

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**С. Г. БОНДАРЕНКО, О. П. КОСМАЧ**

**ОСНОВИ СИСТЕМНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МАШИН**

**МОНОГРАФІЯ**

**Частина 1. Системність та створення виробу**

Чернігів 2020

УДК 621.01.001.2

Б81

Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету  
«Чернігівська політехніка» (протокол № 10 від 28.12.2020).

Рецензенти:

**П. М. Павленко**, доктор технічних наук, професор (Національний авіаційний університет);

**О. М. Чередніков**, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник (Науково-дослідний інститут Збройних сил України).

**Бондаренко С. Г.**

Б81 Основи системної технології життєвого циклу машин : монографія : у 2 ч. Ч. 1 : Системність та створення виробу / С. Г. Бондаренко, О. П. Космач ; за заг. ред. С. Г. Бондаренка. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. – 262 с.

ISBN 978-617-7932-03-0

Розглянуто основи системності та основне інформаційне наповнення системної технології етапів життєвого циклу машин як підґрунтя системного розв’язання різноманітних проектно-конструкторських технологічних, виробничих і післявиробничих завдань. Представлені основи системної технології життєвого циклу виробів можуть бути застосовані для підвищення надійності й енергоефективності механічних та електроенергетичних систем та їхніх складових.

Викладений матеріал буде корисним для наукових співробітників, здобувачів освітнього та освітньо-наукового ступеня в галузях знань 13 «Механічна інженерія» та 14 «Електрична інженерія», конструкторів, технологів та інших фахівців механоскладального виробництва відповідних галузей промисловості, розробників механічних та електричних складових автономних електроенергетичних систем, транспортного й енергетичного машинобудування тощо.

**УДК 621.01.001.2**

ISBN 978-617-7932-03-0

© С. Г. Бондаренко, О. П. Космач, 2020

© Національний університет «Чернігівська політехніка», 2020

# ЗМІСТ

Скорочення та позначення .....	2
<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ПІДҐРУНТЯ СИСТЕМНОСТІ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Поняття про систему.....	10
1.2. Види технічних систем.....	15
1.3. Способи представлення технічних систем .....	16
1.4. Властивості технічних систем .....	20
1.5. Виробнича система .....	26
1.5.1. Виробничий процес .....	32
1.5.2. Системи технологій .....	36
1.5.3. Система зв'язків виробничого процесу .....	42
1.6. Технологічна система .....	54
1.6.1. Види технологічних систем .....	57
1.7. Суперечності в системах .....	59
1.8. Психологічні бар'єри в подоланні суперечностей.....	61
1.9. Системний підхід до розв'язання проблем.....	66
1.9.1. Системний аналіз.....	67
1.9.2. Графічні методи опису проблеми .....	75
1.10. Загальні положення системної технології .....	80
Підсумки .....	83
<b>РОЗДІЛ 2. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>85</b>
2.1. Життєвий цикл виробу .....	85
2.2. Життєвий цикл технології.....	92
2.3. Комп'ютерна підтримка життєвого циклу технічної системи .....	95
2.4. Моделювання технічних систем.....	100
2.5. Функційно-вартісний аналіз технічних систем.....	103
2.6. Якість технічних систем.....	115
2.6.1. Показники якості .....	115
2.6.2. Шляхи забезпечення якості .....	120
2.7. Надійність функціонування технічних систем.....	123
2.7.1. Показники надійності.....	124
2.7.2. Оцінка надійності технологічної системи.....	127
2.7.3. Шляхи підвищення надійності .....	129
2.7.4. Надійність людино-машинних систем .....	133
Підсумки .....	136
<b>РОЗДІЛ 3. СИСТЕМНІ МАРКЕТИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>139</b>
3.1. Передпроектний маркетинг.....	141
3.2. Маркетинг на стадіях життєвого циклу виробів.....	145
3.3. Моніторинг середовища функціонування .....	146
Підсумки .....	151
<b>РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ВИРОБУ .....</b>	<b>152</b>
4.1. Генерація ідей виробу.....	152

4.2. Оцінка і відбір ідей.....	159
4.3. Задум виробу.....	162
4.4. Наукове дослідження.....	164
4.5. Інноваційна діяльність.....	166
4.6. Спроможність до нововведень.....	170
4.7. Життєвий цикл інновації.....	174
4.8. Інноваційні стратегії.....	177
Підсумки.....	180
<b>РОЗДІЛ 5. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>182</b>
5.1. Стадії проєктування.....	185
5.2. Функційне проєктування.....	196
5.3. Технічне проєктування.....	207
5.3.1. Базування в технічних системах.....	208
5.3.2. Базування деталей з'єднань.....	216
5.3.3. Формування розмірних зв'язків технічної системи.....	231
5.3.4. Розмірний аналіз технічних систем.....	244
5.3.4.1. Сутність розмірного аналізу.....	244
5.3.4.2. Визначення точності розмірних зв'язків.....	246
5.4. Ефективність розробок.....	252
Підсумки.....	254
<b>ПІСЛЯМОВА.....</b>	<b>257</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>258</b>



## Скорочення та позначення

ВС – виробнича система  
ТС – технологічна система  
ТС – технічна система  
АС – автоматизована система  
ВБ – вимірювальна база  
ВкП – виконавча поверхня  
ВП – вільна поверхня  
ГВМ – гнучкий виробничий модуль  
ГВС – гнучка виробнича система  
ДБ – допоміжна база  
ДКР – дослідно-конструкторська робота  
ЕВЗ – елементарні вимірювальні засоби  
ЕЗ – елементарний зв’язок  
ЕІН – елементарні інструментальні компоновки  
ЕО – елементарна операція  
ЕП – елементарна поверхня  
ЕТО – елемент технологічного обладнання  
ЕТП – елементарний технологічний процес  
ЖЦ – життєвий цикл  
ЖЦВ – життєвий цикл виробу  
ЖЦТ – життєвий цикл технології  
ЗП – захватний пристрій  
ІАВ – інтегроване автоматизоване виробництво  
ІТ – інформаційні технології  
КБ – конструкторська база  
КО – керуючий об’єкт  
КП – керуючий пристрій  
КР – керівне рішення  
КРЛ – конструкторський розмірний ланцюг  
ММ – математична модель  
МП – модуль поверхонь  
МПБ – модуль поверхонь базуючих  
МПЗ – модуль поверхонь з’єднуючих  
МНР – модуль поверхонь робочих  
МСВ – механоскладальне виробництво  
МТ – модульна технологія  
МТП – модульний технологічний процес  
МТС – модулі технологічного спорядження

НДР – науково-дослідна робота  
ОБ – основна база  
ОД – об’єкт діагностування  
ОК – об’єкт керування  
ОКП – оперативний календарний план  
ОМПВ – організаційно-матеріальне підготовлення виробництва  
ОПР – особа, яка приймає рішення  
ПВ – підготовлення виробництва  
ПК – персональний комп’ютер  
ПКПВ – проектно-конструкторське підготовлення виробництва  
ПР – промисловий робот  
РА – розмірний аналіз  
РІ – різальний інструмент  
РЛ – розмірний ланцюг  
РТКС – робото-технологічний комплекс складання  
САПР – система автоматизованого проектування  
САПРТП – система автоматизованого проектування технологічних процесів  
СМ – складальна машина  
СТ – системна технологія  
СЧПК – система числового програмного керування  
ТЕД – типова елементарна дія  
ТК – технологічний комплекс  
ТлПВ – технологічне підготовлення виробництва  
ТО – технічне обслуговування  
ТП – технологічний процес  
ТРЛ – технологічний розмірний ланцюг  
ТПВ – технічне підготовлення виробництва  
ТР – технологічне рішення  
ТРЛ – технологічний розмірний ланцюг  
УЗЕ – установчо-затискальні елементи  
УТП – уніфікований технологічний процес  
ФВА – функційно-вартісний аналіз  
ФП – функційне (службове) призначення  
ЧПК – числове програмне керування

## ПЕРЕДМОВА

Під технологією прийнято розуміти сукупність прийомів і способів одержання, обробки чи переробки сировини, матеріалів, напівфабрикатів чи виробів, здійснюваних у різних галузях промисловості, та як наукову дисципліну, що розробляє та удосконалює прийоми та способи й виявляє фізичні, хімічні та інші закономірності з метою визначення і використання на практиці ефективніших та більш економних ресурсів.

Технологією називають також самі процеси обробки, переробки, транспортування, складування, контролю тощо.

Термін «технологія» сьогодні використовується не лише в техніці і виробництві, але й у політології, економіці, мистецтвознавстві й інших сферах людської діяльності (політичні, мистецькі технології, соціальні, інформаційні технології тощо).

Таким чином, **сучасне розуміння технології** – це системне застосування наукового знання для вирішення різноманітних практичних завдань.

Технологію зазвичай розглядають у зв'язку з конкретною галуззю виробництва (технологія машинобудування, технологія будівництва) або залежно від способів одержання чи обробки певних матеріалів (технологія металів, технологія волокнистих речовин, технологія тканин тощо). У результаті здійснення технологій відбувається якісна зміна оброблюваних об'єктів. Так, технологія одержання різних металів ґрунтується на зміні складу, хімічних та фізичних властивостей вихідної сировини; технологія механічної обробки пов'язана зі зміною форми й деяких фізичних властивостей матеріалу оброблюваних заготовок деталей; хімічна технологія заснована на процесах, здійснюваних у результаті хімічних реакцій, які ведуть до зміни складу, будови, властивостей вихідних продуктів. Технологія перетворення електроенергії генерованої фотоелектричними системами, зв'язана зі зміною напруги та потужності.

У сучасних умовах поняття «технологія» включає не лише сукупність знань про зміну стану предмету праці, а й технологічне спорядження і сукупність знань із реалізації продукції, розвитку та захисту технологічного потенціалу виробництва, методів керування цими процесами для досягнення визначеної мети. Виникло поняття системна технологія, яка зв'язує в систему різні складники.

Іншими словами, **технологія** – це практичне мистецтво перетворення ресурсів у корисний результат із заданими властивостями шляхом створення певним чином організованих людиномашинних технологічних систем. З іншого боку, це спосіб організування методів і засобів виготовлення продукції чи надання послуг.

Нааявні підручники й посібники, як і взагалі більшість технічної літератури, поки що не мають органічного поєднання комплексу технічних, організаційних, економічних, інформаційних питань діючого виробництва, оскільки традиційно створювались і створюються під програми конкретних дисциплін у відриві від системи.

Через це здобувач вищої освіти, користуючись такими джерелами, одержує однобічні уривчасті знання з окремих питань, які далеко не завжди може грамотно звести до купи, що не сприяє формуванню системності знань.

Практично відсутні навчальні плани, які б у процесі навчання давали здобувачам вищої освіти комплексне уявлення про галузь техніки, в якій їм потрібно працювати, у взаємозв'язку з іншими галузями й навколишнім світом.

Побуває мудра думка, що навчання полягає більше в дисципліні розуму, ніж у загромадженні знаннями. З цього випливає, що навчати треба не конкретним знанням, а методом комплексного розв'язання різноманітних завдань, тобто системній технології.

Системна технологія дозволяє пов'язати між собою різні навчальні дисципліни на основі системного підходу, що сприяє кращому розумінню зв'язків між окремими складниками життєвого циклу виробів і процесів, даючи можливість орієнтації у вибраній галузі техніки через взаємозв'язки між спеціальними дисциплінами.

Сьогодні, з одного боку, потрібний «вузький» спеціаліст, який володіє комплексом ефективних методів вирішення проблем у його сфері діяльності (конструктор, технолог, менеджер, програміст), а з іншого боку, ще більше, – сучасний професіонал у багатьох сферах діяльності, тобто професіонал системного рівня.

Це спеціаліст, який володіє ефективною методологією, що дозволяє вирішувати проблеми в різних «вузьких» сферах виробництва.

Практичні завдання на сучасному рівні можна ефективно розв'язувати, лише враховуючи взаємозалежність і взаємозв'язок елементів усього виробничого процесу, тобто системно.

Професіонал системного рівня успішно використовує системну технологію для практичної діяльності в різних сферах. Такого фахівця можна називати системним технологом. Він легко пристосовує своє знання до нової роботи, маючи необхідну систему знань, умінь і навичок.

Пропоноване видання є спробою системно зв'язати основні складники машинобудівного виробництва в їх взаємозв'язку і взаємовпливі для розв'язання різноманітних завдань на етапах життєвого циклу виробів і технологій як технічних систем. Такий підхід, на нашу думку, сприятиме підвищенню якості та ефективності розроблених рішень.

<b>Системна технологія</b>	
Складники системної технології	Зміст
Виробничі	<ul style="list-style-type: none"> <li>- форма і структура виробництва;</li> <li>- розмір партії продукції;</li> <li>- об'єм випуску;</li> <li>- кваліфікація роботи</li> </ul>
Технологічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- якість продукції;</li> <li>- порядок виготовлення;</li> <li>- методи дії на предмет праці;</li> <li>- параметри технічних засобів;</li> <li>- оптимізація технологічних процесів</li> </ul>
Матеріальні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- матеріальні потоки;</li> <li>- технічні транспортні засоби;</li> <li>- складське господарство</li> </ul>
Ринкові	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стан ринку;</li> <li>- місце підприємства на рику;</li> <li>- стратегія ринкових дій;</li> <li>- конкурентність виробів та технологій</li> </ul>
Планово-економічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продуктивність праці;</li> <li>- собівартість продукції;</li> <li>- планово-облікові показники;</li> <li>- тривалість виробничого циклу</li> </ul>

Автори висловлюють щире подяку всім, хто сприяв друку цього видання, особливо О. О. Борисову та С. А. Степенку.

# РОЗДІЛ 1

## ПІДРУНТЯ СИСТЕМНОСТІ

### 1.1. Поняття про систему

Фахівець, розробляючи й удосконалюючи різні вироби і технології, має справу з технічними об'єктами. Технічних об'єктів багато і вони дуже різноманітні, однак мають спільне властиве їм всім: будь-який об'єкт складається із сукупності складників (елементів), взаємозв'язаних певним чином. Елементи можуть володіти не тільки різною формою, але й різними властивостями, параметрами, характеристиками.

Сукупність елементів, що мають різні параметри, властивості та просторову структуру і зв'язані технологічно, конструктивно, функційно для виконання якоїсь функції утворюють об'єкт, як систему.

**Система** взагалі – це сукупність взаємопов'язаних елементів для виконання заданих функцій для досягнення бажаних результатів.

Систему можна описати так:

$$S = \{E, Z, C, O\},$$

де  $E$  – множина елементів системи:  $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_i\}$ ;

$Z$  – множина зв'язків між елементами:  $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_k\}$ ;

$C$  – структура системи; множина елементів і зв'язків:  $C = \{e_i, z_j\}$ ;

$O$  – зовнішнє середовище системи – множина елементів, що існують поза системою і впливають на стан системи, її структуру і функціонування:  $O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_m\}$ .

**Елемент (складник) системи** – неподільна за цього розгляду частина системи, кінцевий елемент розгляду.

Елементи системи – це відносно відокремлені частини системи, безпосередня взаємодія яких створює систему певного функційного призначення.

Елементами можуть бути деталь, вузол, верстат, працівник, книга, документ, підприємство, розмір, сила, маса, файл, матриця, таблиця, технологічний процес тощо. Так, елементами машини є складальні одиниці та деталі, складниками деталей – її поверхні і геометричні елементи, для технологічного процесу – операції, переходи, обладнання, оснащення тощо.

**Зв'язок** – це спосіб фіксації об'єктивно існуючих залежностей і відносин між складниками системи.

Зв'язки в системі – те, що з'єднує об'єкти та їхні властивості в системному процесі, забезпечуючи результат дії системи у вигляді енергії, інформації, зміни їхнього стану.

Зв'язки між елементами існують тоді, коли вони накладають взаємні обмеження на стан один одного.

Функціонування будь-якої технічної системи – це не тільки сукупність її складників (елементів), а й сукупність їх взаємодії між собою.

Зв'язки між складниками системи можуть бути різні: внутрішні, зовнішні, механічні, електричні, гідравлічні, часові, розмірні, інформаційні тощо. Вони можуть бути жорсткими та гнучкими, змінюватися у процесі функціонування системи.

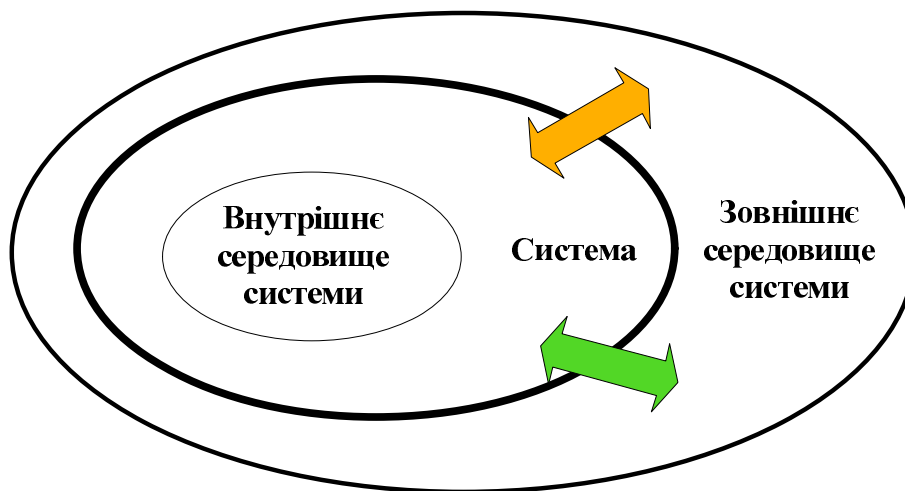
Так, механічні зв'язки обмежують рух точки або тіла в просторі. Для фіксації положення точки необхідні три жорсткі зв'язки, а для тіла – шість.

Розрізняють зовнішнє та внутрішнє середовища системи (рис. 1.1). Зовнішнє середовище – це середовище функціонування системи, яке задає правила поведінки системи і звідки вона одержує ресурси (заготованки, деталі, енергію, інформацію тощо).

**Зовнішнє середовище** (надсистема) пов'язане із системою складними обмінними процесами.

**Внутрішнє середовище** входить як складник у систему і визначає її структуру (будову).

Зовнішнє і внутрішнє середовища перебувають у взаємній залежності і взаємній обумовленості.



*Рис. 1.1. Середовища системи*

Внутрішні (внутрішньосистемні) зв'язки виражають взаємодію складників системи, а зовнішні – взаємодію системи і середовища (надсистеми).

Впорядкована множина складників і множина зв'язків між ними утворюють структуру системи (рис. 1.2).

Межа системи – параметри, що визначають відділення системи від зовнішнього середовища.

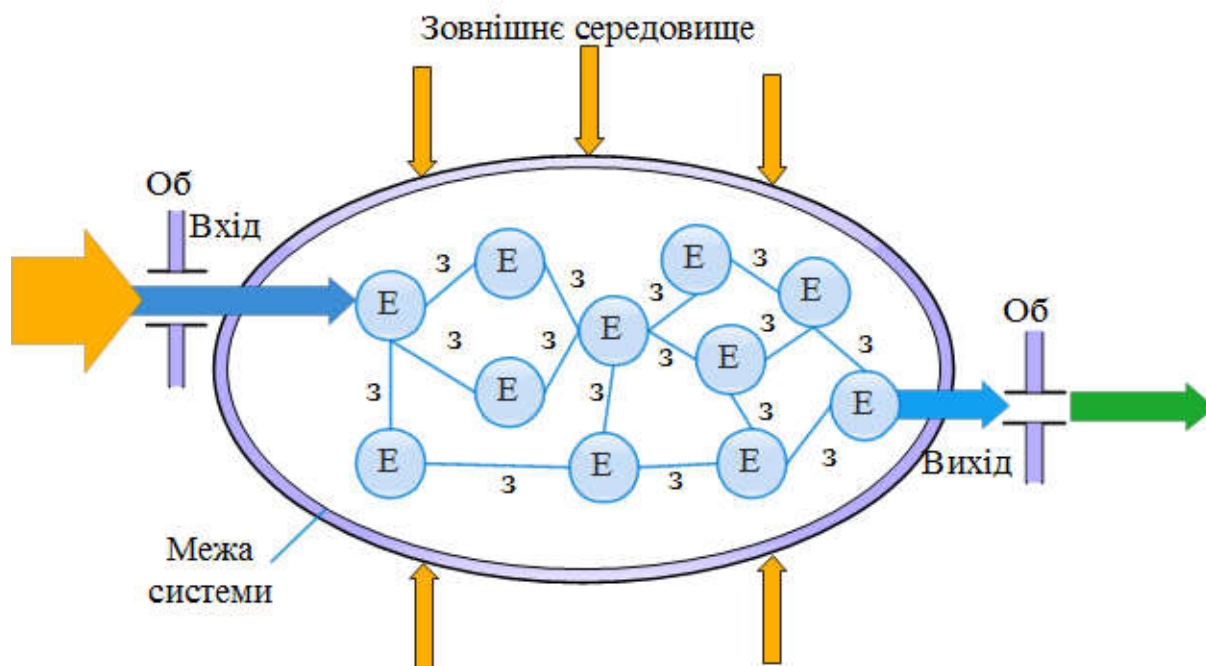


Рис. 1.2. Схема структури системи:

*E* – множина елементів; *з* – множина зв'язків між елементами;

*Об* – обмеження на вході і виході

Зв'язки між складниками TS поділяються на:

- функційні, які забезпечують проходження через TS матеріальних і інформаційних потоків;
- просторові, які визначають розташування в просторі складників TS, створюючи їх компоновку;
- організаційно-часові, які забезпечують умови виконання технічних функцій функційними складниками TS.

**Структура** – будова, певна комбінація складових частин цілого, тобто елементів системи (свого роду скелет системи).

Структура системи визначає її функціонування і складається з кінцевої множини елементів системи і множини співвідношень між ними.

Структура TS – це опис зв'язків між її складниками, яка здебільшого зображується у вигляді деревоподібного чи мережевого графа, вершинами якого є складники, а зв'язки – ребрами, які з'єднують вершини.

Розрізняють два види структур: функційну і фізичну.

**Функційна структура** формально описує функційні зв'язки між складниками TS та представляється, переважно, у вигляді блок-схеми.

**Фізична структура** відображає геометричні, кінематичні та інформаційні зв'язки (відношення) між складниками TS.

Структурні складники системи також є системами і можуть складатися із дрібніших підсистем, побудованих за ієрархічною або функційними ознаками.



У свою чергу, TS є складником системи більш високого рівня (надсистеми), яку називають середовищем функціонування TS. Надсистема визначає умови, в яких буде працювати TS, та об'єкти, з якими вона буде взаємодіяти у процесі роботи.

Тому поняття «система», «складник системи» відносні.

**Підсистема** – це сукупність взаємозв'язаних складників (елементів), які реалізують певну групу функцій системи.

Підсистема, як і сама система, являє собою сукупність функційно взаємозв'язаних елементів, і має основні властивості системи, в яку вона входить.

Окремі підсистеми реалізують певні функції, а взаємодія їхніх складників усіх ієрархічних рівнів забезпечує цілісне функціонування системи (рис. 1.3).

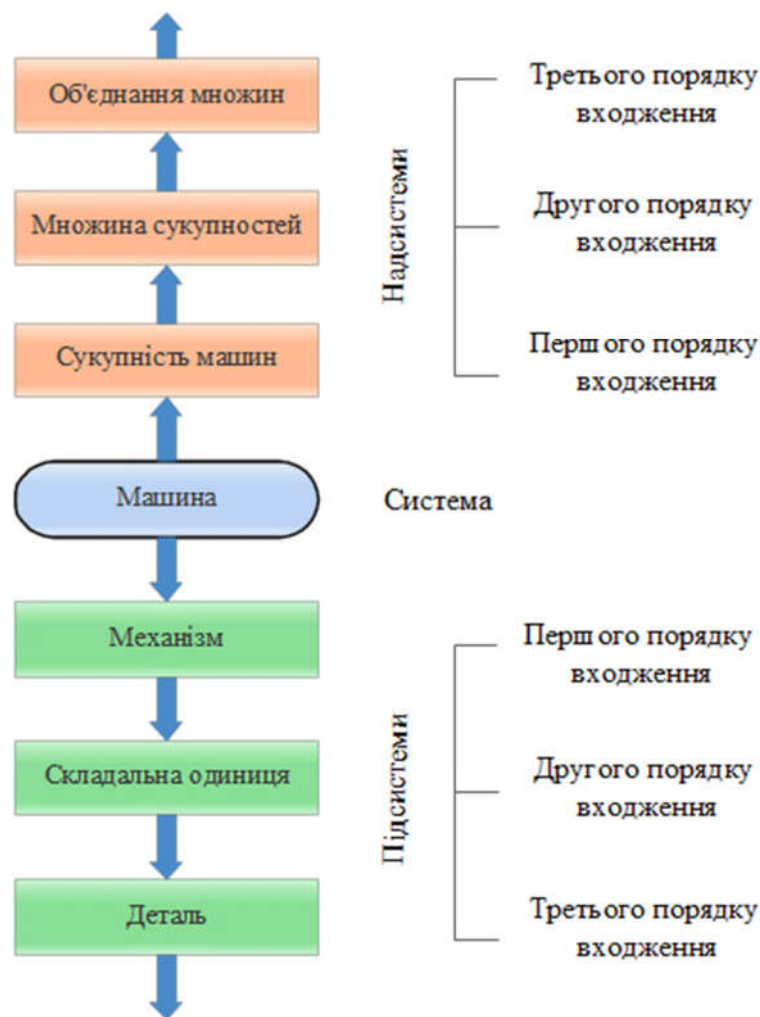


Рис. 1.3. Ієрархія технічних систем

Так, складник технологічної системи забезпечує реалізацію елементарного ТП, тобто елементарного процесу зміни стану предмета праці, який може здійснюватися людиною вручну, людиною за допомогою машини і виключно машиною.

Елементи взаємодії забезпечують виконання комплексу операцій складування і транспортування перероблюваного матеріального ресурсу.

Основна вимога до них – забезпечення незмінності стану предмета праці у процесі транспортування і складування.

Транспорт і склад як частина структури технологічної системи повинна забезпечувати просторово-часову взаємодію елементарних процесів.

**Системні об'єкти** (головні складники системи) – вхід, процесор, вихід, зворотний зв'язок.

**Вхід** – це те, що передує процесу, це ресурси, над якими здійснюється процес.

**Вихід** – це кінцевий результат процесу.

**Процесор** – елемент системи, в якому відбувається процес, що перетворює ресурси у вихідні результати.

**Процес** – вид діяльності, що перетворює входи і виходи, сукупність послідовних дій зі зміни будь-якого предмета чи явища, що спрямована на досягнення певного результату.

Усі ці перетворення є функціями часу, тому **процес** – це те, за допомогою чого система (замисел, модель, проєкт системи) реалізується в часі.

**Процесор** перетворює вхід системи в її вихід. Він **переробляє** ресурси системи (вхідні складники), споживає їх і трансформує у вихід системи.

Якщо у процесі такого перетворення цінність і корисність складників системи зменшується, то втрати в системі збільшуються, а її ефективність знижується, і навпаки.

**Перетворення** – це процес (сукупність операцій), в якому властивості об'єкта якоїсь дії змінюються за участю людей і технічних засобів, унаслідок чого досягається бажаний стан цього об'єкта.

Для цього здійснюють керування процесом і, за необхідності, його регулювання.

**Керування** – це процес у системі, за допомогою якого одна або декілька вхідних величин діють потрібним чином на вихідні величини.

**Регулювання** – це процес, безперервного порівняння деяких (регульованих) змінних величин з еталонними для здійснення впливу на регульовані величини з метою приведення відповідних відхилень до регламентованих значень.

**Зворотний зв'язок** – процес, який забезпечує відповідність між фактичним і бажаним виходом, шляхом зміни входу чи процесу, тобто виконує регулюючу роль у системі.

Система взаємозв'язана з іншими системами. Вихід однієї системи (процесу) є входом іншої системи (процесу).

Процес, який забезпечує відповідність між виходом системи й вимогами до нього, як входу в іншу систему, що є споживачем цього виходу, називається **обмеження**. До обмежень відносять технічні вимоги до виробу, ліміти, завдання, правові акти тощо.

Обмеження звужують і описують умови, за яких мета повинна бути досягнута. Наприклад, обмеження за обсягом робіт, за витратами ресурсів, за якістю процесів і результатів тощо.

Система повинна мати такі властивості:

1. **Енергентність** – сумісність суми властивостей окремих елементів і властивостей системи загалом.

2. **Ієрархічність** – наявність декількох рівнів і способів досягнення цілей відповідних рівнів, така структура системи, елементи якої певним чином підпорядковані.

Наприклад, ієрархічна структура виробу: виріб → {складальна одиниця} → {деталь} → {конструктивний елемент}.

Ієрархічна структура технологічного процесу: технологічний процес → {операція} → {установ} → {технологічний перехід, допоміжний перехід} → {робочий хід, допоміжний хід} → {прийом} → {рух (дія)}.

Основне призначення ієрархічного організування системи – розподіл функцій між окремими її складниками.

3. **Багатофункційність** – здатність системи за заданої структури до реалізації деякої множини функцій.

4. **Гнучкість** – властивість змінювати мету функціонування залежно від умов функціонування чи стану системи, наприклад, мобільно переходити на випуск продукції, якої вимагає ринок.

5. **Надійність** – властивість системи реалізувати задані функції з заданими параметрами якості протягом певного періоду.

6. **Безпечність** – здатність не завдавати своїм функціонуванням недопустимої дії технічним об'єктам, персоналу, навколишньому середовищу.

7. **Стійкість** – здатність виконувати свої функції з виходом параметрів зовнішнього середовища за визначені чи допустимі межі.

8. **Живучість** – властивість змінювати цілі функціонування за відмови чи (або) пошкодження складників системи.

9. **Ефективність** – ступінь пристосованості системи до виконання поставлених завдань.

## 1.2. Види технічних систем

Залежно від характеру складників технічні системи можуть бути об'єктами і процесами.

**TS–об'єкт** – це система, складниками якої є взаємопов'язані матеріальні тіла. Наприклад, виробничі й технологічні системи та комплекси, верстатні лінії, машини, прилади, ручні знаряддя та їхні складники.

**TS–процес** – це система, складниками якої є взаємопов'язані дії. Наприклад, виробничий і технологічний процеси, процеси проектування і конструювання, процес підготовки виробництва, технологічна операція тощо.

Розрізняють процеси:

- робочі – за яких для досягнення бажаної зміни властивостей об’єкта дії, наприклад, заготованка – деталь, фотоелектричне перетворення енергії тощо використовують ті чи інші фізичні закони і явища;
- обслуговуючі (змащування, усунення стружки, охолодження тощо);
- підготовчі (затиск заготованки, підведення супорта тощо);
- керування та регулювання (вимірювання, налагодження, зміна робочого режиму тощо);
- погодження (складання, погодження частин проєкту тощо).

За характеристиками виділяють різноманітні види технічних процесів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Види технічних процесів

Характеристика	Вид процесів
Основа робочої дії	Механічні, фізичні, хімічні, теплові, електронні, біологічні, комбіновані
Робоча дія	Обробка, складання, транспортування, сортування, складування
Спосіб робочої дії	Ручні, механізовані, автоматизовані, автоматичні
Спосіб керування	Людиною, за участі людини, без людини (автоматично)
Перебіг перетворення	Дискретний (перервний), безперервний

За участю людини, як частини (складника), системи поділяють на: соціальні, людиномашинні й машинні.

**Соціальні системи** складаються лише з людей і причинно-наслідкових відносин між ними. Наприклад, колектив підприємства, цеху, відділу, дільниці, бригада робітників тощо.

**Людиномашинні системи** складаються з людей та інших складників (верстат, складальна машина, комп’ютер, технологічне оснащення тощо). У своїй більшості ці системи є підсистемами більших і складніших виробничих систем.

**Машинні системи** складаються лише з машин (технологічного обладнання, комп’ютерів, регуляторів тощо). Це системи автоматичного керування, промислові роботи – маніпулятори, транспортні системи, системи самоналагоджувальні, адаптивні та інші.

### 1.3. Способи представлення технічних систем

Система – процес залежно від виду і цілі може бути представлена різними способами: схематично, графом, часовою діаграмою, математичним чи словесним описом, описом символами. У формі схеми: процес зображується прямокутниками з текстом, або рисунком, що характеризують даний процес (рис. 1.4).

За представлення у формі графа, ребра графа представляють процеси, а вузли – стани об’єктів дії. Входи і виходи процесів здебільшого зображають точками і стрілками.

