навч. посібн. для студ. вищ. навч. заклад. К.: МАУП, 2005. 236 с.
- 15.Швець С.В., Швець У.С. Основи системного аналізу: навчальний посібник / С.В. Швець,. Суми: Сумський державний університет, 2017. 126 с

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Олександр ГЕРАСИМЧУК

Теорія технічних систем

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск: Олександр ГЕРАСИМЧУК

Комп'ютерна верстка: Олександр ГЕРАСИМЧУК

Підп. до друку 2023. Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .
Тираж прим.

Друк – Відділ іміджу та промоції ЛНТУ
43018 Луцьк, вул. Львівська, 75