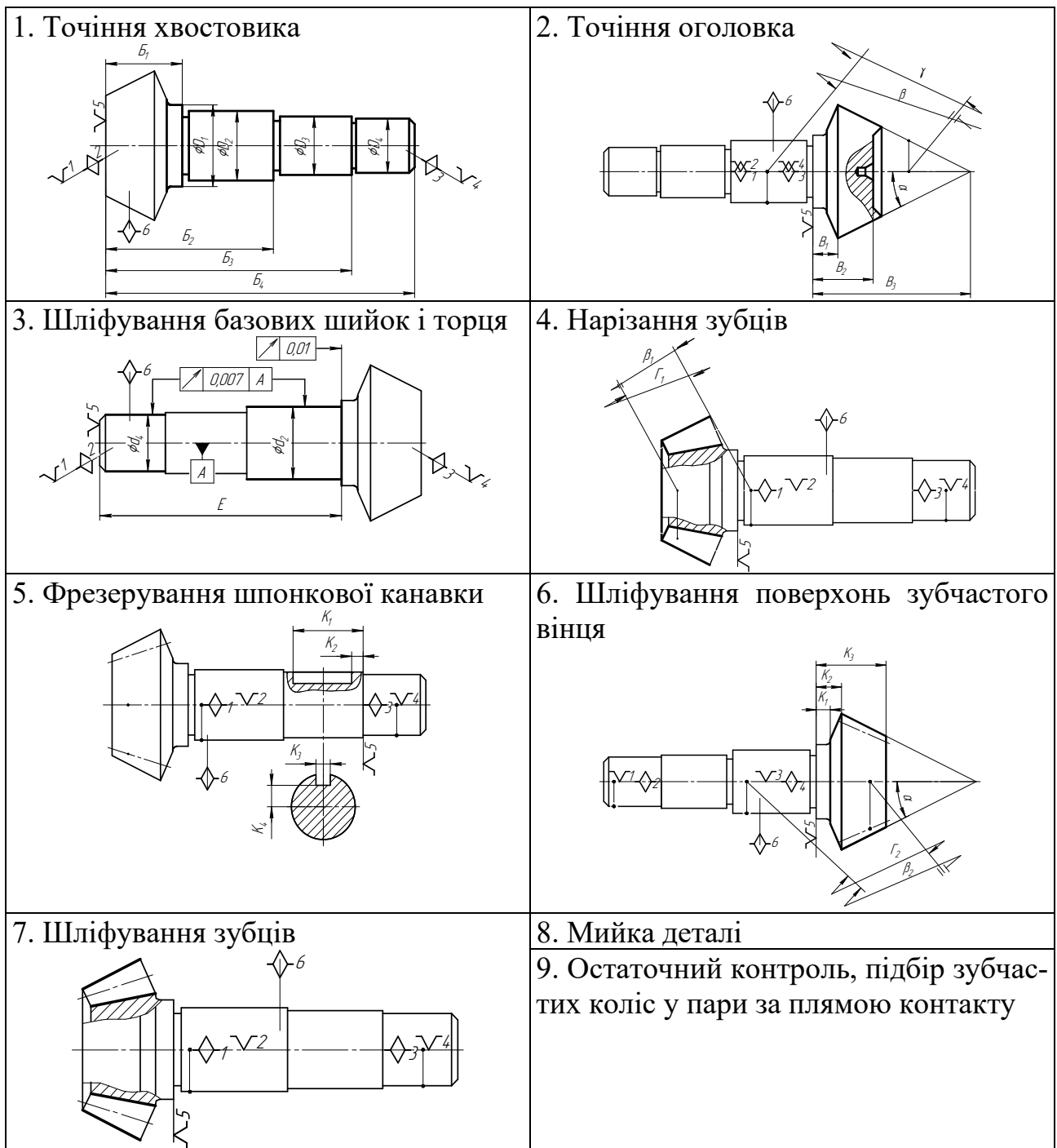


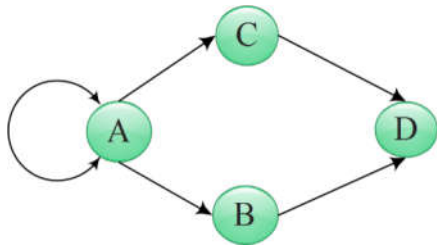
Рис. 1.4. Схема технологічного процесу механічної обробки вала-шестерні

Граф має дві форми представлення: графічну і матричну.

Для технічної системи – об’єкта, вузли (точки) графа позначають конструктивний елемент, а ребра (двомісні відношення) – зв’язки між ними (рис. 1.5).

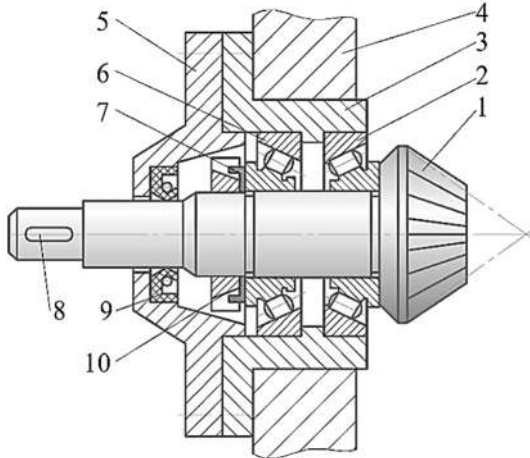
У матриці наявність зв’язку фіксується одиницею, а його відсутність – нулем (рис. 1.6). Зображення в матричній формі й у формі графів можуть взаємно перетворюватись одне в інше.

Наочне представлення послідовності та зв’язку операцій процесу в часі відображає часова діаграма (рис. 1.7).

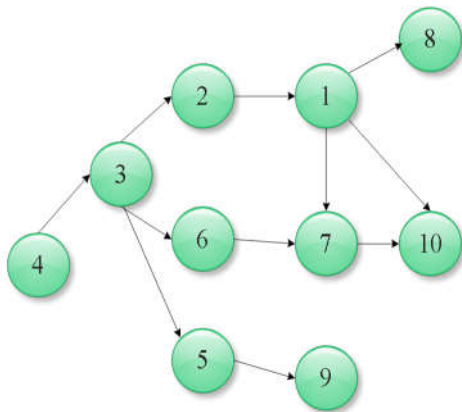


$$\begin{matrix}
 & A & B & C & D \\
 A & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \\
 B & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 C & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 D & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

Рис. 1.5. Граф об'єкта і його матриця



а



б

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

в

Рис. 1.6. Вузол вала – шестерні (а), граф (б) та матриця (в):

1 – вал-шестерня; 2, 6 – підшипник; 3 – стакан; 4 – корпус; 5 – кришка;

7 – шайба; 8 – шпонка; 9 – манжета; 10 – гайка, гвинт

Математичний опис технічної системи виражається однією чи декількома залежностями, які описують перебіг процесів та їх зв'язки.

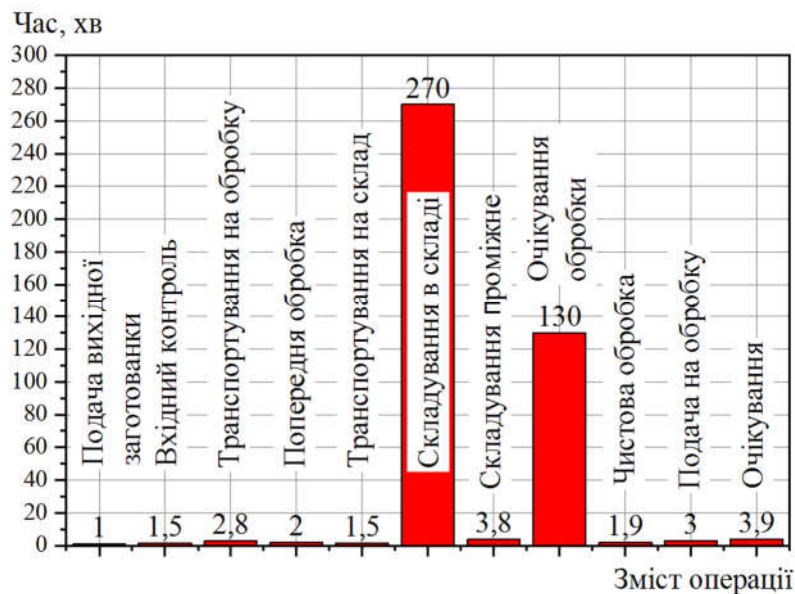


Рис. 1.7. Часова діаграма технологічного процесу

Наприклад, при розточуванні отвору модульним інструментом виникають деформації компоновки (рис. 1.8) від навантаження силою різання  $P$ . Сумарна деформація  $\gamma_{\Delta}$  у площині прикладання сили різання  $P$  включає деформації консольних ділянок компоновки і визначається залежністю:

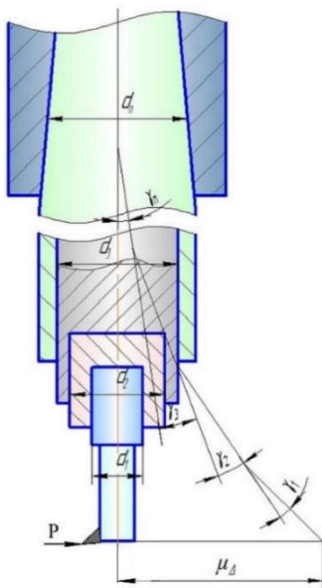


Рис. 1.8. Схема пружних деформацій складників компоновки модульного допоміжного інструмента при різанні

$$\gamma_{\Delta} = P \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\sum_{i=1}^n l_i)^3}{3 \cdot E \cdot J_i \cdot 10^4} + \frac{\gamma_i}{M} (\sum_{i=1}^n l_i)^2 \right], \text{ мкм},$$

де  $P$  – навантажуюча сила, Н;

$l_i$  – довжина  $i$ -го елемента допоміжного інструмента, мм;

$E$  – модуль пружності ( $E=2,1 \cdot 10^6$  МПа);

$J_i$  – осьовий момент перерізу  $i$ -го елемента, ( $J_i = 0,05 \cdot d_i^4$ );

$d_i$  – діаметр  $i$ -го перерізу, мм;

$\gamma_i$  – кут повороту  $i$ -го з'єднання, мкм/мм;

$M$  – навантажуючий момент ( $M = P \cdot l$ , Нм);

$n$  – число складових компоновки.

Словесний опис TS – це представлення технічної системи у вигляді вербальної інформації.

Опис TS символами, наприклад її складників: множин елементів E та їх зв'язків Z, структури C і зовнішнього середовища O матиме вигляд  $TS = \{E, Z, C, O\}$ .

Вид опису системи залежить від виду розв'язуваних проектно-конструкторських, технологічних, виробничих, експлуатаційних та інших завдань етапів її життєвого циклу.

#### 1.4. Властивості технічних систем

Основні й допоміжні дії з перетворення продукту в корисну продукцію здійснюються взаємодією людини та різноманітних технічних систем.

Технічна система (TS) зазвичай виконує більшу частину таких дій. За людиною залишаються лише деякі дії з керування системою. Таким чином, технічна система повинна бути здатною до заданих дій, маючи певні властивості (табл. 1.2).

Табл. 1.2 – *Властивості технічних систем*

Властивості	Зміст властивості	Види властивостей
1	2	3
Службові функції	Призначення системи. Що робить система?	Основні функції; Допоміжні функції; Зайві функції.
Уточнення функцій	Умови реалізації службових функцій.	Функційне (службове) призначення; Уточнення призначення.
Конструктивні	Способи реалізації властивостей конструкції.	Структура; Компоновка; Габарити; Матеріали; Якість поверхонь; Точність.
Технологічні	Відповідність системи прийнятій технології.	Відповідність TS технології механічної обробки; Відповідність TS технології складання; Відповідність TS технології експлуатації; Ефективність витрат праці, засобів, матеріалів.
Виробничі	Ступінь придатності системи для виробничого процесу	Потреба в кадрах; Потреба в технічних засобах; Витрата енергії; Необхідна виробнича площа; Складність виготовлення.
Економічні	Ступінь економічної вигоди виробника і споживача.	Витрати виробництва; Експлуатаційні витрати часу і коштів; Економічна ефективність; Ціна.
Ергономічні	Відповідність техніко-експлуатаційних параметрів антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам користувача.	Зручність обслуговування і ремонту; Легкість керування; Вимоги до оператора; Способи обслуговування; Величина наявного шуму і вібрації.



1	2	3
Естетичні	Естетичне сприйняття системи	Форма; Виразність; Кольорове оформлення і оригінальність компоновки; Зручність використання.
Екологічні	Ступінь шкідливості впливу на людину і довкілля	Токсичність виробів; Вміст шкідливих речовин; Обсяг шкідливих викидів у довкілля в одиницю часу.
Якість	Відповідність корисних споживчих властивостей функційному призначенню.	Відповідність показників якості обумовленим значенням; Числові значення з допусками.
Транспортно-складські	Придатність система до пакування, транспортування, зберігання.	Відповідність умовам пакування, транспортування, зберігання.
Збутові	Умови і обсяг поставки.	Термін поставки; Величина партії поставки; Загальний об'єм поставки.
Правові	Відповідність системи правовим нормам. Ступінь використання винаходів.	Відповідність: -юридичним нормам; -патентному праву; -вимогам угоди. Патентний захист; Патентна чистота.

Однією з найважливіших властивостей будь-якої технічної системи є її службова функція.

**Службова функція** – це сукупність дій, виконуваних певним об'єктом (ТС, її складниками) для досягнення визначеної мети. Функція є змістом складників, з яких створюється система і відповідає на питання: «Що повинен робити об'єкт?».

Якщо службова функція не виконується, тобто верстат не обробляє, підйомник не підіймає, транспортер не транспортує, то така технічна система не потрібна. Функціонування будь-якої технічної системи є реалізацією службової функції, яка відповідає конкретним умовам.

Розрізняють основні й допоміжні функції.

**Основна функція ТС** – ознака, яка визначає її сутність, призначення, для реалізації якої вона створюється і без якої вона, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Так, основними функціями металорізального верстата є: обробка заготовок деталей; різального інструменту – різання; ізолятора – створення ізоляції; компресора – стиснення і перекачування повітря (газу); вала – передавання сили обертанням з переносом вздовж осі; зубчастого колеса – передача крутного моменту; корпусу – забезпечення сталої точності розміщення деталей і механізмів.

**Головна службова функція** технічного об'єкта розглядається як результат спільної дії декількох основних функцій.

**Допоміжна (другорядна) функція TS** – ознака (ознаки), яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію і забезпечує виконання основної функції.

Вирізняють найважливіші допоміжні функції, чи **допоміжні функції першого порядку**, безпосередньо пов'язані з основними функціями і які забезпечують умови для виконання TS основних функцій і другорядні допоміжні функції, чи **допоміжні функції другого порядку**, пов'язані переважно з виконанням найважливіших допоміжних функцій. У складних системах можуть бути допоміжні функції третього, четвертого та інших порядків.

Зазвичай це ознаки (естетичні, екологічні, ергономічні та інші), через які споживач купує саме цей об'єкт:

- *естетична функція* – надає об'єкту привабливий вигляд, поліпшує зовнішнє сприйняття, що збільшує попит на цей об'єкт за рахунок дизайну, фактури, кольору, форми тощо;

- *ергономічна функція* – підвищені зручності використання об'єкта людиною, з урахуванням його ергономічних можливостей;

- *екологічна функція* – захист навколишнього середовища від шкідливих впливів цієї системи.

Допоміжною функцією верстата є безпечне та зручне керування, вала – орієнтування деталей, які він несе, корпуса – разом із кришками створювати замкнутий об'єм тощо.

Функції технічних систем відрізняються різноманітністю і складністю.

Багато TS володіють одночасно кількома ознаками (властивостями), тому в них кількість функцій достатньо велика.

Віднесення функцій до основних і допоміжних залежить від об'єкта аналізу відповідно до ступеня ієрархії системи. Так, для автомобіля функція «розвивати потужність привода» є допоміжною, а якщо ж об'єктом аналізу є двигун, то для нього ця функція є основною.

Основними функціями технічної системи – підприємства, що забезпечують його існування як самостійного суб'єкта господарювання є: комерційна, технічна, фінансова та адміністративна функції.

**Комерційна функція** – знаходження клієнтів, приймання замовлення, установа ціни виробів (послуг), закупівля.

**Технічна функція** – виготовлення продукції.

**Фінансова функція** – залучення коштів, необхідних для закупівлі засобів виробництва і виготовлення першої партії виробів.

**Адміністративна функція** – координація дій працівників, належне керівництво персоналом та контроль результатів праці з метою раціонального використання усіх засобів виробництва для досягнення поставленої мети.

Виявити функції означає визначити дії, які виконує (чи повинна виконувати) TS чи її складники, виявити прямий або непрямий результат цих дій, спрямованих на досягнення заздалегідь поставлених цілей, на вирішення заздалегідь обраних завдань.

Правильний вибір способу реалізації функції можливий лише після уточнення функцій TS.

**Уточнення функцій** пояснюють і розкривають службове призначення технічної системи, уточнюють (конкретизують) умови реалізації TS. Їх називають параметрами технічної системи.

Наприклад, функцію транспортування можуть виконувати автомобілі, літаки, гвинтокрили, ракети, судна, потяги, транспортери, підіймачі, крани тощо.

Уточнивши функцію: „Безрейкове транспортування сушею” одержимо автомобілі, уточнивши вид вантажу, масу, ступінь комфорту, швидкість – реалізуємо функцію вантажними автомобілями, автобусами, мікроавтобусами, легковими автомобілями тощо.

Будь-який матеріальний об’єкт (машина, вузол, деталь, поверхня деталі) як такий споживчої вартості не має, споживчу вартість має комплекс функцій, який він виконує. Функції переважно проявляються у вигляді ознак показників якості при використанні об’єкта, тому будь-який реальний об’єкт сприймається як сукупність його окремих ознак.

**Конструктивні властивості TS** – засоби реалізації службової функції та інших властивостей технічної системи: структура, компоновка, матеріал, допуски, спосіб виготовлення, міцність, твердість, розміри і якість поверхонь деталей, термообробка тощо.

У свою чергу, наприклад, міцність залежить від матеріалу, форми і розмірів, твердість – від матеріалу і його термообробки, взаємопов’язані й інші конструктивні властивості. Ці взаємозв’язки, їхня величина та допуски на них залежать від функційного призначення системи й обумовлюють складність відносин у технічній системі та визначають процес її конструювання.

**Технологічні властивості** – це сукупність властивостей TS, які визначають найефективніші витрати праці, засобів, матеріалів і часу технологічної підготовки виробництва, виготовлення та експлуатації системи, тобто пристосованість системи до конкретних умов виробництва й експлуатації. Вимоги до технологічних властивостей змінюються з типом і технічним рівнем виробництва.

Придатність технічної системи для бажаного перетворення продукту характеризується групою **виробничих властивостей**:

- потреба в кадрах і технічних засобах;
- надійність – властивість системи реалізувати задані функції із заданими параметрами якості протягом певного періоду;

- безпека роботи – здатність не завдавати своїм функціонуванням недопустимої дії технічним об'єктам, персоналу, навколишньому середовищу;
- стійкість – здатність виконувати свої функції при виході параметрів зовнішнього середовища за визначені межі;
- живучість – властивість змінювати цілі функціонування за відмови чи (або) пошкодження складників системи;
- ефективність – рівень (ступінь) пристосованості системи до виконання поставлених завдань;
- термін служби, витрати енергії, матеріалів;
- займана площа, ремонтпридатність тощо.

Вимоги до виробничих властивостей змінюється залежно від часу, галузі виробництва, ступені участі людини в процесі. Так, якщо оператором є людина – ставляться високі вимоги до надійності й безпеки роботи TS.

З часом змінюється уявлення про термін служби TS. Багато машин морально застарівають швидше, ніж спрацьовуються, тому вимога якнайбільшого терміну служби деталі часто вже недоцільна.

Дедалі важливішою вимогою виступає зменшення розмірів і маси технічної системи.

Певні труднощі виявлення виробничих властивостей TS виникають на проектних стадіях, оскільки ці властивості найповніше проявляються лише після тривалого часу експлуатації системи. Тому для необхідного ступеня розуміння цих властивостей конструктор повинен вивчати роботу створених та аналогічних технічних систем і аналізувати причини виникнення незадовільних виробничих властивостей.

**Економічні властивості TS** характеризують співвідношення витрат і прибутку. Для виробника головною економічною властивістю TS є собівартість, яка охоплює всі прямі витрати на її створення: витрати на дослідження, розробку, підготовку виробництва, витрати на всі види ресурсів при виготовленні.

Іншою важливою економічною властивістю TS є орієнтовна розрахункова ціна, основою визначення якої є собівартість. Однак ринкова ціна може суттєво відрізнятись від орієнтовної розрахункової ціни.

Для споживача важливими є експлуатаційні витрати на нормальну роботу TS і підтримку її працездатності, виразником чого є амортизаційні витрати за час служби системи, які визначаються закупівельною ціною, витратами на транспортування, монтаж, налагодження і процес, реалізований системою.

Однією з найважливіших економічних властивостей TS є економічна ефективність, що визначається співвідношенням корисного ефекту й експлуатаційних витрат.

Розроблювана технічна система повинна забезпечувати людині оптимальні умови взаємодії та керування, а робота не стомлювала ні фізично, ні психологічно, тобто система повинна мати відповідні **ергономічні властивості**. Тому роз-

робник повинен бути обізнаним з характерними особливостями і людини, і машини, враховуючи антропологічні, фізіологічні, психологічні, біологічні, соціальні характеристики (табл. 1.3).

Табл. 1.3 – *Характерні властивості людини і машини*

Властивість	Людина	Машина
Прийняття рішення за обмеженої інформації	Здатна	Нездатна
Правильна реакція на неочікувані умови	Здатна	Нездатна
Виконання певних дій різноманітними способами	Здатна	Нездатна
Гнучке планування робіт	Здатна	Нездатна
Пристосування до будь-яких навколишніх умов	Не здатна в непередбачуваних ситуаціях	Регулювання механізмів для зміни програми функціонування
Швидке і безпомилкове виконання логічних операцій	Обмежено здатна	Здатна
Функціонування лише відповідно до отриманих команд	Можливі варіації	Обмежена кількість виконуваних операцій
Сприйняття і швидкість сприйняття інформації	Обмежена здатність	Необмежена здатність
Продуктивність роботи	Зниження з часом роботи	Не залежить від часу роботи
Імовірність помилки	Висока	Практично відсутня
Умови функціонування (температура, вологість, тиск, шум тощо)	Обмежені комфортними значеннями	Практично необмежені

**Естетичні властивості** TS характеризуються раціональним поєднанням естетичного зовнішнього вигляду технічної системи з показниками її практичної корисності. Естетичний вигляд може суттєво підвищити комерційну привабливість деяких TS (наприклад, транспортних засобів, побутової техніки тощо).

**Якість виготовлення** TS – сукупність корисних споживчих властивостей TS, які зумовлюють її здатність задовольняти певні потреби відповідно до функційного призначення.

Якість характеризується системою показників, які задаються конструктором при проектуванні, з огляду на функційне призначення та реалізуються технологічним процесом її виготовлення.

Технічна оснащеність підприємства та кваліфікація кадрів також суттєво впливають на якість виробів (TS).

Технічна система до початку експлуатації у замовника піддається багатьом переміщенням, ударам, атмосферному впливу та впливу умов зберігання. Тому розроблена технічна система повинна мати такі **транспортно-складські властивості**, які дозволили б їй пройти ці процеси з мінімальними ушкодженнями.

**Збутові властивості** TS, зокрема термін постачання або готовності виробу, має часто вирішальне значення для вибору виробника. З іншого боку, ця властивість важлива і для виробника, бо визначає часові рамки його роботи.

Відносини виробників і споживачів регламентуються певними **правовими нормами**, неврахування яких може призвести до конфліктних ситуацій і навіть до відмови від виробу. Тому конструктори й технологи, створюючи систему, щоб не порушити авторських прав, повинні знати патентне право і правові норми країн експлуатації розроблюваної технічної системи.

Крім того, TS повинна відповідати технічним нормам і правилам з охорони праці та техніки безпеки за законодавством країни – користувача TS.

Значущість різних властивостей TS потрібно ретельно аналізувати відповідно до її функційного призначення. Наприклад, маса, що не має істотного значення для стаціонарної TS (верстат, прес, колона), є найважливішим параметром літального апарату. Інколи найважливішою властивістю є стислий термін поставки системи, іноді – легкість демонтажу.

Коли неможливо оцінити властивості кількісно, застосовують бальне оцінювання, яке характерне важкістю кількісного визначення ціни бала та суб'єктивністю визначення оцінки експертом.

## 1.5. Виробнича система

Виробництво продукції здійснюється у виробничих системах (рис. 1.9).

**Виробнича система (ВС)** – це організаційно завершений комплекс технічних засобів, будівель, споруд, персоналу і комунікацій, призначений для випуску кінцевої продукції.

Особливість виробничої системи – існування лише за умови активної взаємодії із зовнішнім середовищем (середовищем функціонування). ВС одержує із зовнішнього середовища основні ресурси й переробляє їх у продукцію (вироби, послуги, інформацію) та відходить, передаючи їх знову в зовнішнє середовище.

Вимоги середовища функціонування – це головним чином вимоги ринку, а також різноманітні законодавчі обмеження. Вимоги ринку для більшості його учасників зводяться здебільшого до подолання конкурентів.

Складники виробничої системи у вигляді засобів, запасів, можливостей, якими володіє окрема ВС чи об'єднання ВС і які використовуються для досягнення поставленої мети називають ресурсами. Розрізняють матеріальні (технічні), технологічні, кадрові (трудова), просторові, інформаційні, фінансові, організаційні ресурси.

До **матеріальних ресурсів** відносять:

- знаряддя праці – виробничі обладнання, спорядження ТП, транспортні засоби;
- предмети праці – основні й допоміжні матеріали, вихідні заготовки, деталі.

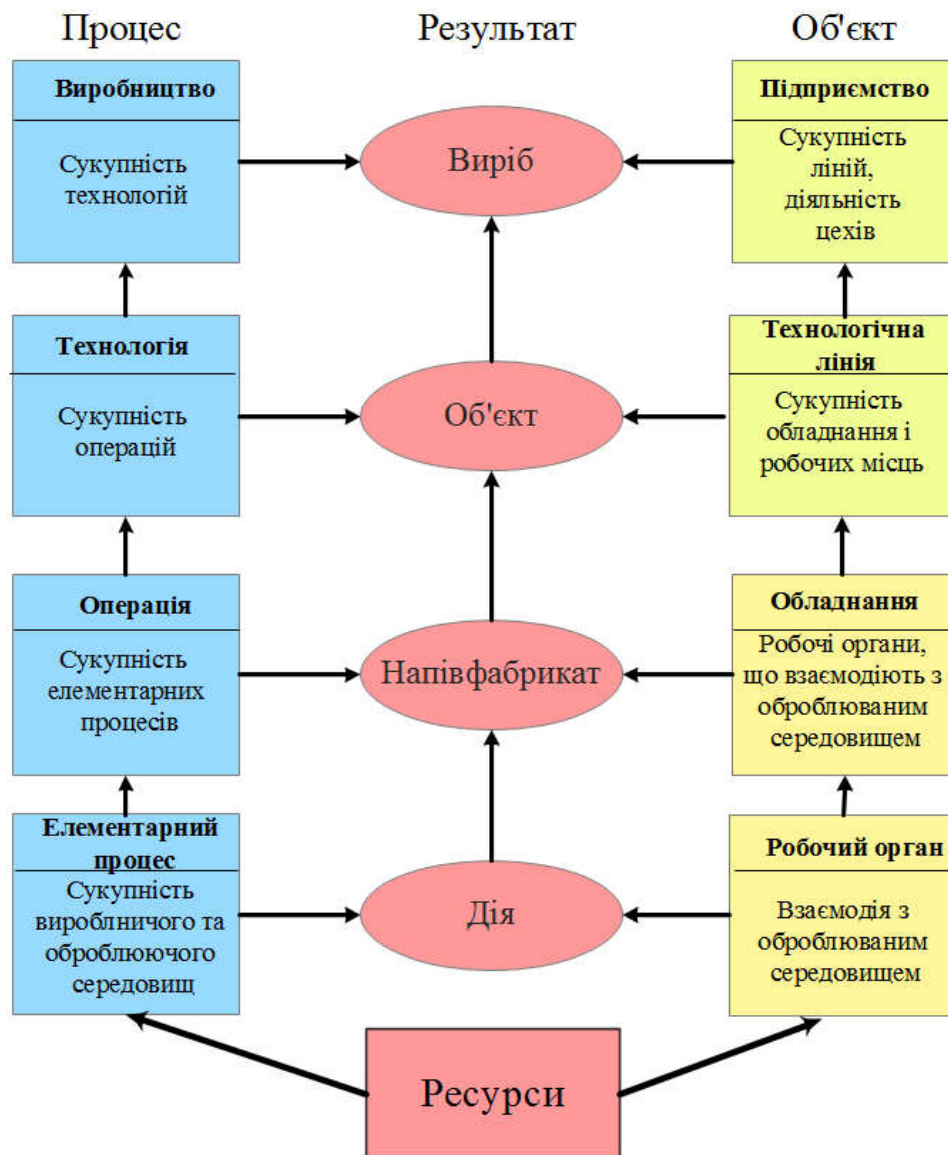


Рис. 1.9. Структурна схема виробничої системи

**Технологічні ресурси** – технологічні процеси, технологічні методи, наявність конкурентоспроможних ідей, наукові технологічні наробки, технологічні знання тощо.

**Кадрові (трудові) ресурси** – це люди, безпосередньо або побічно зайняті у виробництві продукції.

Характеристиками трудових ресурсів є потенціал керівників і робітників, рівень їхньої загальної і технічної культури та компетенції, відповідність демографічного складу і структури довгостроковим завданням розвитку виробництва, здатність адаптуватися до зміни цілей ВС.

**Керування кадровим ресурсом** здійснюється через сукупність методів, дій і програмних засобів, які забезпечують виконання таких функцій:

- планування потрібних трудових ресурсів за професіями і чисельністю;
- ведення структури підприємства, штатного розкладу і посадових інструкцій;

- формування системи оплати праці;
- набір нових працівників і підвищення кваліфікації працюючих;
- ведення особистих справ співробітників.

Автоматизоване керування кадровим ресурсом виконує система HRM (Human Resources Management).

*Функції:*

- розрахунок заробітної плати, нарахувань і утримань;
- кадровий облік: формування і ведення штатного розкладу, руху кадрів тощо;
- керування кадровим ресурсом: атестація, розробка індивідуальних програм навчання і службового просування.

З кадровими ресурсами тісно зв'язані інтелектуальні ресурси.

**Інтелектуальні ресурси** – сукупність досвіду ВС із випуску конкретних видів продукції;

- упроваджені передові технології;
- патенти і раціоналізаторські пропозиції;
- інтелектуальний рівень і знання фахівців підприємства (рівень IQ).

Інтелектуальні ресурси – це той потенціал, який важко копіювати реальним і потенційним конкурентам. Керуючи інтелектуальними ресурсами можна швидко перебудуватись відповідно до зміни запитів ринку.

**Просторові ресурси** – характер виробничих приміщень, територій підприємства, комунікацій, можливість розширення тощо.

**Інформаційні ресурси** – сукупність інформації про саму ВС, зовнішнє середовище, про закономірності й тенденції їхнього розвитку. Інформаційний ресурс включає результати науково-дослідних, проектних і дослідно-конструкторських робіт, які містяться у проектній, конструкторській і технологічній документації, ноу-хау, системи організування виробництва, системи керування, виробничий досвід персоналу, технологічні схеми і регламенти, інформація про постачальників, користувачів і конкурентів, економічна, фінансова, рекламна, маркетингова інформація тощо.

Важливими складниками інформаційного ресурсу є винаходи, корисні моделі, промислові зразки, товарні знаки, торговельні марки, найменування місць походження товарів, бази даних, комп'ютерні програми, інформація про імідж підприємства тощо.

У сучасному світі інформація стає на рівні матеріальних та енергетичних ресурсів і розглядається як важливий чинник якісних змін у житті суспільства.

Про це свідчить як зростання обсягу інформаційних послуг в індустріально розвинутих країнах, так і кількість зайнятих у цій сфері. Так, у США частка зайнятих обробкою інформації становить до 70 % усіх найманих працівників.

**Фінансові ресурси** – стан активів, ліквідність, наявність кредитних ліній тощо.



Керування фінансовими ресурсами реалізується сукупністю методів, дій і програмних засобів, які забезпечують виконання таких функцій:

- бухгалтерські функції: підготовка стандартних звітних фінансових документів (баланс, звіт із прибутків і витрат, касові операції, супровід банківських рахунків та платіжних документів; розрахунки з кредиторами і дебіторами, розрахунок податкових платежів, заробітної платні тощо);

- узагальнення результатів розрахунку собівартості продукції, рівня оборотних коштів та незавершеного виробництва;

- підтримка внутрішнього виробничого госпрозрахунку;

- формування і аналіз виконання фінансових планів;

- оцінка стійкості фінансового положення підприємства, обортовості коштів, рентабельності та ефективності інвестицій тощо;

- керування основними фондами підприємства (врахування амортизації, переоцінка тощо).

**Організаційні ресурси** – організаційна структура системи, характер та гнучкість керуючої системи, швидкість проходження керуючих дій, тощо.

**Структура ВС (підприємства)** – це сукупність цехів і служб, які реалізують виробничий процес виготовлення виробу і їх взаємозв'язку.

Структура виробничої системи перебуває в постійному розвитку під впливом змін у техніці, технології, формах організування виробничих процесів.

Зовнішні чинники, які впливають на структуру ВС, – економічні, правові, науково-технічні, соціально-культурні, екологічні. Внутрішні чинники – мета і стратегії розвитку підприємства, ресурсні обмеження, продукція, технологія, чисельність персоналу, потужність виробництва тощо.

Виробнича структура відрізняється значною розмаїтістю. Найхарактерніші три види виробничої структури: технологічна, предметна та змішана.

**Технологічна структура:** кожен основний виробничий підрозділ спеціалізується на виконанні якоїсь визначеної частини загального виробничого процесу, має чітку технологічну відмінність, наприклад ливарний, ковальсько-штампувальний, механічний, складальний цехи.

Технологічна структура ВС характерна для підприємств одиночного і серійного виробництва, що мають різноманітну і несталу номенклатуру продукції, попит на яку різко коливається. Такий принцип формування ВС неминуче ускладнює маршрут руху заготовок і деталей, виробничі взаємозв'язки, збільшує тривалість виробничого циклу.

**Предметна структура:** основні цехи підприємства і їхні дільниці виготовляють або певний виріб, або якусь його частину (вузол, агрегат), або певну групу деталей. Предметна структура ВС застосовується переважно в механічних і складальних цехах великосерійного і масового виробництва, де організовується кілька

предметних механічних і складальних цехів чи предметних дільниць. За кожним із них закріплюється виготовлення певних виробів, вузлів чи агрегатів (наприклад, цех станин і корпусних деталей, цех шпинделів і валів на верстатобудівному заводі, цехи кузовів, коробок передач на автомобільному заводі).

Предметна структура має значні переваги, тому що спрощує й обмежує форми виробничого взаємозв'язку між цехами, скорочує шлях руху предметів праці, спрощує та здешевлює міжцеховий і цеховий транспорт, зменшує тривалість виробничого циклу, ефективніше використовує робочу силу за рахунок більшої спеціалізації.

За предметної структури устаткування розташовують за ходом технологічного процесу, застосовуючи високоспеціалізовані верстати, інструмент, штампи, пристрої. Усе це, зрештою, забезпечує збільшення випуску продукції, підвищення продуктивності праці і зниження собівартості продукції та спрощення керування.

**Змішана структура:** наявність на підприємстві основних цехів, організованих і за технологічним, і за предметним принципами. Наприклад, на машинобудівних підприємствах масового виробництва заготівельні цехи (ливарні, ковальські, пресові) зазвичай організовуються за технологічним принципом, а механоскладальні – за предметним принципом.

Виробнича система включає підсистеми планування, підготовки виробництва, керування виробництвом та програмне забезпечення цих систем, яке включає пакети відповідних прикладних програм.

Так, програми обробки технологічної інформації реалізують обробку даних із підготовки виробництва, програми конструкторського й технологічного проектування, розрахунку планів завантаження обладнання, постачання матеріалів тощо. Програми керування виробництвом обробляють інформацію з керування процесами обробки, складання, транспортування, складування (зберігання) об'єктів виробництв.

Властивість ВС швидко та цілеспрямовано змінювати технологічні можливості в межах свого технічного потенціалу шляхом перебудови (переналагодження) матеріально-технічної бази згідно з вимогами виробничої ситуації за мінімальних трудових (матеріальних) витрат називають **гнучкістю виробничої системи**.

Гнучкість можна визначити як можливість швидкої реакції виробництва на зовнішні та внутрішні «збурення», його здатність відповідно до зовнішніх завдань переходити на виготовлення нової продукції (у межах заданої номенклатури – шляхом зміни керуючих програм; за зміни номенклатури – змінною складу задіяного технологічного обладнання), а за виходу з ладу окремих одиниць обладнання або інших частин виробництва швидко здійснювати перехід на функціонуючі складники.

Виробничі системи можуть бути різного рівня гнучкості (табл. 1.4).

Табл. 1.4 – Рівень гнучкості виробничих систем

Рівень гнучкості	Номенклатура продукції, Н найменувань	Час переналадження $T_{пер}$ , від корисного часу роботи $T_p$
Високий	$N > 100$	$T_{пер} \leq 0,1 T_p$
Середній	$20 < N < 100$	$T_{пер} \leq 0,2 T_p$
Малий	$N \leq 20$	$T_{пер} > 0,2 T_p$

Знання числових значень характеристик гнучкості ВС дозволяє більш обґрунтовано визначити й передбачити при проектуванні системи необхідний рівень гнучкості виробництва з урахуванням техніко-економічних показників.

Внаслідок варіативності (змінності) великої кількості чинників, які впливають на рівень і стан виробничої системи, в певний момент створюється проблемна ситуація, подолати яку можна або відповідною модернізацією існуючої системи, або синтезом нової, прогресивнішої системи. Отже, прийняття рішень при створенні системи – це компроміс між гнучкістю TS та економічно доцільними витратами. Сукупність двох або більше взаємопов'язаних систем, у яких функціонування однієї з них залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину систему, називають **інтегрованою системою**.

Інтегрована виробнича система – це система, в якій об'єднані операції різних технологій, наприклад, механічної обробки і складання. Такі системи можуть будуватись за декількома схемами:

схема 1 – складання виконується паралельно з механічною обробкою;

схема 2 – складання відбувається безпосередньо за обробкою.

Деталі повинні виготовлятися відповідно до запитів складальної ділянки й потрібна деталь повинна подаватись на складання у визначений час.

Міжопераційне транспортування слід зводити до мінімуму, навіть якщо маршрут обробки змінюється.

Обробне обладнання повинне мати розширені функційні властивості (токарна обробка, фрезерування, свердління, розточування та інші види обробки).

Виробничу систему можна представити як двохрівневу: верхній рівень – система керування, нижній – сукупність технологічних систем, кожна з яких складається з людей, основного і транспортно-складського обладнання, утворюючих людиномашинні технологічні системи.

Мета нижнього рівня ВС – виготовлення виробу відповідно до ринкового попиту за ефективного використання ресурсів.

Однією з умов оптимального функціонування ВС є ефективні засоби підтримки її розвитку, які включають організаційно-технологічне, архітектурно-будівельне проектування, розробку системи енергозабезпечення, зв'язку, вентиляції, розробку системи інформаційних комунікацій тощо.

Сьогодні всі ці роботи забезпечені відповідними програмними засобами, які в десятки разів скорочують час і собівартість проектних робіт та різко збільшують їхню якість.

До цих засобів можна віднести:

- програмну підтримку маркетингу (наприклад, Marketing Expert), бізнес-аналізу (зокрема, Andit Expert);
- бізнес проектування (наприклад, Project Expert);
- архітектурно-будівельне проектування (Auto-Architector 14) та інженерне проектування комунікаційних систем (Building Services Suite)
- планування і керування реалізацією проектів (Microsoft Project) тощо.

### 1.5.1. Виробничий процес

Для одержання будь-якого виробу використовується цілеспрямована діяльність людей із застосуванням різноманітних знарядь. Сукупність взаємопов'язаних у певній послідовності всіх дій людей і знарядь праці, необхідних на підприємстві для виготовлення (чи ремонту) виробів називають **виробничим процесом**.

Проміжок календарного часу від запуску у виробництво до одержання готового виробу називають **виробничим циклом**.

Як складник системної технології, виробничий процес охоплює: підготовку виробництва, підготовку й обслуговування засобів виробництва; одержання, зберігання і переміщення матеріалів, напівфабрикатів, заготованок, комплектуючих і готових виробів; різні види обробки (механічну, термічну, фарбування, пакування); складання виробів і контроль якості.

Вказані складники виконуються в різних виробничих підрозділах підприємства (у відділах, цехах, дільницях, відділках).

Територія, яка необхідна для здійснення виробничого процесу називається **виробничою площею**.

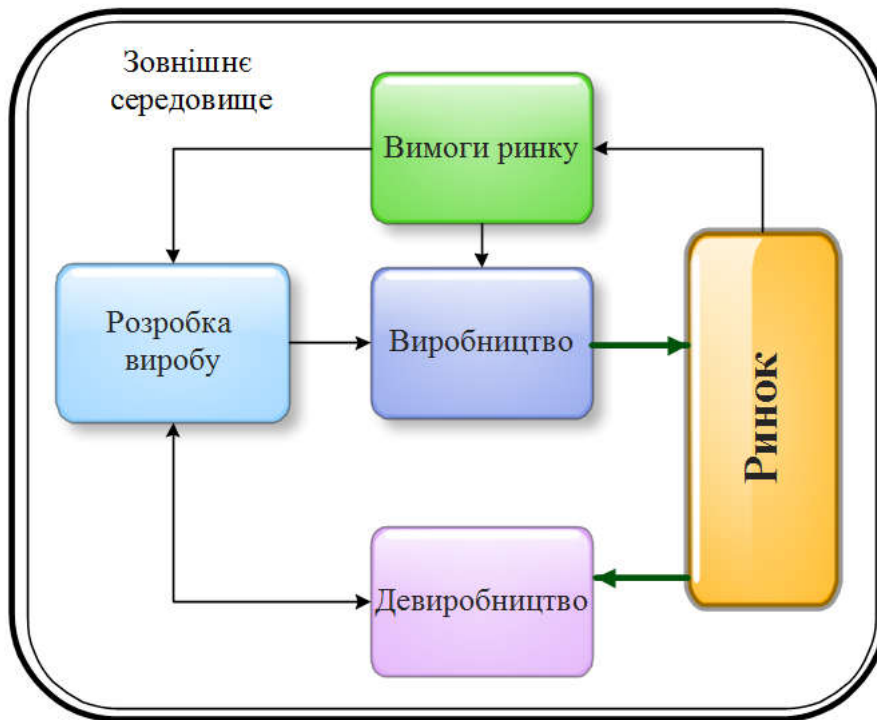
Сучасне промислове виробництво є гнучким ринково орієнтованим, де ринок визначає вимоги не лише до виробу, але і практично до всіх етапів його створення, виготовлення та експлуатації (рис. 1.10).

До складників виробничого процесу належить праця, знаряддя (засоби) праці та предмет праці.

**Праця** – це свідомо доцільна діяльність людини. Носієм праці є робоча сила: особи чоловічої та жіночої статі, працюючі пенсіонери та підлітки.

**Знаряддя (засоби) праці** – матеріальні об'єкти, за допомогою яких у процесі виробництва предмети праці перетворюються на готову продукцію.

До знарядь праці належить устаткування (верстати, плавильні печі, складальні та випробувальні стенди тощо), обробляючий та вимірювальний інструмент, різноманітні пристрої.



*Рис. 1.10. Схема сучасного промислового виробництва*

**Предмет праці** – природна речовина або продукт попередніх стадій виробництва, які за допомогою праці перетворюються на продукцію. Наприклад, шматок прокату чи вихідна заготованка, обробкою яких одержують деталі, з яких складанням виготовляють машину, механізм чи їх частини.

Предмет праці й засоби праці складають **засоби виробництва**.

Залежно від функцій, які виконуються у процесі праці, певний об'єкт може виступати і предметом, і засобом праці. Так, працюючий верстат є засобом праці, а той, що перебуває в ремонті – предметом праці.

**Виріб** – це предмет праці, що пройшов усі стадії виробничого процесу та придатний до безпосереднього чи подальшого використання у сфері виробництва.

Іншими словами, виріб – це продукт кінцевої стадії виробництва. Виробом може бути складена машина, пристрій, прилад, а також будь-яка їхня складова частина, що являє собою продукт кінцевої стадії виробництва. Так, для тракторного заводу виробом є трактор, для моторного заводу – двигун внутрішнього згоряння, для електролампового заводу – електрична лампа, для металургійного заводу – метал, для електроенергетичної системи фотоелектричних перетворювачів – електроенергія тощо.

Процес ринкової орієнтації виробництва починається з вивчення попиту, а закінчується його задоволенням.

Пристаюючи виробництво до вимог ринку в межах своїх ресурсів підприємство формує асортиментну програму, а в подальшому – план виробництва та реалізації продукції.

Виробничий процес характеризується великою кількістю техніко-економічних характеристик, найважливішими серед яких є: вид і кількість виробничої продукції, якість процесу, продуктивність, гнучкість, ступінь автоматизації, ефективність виробничого процесу.

**Вид продукції** характеризується її функційним призначенням, конструкцією, технічними характеристиками, показниками якості.

**Кількість продукції, що випускається**, характеризується обсягом її випуску в рік і серією – кількістю виробів, що випускається за незмінними креслениками.

**Якість виробничого процесу** характеризується точністю руху робочих органів виготовленої машини, яка забезпечується точністю розмірів і відносного розташування поверхонь деталей, їхньою якістю, точністю забезпечення необхідних властивостей матеріалів, з яких виготовлений виріб, тощо.

**Продуктивність виробничого процесу** визначається чисельністю виробів, що випускаються в одиницю часу або протягом визначеного періоду за умови повного завантаження устаткування. Продуктивність виробничого процесу повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити потрібний (запланований) обсяг випуску продукції.

**Ступінь автоматизації** – це співвідношення часу автоматичної роботи до загального часу (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – *Ступінь автоматизації операцій*

Значення $K_p$	Ступінь автоматизації
0	Нульовий (автоматизація відсутня)
Від 0,01 до 0,25	Низький
Більше 0,25 до 0,45	Малий
Більше 0,45 до 0,60	Середній
Більше 0,60 до 0,75	Великий
Більше 0,75 до 0,90	Підвищений
Більше 0,90 до 0,99	Високий
1,00	Повна автоматизація

Залежно від того, який проміжок часу розглядається, розрізняють цикловий, робочий і експлуатаційний ступені автоматизації.

**Ступінь автоматизації циклу** – відношення часу автоматичної роботи  $t_a$  технологічного комплексу протягом циклу до повного часу циклу  $t_u$ :

$$K_u = \frac{t_a}{t_u}.$$

**Ступінь автоматизації роботи** – відношення частки штучного часу  $t_a$  автоматичної роботи до всього штучного часу  $t_{шт}$ :

$$K_p = \frac{t_a}{t_{шт}}.$$

**Ступінь автоматизації процесу експлуатації** – співвідношення суми часу автоматичної роботи  $t_a$  протягом розрахункового періоду (зміна, місяць, квартал, рік) до розрахункового періоду експлуатації  $t_e$ :

$$K_e = \frac{t_a}{t_e}.$$

У процесі виробництва предмети праці змінюють свій стан і перетворюються в продукцію.

Виробничий процес складається із сукупності технологічних процесів, які, у свою чергу, є сукупністю технологічно пов'язаних між собою операцій, об'єднаних єдністю кінцевої продукції.

**Технологічний процес (ТП)** – завершена частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовану дію на зміну і (або) наступне визначення стану предмету праці. В ході ТП здійснюється цілеспрямована зміна предметів праці в результаті дії на них енергії, що супроводжується виникненням різних фізичних явищ, керуючи якими можна досягти бажаних результатів.

**Технологічний процес механічної обробки** – це завершена частина виробничого процесу, протягом якої зміною форми, розмірів, відносного розташування та шорсткості поверхонь заготовки одержують деталь. Предметом праці при цьому є заготовка та вихідна заготовка (заготовка перед першою технологічною операцією).

**Технологічний процес складання** являє собою завершену частину виробничого процесу, безпосередньо пов'язану з послідовним відносним орієнтуванням, з'єднанням і фіксацією деталей і вузлів для одержання готового виробу, який задовольнив би установлені вимоги.

Предметом праці при складанні є деталі та вузли машини.

**Технологічний процес контролю** – частина виробничого процесу, пов'язана з визначенням стану предмета праці.

Предмети праці: вихідні матеріали, заготовки, деталі, складальні одиниці, вироби, для фотоелектричних систем – фотогенерована електроенергія.

ТП поділяється на технологічні (основні) і допоміжні операції.

**Технологічна операція** – це завершена частина технологічного процесу зі зміни стану предмета праці, яка виконується на одному робочому місці без розриву в часі.

До допоміжних операцій відносять контроль, транспортування та інші види робіт, за яких стан предмета праці не змінюється.

Операція включає всі дії устаткування і робітника над одним або декількома предметами праці. Технологічна операція є основою виробничого планування і обліку. За кількістю і складом операцій визначають потрібну кількість робітників та обладнання, робочого та вимірювального інструментів, пристроїв тощо.

Час виконання технологічної операції складається з часу виконання всіх її складників. Чим менше цей час, тим кращий результат виробництва: більша продуктивність і менша собівартість продукції.

Технологічну операцію виконують на окремому робочому місці.

**Робочим місцем** називається частина виробничої площі, обладнана відповідно до виконуваної роботи. Робоче місце є первинною ланкою кожної виробничої дільниці.

Кожне робоче місце призначено для виконання певних робіт (операцій). Ступінь спеціалізації робочих місць і їх технічне оснащення залежать від прийнятого способу організування виробничого процесу. Так, у масовому виробництві за кожним робочим місцем постійно закріплена якась одна операція; робоче місце в цьому випадку має чітко виражену спеціалізацію. В одиночному виробництві на кожному робочому місці можуть виконуватися різні операції, тому воно має універсальний характер.

Для реалізації процесу перетворення предмету праці одних технологічних операцій недостатньо. Потрібні допоміжні операції: налагодження верстата, транспортування і складування заготовок і виробів, контроль якості тощо.

### 1.5.2. Системи технологій

Виготовлення виробів здійснюється у виробничих системах за допомогою технологічних процесів – технологій.

**Виробнича технологія** – це сукупність дій людей і знарядь праці, необхідних у цьому виробництві для виготовлення підприємством із наявних ресурсів деякого продукту чи одержання визначеного результату.

Технологія різних виробництв постійно поновлюється і змінюється в міру розвитку техніки та інноваційних процесів.

Технологічні процеси визначають порядок використання методів і технічних засобів, що забезпечують виробництво готової продукції. Розробка технології спрямована на створення документа, що регламентує поведінку технологічної системи і її складників при виготовленні виробів.

Виробничу систему (ВС) можна представити як сукупність (множину) технологій  $T$ , ресурсів  $P$ , виробів  $B$  та сукупність показників  $\Pi$ , що відображають динаміку і якість перебігу технологічних процесів:

$$BC = \{T, P, B, \Pi\},$$

де  $T = \{m_i\}$ ,  $P = \{p_j\}$ ,  $B = \{v_k\}$ ,  $\Pi = \{n_l\}$ ;

$i, j, k, l$  – індекс відповідно технологій, ресурсів, виробів, показників.

Технологія виду  $m_i$  разом зі зв'язаними з нею ресурсами виду  $p_j$ , та виробом виду  $v_k$  описують одну з можливих виробничих технологій (рис. 1.11).



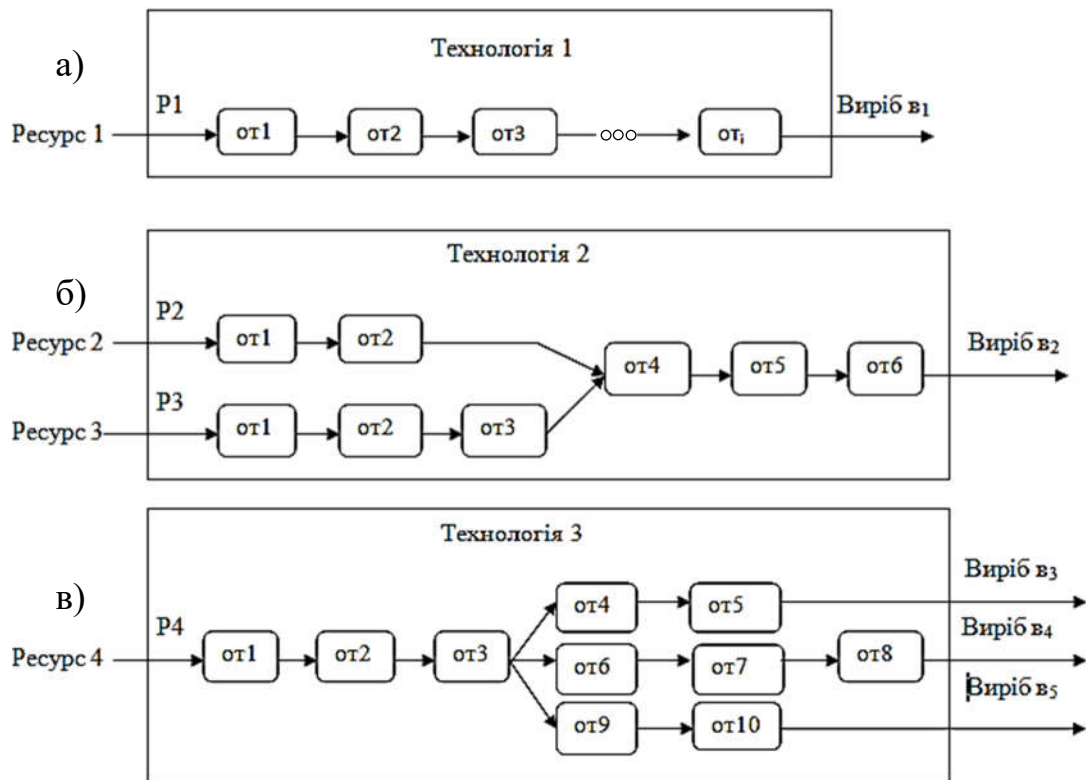


Рис. 1.11. Можливі виробничі технології:

а – з послідовним зв'язком операційних технологій (от); б, в – з паралельно-послідовним зв'язком

У процесі функціонування підприємства технології взаємодіють, утворюючи єдину технологічну мережу. Структура такої мережі визначається типом виробництва, його організуванням, характером продукції, що випускається. У межах технологічної мережі окремі технології можуть поєднуватися в конфігурації, які відповідають певним рівням реальної виробничої структури (дільниця, технологічна лінія, цех, виробництво).

Кожна з можливих конфігурацій технологій взаємодіє з іншими конфігураціями. Таким чином, виникає ієрархічна структура взаємозалежних рівнів технологій виробництв.

Спектр виробничих технологій дуже широкий залежно від ознак, що їх характеризують (табл. 1.6).

### 1. За роллю у процесі виробництва технології поділяються на:

- **основні**, безпосередньо пов'язані зі зміною стану предмета праці, в результаті яких утворюється основна продукція, заради виробництва якої існує підприємство;

- **допоміжні**, у результаті яких утворюється допоміжна продукція, що використовується самим підприємством і сприяє випуску основної (наприклад, ремонт устаткування, виробництво технологічної оснастки тощо);

- **обслуговуючі**, в результаті яких нова продукція не утворюється (наприклад, контроль якості продукції, транспортування, складування продукції).

Таблиця 1.6 – Види виробничих технологій

Ознака	Види технологій
1. Роль у виробництві	Основні, допоміжні, обслуговуючі
2. Стадія виробництва	Заготівельні, обробляючі, складальні, випробувальні, постачальні
3. Застосування засобів праці	Ручні, машинно-ручні, машинні, автоматичні, апаратурні
4. Кількість компонентів продукту	Прості, складні, аналітичні
5. Величина перерв	Переривчасті, безперервні
6. Гнучкість	Жорстка, переналагоджувана, гнучка
7. Динаміка розвитку	Прогресивні, прогресуючі(що розвиваються), стабільні, застарілі
8. Потреби в ресурсах	Наукомісткі, капіталомісткі, енергоємні
9. Якість переробки матеріалів	Відходні, безвідходні
10. Використання трудових ресурсів	Людні, малолюдні, безлюдні, змішані (мікс-технології)
11. Пріоритети створення	Первинні, конверсійні

Сучасні процеси виготовлення продукції характеризується зрощуванням і переплетенням основних, допоміжних і обслуговуючих процесів (рис. 1.12).

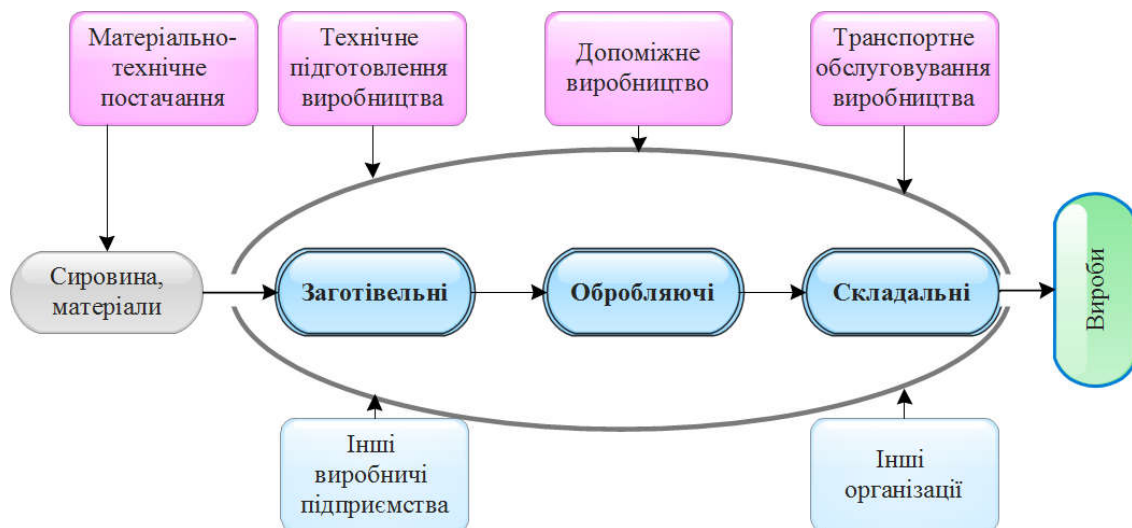


Рис. 1.12. Системне оточення основних технологій

При цьому через низьку механізацію і автоматизацію допоміжні й обслуговуючі процеси займають дедалі більше місце в загальному виробничому циклі.

**2. За стадіями** механоскладальні технології поділяються на: заготівельні й обробляючі.

**Заготівельні технології** виготовляють із різноманітної сировини і матеріалів вихідні заготовки для подальшого виготовлення деталей. Складаються з ливарного, ковальського, зварювального, розкрійного та інших виробництв. Ливарне та ковальське виробництво виготовляє вихідні заготовки литтям (вилівки) та куванням (кованки). Зварювальне виробництво створює нові за формою і розмірами нероз’ємні з’єднання, а розкрійне – одержує вихідні заготовки вирізанням із листового матеріалу.

**Обробляючі технології** – змінюють стан предмета праці механічними, хімічними та іншими способами; здійснюють перехід від вихідних заготованок до готових деталей за рахунок зняття (зрізання) шару металу чи іншого матеріалу.

Цей перехід здійснюється багаторазовим впливом різними технологічними методами на заготованку, внаслідок чого змінюється її форма, розміри, відносне розташування поверхонь, стан поверхневого шару.

Сюди ж відносять складальні технології – змінювання відносного розміщення об'єктів, вузлів, деталей тощо.

### **3. За видами застосування засобів праці технології можуть бути:**

- ручними – виконуваними без застосування машин і механізмів – вручну;
- машинно-ручними – виконуваними із застосуванням машин за безпосередньої участі робітника;
- машинні – такі, які виконуються машиною під керівництвом робітника;
- автоматичні – коли робітник здійснює лише функції нагляду за процесом виготовлення продукції;
- апаратурні – здійснюються в спеціальних агрегатах під наглядом робітника (хімічні технології, металургійні технології).

**4. За кількістю компонентів продукту технології** поділяються на прості, синтетичні та аналітичні.

**Прості** технології – послідовною переробкою сировини одержують готовий продукт, наприклад, виготовлення деталей з вихідних заготованок.

**Складні (синтетичні)** технології – це результат поєднання декількох паралельних процесів із виробництва простих продуктів. Наприклад, виробництво машин чи їхніх частин складанням із різних деталей.

**Аналітичні технології** – такі, у результаті яких із одного виду сировини одержують декілька видів готової продукції.

Наприклад, з металу виготовляють багато видів вихідних заготованок (вилівки, кованки, штамповки тощо).

### **5. За величиною перерв технології** поділяють на:

- переривчасті (дискретні) – процеси, в яких мають місце перерви, як всередині виробничого циклу, так і між складниками виробничого циклу (для вивантаження, транспортування тощо);
- безперервні – процеси, які не мають перерв (перерви можливі лише у зв'язку з ремонтом обладнання).

Наприклад: безперервне розливання сталі, безперервне навивання пружин, безперервне виготовлення труб тощо.

**6. За гнучкістю технології** поділяються на жорсткі, переналагоджувані та гнучкі.

**Жорстка технологія** виробництва – коли технологічне устаткування призначено для виготовлення одного виробу й після закінчення не може бути використане для виготовлення інших виробів. Наприклад, спеціальне обладнання, верстати й автоматичні лінії зі спеціальних верстатів. Гнучкість виробництва відсутня.

**Переналагоджувана технологія** – коли устаткування за заміни окремих його складників чи зміни компоновки може використовуватись для виготовлення нового виробу чи суворо фіксованої групи виробів. Наприклад, АЛ з агрегатних верстатів, побудованих за агрегатно-модульним принципом. Гнучкість виробництва мала.

**Гнучка технологія** – технологія і устаткування пристосовані для високого рівня автоматизації та одночасного випуску групи виробів. Обладнання переналагоджується автоматично за командами системи керування. Наприклад, ГВМ, ГВС. Виробництво гнучке.

**7. За динамікою розвитку** розрізняють технології:

- прогресуючі – технології, побудовані на новітніх досягненнях науки і техніки та інтенсивно розвиваються і використовуються;
- такі, що розвиваються – технології, які удосконалюються з часом;
- стабільні – технології, які тривалий час не змінюються;
- застарілі – технології, які не відповідають сучасним вимогам.

**8. За потребами в ресурсах** технології поділяються на:

- наукомісткі – технології, побудовані на великій кількості наукових досягнень;
- капіталомісткі – технології, розробка і реалізація яких потребує великих капіталовкладень;
- енергоємні – технології, які потребують для реалізації великої кількості енергії різного виду.

**9. За якістю переробки ресурсів** технології можуть бути:

- відходні – технології, у яких мають місце відходи виробництва;
- безвідходні – технології, що зводять до мінімуму чи цілком ліквідовують відходи виробництва.

**10. Використання трудових ресурсів** визначає поділ технологій на:

- людні – технології за якими людина бере безпосередню участь у процесі виробництва;
- малолюдні – технології, за якими людина в процесі виробництва виконує спостереження і окремі допоміжні дії;
- безлюдні – технології, за якими людина в процесі виробництва бере участь лише як спостерігач;
- змішані (мікс-технології) – технології, коли частина основних операцій виконується без участі людини, а частина – з участю людини.

**11. За пріоритетами створення** технології можуть бути первинними і конверсійними.

**Первинною** називають технологію, розроблену для виготовлення певних виробів.

**Конверсійна технологія** – це змінена первинна технологія, пристосована для виготовлення певних виробів. Конверсійними, наприклад, є аерокосмічні технології, що використовуються для виготовлення виробів машинобудівного виробництва.

**12. Рівень технології**, її досконалість або прогресивність визначається базовою технологією, яка покладена в основу, та технологічними засобами її реалізації, які залежать від загального науково-технічного потенціалу країни.

**За рівнем** розрізняють технології:

- примітивні – на основі найпростіших знарядь;
- прості – з використанням простих знарядь із простим приводом;
- машинні – на основі знарядь-машин;
- високі, наукоємні, прецизійні, ультрапрецизійні, тонкі, нанотехнології залежно від ознак ТП чи властивостей виробів, які вважають визначальними.

Прості, а тим більше примітивні, технології потребують найменших витрат, але і не підвищують продуктивність виробництва. Удосконалення відомих технологій і нових конструкцій техніки на відомих фізичних принципах дозволяє підняти продуктивність праці, але потребує певних фінансових витрат.

Для суттєвих змін необхідно використовувати технології вищого рівня (високі) на основі фундаментальних знань, що потребує значного збільшення витрат.

**Високими (ВТ)** називають нетрадиційні технології, які мають такі ознаки:

- ґрунтуються на новітніх досягненнях фундаментальних та прикладних наук;
- робочий процес потенційно здатний забезпечити повний рівень властивостей виробу (точність, конфігурацію тощо);
- автоматизоване комп'ютерне керування процесами проектування та виготовлення за гнучкості, прецизійності і продуктивності процесу;
- надійність роботи всіх складників системи;
- екологічна чистота робочих процесів;
- прецизійність технологічного спорядження;
- висока професійна підготовка і здатність кадрового ресурсу до сприйняття нового і перенавчання.

Ефективне використання і розвиток технологій вимагає врахування багатьох зовнішніх чинників і серед них передусім результатів маркетингових досліджень. Необхідно враховувати вимоги споживачів та з огляду на це закладати характеристики виробу, що забезпечують його попит на ринку й одержання прийняттого прибутку.

### 1.5.3. Система зв'язків виробничого процесу

Поняття системи включає не лише множину складників, що входять до системи, а й множину зв'язків між ними, структуру системи та її зовнішнє середовище, що також є множиною складників, що існують поза системою і впливають на її стан, структуру і функціонування.

**Виробничий процес**, крім системи складників, являє собою і систему множин зв'язків: властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, часових, економічних (рис. 1.13).

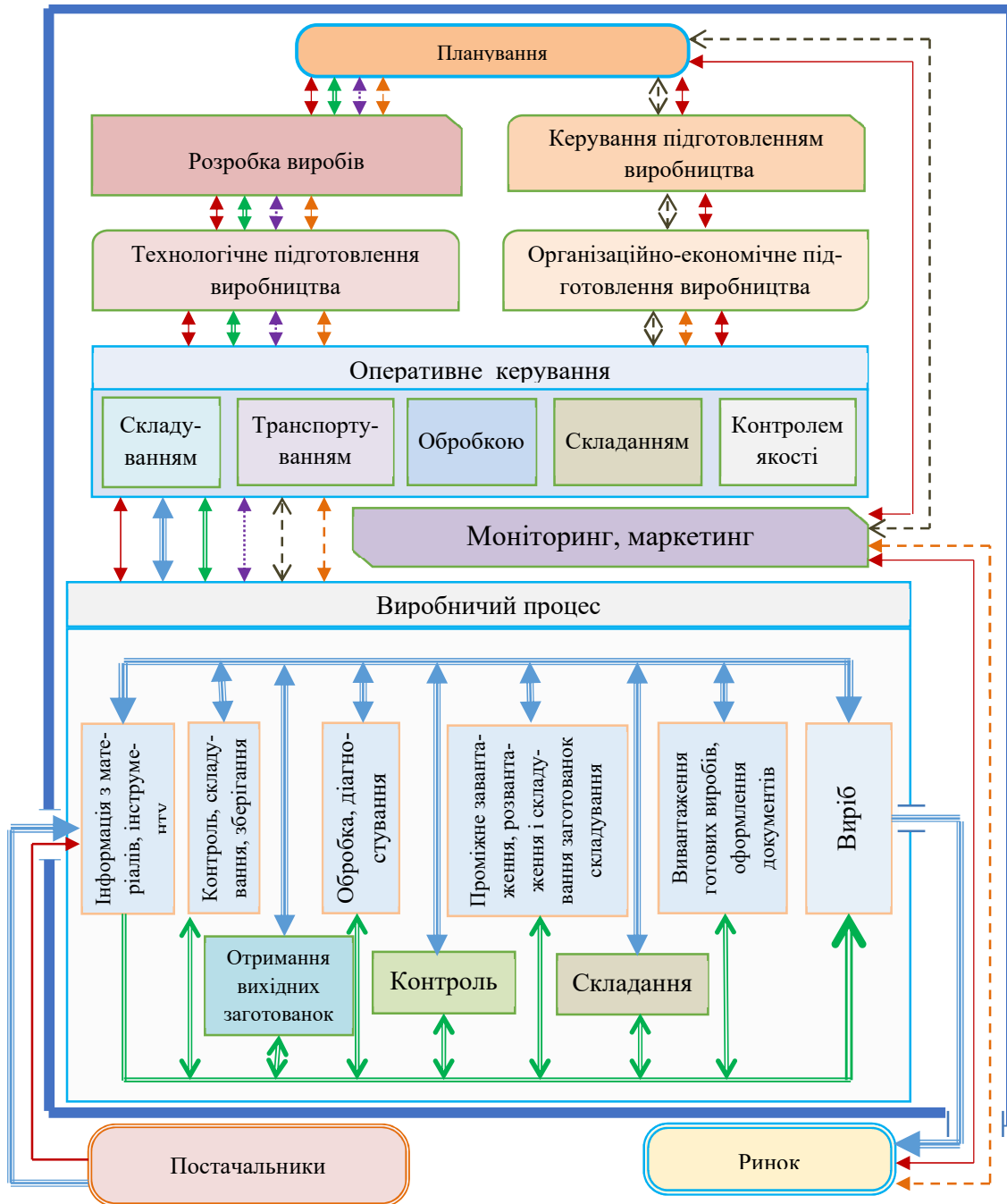


Рис. 1.13. Зв'язки виробничого процесу:

- – інформаційні; → – транспортні; → – розмірні; - - -> – часові;
- - -> – економічні; ·····> – властивостей матеріалів

**Зв'язки властивостей матеріалів** у виробничому процесі потрібні для одержання аналогічних зв'язків у виготовленій машині.

В їх утворенні беруть участь:

- металургійні процеси, які дають вихідний матеріал;
- процеси одержання вихідних заготовок литтям, куванням, зварюванням тощо;
- процеси механічної, термічної, хімічної обробки, складання.

Ці технологічні процеси визначають хімічний склад матеріалу деталі, його структуру, механічні властивості, внутрішні напрути, стан поверхневого шару тощо.

Зв'язки властивостей матеріалів за механічної обробки виникають від взаємодії властивостей матеріалів заготовок, інструментів, деталей верстатів і пристроїв. У процесі складання виробів матеріал може також зазнавати якісних змін під впливом зусиль складання, тепла та інших явищ.

Унаслідок цього на кожному з етапів виготовлення виробу можуть змінюватись властивості матеріалу і поверхневого шару деталей.

Формування потрібних якостей матеріалу й поверхневого шару забезпечується правильним визначенням комплексу методів виготовлення вихідних заготовок, методів їх механічного оброблення і методів термічної обробки та раціональним їх розташуванням у структурі технологічного процесу виготовлення.

**Інформаційні зв'язки** пронизують кожний елемент технологічного і виробничого процесів, приводячи їх у дію. Під інформаційним зв'язком розуміють замкнений контур, утворений прямим і зворотним потоками інформації, початок якого – постановка завдання, кінець – інформація про його розв'язок (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Схема інформаційного зв'язку

Інформацією називають комплекс відомостей про стан технічної системи, яка нас цікавить. Керування процесом неможливе без такої інформації. Так, наприклад, обробка заготовок неможлива без одержання відомостей про її матеріал, твердість, потрібний режим різання, положення на верстаті тощо.

Замикає контур інформаційного зв'язку результат  $I_{\Delta}$  порівняння інформації з розв'язання завдання  $I_p$  та бажаним заданим результатом  $I_3$ :

$$I_{\Delta}=I_3-I_p.$$

За результатом порівняння встановлюють правильність розв'язання.

Одночасне виконання технологічних процесів виготовлення деталей декількох найменувань, подача інструментів і заготовок до робочих місць, транспортування готової продукції на склад, забезпечення необхідної точності складання, його диспетчеризація і багато іншого вимагають безперервного інформаційного забезпечення.

Інформація в технологічному процесі – це відомості про те, що і в якій послідовності робити. Інформація прописує і спрямовує всі дії як у підготовленні виробництва, так і його здійсненні й може бути представлена в різних видах і відображена на різних носіях.

Інформація про деталь, що підлягає виготовленню, переважно представляється у вигляді кресленника. Технологічна інформація представляється у вигляді текстових документів і технологічних ескізів. Кресленики, ескізи, текстові документи призначені для робітників. Для верстата чи промислового робота та ж інформація повинна бути представлена у вигляді керуючої програми для системи ЧПК.

Крім розробленої заздалегідь інформації, необхідна ще поточна інформація про хід процесу: одержуваних розмірах заготовки, зношенні інструментів, працездатності верстатів, числі заготовок на складі тощо. Поточна інформація про стан процесу збирається за допомогою різних засобів. Не володіючи необхідною інформацією, неможливо керувати процесом.

Формування інформаційних зв'язків починається з розробки конструкції, технології, організування виробничого процесу і планування виробництва. Інформація, яка міститься в технологічних, організаційно-технічних документах і планових завданнях, перетворюється в потоки керуючої інформації, охоплюючи виробниче обладнання, матеріально-технічне забезпечення виробничого процесу й людей, які здійснюють виробничий і технологічний процеси. Потоки інформації у своєму проходженні каналами прямого і зворотного зв'язків розгалужується і на своєму шляху зазнають численних перетворень.

У неавтоматизованому виробництві багато інформаційних процесів являються прихованими, неявними, оскільки вони здійснюються людьми, які можуть доповнювати відсутню інформацію своїми знаннями і досвідом. Так, наприклад, у серійному виробництві технологічні процеси виготовлення простих деталей до-



кладно не розробляють, однак робітник, завдяки своїй кваліфікації, може сам виготовити на верстаті деталь, користуючись лише креслеником. За автоматизації виробництва з використанням верстата з ЧПК необхідно не тільки докладно вказати всі параметри обробки, включаючи режими різання, траєкторію переміщення інструментів та інше, але і представити цю інформацію у вигляді програми, придатної для введення в конкретну систему ЧПК верстата.

За автоматизації виробництва кількість необхідної для виробничого процесу інформації різко зростає, особливо в ГВС з автоматичним переналагодженням верстатів на виготовлення необхідного виробу (рис. 1.15).

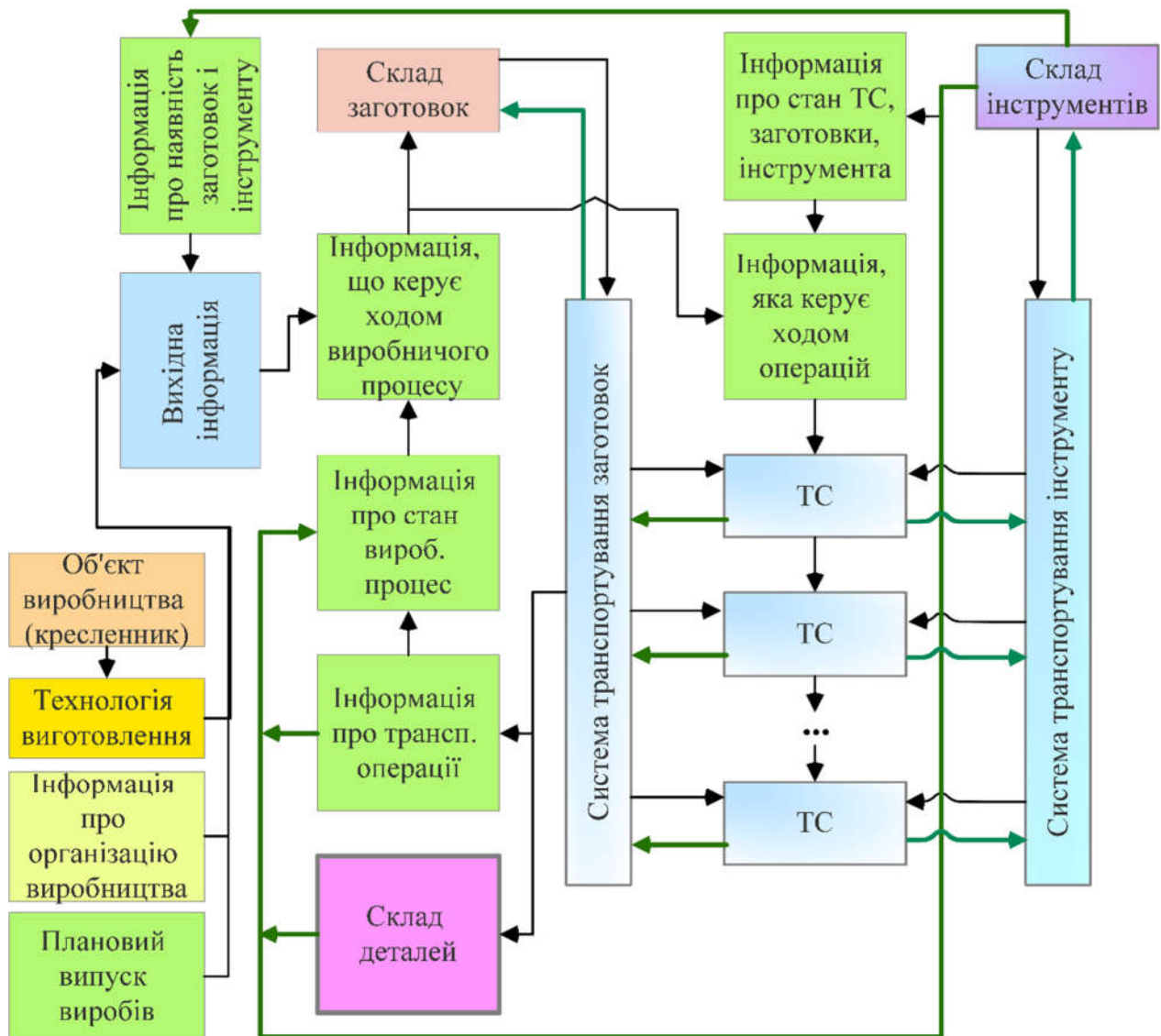


Рис. 1.15. Інформаційні зв'язки автоматизованого виробництва

Наявність часових зв'язків у виробничому процесі зумовлена тим, що він не може бути виконаний поза часом, який витрачається на виконання основних і допоміжних переходів у технологічних процесах, на транспортування об'єктів виробництва, на керування виробничим процесом, на усунення технологічних і організаційних неполадок тощо.

**Часовим зв'язком** називають замкнутий контур, утворений складниками часу виконання роботи та загальним часом її виконання.

Замикаючою ланкою часових зв'язків є час тієї чи іншої категорії, або показники ефективності виробничого процесу, які функційно зв'язані з часом різних категорій (наприклад, продуктивність, завантаженість тощо).

Формування часових зв'язків починається з розробки технології виготовлення виробів, а їхній розвиток пов'язаний з організуванням, плануванням і узгодженням багатьох процесів у часі. Визначення необхідної чисельності верстатів, інструментів, транспортних засобів також вимагає розрахунків витрат часу і фондів часу.

Закладені у виробничий процес на стадії його підготовки часові зв'язки вступають в дію з початком дії виробничого процесу і не перериваються до його завершення. Часові зв'язки різноманітні і складні, а їхня структура багато у чому залежить від будови інших видів зв'язків.

Особливо складні часові зв'язки в дрібносерійному та одиничному виробництві, де номенклатура виробів широка, а вироби кожного найменування виготовляються в різній кількості за різною технологією.

Від побудови часових зв'язків у виробничому процесі залежать:

- продуктивність;
- завантаження устаткування;
- цикл виготовлення виробів;
- ритмічність виробництва;
- обсяг незавершеного виробництва;
- своєчасність виконання виробничих завдань тощо.

Часові зв'язки формують технологія виготовлення, організування і оперативне планування виробництва, керування виробничим процесом.

Часові зв'язки технології виготовлення проявляються у витратах часу виконання операцій технологічного процесу і визначаються:

- структурою операції;
- продуктивністю вибраного устаткування;
- ефективністю технологічного оснащення;
- величиною підготовчо-заключного часу.

Узгодженість часових зв'язків забезпечується вибором виду і форми організування виробничого процесу, раціональним розміщенням технологічного устаткування, побудовою вантажопотоків, контролем якості продукції, плануванням технічних оглядів і ремонту устаткування, організуванням робочих місць і необхідних наробок, нормальними виробничими умовами тощо.

**Оперативне планування** часових зв'язків виконується через розподіл замовлень між робочими місцями, визначення послідовності їх виконання в часі, внесення коректив у намічений хід виробничого процесу за зміни ситуації.

Узгодження у часі всіх дій, які забезпечують функціонування виробничого процесу, реалізується через керування ходом виробничого процесу завдяки диспетчеризуванню.

Для здійснення виробничого процесу в автоматичному режимі необхідно з'єднати часові та інформаційні зв'язки в єдину систему й реалізувати їх за допомогою методів і засобів керування.

Від структури часових зв'язків і значень їхніх складників залежать виконання виробничої програми дільницею, цехом і підприємством загалом.

В утворенні цих зв'язків беруть участь календарний час, номінальний і фактичний фонди часу, можливі і фактичні втрати фонду часу, нормативні і фактичні витрати часу.

**Розрахунковий, або номінальний фонд часу** включає кількість і час повноцінних і скорочених змін за виключенням планового простоювання обладнання для технічного обслуговування, ремонту та регламентованих перерв для відпочинку робітників при виконанні важкої або шкідливої роботи.

Плановий час простоювання обладнання і час регламентованих перерв приймають величиною 3–6 % для універсального і 10–12 % для унікального обладнання.

**Дійсний фонд часу**  $\Phi_d$  відрізняється від номінального  $\Phi_n$  на величину втрат часу  $B$  через відмови обладнання, затримки з подачею технологічної документації, заготовок і інструментів, непередбачуваних невиходів робітників на роботу, порушення трудової дисципліни тощо, тобто за технічними й організаційними причинами та з вини робітників.

$$\Phi_d = \Phi_n - B.$$

Виробничий процес повинен відбутися у визначений період, за який предмети праці підлягатимуть технологічній обробці, щоб перетворитися на виріб, що проявляється через виробничий цикл.

**Виробничий цикл** – це календарний проміжок часу, протягом якого предмети праці проходять усі стадії виробничого процесу або певного його етапу й перетворюються на готовий виріб.

Забезпечення узгодженого і планомірного перебігу виробничого циклу виготовлення виробу є метою організування процесу виробництва в часі.

Тривалість виробничого циклу визначають в одиницях календарного часу (годинах, днях, місяцях) і він залежить від норм часу на виконання технологічних операцій, розміру партії виробів, які підлягають обробці, порядку передачі виробів операціями, часу перерв у виробництві у зв'язку з регламентом роботи підприємства та міжопераційними простоями.

Виробничий цикл складається з робочого часу і перерв (рис. 1.16) і визначається залежністю

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{ко}} + T_{\text{тр}} + T_{\text{пер}},$$

- де  $T_{\text{тех}}$  – час технологічних операцій, год;  
 $T_{\text{ко}}$  – час контрольних операцій, год;  
 $T_{\text{тр}}$  – час транспортних і складських операцій, год;  
 $T_{\text{пер}}$  – час перерв у виробничому циклі, год.

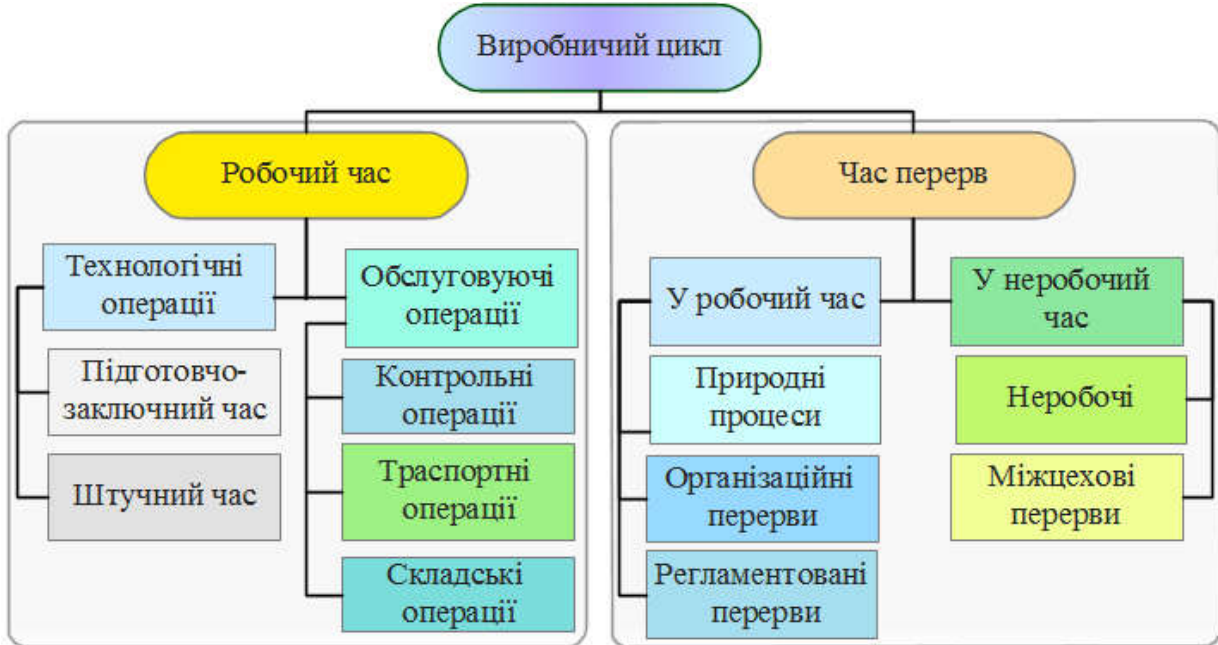


Рис. 1.16. Структура виробничого циклу

Часові зв'язки визначають хід виробничого процесу, зокрема таке важливе завдання, як черговість запуску заготованок в обробку.

Процес виготовлення партії заготованок (деталей), які проходять певні операції, складається із сукупності операційних циклів, кожен з яких є виконанням однієї операції над предметами праці операційної партії.

Для планування часу виготовлення необхідна координація послідовності виконання окремих технологічних операцій.

Сукупність операційних циклів та способів їх поєднання в часі утворюють часову структуру ТП.

Розрізняють послідовну, паралельну та комбіновану часові структури ТП.

**Послідовна структура ТП:** кожна наступна операція починається лише після обробки всієї партії заготованок на попередній операції. Передача предметів праці з операції на операцію виконується всією партією.

Величина технологічного циклу виготовлення партії деталей визначається за формулою

$$T_{\text{ц(посл)}} = n \cdot t_1 + n \cdot t_2 + \dots + n \cdot t_k + t_{\text{пр}} = n \cdot \sum_{i=1}^k t_i + t_{\text{пр}},$$

- де  $n$  – розмір операційної партії заготованок, шт.;  
 $t_i$  – штучний час  $i$ -тої операції, хв;

$k$  – число операцій в технологічному процесі;

$t_{np}$  – час пролежування заготовки.

Як видно з наведеної залежності величина  $T_{ц}$  пропорційна розміру операційної партії та часу виконання операції. При цьому кожна заготовка партії, з першої до останньої, пролежують на кожній операції двічі, перед початком обробки та після неї до закінчення обробки останньої заготовки партії.

Загальний час пролежування однієї заготовки  $t_{np}$  внутрішньої партії на всіх операціях визначається залежністю:

$$t_{np} = (n - 1) \sum_{i=1}^k t_i - t_{обр},$$

де  $t_{обр}$  – сумарний час обробки однієї заготовки на всіх наступних операціях технологічного процесу.

Загальний час пролежування всіх заготовок партії:

$$t_{np}^{заг} = n \cdot t_{np}.$$

Перевагою послідовної структури часових зв'язків є відсутність перерв у роботі робітників та устаткування на всіх операціях.

Цей спосіб поєднання операцій значно скорочує тривалість операційного циклу за рахунок зменшення перерв партійності, що веде до зменшення обсягів незавершеного виробництва. До його недоліків можна віднести великий обсяг незавершеного виробництва через пролежування заготовок, ускладнення обліку деталей і контролю за їх рухом, значна величина технологічного циклу.

Сфера використання: переважно одиничне і дрібносерійне виробництво, де широка номенклатура виробів за невеликих партій скорочує час пролежування і його вплив на час технологічного циклу.

Доцільно використовувати в серійному виробництві, де маршрути руху виборів постійні, регулярно повторюються та коли випуск продукції ведеться великими партіями заготовок, які мають значну трудомісткість обробки.

**Паралельна структура** часових зв'язків: одночасне (паралельне) виконання декількох операцій на окремих робочих місцях.

Величина цього технологічного циклу визначається за формулою:

$$T_{ц(пар)} = n \cdot t_{max} + \sum_{i=1}^k t_i \cdot t_i - p \cdot t_{max} + t_{np},$$

де  $p$  – величина транспортної партії, шт.;

або

$$T_{ц(пар)} = (n - p) \cdot t_{max} + p \cdot \sum_{i=1}^k t_i + t_{np}.$$

Перевага паралельної структури часових зв'язків – найкоротший технологічний цикл виготовлення партії деталей порівняно з іншими структурами.

Недоліки:

- на всіх операціях крім операцій максимальної протяжності, робота виконується з перервами в роботі устаткування;
- мала можливість використання вільного часу на виконання інших замовлень;
- пролежування заготованок до початку обробки на першій операції і після закінчення обробки на останній операції та в межах транспортної партії.

Загальний час пролежування кожної заготованки партії :

$$t_{\text{пр}} = T_{\text{ц}}^{\text{пар}} - t_{\text{обр}}.$$

Загальний час пролежування всіх заготованок партії:

$$T_{\text{пр}} = n \cdot t_{\text{пр}}.$$

Така структура часових зв'язків властива серійному й потоковому масовому виробництвам.

**Послідовно-паралельна (комбінована) структура:** на кожному робочому місці робота виконується без перерв як при послідовній структурі за паралельної обробки тієї ж самої партії на суміжних операціях.

Передача заготованок із попередньої на наступну операції виконується не партією ( $n$ ), а поштучно чи транспортною партією.

Узагальнений часовий зв'язок елементів технологічної операції має вигляд

$$t_{\text{шк}} = \frac{t_{\text{пз}}}{n} + t_{\text{шт}},$$

- де  $t_{\text{шк}}$  – штучно калькуляційний час;  
 $t_{\text{пз}}$  – підготовчо-заклучний час;  
 $n$  – величина операційної партії заготованок;  
 $t_{\text{шт}}$  – штучний час.

На багатоцільових верстатах сумарний час обробки однієї поверхні  $T_c$  визначається сумою часу технологічних переходів та часу, який витрачається на зміну інструментів:

$$T_c = n \cdot t_{\text{тп}} + (n - 1) \cdot t_{\text{ін}},$$

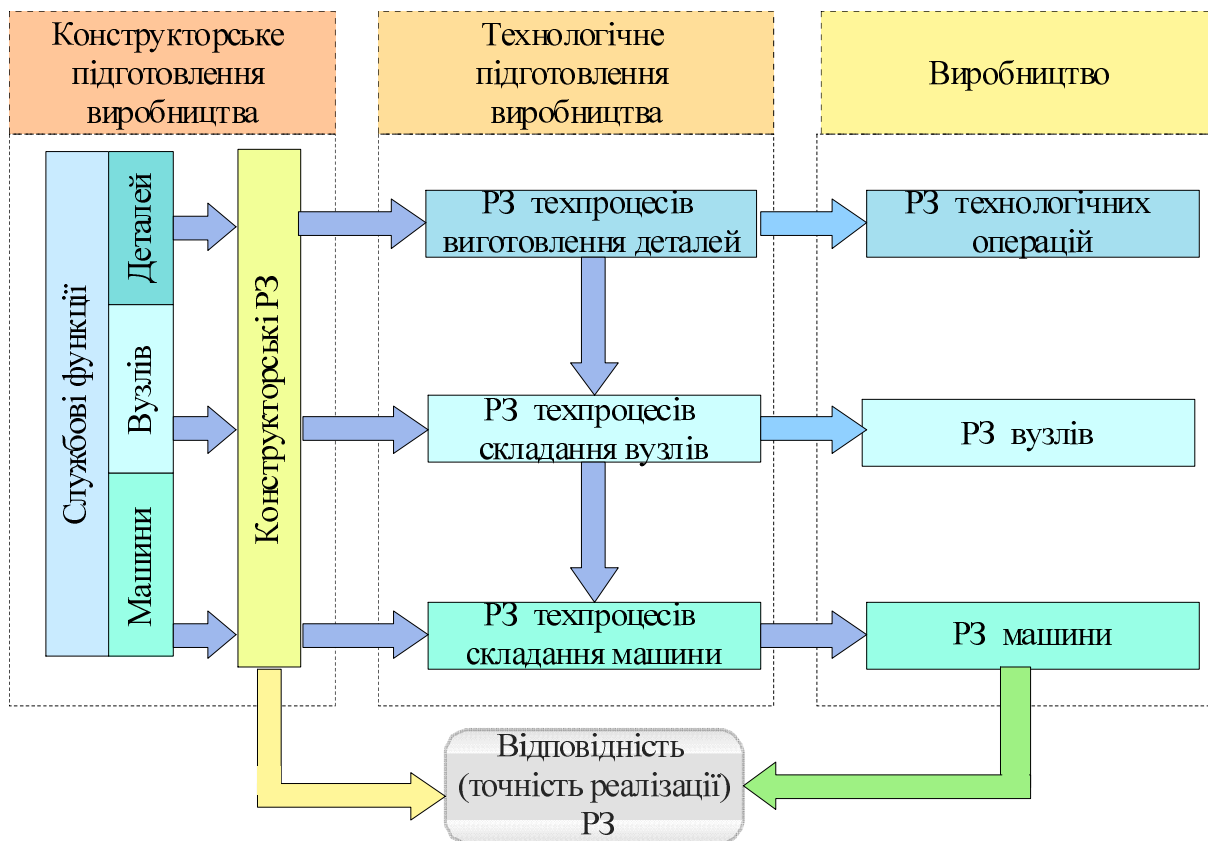
- де  $t_{\text{тп}}$  – час одного технологічного переходу;  
 $n$  – кількість переходів;  
 $t_{\text{ін}}$  – час на зміну одного інструменту.

Загальний час обробки заготованки з декількох боків:

$$T_{\text{заг}} = \sum_1^i t_{3_i} + (i - 1) \cdot t_n + t_y + t_3,$$

- де  $i$  – кількість боків обробки;  
 $t_n$  – час переустановлення або заміни заготованки;  
 $t_y, t_3$  – відповідно час установлення та знімання заготованки з верстата.

**Розмірні зв'язки** виробничого процесу утворюють розмірні зв'язки у виготовленій машині (рис. 1.17).



*Рис. 1.17. Схема формування розмірних зв'язків машини*

Будь-який розмір деталі отримують через розмірні зв'язки технологічного процесу її виготовлення.

Найскладніші розмірні зв'язки виникають у технологічному процесі складання машин, які остаточно і визначають її геометричну точність.

Зв'язки властивостей матеріалів і розмірні зв'язки технологічного процесу забезпечують якість виготовленої машини.

В автоматизованих системах з ЧПК це завдання розв'язують, задаючи різальним крайкам інструмента потрібне положення в системі координат верстата шляхом програмованих переміщень робочих органів з налагодженого положення і відповідного установаження заготовки за допомогою технологічної оснастки в тій же самій системі координат.

Тому, для отримання потрібних розмірів деталей необхідно не тільки мати точні переміщення робочих органів верстата, але й виключно точно узгоджувати положення заготовки та інструмента в системі координат верстата.

Відхилення від потрібного положення призводить до зміщення всього оброблюваного контуру відносно технологічних баз і раніше оброблених поверхонь.

Під час обробки на верстатах з ЧПК і багатоцільових верстатах розрізняють декілька систем координат (рис. 1.18):

1. Система координат верстата  $O_{BC} X_{BC} Y_{BC} Z_{BC}$  – три взаємно перпендикулярні напрямки переміщення робочих органів. Початок відліку (нуль верстата  $O_{BC}$ ) – точка з нульовим значенням положення робочих органів. У цьому положенні система ЧПК визначає початок відліку їх переміщення.

2. Система координат різального інструменту ( $O_i X_i Y_i Z_i$ ).

3. Система координат оброблюваної заготовки ( $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ ), відносно якої задаються розміри і відносне розташування поверхонь (початок системи – нуль заготовки  $O_3$ ).

Як координатна система заготовки може використовуватись координатна система її технологічних баз або інша зручна система координат, побудована на площинах симетрії заготовки чи на їх перетині. Напрямок осей координат заготовки повинен збігатись із напрямком осей координат верстата.

4. Система координат пристрою ( $O_{пр} X_{пр} Y_{пр} Z_{пр}$ ).

5. Система координат ( $O_{вт} X_{вт} Y_{вт} Z_{вт}$ ) вихідної (нульової) точки обробки  $O_{вт}$ , від якої починається запрограмоване переміщення інструмента. Вихідна точка – це початок програми обробки, її координати задаються відносно координатної системи заготовки.

Узгодження розмірних зв'язків між цими системами координат здійснюється про розробці ТП і при налагодженні технологічного комплексу ( $X_{iH}, Z_{iH}$  на рис. 1.18, б).

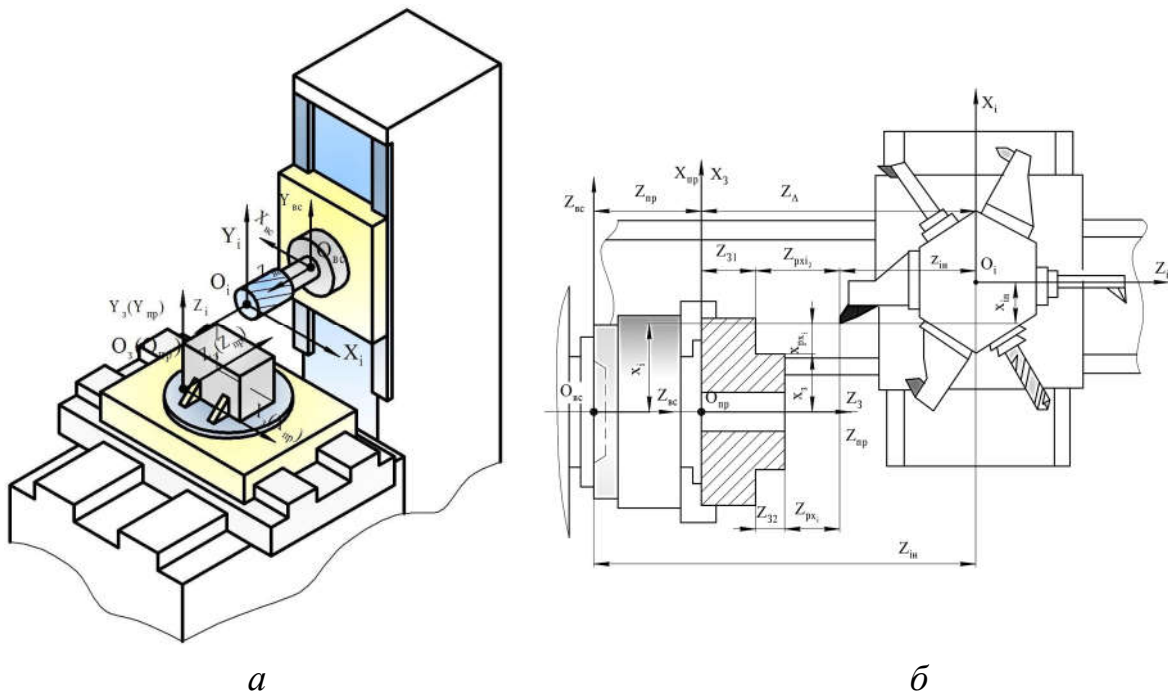


Рис. 1.18. Системи координат багатоцільового верстата (а) і зв'язок координатних систем на токарній обробці (б)



Вибір вихідної точки обробки проводять так, щоб збіглись система координат вихідної точки й система координат заготованки, що рівнозначно дотриманню принципу суміщення баз, коли вимірювальна і технологічна бази збігаються.

**Економічні зв'язки** – це взаємовідношення будь-яких дій, процесів, варіантів рішень у вартісному виразі.

Усі етапи виробничого циклу пов'язані відповідними економічними зв'язками різного виду і матеріалізуються у вигляді різноманітних витрат підприємства, основні з яких визначають:

- вартість сировини і матеріалів, комплектуючих та напівфабрикатів;
- вартість енергоносіїв та енергії всіх видів;
- заробітна плата працівників;
- оплата щорічних та навчальних відпусток;
- соціальні відрахування (в пенсійний фонд, соцстрах тощо);
- амортизаційні відрахування на повне відновлення основних виробничих фондів.

Виражені у грошовій формі витрати на засоби виробництва, оплату праці й соціальні заходи становлять собівартість продукції.

У собівартості продукції (робіт, послуг) знаходять відображення всі параметри функціонування підприємства: рівень організування робочого процесу, його технічна оснащеність, ступінь ефективності використання активів, продуктивність праці, рівень організування матеріально-технічного постачання тощо.

Фактично показники всіх видів зв'язків виробничого процесу мають випадкові відхилення. Від своїх номінальних значень відхиляються показники властивостей матеріалів заготованок, інструменту, деталей верстата. Випадкові відхилення виникають у ланках усіх видів розмірних зв'язків. Інформаційні зв'язки супроводжуються перешкодами та збоями. Коливаються витрати часу на реалізацію всіх частин робочого процесу. Складність системи зв'язків виробничого процесу та її імовірнісні властивості роблять виробничий процес кібернетичною системою.

Сьогодні, будуючи виробничий процес і керуючи ним, люди переважно спираються на свій досвід та інтуїцію, не враховуючи імовірнісного характеру системи зв'язків.

Зазвичай, виробничий процес будується як детермінована система, в якій усе суворо обумовлюється технологією, організуванням, плануванням. Однак коли процес починає здійснюватись, одразу ж проявляються його імовірнісні якості. Невідповідність підходу, використаного при побудові виробничого процесу, і його суті є головною причиною виникаючих збоїв, простою або недовикористання можливостей обладнання і низької ефективності за показниками якості, продуктивності й собівартості. Особливо гостро імовірнісний характер процесу проявляється у дрібносерійному й одиничному виробництвах.

При цьому фахівці, які керують процесом і здійснюють його, вимушені в ситуації, що постійно змінюється, вишукувати потрібні рішення, щоб компенсувати випадкові відхилення, які виникають у всіх зв'язках виробничого процесу. Це можливо тільки на основі чіткого та глибокого уявлення цих зв'язків, їх взаємодії і закономірностей, яким вони підлягають.

Як бачимо, сучасний виробничий процес є складною системою різних видів зв'язків, ефективно керувати яким можна лише при відповідному, системному, підході.

## 1.6. Технологічна система

Технологічний процес реалізується в технологічних системах (ТС). Розробка технології спрямована на створення документа, що регламентує поведінку технологічної системи і її складників при виготовленні виробів.

Технологічна система є частиною (підсистемою) виробничої системи і, як будь-яка інша система, має свою структуру і функціонує в певних умовах.

**Технологічна система (ТС)** – це сукупність функційно взаємозв'язаних предметів праці, засобів праці та виконавців для реалізації в регламентованих умовах виробництва технологічних процесів чи операцій (ДСТУ 2470) (рис. 1.19).

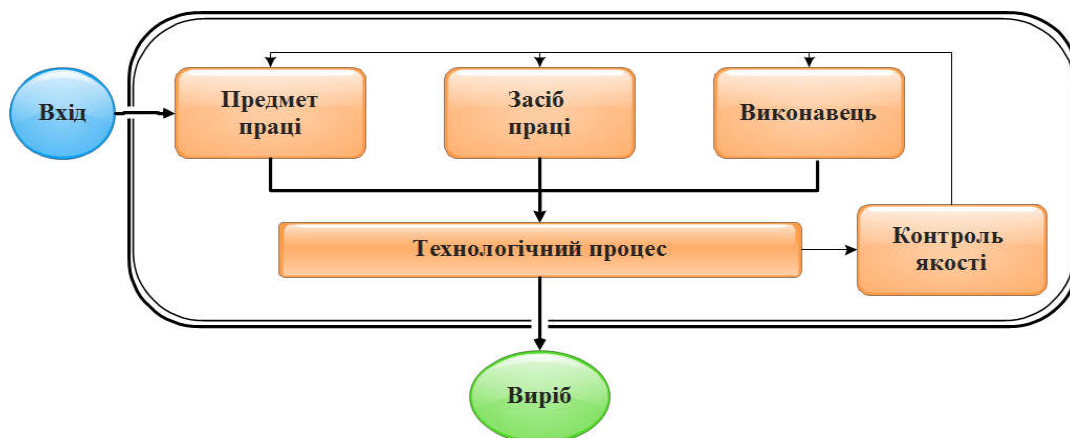


Рис. 1.19. Схема технологічної системи

**Предмет праці** – це деяка сукупність ресурсів.

**До предметів праці** належать: матеріали, вихідні заготовки, напівфабрикати, вироби, які знаходяться у відповідності до виконуваного ТП у стадії зберігання, транспортування, формоутворення, обробки, складання, ремонту, контролю чи випробування.

**Засоби праці** – це технологічне спорядження процесу чи операції, яке включає технологічні устаткування і оснащення та налагодження процесу для надання предмету праці нового стану.

**Технологічне устаткування** – засоби технологічного спорядження, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують сировину, матеріал або заготовки, засоби дії на них та технологічне оснащення.

**Приклади технологічного устаткування** – ливарні машини, преси, металорізальні верстати, печі, складальні та випробувальні стенди, гальванічні та мийні ванни, швейні машини, фільтрувальні установки тощо.

**Технологічне оснащення** – це обробляючий, складальний, допоміжний та вимірювальний інструмент, різноманітні пристрої, що полегшують обробку (переробку).

**Налагодження** – комплекс заходів із підготовки технологічного устаткування і оснащення для виконання ТП чи його частин.

Сукупність функційно взаємозв'язаних засобів технологічного спорядження для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих ТП або операцій називають **технологічним комплексом (ТК)** (рис. 1.20).

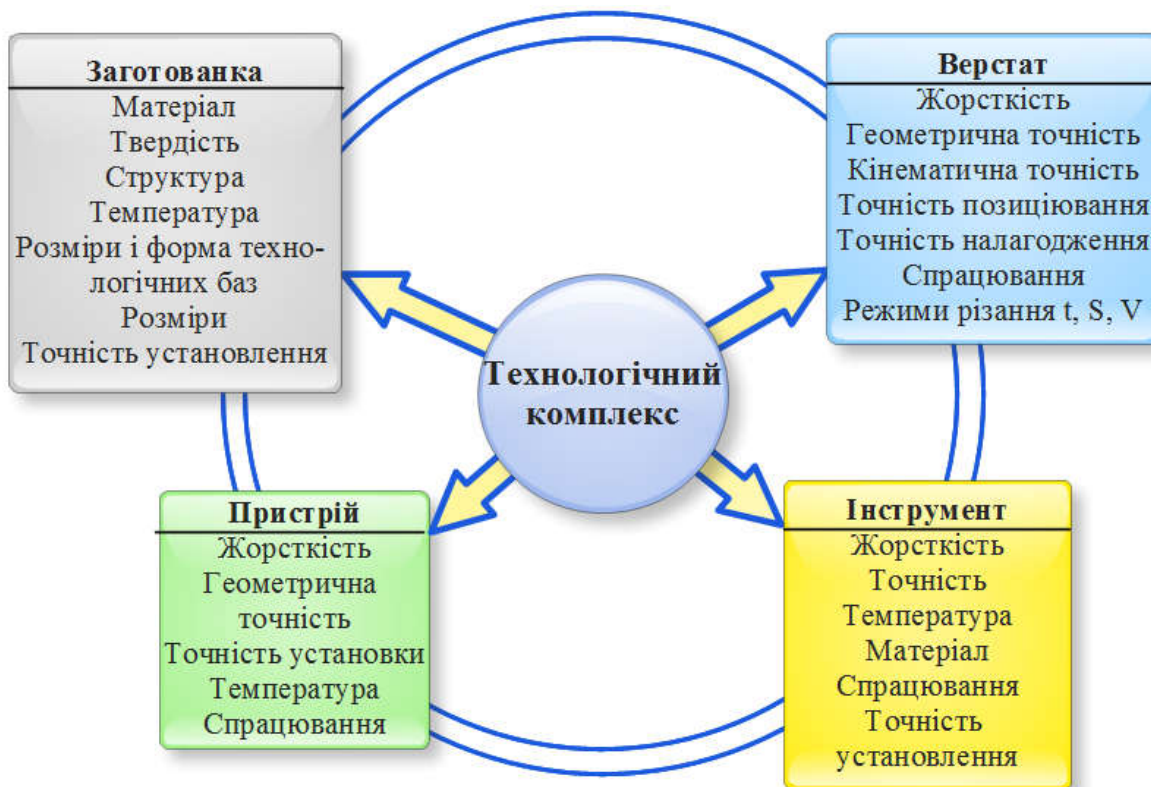


Рис. 1.20. Схема технологічного комплексу

**Технологічний комплекс** для виконання конкретної операції – це технологічна машина з відповідним спорядженням, а для реалізації ТП – система машин (технологічна лінія).

Якщо обладнання має розширені функційні властивості (можливість токарної, фрезерної, розточувальної обробок тощо), технологічний комплекс називають інтегрованим.

**Виконавцем** у ТС є людина, яка здійснює трудову діяльність із безпосередньої зміни стану предмета праці, технологічного обслуговування або ремонту засобів праці.

Кожну систему оточує зовнішнє середовище – усе, що не належить до системи. Система взаємодіє із зовнішнім середовищем, зазнаючи впливу різних дій (збурюючих чинників) середовища.

**Збурення** – дія на будь-який елемент системи (підсистему), що заважає функціонуванню системи.

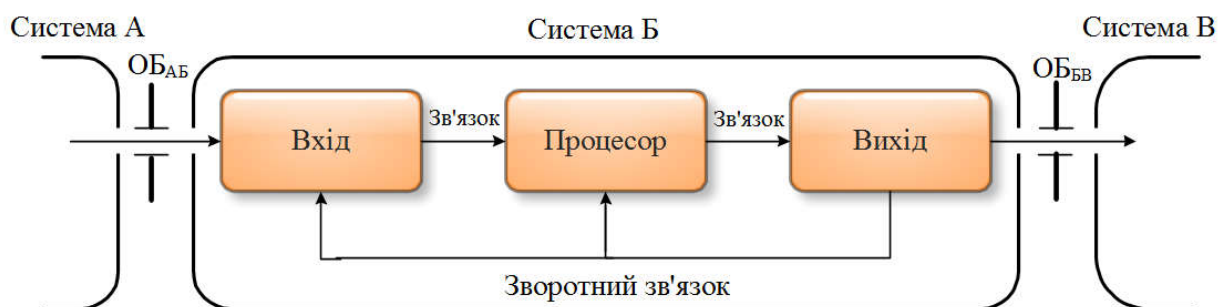
**Збурюючі чинники** викликають необхідність тією чи іншою мірою змін параметрів налагодження і функціонування ТС. Розрізняють зовнішні та внутрішні збурення.

До **зовнішніх збурень**, що мають директивний характер, належать: зміни номенклатури виробів, зміни обсягів їх випуску, зміни порядку запуску-випуску, конструктивні зміни у виробках, зміни технологій їх виготовлення з метою вдосконалення, коливання характеристик матеріалів, які входять до ТС, а також термінів і обсягів їх постачання.

**Внутрішні збурення** виникають у ТС і пов'язані здебільшого з відмовами складників ТС; з коливаннями розрахункових параметрів їхньої роботи; із виникненням технологічного браку у процесі виготовлення виробів тощо.

Таким чином, процес, що виконується технологічною системою, здійснюється в умовах, що безперервно змінюються. У часі не залишаються постійними якість вхідного продукту, кількість і якість енергії, що подається, безперервно змінюються зовнішні умови і стан системи. Усе це позначається на якості виготовленої продукції і спричиняє її нестабільність. Умови, за яких відбувається процес, визначаються сукупною дією багатьох безперервно змінних чинників.

Технологічні системи взаємозв'язані, що повинно враховуватись при виборі обладнання та при розробці технології і її спорядження. Вихід однієї системи є входом іншої системи (рис. 1.21).



*Рис. 1.21. Схема зв'язків системи*

Об<sub>АБ</sub> – обмеження на виході системи А та на вході системи Б;

Об<sub>БВ</sub> – обмеження на виході системи Б та на вході системи В.

**Регламентовані умови виробництва** – регулярність надходження предметів праці, установлені параметри енергозабезпечення і довкілля тощо.

Склад і структура ТС, умови виробництва, режим роботи регламентується відповідною конструкторсько-технологічною та іншою технічною документацією, зміна яких веде до відповідних змін ТС.

### 1.6.1. Види технологічних систем

За ієрархічним рівнем розрізняють технологічні системи операцій, процесів, виробничих підрозділів, підприємства (рис. 1.22).

**ТС операції** забезпечує виконання однієї заданої технологічної операції.

**ТС процесу** включає в себе як підсистему сукупність ТС операцій, які належать до одного методу або до одного найменування виготовленої продукції. Наприклад, ТС обробки корпусів, ТС обробки валів, ТС складання електродвигунів тощо.

**ТС виробничого підрозділу** складається з ТС процесів і (або) ТС операцій, функціонуючих у рамках цього підрозділу. Наприклад, ТС дільниці корпусів, ТС дільниці випробувань.

ТС підприємства складається з ТС його виробничих підрозділів (цехів, дільниць, відділків), які також є за сутністю **виробничими системами**.

Технологічні системи за **схемами з'єднання** підсистем бувають послідовними, паралельними, комбінованими.

**Послідовна ТС** – система, всі підсистеми якої послідовно виконують різні частини ТП.

Частковий випадок послідовної ТС – лінія, в якій технологічне обладнання розташоване в послідовності виконання операції.

**Паралельна ТС** – система, підсистеми якої паралельно виконують заданий ТП чи операцію. Наприклад, декілька однотипних верстатів виконують паралельно і незалежно один від одного ту саму операцію ТП.

**Комбінована ТС** – система, структура якої є об'єднанням послідовних і паралельних систем більш низького рівня.

**Ступінь жорсткості зв'язку** підсистеми визначає характер впливу відмов підсистем на функціонування ТС загалом.

Якщо відмова хоча б однієї підсистеми викликає негайне припинення функціонування системи загалом, то ТС має **жорсткий зв'язок** підсистем.

Якщо відмова хоча б однієї підсистеми не викликає негайного припинення функціонування системи в цілому, то ТС має **гнучкий зв'язок** підсистем.

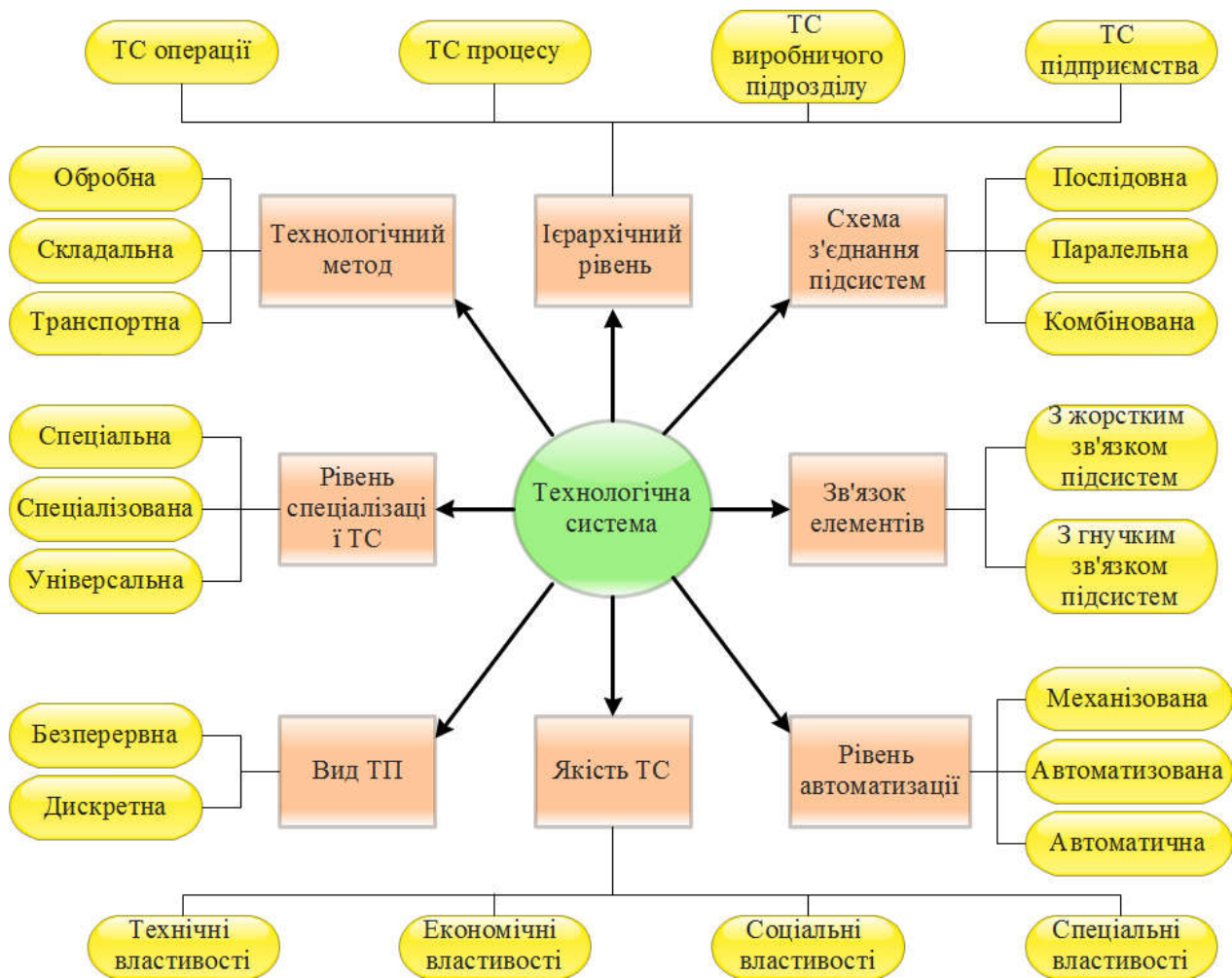


Рис. 1.22. Види технологічних систем

За рівнем спеціалізації розрізняють такі види ТС:

- **спеціальна ТС** – система для виготовлення або ремонту виробів одного найменування і типорозміру;
- **спеціалізована ТС** – система для виготовлення або ремонту групи виробів зі спільними конструктивними чи технологічними ознаками;
- **універсальна ТС** – система для виготовлення або ремонту виробів з різними конструктивними і технологічними ознаками.

Кожна з цих систем може включати підсистеми різного рівня спеціалізації. Наприклад, універсальна ТС процесу може складатись з універсальних підсистем, а також включати спеціальні та спеціалізовані ТС операцій.

За рівнем автоматизації ТС можуть бути механізованими, автоматизованими та автоматичними.

Рівень автоматизації ТС визначається технічними пристроями, які входять в устаткування і засобами технологічного оснащення. Якщо це устаткування механізоване, то ТС механізована, якщо автоматизоване, то ТС – автоматизована, якщо автоматичне, то ТС – автоматична.



**За видом реалізованого технологічного процесу** розрізняють безперервні та дискретні технологічні системи.

**Безперервні системи** – ті, в яких сировина надходить, а продукт виробляється і виходить практично безперервно. Вплив на сировину здійснюється безперервно такими сталими чинниками, як тепло, тиск хімічні компоненти тощо. Це хімічні та переробні процеси, прокатування металевих листів, виробництво пластмасових труб і плівок тощо.

**Дискретні системи** характерні тим, що об'єкт обробки подають на вхід і забирають із виходу окремими порціями, найчастіше поштучно. Вони являють собою циклічну послідовність повторюваних операцій, що мають початок і кінець. У дискретних технологічних системах технологічний процес повторюється багаторазово, окремо для кожного виробу.

Технологічна система яка на ту ж саму вхідну дію завжди відповідатиме однаковою реакцією, називається **детермінованою**, якщо ж реакція буде різна – то це недетермінована, **стохастична**, технологічна система. Коли процеси, що відбуваються в технологічній системі, з часом не змінюються, то таку систему називають **стаціонарною**, якщо ж ці процеси із часом змінюються, то це **динамічна система**.

### 1.7. Суперечності в системах

Різні об'єкти (вироби, товари, послуги) створюють для задоволення тих чи інших потреб людини. Потреби ростуть швидше можливості їх задоволення, тому джерелом локального розвитку будь-яких систем є безперервно виникаючі та змінні під дією нових потреб розвитку технічні суперечності.

Навіть перерахування головних виробничо-технічних суперечностей доводить їх нескінченність: це суперечність між технікою і суб'єктом виробництва; між технікою і технологією; між технікою, технологією і предметом праці; між рівнем розвитку якоїсь галузі та зрослими потребами суміжних виробництв; між технікою та економікою... Сьогодні нас не задовольняє робота обладнання, завтра ми засумніваємось у досконалості технологічної системи, або в раціональному витрачанні сировини та матеріалів. І так до нескінченності, доки працює людська думка.

Проектуючи нові об'єкти найчастіше покращують ті чи інші параметри системи, при цьому трапляються суперечності між тим, що дається, і тим, що потрібно одержати. Суперечності виникають завжди – при спробі старими, вже відомими шляхами, одержати новий результат.

**Суперечність** – це взаємодія протилежних, взаємовиключних тенденцій, предметів і явищ, які водночас перебувають у внутрішній єдності та взаємопроникненні.

Наприклад, підприємство, яке виробляє певні види продукції і намагається, природно, одержати максимальний прибуток від її продажу вирішує просте питання – скільки готової продукції потрібно зберігати на складі підприємства і скільки різновидів її повинно вироблятися?

Розглянувши часткові інтереси різних підрозділів (складників) підприємства (системи), одразу ж виявимо їх невідповідності. Хоча кожен підрозділ зацікавлений в досягненні глобальної мети – максимуму прибутку підприємства, кожен із них має свій інтерес.

Виробничий відділ зацікавлений у тривалому й безперервному виробництві того ж самого виду продукції, тому що лише так будуть найменші витрати на налагодження обладнання.

Відділ збуту, навпаки, зацікавлений у виробництві максимальної кількості видів продукції і великих запасів на складах.

Фінансовий відділ влаштовує мінімум складських запасів, оскільки те, що лежить на складі, не може приносити прибутку. Навіть відділ кадрів має свою локальну цільову функцію – виробляти продукцію завжди (навіть у період ділового спаду) і в однаковому асортименті, оскільки в цьому випадку не буде проблеми плинності кадрів.

Безумовно, що для досягнення глобальної мети потрібно узгоджувати цілі окремих підсистем.

Удосконалення машин супроводжується їх ускладненням у середньому вдвічі кожні 15-20 років, що також приводить до виникнення суперечностей основні з яких:

- 1) переважання темпів зростання складності машин над темпами розвитку методів проєктування ;
- 2) погіршення співвідношення між тривалістю проєктування і часом морального старіння машини.

Правильне виявлення і точне формулювання суперечностей переважно визначають успіх вирішення поставлених завдань. Знаючи суперечності, ми знаємо «хворобу» системи, а відповідно, можна прийняти обґрунтоване рішення про засоби «лікування».

Аналізуючи розвиток будь-якої системи, завжди можна побачити одну загальну ознаку – якісне покращення системи ставало можливим лише через подолання суперечностей.

Суперечностей у будь-якій системі багато, усі вони дуже різноманітні за формою та проявом, взаємозв'язані та взаємообумовлені оскільки розв'язання однієї суперечності пов'язано із зародженням іншої.

Залежно від глибини формулювання розрізняють технічну та фізичну суперечності.



**Технічна суперечність** – ситуація коли покращення однієї частини системи викликає недопустиме погіршення іншої частини (властивості, параметра) системи.

Технічна суперечність – це конфлікт усередині системи, між її складниками. Покращуючи щось одне, недопустимо погіршується інше.

Наприклад, скорочення термінів оновлення продукції, її швидше моральне старіння викликають необхідність зменшення загального циклу створення і освоєння виробів. Але поспішність у розробці нової продукції призводить до появи конструктивно-технологічних недоробок і похибок у підготовленні виробництва. Останні, проявляючись у сфері виробництва, потребують часу на їх усунення, що подовжує термін надходження готової продукції до споживача.

Тут проявляються технічні суперечності: між швидкістю підготовки виробництва і кількістю недоробок і похибок; кількістю недоробок і швидкістю їх усунення; швидкістю усунення і часом освоєння виробу виробництвом; часом освоєння і термінами поставки продукції споживачу.

Технічні суперечності – головний рушій, що примушує розвиватися техніку і технологію.

Правильне формулювання технічної суперечності – це суттєвий крок до розв’язання завдання, це попереднє його формулювання.

Причиною, яка породжує технічні суперечності, є фізичні суперечності.

**Фізична суперечність** – висування до тієї ж самої частини системи діаметрально протилежних фізичних вимог. Та сама частина системи, що розглядається, повинна перебувати в одному фізичному стані, щоб задовольняти одну вимогу завдання, і повинна перебувати в діаметрально протилежному фізичному стані, щоб задовольнити іншу вимогу завдання.

Виявлення фізичної суперечності являє собою конкретизацію завдання, яке перетворюється на простіше технічне, фізичне чи організаційне завдання.

Наприклад, підготовки виробництва повинно бути якомога довшим, щоб зменшити кількість недоробок та помилок, і, з іншого боку, – якомога коротшим, щоб скоротити термін поставки продукції споживачу.

Шлях подолання цієї фізичної суперечності – підвищення продуктивності та якості роботи за рахунок автоматизації процесу, підвищення кваліфікації виконавців, використання методів активізації творчої діяльності.

## **1.8. Психологічні бар’єри в подоланні суперечностей**

Особливе місце в пошуку і реалізації інноваційних рішень посідає фаховий персонал. У взаємозв’язаній системі «людина – техніка – організація» людський чинник виходить на перший план, і насамперед такі його характеристики, як професійна підготовка, сприйняття нового, компетентність тощо.

Майже кожне нововведення викликає опір з боку окремих або групи осіб, що є їх звичайною реакцією на можливі зміни, які можуть являти потенційну загрозу їхньому звичному становищу. Як відомо, люди, зазвичай, реагують не на те, що відбувається об'єктивно, а на те, як вони собі це уявляють. Тому будь-яке нововведення може здатися їм складнішим і загрозовішим звичному стану речей, ніж це є насправді. Цей опір є тим впертішим, чим більше змін тягне за собою нововведення.

**Опір змінам** – поведінка, спрямована на збереження існуючого порядку речей, правил, норм, звичаїв, що проявляється у відкладанні змін на потім. Знайти незвичне рішення заважає психологічна інерція мислення – природність, як здається, якихось дій, поведінки, рішень тощо. Психологічна інерція є однією з перепон на шляху до розв'язання завдання. Починаючи пошук, людина спирається на свій попередній досвід, і при вирішенні нового завдання думка спочатку неминуче йде в звичному напрямку. Цю першопочаткову тенденційність характеризують вектором інерції мислення.

Незвична нова ідея в будь-якій сфері ставить нас в тупик, бо у своїй пам'яті ми не знаходимо аналогів, нам немає з чим порівнювати те, що відбувається. Нова ідея подібна чужорідному білку, введеному в організм, який викликає реакцію його відторгнення. Це є своєрідна захисна реакція організму. Психологічна інерція мислення корисна й необхідна в повсякденному житті. Вона звільняє нас від необхідності вирішувати те, що вже було вирішено, дає можливість діяти автоматично (звично) у звичних («стандартних») ситуаціях.

Але при розв'язанні інноваційних задач психологічна інерція шкідлива, оскільки заважає пошуку нововведень через психологічні бар'єри, які перешкоджають творчому процесу.

Зазвичай через психологічну інерцію мислення фахівці відкидають корисні ідеї і варіанти вирішення проблем, керуючись тактикою ігнорування нововведень.

Якщо у них вияснити, чому вони без серйозного вивчення проблеми відкидають нову ідею, можна розраховувати на одержання приблизно таких відповідей:

- нова технологія, конструкція, структура не буде працювати;
- такі спроби вже були, але скінчились невдало;
- ми не маємо достатньої інформації;
- цього ніхто раніше не робив;
- ми ще не готові до цього («народ нас не зрозуміє»);
- у нас і так все нормально;
- всі так роблять;
- немає часу цим займатись;
- це для нашого виробництва не підходить;

- це дуже радикальні зміни;
- ідея добра, але керівництво буде, напевно, заперечувати тощо.

Причиною такого ставлення можуть бути:

- небажання відходити від загальноприйнятих, звичних, підходів до вирішення проблеми;
- небажання виступати з критикою та побоювання критики;
- страх ризику;
- надмірна впевненість у безпомилковості минулого досвіду;
- побоювання відкинути рішення, які раніше вважались єдино правильними;
- намагання виключити можливі небажані наслідки від неправильних рішень тощо.

Ці бар'єри сприяють інерції мислення при розв'язанні творчих задач, їх потрібно обходити, щоб не йти у звичному напрямку (за вектором інерції мислення). Подолання інерції мислення називають **реадаптація**. Розрізняють декілька шляхів реадаптації при вирішенні проблем.

1. **Постійно пам'ятати** про наявність психологічної інерції мислення і її негативний вплив на творчий підхід до вирішення проблем.

2. **Систематично розвивати** творче уявлення, фантазію, системне мислення.

Розвиток уяви допомагає не боятись будь-яких, навіть тих ідей, що на перший погляд безглузді, та шукати в них раціональне зерно, підвищує готовність прийняти нове. Регулярне читання науково-фантастичної літератури сприяє розвитку цих якостей.

Фантазія – психологічний процес, який полягає у створенні нових уявлень на основі вже існуючих шляхом їх перетворення. Практика показує, що фантазію – цю важливу якість людської психіки можна і треба розвивати. Для цього розроблено відповідні прийоми й методи розвитку творчої уяви.

3. **Користуватися сучасними методами пошуку нових рішень.**

Завдання полягає не тільки у виявленні суперечностей, а й у розкритті особливостей їх проявів, виявлення конкретного механізму дій. Суперечностей в будь-якій системі багато, всі вони різноманітні за формою та проявами. Результатом їх подолання є створення нового об'єкта (системи, рішення).

**Методи традиційної технології пошуку** новацій включають методи спроб та помилок та найпростіші евристичні прийоми (рис. 1.23).

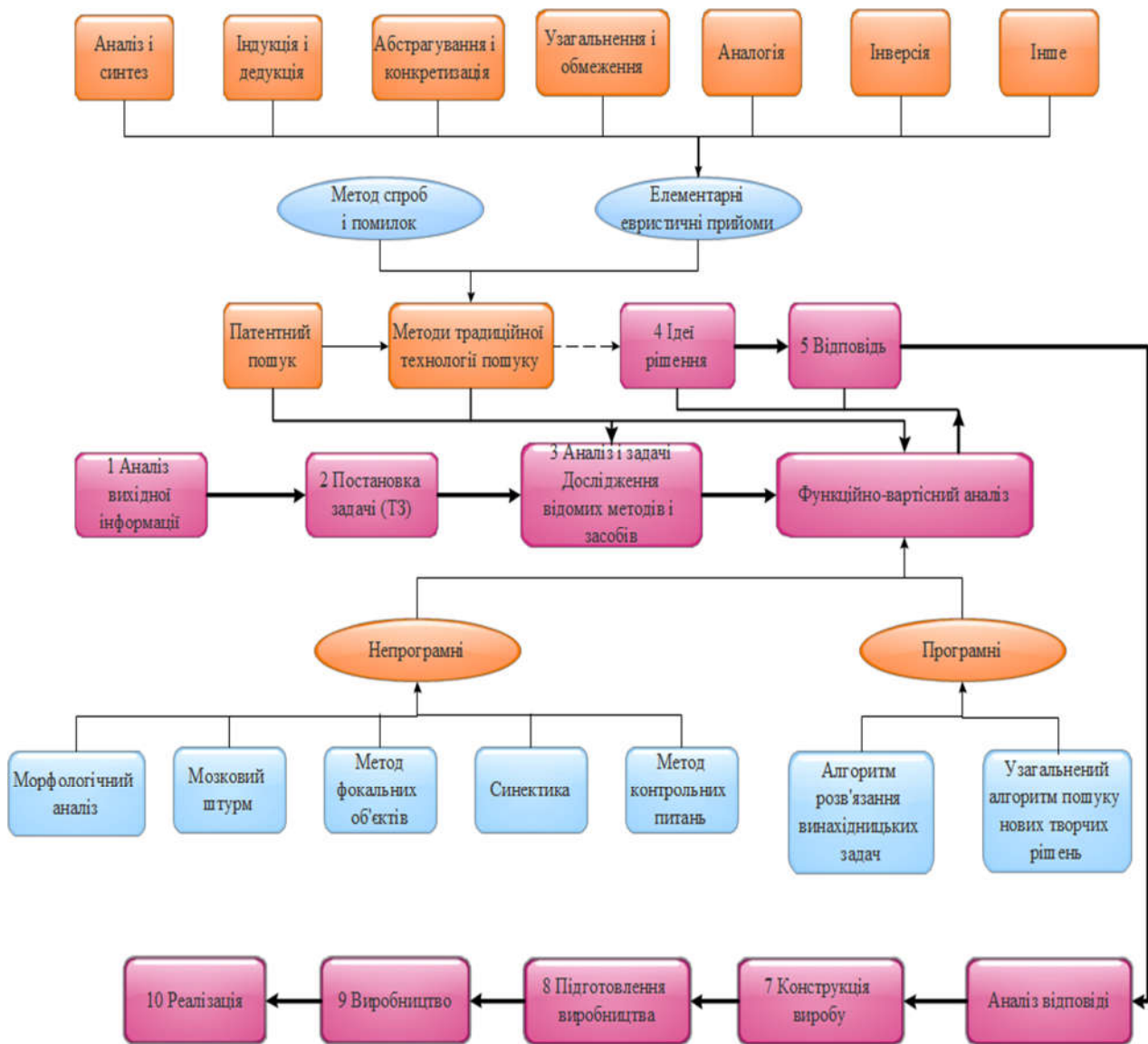


Рис. 1.23. Система методів пошуку нових технічних рішень

**Метод спроб та помилок** є одним із найпоширеніших традиційних методів пошуку нових ідей та нововведень.

Сутність методу полягає в тому, що завдання вирішують шляхом перебору різноманітних варіантів можливих шляхів розв’язання. Одна ідея виявляється невдалою, висувається друга, третя і т. д. На першому етапі формується перше припущення варіанта розв’язку. Потім стає зрозуміло, що пошуки ідуть не в тому напрямку. Фахівець повертається до початкового завдання, враховуючи помилки, допущені на першому етапі і т. д. Цю процедуру приходиться багатократно повторювати, поки не буде знайдено прийнятне рішення.

Одержати добрий результат цим методом нелегко через малоефективність хаотичних сліпих спроб та помилок. Завдяки досвіду, знанням і, зрештою, збігу обставин знайдене рішення може бути в різному ступені оптимальним для даних умов, однак сам шлях є дуже довгим і непродуктивним.

**Евристичні прийоми** також відносяться до малопродуктивних методів пошуку нових рішень, хоча і характеризуються наявністю певної послідовності, тобто деяких загальних правил, що визначають специфіку дії. Ці методи ефективніші, імовірність отримання позитивних рішень за їх використання значно вища, ніж за методом спроб і помилок, а трудомісткість нижче, але для їх успішного використання необхідні спеціальні навички і гарно розвинена уява.

Кожен з евристичних прийомів представляє коротку вказівку (правило) про спосіб перетворення прототипу, що забезпечує отримання нового рішення. Тепер загальна кількість сформульованих евристичних прийомів вже достатньо велика (понад 250).

Метод спроб та помилок і засноване на ньому організування творчої праці прийшли в суперечність із вимогами сучасного виробництва й ускладненням вирішуваних проблем.

У зв'язку з цим розроблено велику кількість (близько 100) різноманітних методів інтенсивної технології пошуку нових рішень, які поділяють на методи непрограмного і програмного розв'язання завдань.

**Методи непрограмного розв'язання завдань** базуються на інтенсифікації методу спроб і помилок, активізації перебору варіантів. Для них характерна наявність сукупності достатньо чітко сформульованих правил, які визначають послідовність дій. Імовірність отримання потрібного рішення значно вища, але для ефективного використання цих методів необхідне створення відповідного інформаційного забезпечення, а також спеціальне попереднє навчання.

**До методів програмного розв'язання завдань** належать алгоритм розв'язання винахідницьких завдань (АРВЗ) і узагальнений алгоритм пошуку нових творчих рішень.

Сутність методів: систематизація пошуку розв'язку завдань на основі об'єктивних законів розвитку технічних систем і узагальнення найсильніших елементів творчого досвіду. Пошук рішення базується на уяві про ідеальний кінцевий результат і поняття технічної та фізичної суперечностей.

Програмні методи пошуку в загальному випадку представляють систематизований набір переважно евристичних правил, послідовне виконання яких дозволяє знаходити прийнятні рішення без перебору великої кількості можливих варіантів.

Методи містять набір типових прийомів подолання суперечності, масив розв'язання «стандартних» технічних завдань, фонд фізичних, геометричних та інших ефектів, а також інші складники. Їх використання призводить до добрих результатів. До недоліків цих методів можна віднести достатньо складну програму пошуку, освоєння якої потребує спеціального і достатньо довгого навчання.

В останні роки дедалі більшого застосування знаходить методика пошуку – **функційно-вартісний аналіз (ФВА)** – техніко-економічний метод системного дослідження об'єкта (виробу, процесу, структури), спрямований на підвищення ефективності матеріальних і трудових ресурсів на основі абстрагування від існуючих рішень та аналізу функцій.

Кваліфіковане використання наведених методів є надійним і ефективним засобом успішного розв'язання конструкторських, технологічних та організаційних завдань.

При пошуках нових рішень завдання полягає не тільки у виявленні суперечностей, а й у розкритті особливостей їх проявів, виявленні конкретного механізму дій. Суперечностей у будь-якій системі багато, всі вони різноманітні за формою та проявами. Результатом їх подолання є створення нового об'єкта (системи, рішення), який являє собою органічний синтез нового й елементів старого рішення в новому цілому.

### **1.9. Системний підхід до розв'язання проблем**

Системна технологія передбачає вирішення проблем на основі всебічного цілісного розгляду об'єкта і його зміни у взаємодії із середовищем його функціонування, тобто на основі системного підходу.

**Системний підхід (системне мислення)** – дослідження об'єкта як цілісної множини елементів з їх відношеннями і зв'язками; це логічний спосіб мислення, який концентрує увагу на взаємодії частин, на вивченні кожної окремої частини у взаємозв'язку з цілим, який розглядає об'єкти дослідження як системи.

Системний підхід включає такі складники:

- елементний: виявлення складників об'єкта;
- структурний: з'ясування внутрішній зв'язків і залежностей складників об'єкта, що дає уявлення про його внутрішню будову;
- функційний: виявлення функційного призначення об'єкта (TS);
- цільовий: визначення завдань і підзавдань та їх взаємозв'язку;
- ресурсний: виявлення ресурсів для функціонування TS;
- інтеграційний: визначення сукупності якісних властивостей TS для вирішення проблем, що виникають;
- комунікаційний: виявлення зв'язків TS з навколишнім середовищем;
- історичний: умови виникнення TS, пройдені нею етапи розвитку, сучасний стан, перспективи розвитку.

Особливістю системного підходу є ієрархічність розгляду спочатку самого об'єкта, потім вивчення його як складника надсистеми, а далі – вивчення складників об'єкта і їх взаємозв'язків.

Перевага методу: поділ складного завдання, яке важко формалізувати на сукупність простіших завдань, для розв'язання яких існують перевірені прийоми і методи. Поділ продовжують, доки не отримують прості, звичні, очевидні завдання, які можна вирішити відомими методами.

Системний підхід включає системний аналіз, системне моделювання і конструювання та системну практичну діяльність і передбачає широке застосування системного аналізу і синтезу.

### 1.9.1. Системний аналіз

**Системний аналіз** – це сукупність методологічних засобів і практичних прийомів, що використовується для підготовки, обґрунтування і прийняття рішень, основана на концепції систем.

Аналіз полягає в розділенні досліджуваного об'єкта подумки чи практично на складники. Ними можуть бути частини об'єкта чи частини його ознак, властивостей тощо. Кожен із виділених складників досліджується окремо після чого застосовують синтез, який дозволяє об'єднувати виділені частини в такій композиції, яка б відповідала заданим умовам (цілям).

У центрі методології системного аналізу є операція кількісного порівняння альтернатив для вибору найперспективнішої (рис. 1.24).

Найважливіші принципи системного аналізу:

1. Процес прийняття рішень повинен починатись з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей.
2. Розглядають всю проблему як ціле, як єдину систему і виявляють наслідки і взаємозв'язки кожного часткового рішення.
3. Виявляють і аналізують можливі альтернативні шляхи досягнення цілі.
4. Цілі окремих підсистем не повинні вступити в конфлікт із цілями всієї системи.
5. Сходження від абстрактного до конкретного.
6. Єдність аналізу і синтезу.
7. Виявлення в об'єкті різноякісних зв'язків та їх взаємодії.

Системний аналіз включає взаємозв'язані стадії: 1) виділення проблеми; 2) опис проблеми; 3) встановлення критеріїв оцінки; 4) ідеалізація; 5) декомпозиція; 6) композиція; 7) розв'язок (рис. 1.25).

Треба зазначити, що в кожному конкретному випадку етапи системного підходу мають різну питому вагу в загальному обсязі. Крім того, дуже часто важко провести чіткі межі – вказати кінець одного й початок чергового етапів.

Унаслідок варіативності великої кількості чинників, які впливають на рівень та стан технічної системи в певний момент створюється проблемна ситуація, подолати яку можна або відповідною модернізацією існуючої системи, або синтезом нової, прогресивнішої системи.

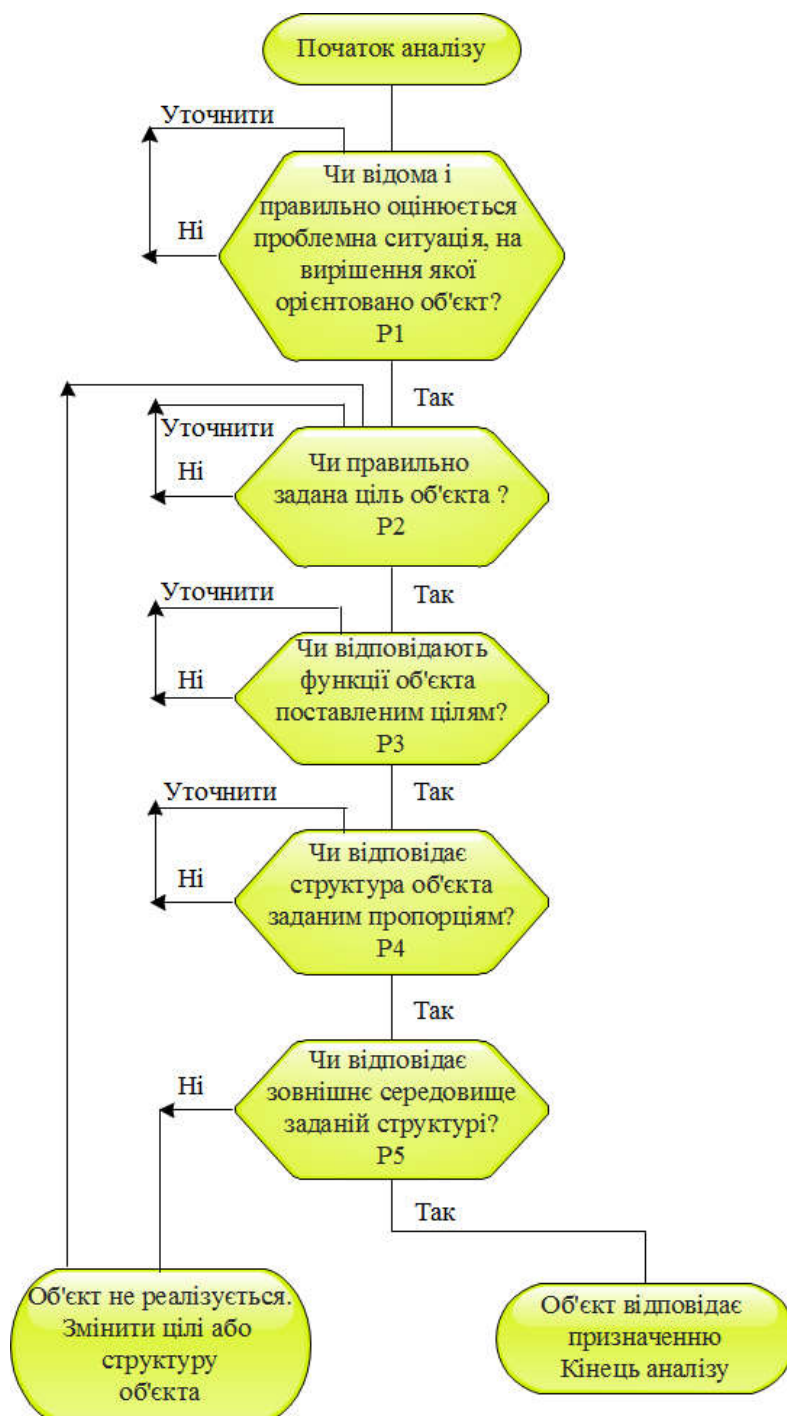


Рис. 1.24. Схема алгоритму системного аналізу

Критеріями оптимізації можуть бути:

- продуктивність;
- собівартість продукції;
- надійність устаткування та технологічного процесу тощо.



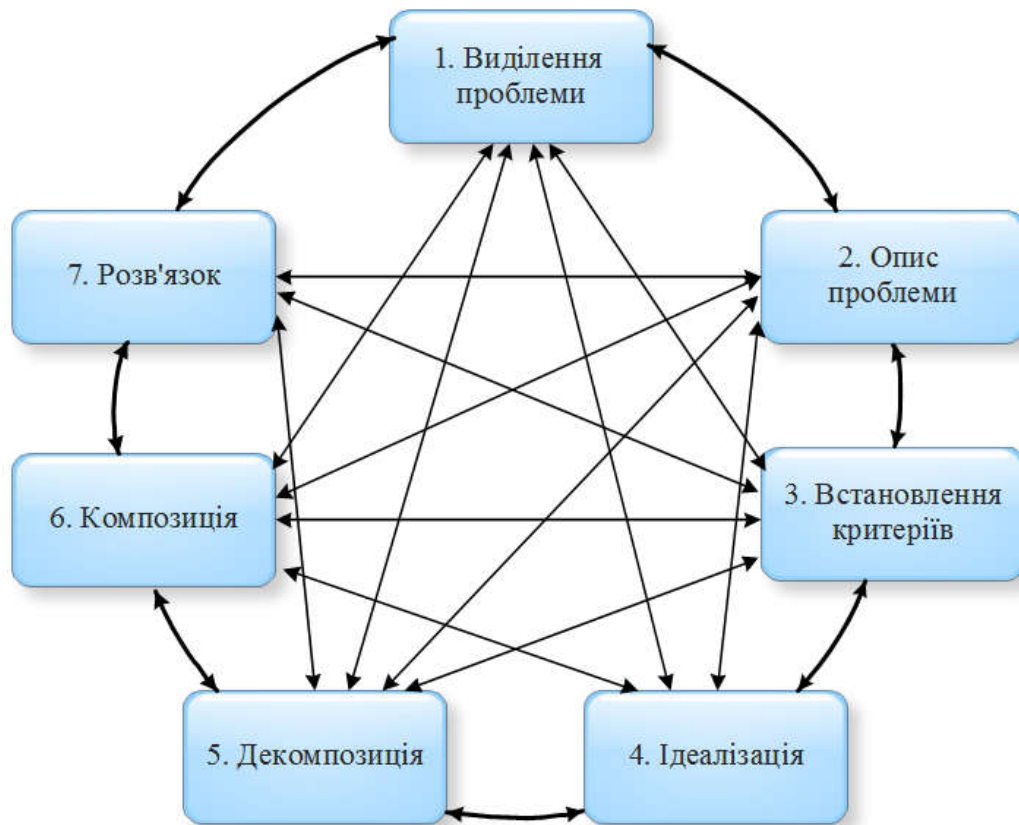


Рис. 1.25. Схема системного аналізу проблеми

Проблема – ситуація невідповідності наявного і бажаного станів системи.

**1. Виділення («діагноз») проблеми** – це постановка завдання, що включає визначення і чітке формулювання кінцевих цілей (питань, що потребують вирішення), аналіз умов, в яких функціонує система, визначення обмежень, що накладаються на умови функціонування системи.

Це багатокрокова процедура з проміжними рішеннями. Для розкриття сутності проблеми і її формулювання слід виконати такі кроки:

1. Виявити причини виникнення проблеми, тобто зібрати і проаналізувати дані, які являють собою недоліки системи. У процесі збору фактів важливо відділяти корисну інформацію (що має відношення тільки до цієї конкретної проблеми) від недоречної (некорисної).

2. Описати та проаналізувати підсистему, яка прямо породжує проблему.

3. Представити повну систему, в якій ця проблема є тільки частиною.

4. Зв'язати між собою повну систему і підсистему, які відносяться до справи, і проблему, як вона визначена.

5. Формування цілей і умов вирішення проблем.

**Ціль** – це бажаний стан системи, або результат її діяльності.

Існує основна і проміжні цілі, які досягаються послідовно на шляху до кінцевої мети.

Процес досягнення цілі ніколи не закінчується, оскільки при реалізації одних цілей обов'язково виникають інші, тобто процес визначення цілей нескінченний.

Головна мета системи полягає в забезпеченні найефективнішого її функціонування. Під цим розуміється найкращий результат порівняння корисності кінцевих результатів із витратами ресурсів усіх видів.

Мета вирішення окремої проблеми є частковим вираженням мети системи, що враховує лише ті підцілі, на міру досягнення яких може вплинути вирішення цієї проблеми.

Мета вирішення проблеми формулюється з урахуванням конкретних умов, в яких вибирається і реалізується рішення. Ці умови задаються системою обмежень.

Так, головною метою технологічного процесу є виготовлення виробів у необхідній кількості, потрібної якості та потрібної вартості.

Частковими цілями можуть бути:

- підвищення продуктивності;
- зменшення енерговитрат;
- зменшення вартості виготовлення;
- підвищення рівня якогось з показників якості;
- зменшення трудомісткості, тощо.

У кожному процесі діяльності, як процесі досягнення цілі, розрізняють такі основні етапи:

- 1) формулювання цілі;
- 2) визначення наявних ресурсів;
- 3) пошук методів використання ресурсів для досягнення цілі;
- 4) встановлення обмежень;
- 5) використання знайдених методів для здійснення, процесу пошуку цілі;
- 6) оцінка ефективності цього процесу, за задовільної оцінки – кінець процесу;
- 7) якщо оцінка ефективності незадовільна, корегування етапів 1-4 (всіх чи частини) і повторення етапів 5, 6.

Взаємозв'язок етапів у процесі досягнення цілі можна виразити змішаним графом (містить орієнтовані і неорієнтовані гілки) (рис. 1.26).

Орієнтованими гілками (1-5, 2-5, 3-5 та інші) інформація від одного етапу до іншого передається в одному напрямку, неорієнтованими гілками (1-3, 1-7 та інші) обмін інформацією відбувається в обох напрямках.

Наприклад, гілками 1-3, 2-3, 3-4 можливий такий обмін інформацією для пошуку методів досягнення цілей: інформація про вибрану ціль, ресурси й обмеження використовується на етапі 3 (вершина 3 графа). Подібні циклічні обміни відбуваються і при здійсненні етапу 7.

У свою чергу, кожна вершина цієї моделі представляє систему цілей, обмежень, ресурсів, методів, використання методів, оцінки ефективності й координації.

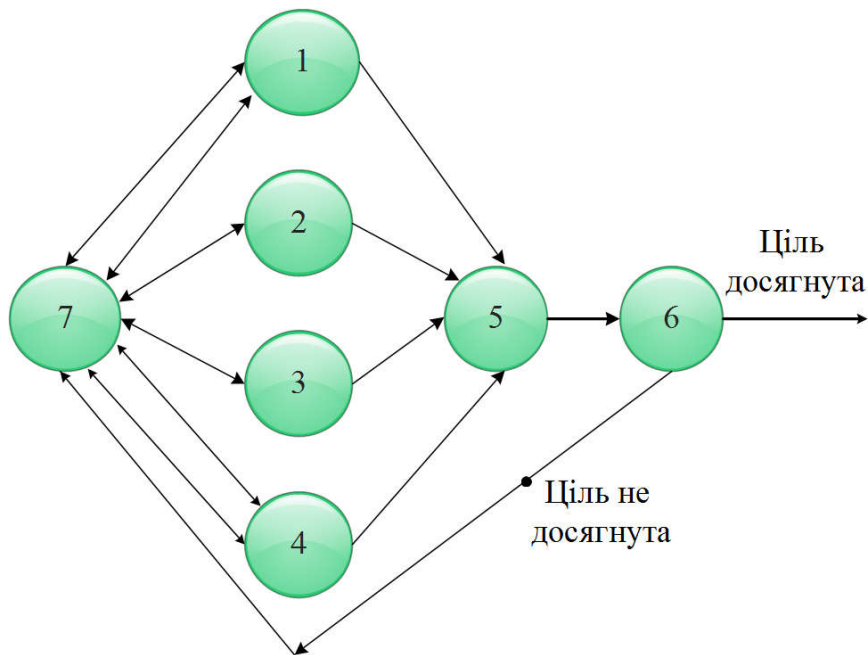


Рис. 1.26. Граф процесу досягнення цілі

При виділенні проблеми слід враховувати все потрібне і відкинути непотрібне, проаналізувати та узагальнити дані, необхідні для вирішення проблеми, встановити зв'язки між складниками.

Проблему розглядають як ціле, як єдину систему та виявляють усі наслідки і взаємозв'язки кожного часткового рішення.

**2. Опис проблеми** полягає в чіткому виразі різнорідних за фізичною природою явищ, фактів залежностей, зв'язків однією певною формою, що дозволяє сформуванню загального підходу до проблеми.

Для опису проблеми використовують статистичні методи, методи експертних оцінок, методи моделювання, графічні методи (наприклад, метод «дерева цілей»), методи розмірного аналізу тощо.

Оскільки складний об'єкт ділиться із збереженням зв'язків між виділеними елементами, якісне розв'язання проблеми можливе лише на основі чіткого і глибокого уявлення цих зв'язків, їх взаємодії та закономірностей, яким вони підпорядковані. Ці зв'язки залежать від цілі, для досягнення якої розробляють об'єкт.

Сходячи від загального до часткового виявляють і аналізують можливість альтернативних шляхів досягнення цілі та необхідні для цього ресурси.

### 3. Встановлення критеріїв оцінки результатів.

Під критерієм оцінки результатів розуміють умову або ознаку, за якою виділяється за певною шкалою найприйнятніший і найефективніший серед інших варіант способу досягнення поставленої мети.

Критерієм вибору може бути досягнення найвищої продуктивності праці, максимізація прибутку, мінімізація собівартості чи трудових витрат, вища точність чи надійність спорядження тощо.

**4. Ідеалізація** – вираження відомих предметів, явищ в абстрактному виді, наприклад, у вигляді моделі. Це допомагає звільнитись від можливих впливів психологічної інерції мислення і спростити проблему, зробивши її доступнішою для сприйняття.

**5. Декомпозиція (аналіз)** – метод дослідження, який полягає в поділі (подрібненні) об'єкта (проблеми) на складові елементи для встановлення причинно – наслідкових зв'язків.

Це розкладання цілого на частини і встановлення взаємозв'язків між ними для досягнення певної мети, тобто, кожна з виділених складових частин досліджується як частина цілого. Зазвичай декомпозиція здійснюється на основі аналізу функцій, що спрощує роботу з проблемою.

Наприклад, декомпозиція проблеми продовжується до підпроблеми такого рівня, яка конкретизує варіант її розв'язання (реалізації) очевидними технічними засобами.

У зв'язку з цим необхідно вирішити, на які складники (підсистеми) повинна бути розділена досліджувана сукупність, щоб забезпечити можливість глибокого і всебічного їх аналізу. Тобто визначити зміст так званих кінцевих елементів декомпозиції, які вже не підлягають подальшому подрібненню.

Так, наприклад, для складальних процесів кінцевим елементом є деталь, а елементарною (кінцевою) технологічною дією – з'єднання двох деталей.

Для механообробки кінцевим елементом є поверхня оброблюваної заготовки, а кінцевим елементом – однократна технологічна дія на неї.

Для знарядь праці (верстатів, установок, складальних машин) кінцевим елементом декомпозиції є певне положення виконавчих поверхонь в одному циклі технологічної дії певного змісту.

Таким чином, приймаючи рішення на кожному системному рівні, послідовно деталізують об'єкт.

Оскільки складний об'єкт ділиться зі збереженням зв'язків між виділеними елементами, якісне вирішення проблеми можливе лише на основі чіткого і глибокого уявлення цих зв'язків, їх взаємодії та закономірностей, яким вони підпорядковані.

Найпростішим і наочним методом декомпозиції є метод дерева цілей, у корені якого розміщується службова функція, яка декомпозиується на множини підфункцій і простих функцій, що пов'язані між собою відношеннями підпорядкування.

Принцип функційності декомпозиції є способом моделювання типової ситуації, коли будь-яка дія, операція, функція можуть бути поділені на простіші дії, операції, функції, тобто складна функція може бути сукупністю простих функцій, складний процес – різними за ієрархією простими складовими.

Для прикладу розглянемо різні варіанти розділення та опису об'єкта (рис. 1.27, а). Для кожного способу розділення його опис матиме такий вигляд:

- два горизонтальні паралельні бруски, розділені двома короткими вертикальними поперечинами (рис. 1.27, б);
- два вертикальні паралельні бруски і два короткі горизонтальні (рис. 1.27, з);
- два паралельні бруски – швелери (рис. 1.27, в);
- два Г-подібні елементи (рис 1.27, д).

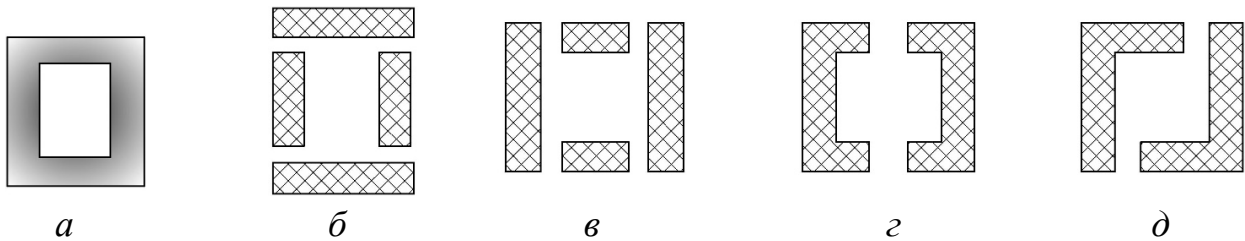


Рис. 1.27. Можливі способи розділення об'єкта

Об'ємна декомпозиція, наприклад, деталі (рис 1.28) може бути представлена у вигляді сукупності простих тіл (паралелепіпедів, кубів, циліндрів, конусів тощо) і об'єднуючих зв'язків.

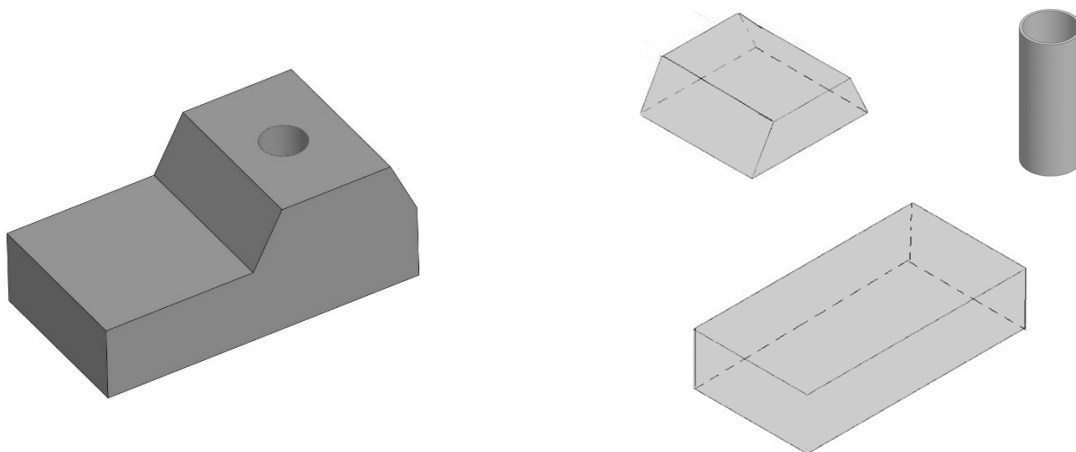


Рис. 1.28. Декомпозиція деталі

Аналіз як складник системної технології включає:

- виділення і опис потреб середовища функціонування об'єкта;
- формулювання і кількісний опис цілей, досягнення яких задовольняє потреби середовища;
- визначення комплексу вимог на виготовлення чи модернізацію об'єктів, які задовольняють виявлені потреби;
- визначення принципової можливості створення та попереднє формування вимог до побудови чи модернізації системи;
- вивчення досвіду формування і реалізації системи аналогічного призначення;
- визначення і уточнення можливих джерел ресурсів для виготовлення об'єктів, можливих споживачів і вимог до них;
- визначення основних вимог до системи;

- визначення причин відхилень характеристик системи від проектних протягом всього її ЖЦ;

- внесення пропозицій до зміни в процесах і структурах системи. Результати аналізу містять висновки про доцільність створення чи удосконалення об'єктів задоволення потреб зовнішнього середовища у прийнятні терміни з прийнятними витратами ресурсів на будь-якому етапі ЖЦ.

Проте аналіз сам собою ще не може дати повного пізнання досліджуваних процесів чи об'єктів. Він потребує доповнення у вигляді синтезу, який, спираючись на результати аналізу, пізнає об'єкти чи явища як ціле.

**6. Композиція (синтез)** – об'єднання складових частин та розгляд їх у сукупності як єдине ціле.

Аналіз і синтез взаємозв'язані, вони доповнюють один одного і можуть по чергово повторюватись. Результати аналізу дають змогу вивчити конкретні факти, розкрити глибину явищ. Синтез дозволяє об'єднати окремі факти, побачити зв'язок з іншими явищами (проблемами).

**7. Розв'язок** – знаходять найкращий варіант вирішення проблеми. Це процес вибору однієї (за певними критеріями найкращої) альтернативи дій або допустимої їх підмножини з множини можливих альтернатив.

Зв'язки в системі носять імовірнісний характер, що викликає необхідність використання методів математичної статистики для їх оцінки, що несе деякий ризик.

Можна ризикувати без спроб врахування можливих наслідків і можна ризикувати, коли використані всі наукові методи оцінки цих наслідків.

З можливих альтернатив вирішення проблеми потрібно вибрати найприйнятніший. Цей процес складний і суперечливий. З одного боку, потрібно виявити всі можливі альтернативи, щоб звести їх до мінімуму, не упустивши краще рішення. З іншого боку, початкова кількість варіантів повинна бути осяжною, щоб провести їх ретельний аналіз за допустимих витратах часу та інших ресурсів.

Наявний об'єм інформації створює умови визначеності або невизначеності.

В умовах визначеності (наявності достатньої початкової інформації) вибір альтернативи здійснюється на основі зіставлення значення цільової функції всіх порівнюваних варіантів, враховуючи задані обмеження.

Умови невизначеності – це умови, в яких початкової інформації недостатньо для визначення числових значень цільової функції за кожним із порівнюваних варіантів. Це невизначеність цілей, невизначеність умов і наслідків вирішення проблеми, невизначеність дій тощо.

Вибір альтернатив в умовах невизначеності здійснюється на основі визначення ефекту, збитку та ризиків, зазвичай експертними методами.

Кількісною оцінкою ризику для кожного  $i$ -го рішення за  $j$ -ої ситуації прийнято вважати різницю між максимально можливим і фактичними для цієї ситуації ефектом.

Експерти не в змозі проаналізувати велику кількість варіантів, тому створення комп'ютерної системи дає змогу значно прискорити оцінювання різних варіантів. У цьому випадку експерти визначають варіанти рішень, а комп'ютер оцінює результати кожного із них за багаторазової зміни різних умов. Можна прогнозувати шанси і труднощі, з якими прийдеться зіштовхуватись.

### 1.9.2. Графічні методи опису проблеми

Сприйняття людиною графічної інформації відбувається цілісніше, тому графічний образ проблеми дає краще її розуміння.

Так, для чіткішого уявлення про зв'язки між складниками системи, легшого знаходження конкретних заходів для досягнення поставленої мети, будують графічну схему цих зв'язків (ієрархічний граф), який називають деревом проблеми (деревом цілей) через її розгалуженість і схожість з деревом, перевернутим кроною вниз, а коренем обернену вгору. Кореневим елементом дерева є аналізована проблема.

**Дерево цілей** – це графічне зображення зв'язків між цілями і засобами їх досягнення, ієрархія цілей до деталізації потрібного рівня.

Ціль зображають у вигляді стовбура, а можливі засоби її досягнення (підцілі) – у вигляді гілок.

Здебільшого дерево цілей будується за принципом «цілі – заходи– ресурси» і включає як цілі, так і заходи та потрібні ресурси їх досягнення (реалізації), тобто шляхом переходу від вищого до нижчого суміжного рівня (рис. 1.29).

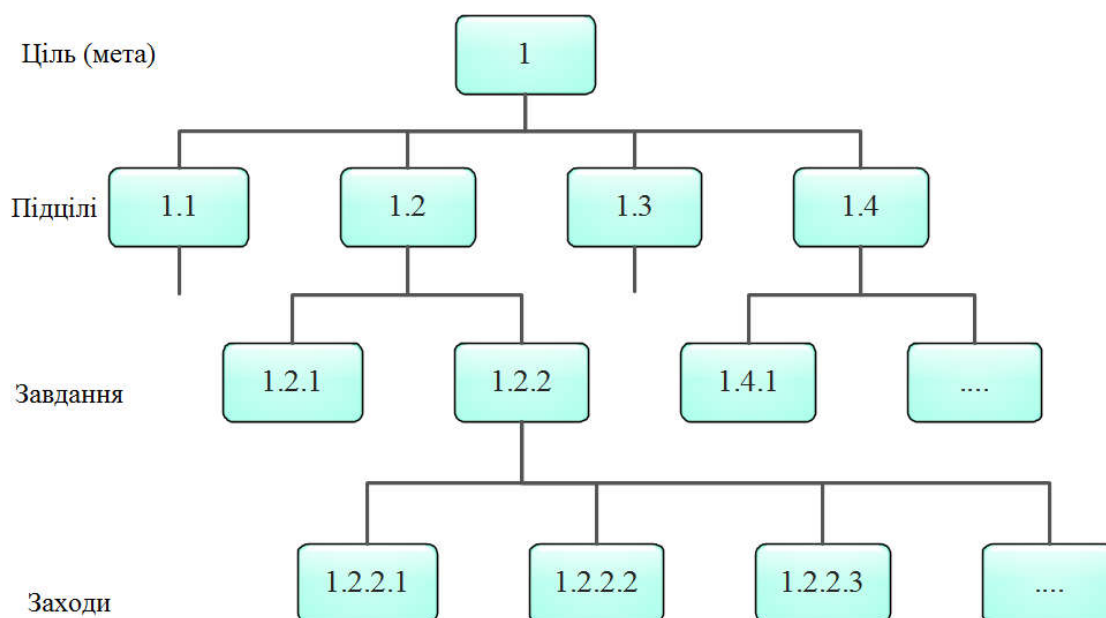


Рис. 1.29. Загальна структура дерева цілей

Дерево цілей дає можливість відтворити взаємозв'язки цілей і засобів їх досягнення, не пропустити тих чи інших взаємозв'язків, системно розглянути проблему.

Ціль (мета) – це бажаний результат, який треба досягти за допомогою відповідних дій, те що ми, зрештою, хочемо одержати.

Існує основна і проміжні цілі, які досягаються послідовно на шляху до кінцевої мети. Проміжні цілі дрібніші, але конкретніші, більш визначені. Переходячи від загального до часткового, виявляють і аналізують можливі альтернативні шляхи досягнення цілі (рис. 1.30).

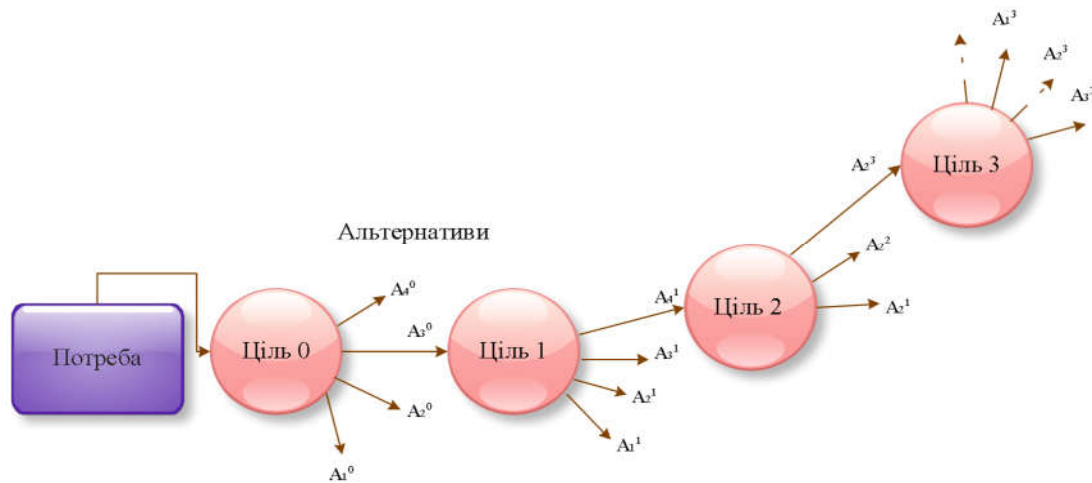


Рис. 1.30. Схема переходу від загальної до часткової цілі

Установлення цілей починають з аналізу стану системи, виявлення тенденцій її розвитку й бажаного стану в майбутньому.

Наприклад, залежно від стану підприємства, його довгострокова (стратегічна) ціль може бути такою:

- збільшення норм прибутку;
- збільшення частки ринку;
- підвищення якості продукції;
- зменшення виробничих витрат порівняно з основними конкурентами;
- розширення та поліпшення номенклатури продукції (замовників продукції);
- підвищення репутації серед замовників;
- поліпшення обслуговування замовників.

Проміжними цілями, які забезпечують досягнення основної цілі, можуть бути:

- мінімізація витрат на виготовлення певної кількості продукції;
- максимізація кількості продукції, що випускається;
- максимізація завантаження обладнання;
- забезпечення рівномірності завантаження обладнання за обмеженнями на інші параметри виробничого процесу;
- зниження обсягу браку;
- мінімізація плинності робочої сили;
- закупівля та встановлення нового обладнання, чи здійснення перестановки наявного обладнання до встановленого терміну;
- введення у встановлений термін нової технології;
- здійснення перепідготовки кадрів функційних служб;
- усунення непродуктивних витрат часу робітників і службовців тощо.



На основі нижнього рівня дерева цілей визначаються конкретні організаційно-технічні та управлінські заходи (дії), які необхідно реалізувати для досягнення поставленої цілі.

- Усі заходи групуються за видами завдань і відповідним чином нумеруються.

Наприклад:

1. Скорочення основного технологічного часу.
  - 1.1. Збільшення кількості одночасно оброблюваних заготованок.
  - 1.2. Підвищення швидкості різання.
  - 1.3. ....
2. Скорочення допоміжного часу.
  - 2.1. Використання на операції 005 верстата з ЧПК.
  - 2.2. Використання пневматичного патрона на операції 020.
  - 2.3. .... і т. д.

- Наводяться альтернативні варіанти розв'язання всіх завдань і заходів, вибираються прийнятні варіанти.

- Визначаються витрати і термін окупності витрат.

- На основі розрахунку витрат і терміну їх окупності визначається економічна доцільність прийнятих рішень за всіма завданнями.

- На основі розрахунку визначаються задані характеристики за кожним завданням, виходячи з чого, знаходять відповідні показники об'єкта (ефективність управлінських дій) (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Ефективність управлінських дій

Заходи удосконалення об'єкта (ТП)	Додаткові вкладення, грн	Термін окупності, років	Рівень досягнення цілей, %
1. Скорочення основного технологічного часу	2486,7	1,74	10,45
1.1.Збільшення кількості заготованок на операції 005	394,5	2	2,73
1.2.Підвищення швидкості різання на операції 015	867,3	0,8	3,18
1.3.	...	...	...
...	...	...	...
2. ...	...	...	...
...	...	...	...
Усього			100

*Примітка.* Цифри в таблиці 1.7 наведені як ілюстративні.

На основі виконаної роботи вибирають шляхи досягнення цілі.

Не існує універсальних методів побудови дерева цілей. Способи його побудови залежать від характеру цілі, обраного методологічного підходу, а також від розробника, його уявлень, поставлених перед ним завдань та їх взаємозв'язку (рис. 1.31, 1.32). Це творча справа і вимагає ретельного відпрацювання.

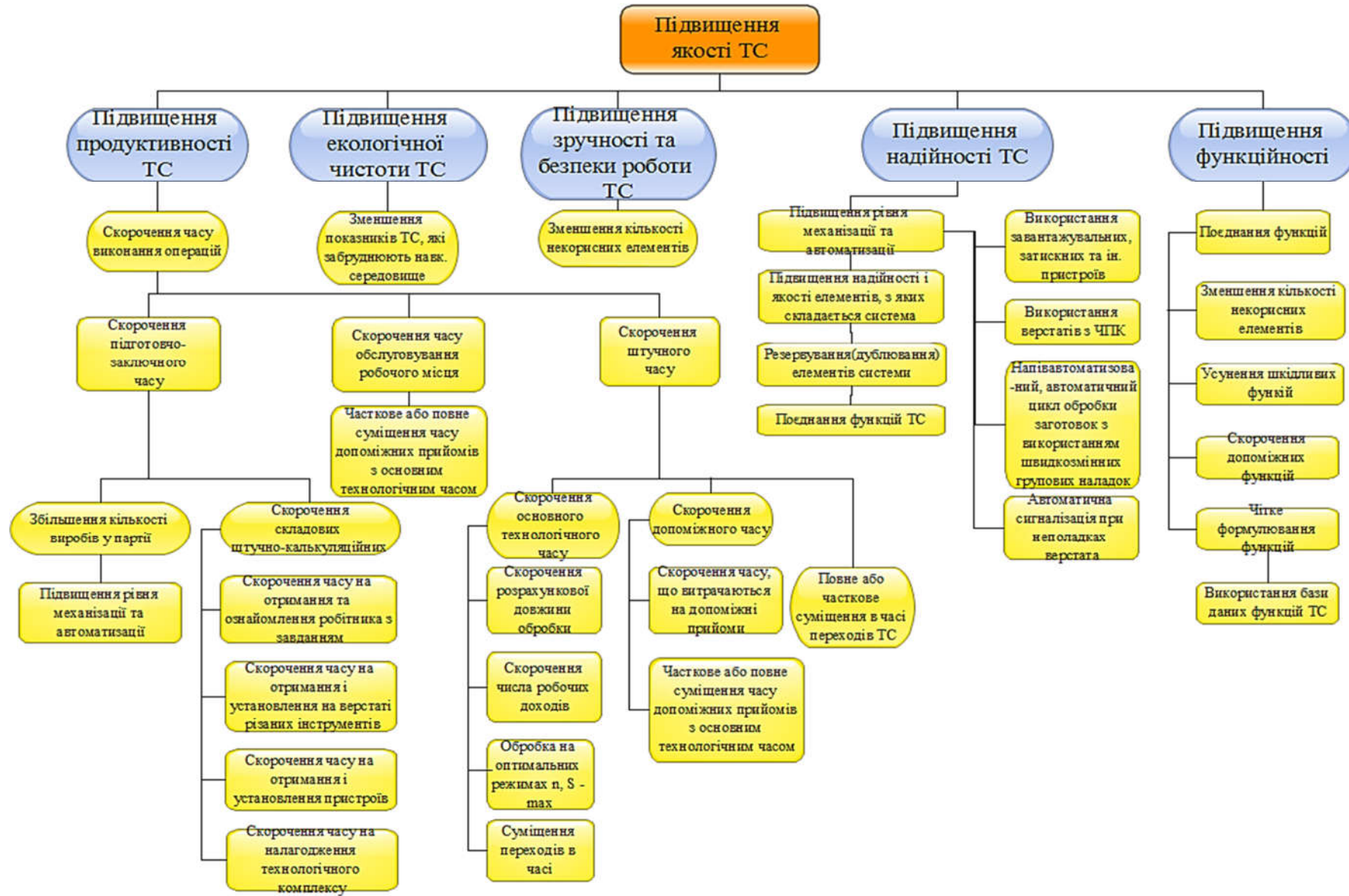


Рис. 1.31. Типове дерево підвищення якості технічної системи

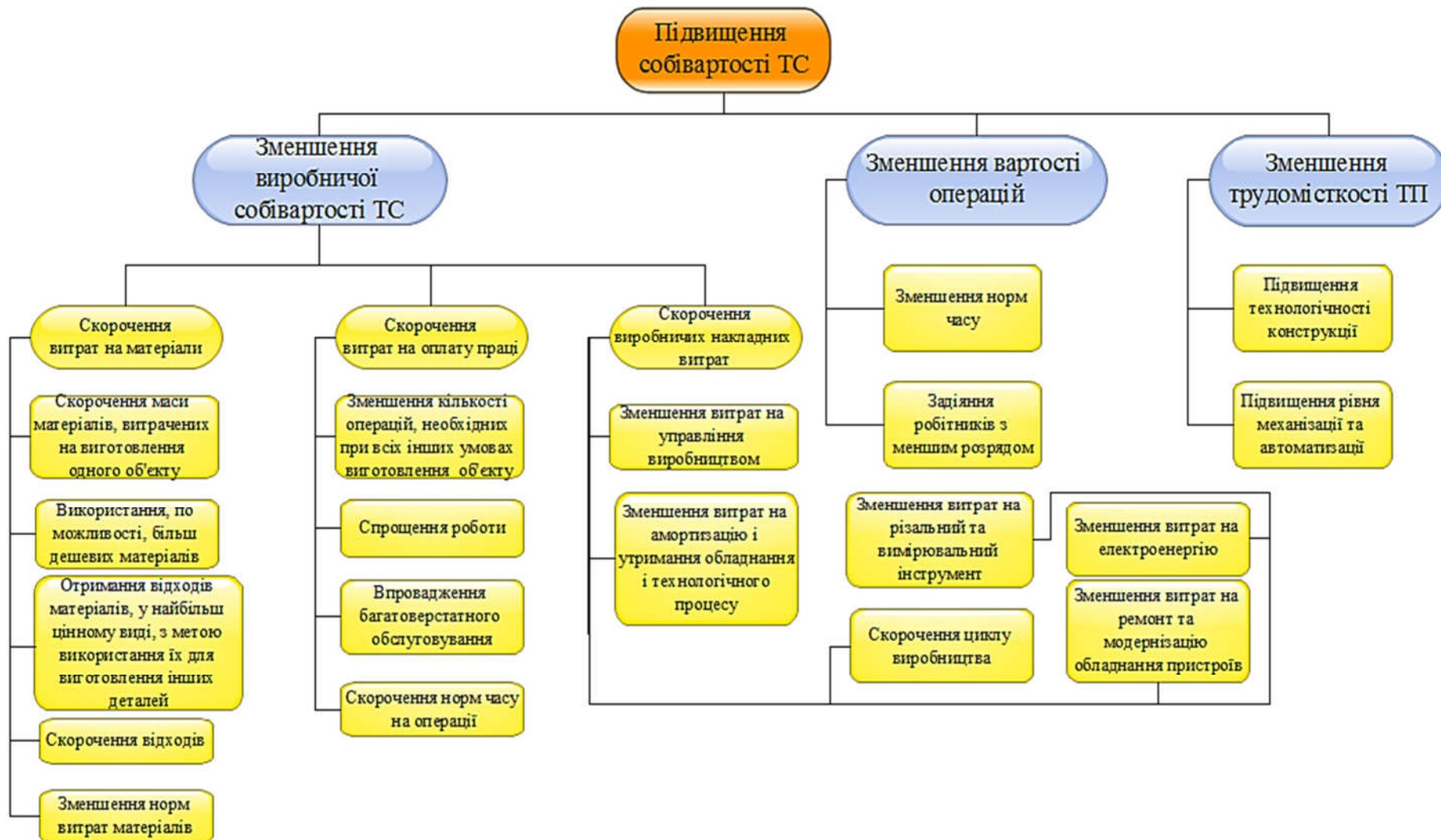


Рис. 1.32. Типове дерево зменшення собівартості технічної системи

Основні загальні системні підходи побудови дерева цілей:

1. Щоб зв'язати головну ціль зі способами її досягнення, сформульованими у вигляді заходів, структуру TS поділяють за певною ознакою на окремі складові, використовуючи декомпозицію (розукрупнення).

2. Ціль вищого рівня є основною для розробки цілей нижчого рівня (підцілей).

3. Цілі кожного рівня повинні бути порівняльними за масштабом і значенням.

4. Формулювання цілей повинне мати велику конкретність і вимірність (мати кількісні уточнення) для можливості контролю і кількісної та якісної оцінки досягнення мети, тобто можливістю перевірки її досягнення.

5. Підцілі кожного рівня повинні бути незалежними одна від одної і не повинні виходити одна з одної.

6. Відсутність суперечностей між цілями різного рівня. Наприклад, суперечність між збільшенням завантаження обладнання і підвищенням його надійності, або збільшенням кількості підналагоджень для високої точності.

7. Ознакою завершення побудови дерева цілей є формулювання конкретних заходів, тобто нижнього рівня дерева.

Оцінка ефективності досягнення цілей – це оцінка збігання системи практичних результатів із системою поставлених цілей. Для технології – це технічний контроль параметрів виробу на відповідність вимогам зовнішнього середовища, тобто визначення входження кількісної оцінки результату в деякі допустимі межі відхилення від заданого значення.

У складних ситуаціях оцінка може виконуватись експертними методами.

Важливість (вагомість) чинників (проблем) за їх ефективністю, актуальністю / масштабністю / ступенем ризику визначають їх ранжуванням.

### **1.10. Загальні положення системної технології**

Сучасне розуміння технології визначає її як системне застосування наукового знання, засобів, знарядь, організування для розв'язання практичних задач. У зв'язку з цим з'явився термін *системна технологія* (технологія системної діяльності).

**Системна технологія** – це сукупність об'єднаних можливостей технології і системного підходу з перетворення різноманітних ресурсів для досягнення намічених цілей.

Основою системної технології є:

- сукупність знань зі зміни стану предмета праці (приймів і способів одержання і переробки сировини, матеріалів, напівфабрикатів);
- процеси й технологічне спорядження обробки, переробки, виготовлення, транспортування, складування, зберігання, експлуатації тощо;
- опис вказаних процесів у вигляді технологічної документації: техпроцесів, технологічних карт, інструкцій, графіків тощо;

- прийоми та способи одержання та обробки інформації в технологічній, економічній, виробничій діяльності людини;
- сукупність цілеспрямованих інструментальних дій, фізичних, хімічних чи механічних процесів і засобів їх здійснення, організованих для досягнення поставленої мети;
- сукупність знань із реалізації продукції, розвитку та захисту виробничого потенціалу, методів керування цими процесами для досягнення визначеної мети.

Структурні складники системної технології (рис. 1.33):

- планування;
- організування основного й обслуговуючого виробництва;
- координація і мотивація працівників;
- облік;
- контроль і регулювання;
- технічне підготовлення виробництва;
- матеріально-технічне постачання;
- оперативне керування виробництвом;
- збут продукції;
- робота з кадрами;
- керування технологічними процесами і технікою виробництва.



Рис. 1.33. Структурні складники системної технології

Системна технологія є основою для створення людиномашинних виробництв, яким властива системність побудови і високий технологічний рівень, що стало принципово можливим із масовим використанням комп'ютерних технологій.

Системна технологія базується на використанні системних модулів трьох об'єктів: системи процесів, системи вимог до машин і системи виробничих машин.

**Система процесів** – включає процеси розробки виробу, підготовки виробництва, власне виробництва, заготівельні, обробляючі, складальні процеси, контроль, випробування, транспортно-складські процеси, процеси експлуатації виробів та надання послуг.

**Система вимог до машин** визначається вимогами споживача до продукції, яку повинна виготовляти та чи інша машина і реалізується у вигляді функційного призначення машини, яке визначає виробництво продукції чи надання послуг на всіх етапах ЖЦВ.

**Система машин** передбачає, що машини для перетворення певного виду ресурсу (матеріального, інформаційного тощо) повинні створюватись як системи (комплекси) машин.



## **Підсумки**

1. Функціонування будь-якої технічної системи визначається сукупністю її складників і сукупністю складників взаємодії.

2. Зовнішнє і внутрішнє середовища системи перебувають у взаємній залежності і взаємній обумовленості.

3. Вирізняють два види систем: технічна система – процес і технічна система – об'єкт, які вирізняються видом складників і можуть представлятись різними способами.

4. Технічна система здатна до заданих дій, якщо має відповідні властивості (функції).

5. Логіко-графічним зображенням складу і функцій TS, одержаних їх формулюванням, є функційна модель.

6. Будь-який об'єкт можна описати як систему окремих структурних складників (технічна структура) і як систему функцій, виконуваних об'єктом і його елементами (функційна структура).

7. Певна конструкція може реалізувати лише одну основну функцію, але та сама службова функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

8. Функційне призначення TS повинне містити детальні відомості, які характеризують основну функцію і уточнення умов її роботи.

9. Гнучкість TS – комплексний показник, який характеризується сукупністю характеристик. Різні елементи TS – це компроміс між рівнем вимог до гнучкості та економічно доцільними витратами.

10. Для скорочення часу і собівартості проєктних робіт та суттєвого підвищення якості створеної TS організаційно-технологічне, архітектурно-будівельне проєктування, розробка систем енергозабезпечення та інформаційних комунікацій повинні підтримуватись відповідними програмними засобами.

11. Виробничий процес характеризується великою кількістю техніко-економічних характеристик, найголовніші з яких: вид і кількість виробленої продукції, якість і продуктивність процесу, гнучкість, ступінь автоматизації, ефективність.

12. Виробничу систему можна представити як сукупність технологій, ресурсів, виробів та показників, які відображають динаміку і якість технологічних процесів.

13. Сучасні процеси виготовлення продукції характерні зрощенням і переплетенням основних, допоміжних і обслуговуючих процесів.

14. Виробничий процес крім системи складників являє собою і систему множин їх зв'язків (властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, часових, економічних тощо).

15. Технологічна система є підсистемою виробничої системи і як будь-яка інша система, має, залежно від умов функціонування, велике різноманіття призначень.

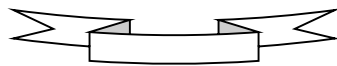
16. У процесі розробки нових *TS* завжди трапляються суперечності між тим, що дано, і тим, що потрібно одержати. Подолання суперечності здійснюють використанням сучасних методів пошуку нових рішень.

17. Виявлення функцій об'єкта, його складників та зв'язків і визначення їхніх характеристик виконуються на основі системного підходу.

18. Відтворити взаємозв'язки цілей і засобів їх досягнення, системно розглянути проблему дає можливість дерево цілей.

19. Системна технологія об'єднує можливості технології і системного підходу для перетворення з наміченою метою різноманітних ресурсів.

20. Системна технологія базується на системних модулях трьох об'єктів: системі процесів, системі вимог до машин і системі машин, які дозволяють відслідковувати і координувати процеси створення, використання і зміни парку машин.





## РОЗДІЛ 2

### ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Процес створення нової технічної системи починається з вивчення ринку, виявлення його можливостей, прогнозування майбутніх потреб. Потім визначаються характеристики нововведень, які задовольняють потреби сьогодення і, головне, завтрашнього дня.

Лише за цієї умови, а також за успішного розв'язання технічних завдань і завдань просування виробу на ринок збуту підприємство має підстави сподіватись на комерційний успіх новації. Будь-яка інновація від моменту зародження до завершення її можливостей ефективного використання проходить через певні фази, названі життєвим циклом.

#### 2.1. Життєвий цикл виробу

**Життєвий цикл виробу (ЖЦВ)** – період часу послідовної зміни виробу від початку його дослідження та розробки до припинення експлуатації, протягом якого виріб має життєздатність на ринку й забезпечує прийнятний рівень прибутку.

Життєвий цикл включає в себе фази виникнення інновації, підготовки виробництва, виробництва виробу, розповсюдження і експлуатацію, припинення виробництва (зняття з експлуатації, утилізація чи модифікація) (рис. 2.1).

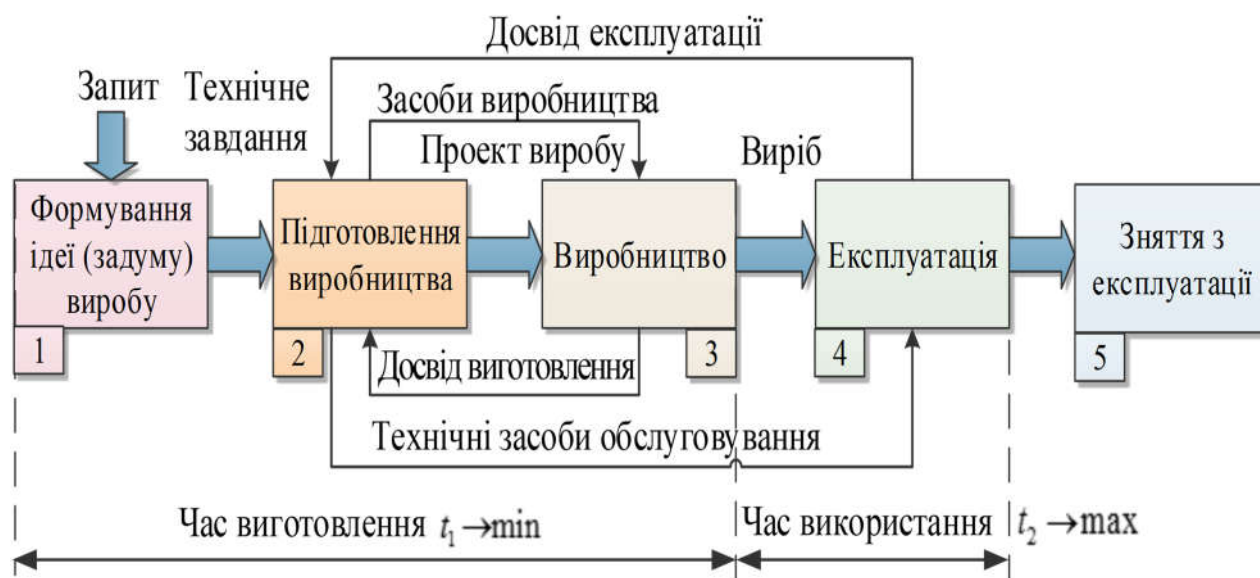


Рис. 2.1. Схема життєвого циклу виробу

Вирізняють 11 етапів життєвого циклу виробу (табл. 2.1).

Табл. 2.1 – Характеристика етапів життєвого циклу виробу

Етап	Зміст етапу	Кінець етапу
1	2	3
1 Маркетинг	Дослідження і аналіз ринку, збирання і обробка інформації, прогнозування майбутніх потреб ринку у новому виробі.	Визначення основних вимог споживачів до виробу і його споживчих властивостей.
2 Розробка виробу	Генерація, оцінка і відбір ідей нового виробу. Визначення усіх функційних і економічних критеріїв та обмежень. Формулювання функційного призначення виробу. Розробка конструкторської документації, технічна і економічна оцінка проєкту.	Розробка і затвердження технічного завдання на науково-дослідні і проєктно-конструкторські роботи. Формування технічних умов. Визначення робочих характеристик. Розробка упаковки.
3 Підготовлення виробництва	Розробка і комплектування, конструкторської, технологічної і організаційно-технічної документації. Постачання усіх необхідних матеріалів і комплектуючих виробів. Набір і навчання персоналу. Підготовлення устаткування, транспортно-складських та інших засобів.	Укладання угод з поста-чальниками ресурсів. Постачання цехів усіма необхідними ресурсами. Остаточна готовність до початку виробництва. Виготовлення і випробування дослідного зразка.
4 Виробництво	Випуск нового виробу.	Зняття з виробництва попереднього виробу.
5 Контроль	Збір, обробка і аналіз інформації про виготовлений новий виріб. Порівняння фактичних показників з плановими, виявлення відхилень, аналіз причин цих відхилень.	Розробка заходів з досягнення планових показників. Усунення причин можливих відхилень.
6 Пакування і зберігання	Розробка упаковки виробу для збереження усіх його показників і властивостей. Транспортування виробів на склади виробника.	Розподіл виробів для транспортування замовникам. Укладання контрактів на поставку виробів споживачам. Укладання, за необхідності, контрактів з транспортними організаціями.
7 Реалізація і розподіл	Вироби зі складу виробника транспортуються на склади посередників і кінцевих замовників.	Готовність споживача до експлуатації нового виробу.
8 Монтаж і експлуатація	Установка, монтаж, підготовка до експлуатації і введення в експлуатацію виробу у замовника.	Укладена угода на технічне обслуговування і проведення ремонтів безпосередньо виробником чи посередником.
9 Технічна допомога в обслуговуванні	За заявкою споживача про наявність несправностей виробник направляє йому ремонтні групи та інший необхідний персонал для техобслуговування і (у разі потреби) ремонту.	Повна функційна готовність виробу. За потреби, укладання угоди на навчання виробником персоналу споживача.
10 Післяпродажна діяльність	Навчання персоналу споживача і надання йому усієї необхідної документації. Контроль виробника за роботою виробу	Висновок спеціальної групи експертів про недоцільність подальшої експлуатації виробу через його фізичне чи моральне спрацювання

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3
11 Утилізація	Виріб знімається з експлуатації і транспортується у центри утилізації. Збереження виробу на паперових чи комп'ютерних носіях та їх використання для створення досконаліших виробів аналогічного чи подібного призначення.	Утилізація (повне знищення) виробу

Життєвий цикл виробу є системою взаємозв'язаних складників – етапів, які характеризуються певним станом –  $S_i$ .

Безліч станів  $S_i$  системи, як результат зовнішніх дій упродовж усіх одинадцяти етапів ЖЦВ відображає множина  $S = \{S_1, \dots, S_{11}\}$ .

На будь-якому етапі система нестабільна і постійно змінюється, тому кожен стан  $S_i$  системи виражається сукупністю початкового  $S_{i0}$ , середнього  $S_{ic}$ , і кінцевого  $S_{ik}$  станів.

$$S_i = \{S_{i0}, S_{ic}, S_{ik}\}, \text{ де } i=1, \dots, 11.$$

Наприклад, етап розробки виробу включає зміни від визначення його споживчих властивостей до формування технічних умов і визначення робочих характеристик (табл. 2.1).

Завершення будь-якого етапу, визначається подією  $P_i$  (наприклад, розробка вимог до виробу, підписання угоди тощо (табл. 2.1), завдяки якій система повинна перейти в інший стан. Переходом називають сукупність ознак або умов зміни стану системи. Оскільки життєвий цикл виробу включає 11 етапів, у системі має бути 11 подій  $P_i$ , що впливають на перехід системи із одного стану в інший і утворюють множину  $\{P\}$ .

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_{11}\}.$$

Подія має місце тільки тоді, коли система перейшла у свій кінцевий на цьому етапі стан  $S_{ik}$ . Оскільки за настання події  $P_i$ , система повинна змінюватися в напрямку заданому напрямку і прийняти певний прогнозований стан, то вважають заздалегідь відомою функцію  $F_i$  переходу системи із стану в стан. Якщо початковий (попередній) стан системи  $S_{ik}$ , то новий стан, в який необхідно перейти за настання події  $P_i$  за функцією переходу  $F_i$ , визначається як  $S_{(i+1)0}$ .

ЖЦВ можна представити сукупністю послідовних змін станів із відповідними міжетапними переходами (рис. 2.2).

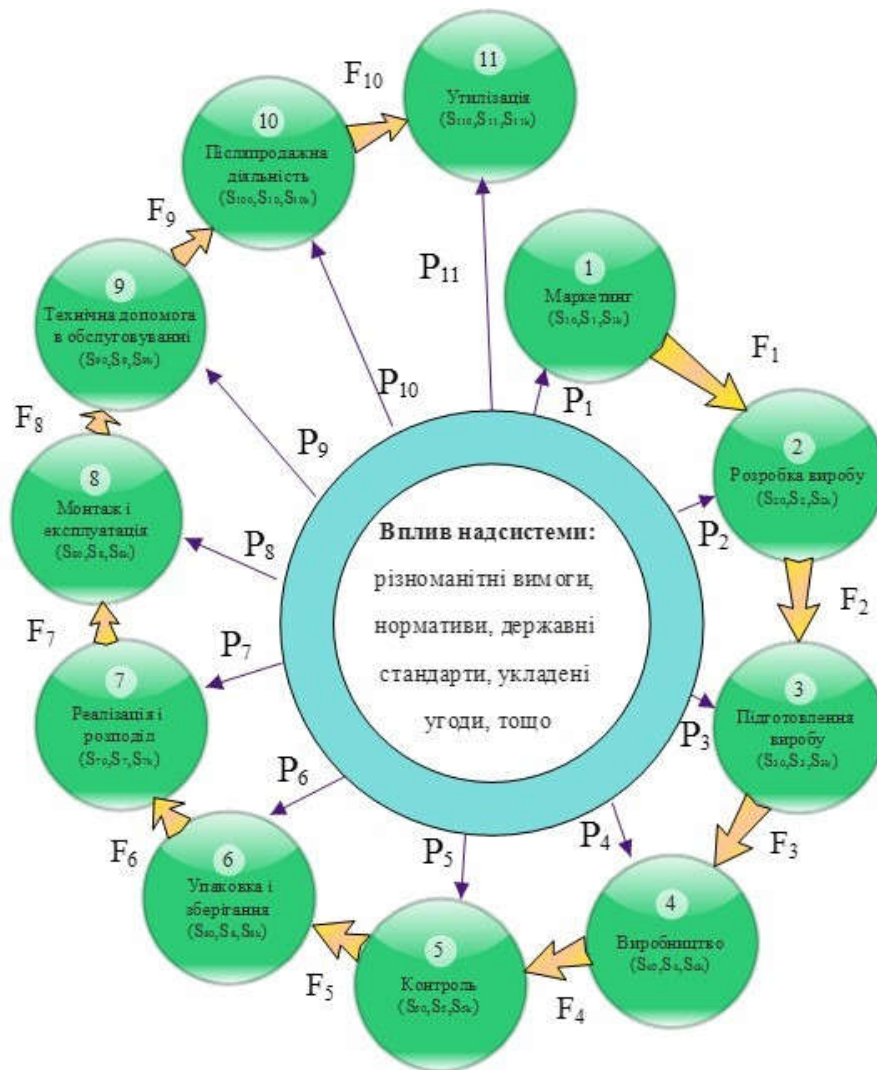


Рис. 2.2. Спіраль життєвого циклу виробу

Кожен етап не обов'язково повинен хронологічно іти послідовно один за одним. Зазвичай використовують паралельно-послідовне виконання етапів, що дозволяє скоротити на 15–20 % рівень витрат і строки проведення робіт порівняно з послідовною формою. Крім того, це дозволяє значно зменшити об'єм доопрацювань на етапах.

Крім життєвого, вирізняють ще **ринковий цикл виробу** – час від виводу виробу на ринок до його виходу з нього. Ринковий цикл включає п'ять стадій, які визначаються певними характеристиками (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Основні характеристики життєвого циклу виробу

Характеристика	Стадії життєвого циклу виробу				
	1. Виведення на ринок	2. Зростання обсягу збуту	3. Максимальний обсяг збуту	4. Насичення ринку	5. Спад обсягу збуту
1	2	3	4	5	6
1. Сутність	Знайомство споживача з виробом	Визнання виробу споживачем і зростання попиту	Масовий випуск високоякісних виробів	Насичення ринку виробом	Вихід з ринку

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
2. Маркетинг	Залучення споживачів до нового товару	Розширення збуту	Знаходження нових сфер використання виробу	Стимулювання продажу і розробка заходів протидії конкурентам	Скорочення збуту, припинення реалізації
3. Збут	Повільне зростання	Динамічне збільшення	Максимальний	Стабільний	Різко падаючий
4. Прибуток	Немає	Збільшений	Максимальний	Зменшений	Низький
5. Цінова політика	Можливе зниження цін для розширення кола покупців	Повне підвищення раніше знижених цін	Зниження цін за рахунок масовості	Можливе зниження цін для збільшення збуту	Зниження цін
6. Конкуренція	Слабка	Помірна	Сильна	Помірна	Незначна
7. Витрати на маркетинг	Високі	Помірні	Зменшені	Збільшені	Низькі
8. Реклама	Доведення до покупця максимуму інформації про якість і переваги виробу	Переконування споживачів про переваги виробу	Активне переконування споживачів про вищу ефективність виробу перед конкуруючими	Стимулювання продажу. Покращення якості післяпродажних послуг	Оновлення інформативного переконання споживачів про доцільність придбання виробу
9. Витрати на рекламу	Високі	Помірні, стабільні	Підвищені	Підвищені	Високі

Для підприємства вигідно максимально скоротити першу стадію ринкового циклу. На другій стадії важливо у сфері виробництва покращувати якість виробів та післяпродажних послуг і на цій основі завойовувати нові сегменти ринку.

Для продавця виробу ЖЦВ визначається обсягом продажу і прибутком від реалізації та містить п'ять стадій (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Зміна збуту та прибутків протягом життєвого циклу виробу

**Стадія 1. Розробка та виведення виробу на ринок** (впровадження): період повільного росту збуту в міру виходу виробу на ринок. У зв'язку з великими витратами на виробництво і рекламу прибутку на цьому етапі немає (торгівля (прибуток) збиткова).

Маркетингова політика на цій стадії передбачає доведення до покупців максимуму інформації про якісні характеристики виробу, розкриття його переваг перед іншими виробами такого типу, корисних властивостей, вибір оптимальних каналів збуту тощо.

Варіантом цінової політики є встановлення занижених цін з метою розширення кола покупців. Для підприємства вигідно максимально скоротити цю стадію.

**Стадія 2. Зростання (турбулентність) обсягу збуту:** визнання виробу споживачами, зростає попит на виріб, динамічно збільшується обсяг продажу та величина отриманого прибутку, стабілізуються витрати на рекламу. Цінова політика підприємства передбачає підвищення раніше знижених цін. У сфері виробництва покращують якість виробів та післяпродажних послуг, щоб завойовувати на цій основі нові сегменти ринку.

**Стадія 3. Зрілість:** масовий випуск виробів найвищої якості, досягається максимальний обсяг продажу і величини отримуваних прибутків. Підприємство намагається віднайти нові сфери використання виробу, створити нові його модифікації. Основна мета всіх цих заходів полягає у суттєвому зниженні витрат на виробництво й експлуатацію нововведення і тим самим підвищенні його загальної ефективності та часу експлуатації. Цінова політика підприємства зводиться переважно до зниження цін (за рахунок масовості). Рекламна діяльність підприємства зорієнтована на масового покупця. Як і на попередній стадії, поліпшується якість післяпродажних послуг.

У цей час виробник здійснює комплекс заходів із відпрацювання технологій та підготовки персоналу для випуску продукції зі стабільними показниками якості. Одночасно розробляються заходи зі збуту (від реклами до сервісного обслуговування). У процесі цієї стадії на основі стабільного виробництва і чітко розробленої стратегії збуту забезпечується широке й ефективне використання нововведення.

**Стадія 4. Стабілізація:** насичення ринку виробом. Незважаючи на вжиті підприємством заходи, обсяг продажу затухає і вже не зростає. На збільшення продажу може вплинути лише зменшення цін. Прибуток підприємства залежно від цього може стабілізуватись або частково знижуватись. Зниження темпів зростання обсягу продажу призводить до зниження цін, зростання витрат на маркетингові заходи, яких доводиться вживати у відповідь на дії конкурентів (стимулювання продажу, рекламу тощо), що зменшує прибуток.

**Стадія 5. Спад обсягів продажу і прибутків** (вихід із ринку): різке зниження обсягу продажу і зменшення прибутку. Виробництво і реалізація застарілого виробу вимагає збільшення поточних витрат, пов'язаних з частим зменшенням цін, рекламою, зростанням товарних запасів. Не зняті своєчасно з виробництва вироби не сприяють активному пошуку нових виробів, послаблюють конкурентні позиції підприємства. Невідповідність старого виробу вимогам ринку може викликати недовіру покупців до всієї продукції підприємства. Головне завдання виробника на цій стадії – зняти товар із виробництва в максимально короткі строки, не допускаючи або мінімізуючи можливі збитки.

За погіршення якості функціонування виробу, остаточного вичерпання можливостей його технічного удосконалення і падіння економічності експлуатації – виріб знімається з експлуатації та виробництва. Цим завершується життєвий цикл виробу і він замінюється новим на базі нового технічного принципу.

Початок та кінець кожного етапу життєвого циклу виробу чітко визначити можна не завжди.

В умовах різних ринкових ситуацій діють різні чинники, що визначають тривалість ринкового циклу виробу. Унаслідок загострення конкуренції загальною тенденцією є його скорочення (табл. 2.2).

Виробникові потрібно стежити за ринковим циклом для того, щоб своєчасно коригувати маркетингові дії та, за необхідності, вносити зміни до виробничих процесів.

Основна мета заходів на стадії 3 – суттєве зниження витрат на виробництво і експлуатацію виробу і тим самим підвищення його загальної ефективності та терміну експлуатації.

Підприємство повинно своєчасно вилучати вироби, що перебувають на стадії занепаду, і намагатись звести до мінімуму шанси розробки слабких ідей і відсіву якісних.

Період, за якого новація буде новою і корисною, називають **терміном перспективності**.

Виріб може мати багато технічних нововведень і в той же час не мати ринкової новизни. Реалізація такого виробу навряд чи забезпечить отримання прибутку його виробнику, якщо витрати на придбання нововведення великі.

Промислові ринки дуже нестабільні: постійні зміни в техніці і технології та підвищені вимоги до ресурсозбереження і екології ведуть до швидкого старіння існуючих і появи нових виробів. Це, у свою чергу, вносить у практику промислових підприємств і компаній значний елемент ризику.

## 2.1. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ТЕХНОЛОГІЇ

Будь-який заново створений засіб праці (машина, обладнання, апарат, прилад) реалізує нову технологію у споживача (тобто змінює техніко-економічні параметри виготовленої продукції у сфері використання). І навпаки, будь-яке використання нової технології вимагає створення нових засобів праці.

У міру проходження виробу своїм життєвим циклом технологічний процес, за допомогою якого виготовлено цей виріб, теж повинен розвиватися цілком передбачуваним чином. Якщо життєві цикли виробу і технології не будуть узгоджені (не синхронізовані), конкурентоспроможність підприємства може бути серйозно підірвана. На початковій стадії життєвого циклу виробу обсяги його продажу досить низькі. Конструкція виробу може бути ще не цілком стабільною, а конкурентоспроможність ґрунтується не на ціні, а на відмінних ознаках виробу. На цій стадії процес виробництва повинен бути досить гнучким, щоб його можна було швидко змінити й удосконалити згідно з попитом і змінами в конструкції виробу. Сам виробничий процес у цей час переважно є досить трудомістким, дрібносерійним, слабо автоматизованим. У процесі удосконалення виробу, його конструкція все більше буде стандартизуватися і обсяги збуту зростуть. Основною мірою конкурентоспроможності при цьому стане ціна, а процес виробництва стане капіталомістким, високо механізованим чи автоматизованим, націленим на масовий випуск продукції. Реалізація технологічних новацій інтенсифікує оновлення виробництва, забезпечуючи відповідний технологічний, економічний та соціальний ефект.

Від початку розробки до згасання можливостей ефективного використання технологія, до її остаточного виходу зі сфери використання, як і виріб, проходить через повні стадії, названі **життєвим циклом технології (ЖЦТ)** (рис. 2.4).

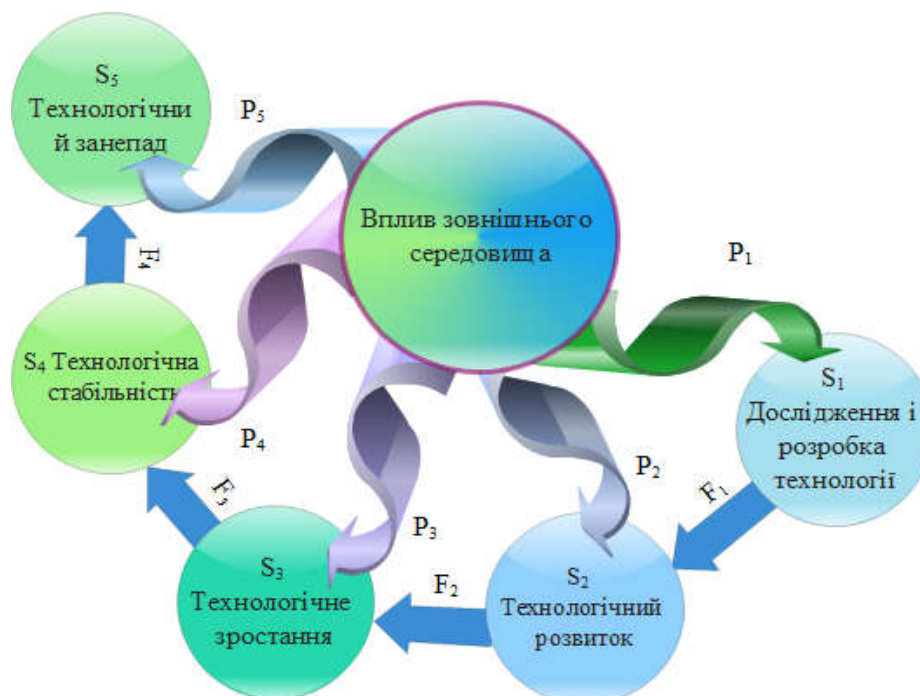


Рис. 2.4. Схема життєвого циклу технології



Тривалість життєвого циклу технології може бути різною залежно від досягнень науково-технічного прогресу, використаних при її створенні, правильної цінової політики, глибини та якості маркетингових досліджень тощо.

Форми кривих життєвого циклу можуть бути найрізноманітнішими, але найчастіше для промислових технологій бувають у вигляді S-подібної кривої, яка показує зміну в часі головних показників: вартість, точність, продуктивність тощо. У різних технологій ця крива має свої індивідуальні особливості, однак на ній завжди є характерні ділянки, загальні для всіх технологій – певні етапи (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – *Характеристика етапів життєвого циклу технології*

Етап	Зміст етапу	Кінець етапу
1. Дослідження і розробка технології	Розробка новітньої технології з високим потенціалом. Визначення потенціальної цінності і сфери застосування. Визначення витрат на розробку	Установлення основних характеристик технології; Оформлення у вигляді документа.
2. Технологічний розвиток	Доопрацювання технології відповідно до появи нового виробу. Передача технології шляхом експорту виробу	Невелике поширення на ринку за відсутності конкуренції
3. Технологічне зростання	Подальше освоєння технології	Підвищений попит на ринку
4. Технологічна стабільність	Удосконалення і стандартизація технології. Обмін технологіями між виробниками.	Насичення ринку цією технологією
5. Технологічний занепад	Технологія стає застарілою з дуже малим попитом. Інвестиції в технологічні розробки не вкладаються	Різке зниження продажу технологій. Повне його припинення. Вихід з ринку

Тенденції зміни технологій різні за стадіями життєвого циклу.

Протягом життєвого циклу одного виду продукції технологія може змінюватись декілька разів. Водночас протягом життєвого циклу окремих виробів деякі технології можуть взагалі не змінюватись.

Для початкового етапу «типового» ЖЦВ характерна низька ступінь зміни технологічних процесів, для стадії швидкого зростання – середня ступінь, а для третьої стадії («зрілість» виробу) – швидка ступінь зміни процесів і, нарешті, для заключних стадій циклу знову характерна низька ступінь зміни технологій.

Менеджеру необхідно знати особливості ЖЦТ для правильної відповіді на запитання, дуже важливе для практики – чи слід вдосконалювати цю технологію, чи потрібно створювати щось нове?

На основі літературних і патентних джерел, комерційної інформації, потреб ринку майже завжди є можливість зібрати відомості про хід попереднього розвитку технології і побудувати графік змін у часі одного з її показників.

Вивчення життєвого циклу технологій і його етапів має велике значення для розробки плану перспективних заходів із визначення початку наукових досліджень, освоєння продукції, маркетингових досліджень тощо.

Заміна технології зазвичай здійснюється за остаточного вичерпання можливостей її удосконалення або за корінної зміни потреб. Вона замінюється новою технологією, що виникає на базі нового технічного принципу чи фізичного ефекту, дослідження якого за часом збігається із завершальною стадією «старої» технології.

У реальній ситуації далеко не завжди відбувається повна зміна технології, яка оснований на старому принципі, технологією, в основі якої лежить новий принцип. Буває і так, що стара технологія в силу своїх специфічних особливостей продовжує використовуватись в обмежених розмірах. Як приклад можна вказати на швидкоріжучий інструмент, який існує поряд із твердосплавним, грамофонні платівки, які використовуються поряд із магнітним записом звуку, ручне керування устаткуванням поряд із числовим програмним керуванням тощо.

Впровадження нових технологій – процес, який вимагає творчого підходу; це боротьба на ринку між новаторами і тими, хто захищає свої нинішні прибутки; це ризикова категорія, що може привести підприємство і до небувалих прибутків, і до банкрутства.

Для підприємства, що прагне лідерства і не хоче втрачати постійних клієнтів, технологічні нововведення неминучі і пов'язані з ризиком, але відмова від них ще ризикованіша.

**Технологічний ризик** можна визначити, як імовірність утрати підприємством деякої частини ресурсів, недоодержання прибутків чи появи додаткових витрат у результаті розробки і впровадження технологічних нововведень.

Для детального розгляду ризиків за впровадження нових технологій слід користуватися S-подібною кривою, яка відбиває залежність між витратами на нову технологію і результатами, отриманими від вкладених коштів (рис. 2.4).

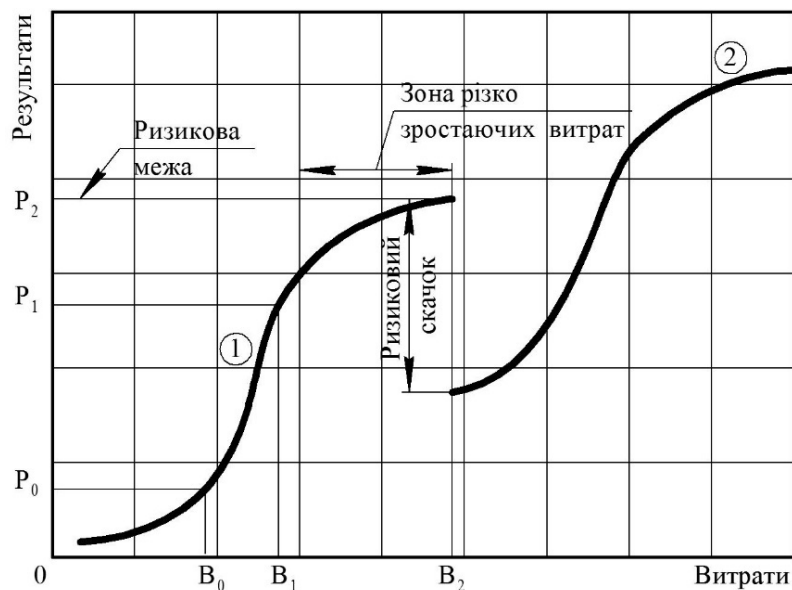


Рис. 2.4. Криві розвитку конкуруючих технологій  
1 – існуюча технологія; 2 – нова технологія

Як видно з рис. 2.4, за розробки і впровадження нової технології (зона  $V_0 - P_0$ ) для одержання позитивного ефекту необхідні значні витрати.

Далі результати зростають за невеликих витрат:  $(P_1 - P_0) \gg (V_1 - V_0)$ .

Чим крутіше крива розвитку, тим результативніша технологія. Надалі ефективність технології зменшується:  $(P_2 - P_1) < (V_2 - V_1)$ , вона стає дорожчою, застарілою. Ця межа називається ризиковою.

**Ризикова межа** є надійним засобом виявлення моменту старіння існуючої технології і розробки нової. Це означає, що всі істотні можливості поліпшення технології вже вичерпані, тому слід відмовитись від існуючої технології (1), яка ще приносить прибуток, однак явно застаріває, і перейти на нову технологію (2).

Крім ризикової межі існує ризиковий скачок.

**Ризиковий скачок** – це перехід від одної технології до іншої. Якщо відомо, що залишковий потенціал діючої технології незначний (близька ризикова межа), то ризиковий скачок невідворотний.

Технологічний ризик у сучасних умовах набуває ознак соціальної категорії, оскільки впровадження технології не може обійтись без трудових ресурсів. У цій ситуації виникає ризик безробіття, утрати стабільного розвитку, плинності кадрів, недостачі професіоналів тощо.

Для запобігання чи хоча б зменшення соціального ризику використовують різноманітні дії.

1. Перекваліфікація як засіб уникнення обов'язкових скорочень. Це забезпечує велику гнучкість в організуванні виробництва, бо працівники безболісно можуть переводитися з однієї роботи на іншу. Крім того, у структурі кадрів відбувається зниження частки низькокваліфікованих працівників.

2. «Заморожування» найму. Єдина сфера, у яку можуть прийматися фахівці ззовні – робота з новою технологією.

3. Суворий добір кадрів і постійне підвищення підготовки працівників. Використання системи винагород, що оснований на виробничому стажі.

Ця робота виконується з розумінням того, що працівники, які володіють технологічними знаннями, – це ноу-хау підприємства. Якщо склад робочої сили змінюється через високу плинність кадрів, це означає, що коштовні технологічні розробки будуть постійно спливати з підприємства.

### **2.3. Комп'ютерна підтримка життєвого циклу технічної системи**

Вимоги до якості розробок і термінів їх виконання підвищуються за зростання складності виробів та виконуваних ними функцій. Подолати суперечність між зростанням складності розробок і необхідністю старанного опрацювання прийнятих рішень у вузьких часових рамках дозволяють комп'ютерні (інформаційні) технології.

**Інформаційна технологія** – комплекс методів і процедур зі збору, передавання, обробки, зберігання і доведення інформації до користувачів з використанням обраного комплексу технологічних засобів.

В інформаційній технології предметом праці є інформація, знаряддям праці – засоби комп'ютерної техніки і зв'язку, а виробом інформаційний продукт.

Характерні ознаки інформаційної технології:

- можливість роботи в режимі маніпулювання даними;
- можливість «бачити» (екран, принтер) і «діяти» (клавіатура, «миша», сканер) замість «знати» і «пам'ятати»;
- наскрізна інформаційна підтримка керівних рішень на всіх етапах проходження інформації на основі інтегрованої бази даних, яка передбачає єдину уніфіковану форму подання, зберігання, пошуку, відновлення та захисту даних;
- безпаперова обробка документів, за якої на папері фіксується лише остаточний варіант документа, а проміжні версії заносяться на машинний носій інформації і, у разі потреби, можуть виводитись користувачеві на екран дисплея;
- інтерактивний режим розв'язування завдань;
- можливість колективного виконання чи обробки документів на різних комп'ютерах;
- можливість за допомогою засобів комунікації (телефонні мережі, локальні та глобальні комп'ютерні мережі тощо) пересилати та діставати інформацію з інших джерел, які можуть перебувати на значній відстані одне від одного.

Комп'ютерна підтримка етапів ЖЦВ одержала назву CALS-технологій (CALS – Continuous Acquisition and Life – cycle Support – безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукту), яка включає певні складники.

У сучасних умовах, коли учасниками ЖЦ конкретного виробу можуть бути юридично і територіально не пов'язані підприємства, CALS-технології є засобом, що інтегрує існуючі на підприємствах автоматизовані системи оброблення інформації в єдину функційну систему, яка забезпечує однотипні способи інформаційної взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників, виробників, експлуатаційників, ремонтників, що реалізується переважно через електронний обмін даними. Структура CALS-Т містить складники (програмні системи) різноманітного призначення (рис. 2.5).

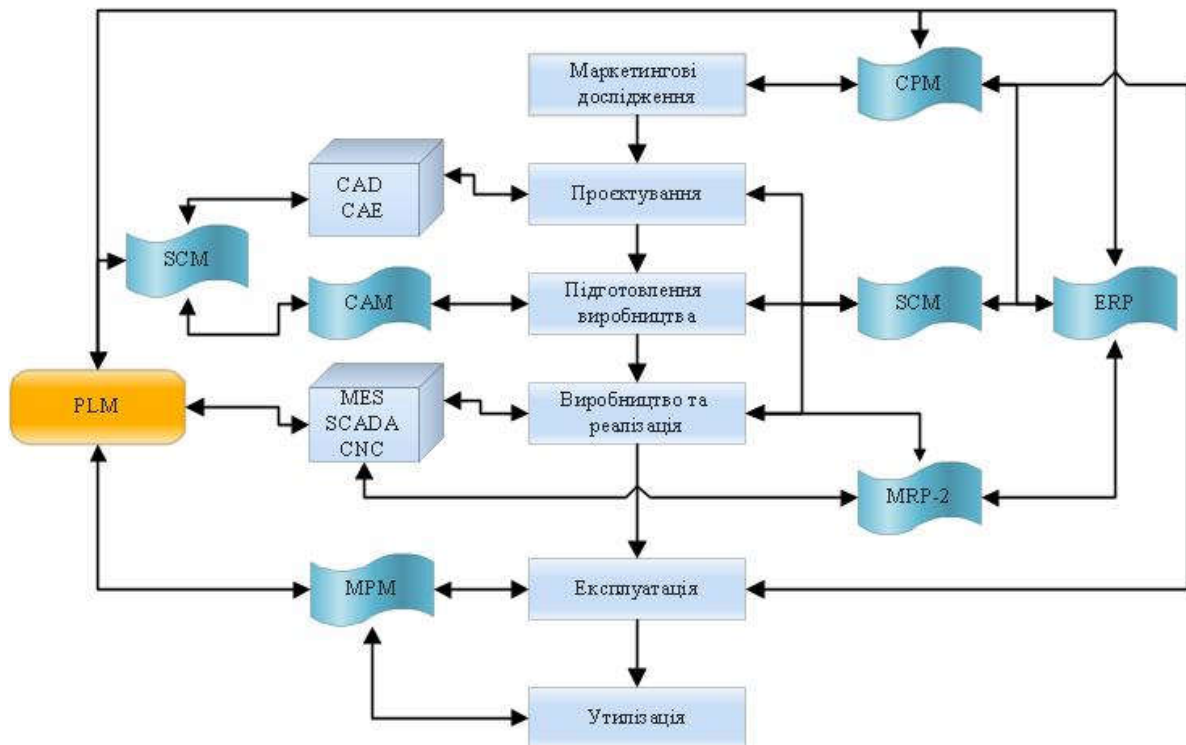


Рис. 2.5. Структура CALS-технологій.

CAE (Computer Aided Engineering) – система інженерних розрахунків дозволяє:

- моделювання фізичних процесів поведінки об'єкта, що проєктується (виробу, деталі) – наприклад, за різного механічного навантаження, ударах, різноманітних температурних режимах тощо;
- моделювання розроблюваних технологічних процесів, наприклад, процесів гарячого (холодного) штампування, лиття пластмас, процеси гнуття, прокатування тощо;
- скорочення цехових випробувань шляхом оптимізації технологічних процесів на основі швидкої комп'ютерної оптимізації;
- покращення якості виробів і скорочення часу ТПВ.

PDM (Product Data Management) – система керування проєктами виконує:

- зберігання в електронному вигляді конструкторської документації на виробі;
- розробку маршрутних і операційних техпроцесів;
- матеріальне і трудове нормування;
- зміну даних (розмірів, посадок, відхилень на складальних і робочих креслениках деталей);
- зміни в електронних креслениках для модернізації виробу, постановці його на серійне виробництво;
- керування проєктами й документообігом;
- інтегрування даних в єдину інформаційну базу підприємства.

Користувачами PDM-системи є всі учасники ЖЦВ: конструктори, технологи, маркетологи, фінансисти, сервісмени, працівники постачання і збуту тощо.

Основне завдання PDM-системи – надання працівнику необхідної інформації в зручній формі в потрібний час.

CAD (Computer Aided Design) – система автоматизованого проєктування і розробки повного комплексу проєктно-конструкторської документації:

- конструкції виробу;
- технологічного оснащення і транспорту;
- розрахунок і проєктування залізобетонних і металевих конструкцій будівель;
- проєктування теплопостачання, опалення, вентиляції;
- проєктування водопостачання і водовідведення;
- проєктування електропостачання, електросилового устаткування тощо.

Дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи, знизити часові та фінансові витрати на розробку і впровадження нової продукції. Дані з CAD-системи передаються в САМ -систему.

САМ (Computer Aided Manufacturing) – система автоматизованого підготовки і керування виробництвом.

- проєктування технології обробки і складання виробів;
- створення програм для верстатів з ЧПК або ГВС;
- скорочення виробничого циклу тощо.

SCM (*Supply Chain Management*) – система керування ланцюгами поставок здійснює:

- планування постачання сировини і комплектуючих виробів на підприємство;
- планування попиту на основі моніторингу ринку;
- рівнозначне орієнтування логістичної мережі як на постачальника, так і на споживача;
- розроблення мережевих графіків поставок;
- розробку оптимальних маршрутів доставлення замовнику потрібного вантажу в потрібне місце точно в строк з низькими витратами і необхідним сервісом;
- керування складськими запасами і транспортуванням продукції;
- відстеження стану і керування виробництвом і відвантаженням продукції;
- керування персоналом і обладнанням логістичних ланцюгів.

CAQ (*Computer Aided Quality Assurance*) – система автоматизованого керування;

MES (*Manufacturing Execution Systems*) – система оперативного керування виробництвом;

ERP (*Economic Recourse Planning*) – система планування ресурсів підприємства здійснює:

- планування і розподіл ресурсів підприємства;
- складський облік;
- скорочення виробничих запасів;
- підвищення завантаження обладнання;

- бухгалтерський і податковий облік;
- аналіз діяльності підприємства;
- підготовку виробничих завдань і контроль їх виконання тощо.

MRP-2 (*Manufacturing Resource Planning*) – система планування ресурсів виробництва передбачає:

- планування матеріальних потреб, обсягу виробництва і продажу, виробничих потужностей, фінансів;
- контроль показників на вході і виході, виробничих операцій;
- керування попитом, складом, плановими поставками, виробничим цехом;
- складання плану виробництва;
- моделювання виробничого циклу;
- оцінку результатів діяльності;
- забезпечення належної кількості необхідних матеріалів і комплектуючих виробів;
- зменшення складських запасів.

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) – система диспетчерського контролю і накопичення даних виконує:

- одержання і обробку інформації про ТП чи виробничі умови;
- порівняння фактичних значень параметрів, умов чи станів із заданими;
- обробку даних про наявні неузгодження;
- розробку необхідних змін параметрів процесу чи умов виробництва;
- одержання і обробку інформації про виконання керівних дій.

CNC (*Computer Numerical Control*) – комп'ютерне числове керування обладнанням.

CRM (*Customer Relationship Management*) – система керування відносинами із замовником містить технології:

- аналізу ринку виробників і споживачів продукції;
- аналізу обсягів продажу;
- керування продажем і обслуговуванням;
- одержання і обробки інформації про експлуатацію виробів.

MPM (*Manufacturing Process Management*) – система керування процесами виробництва включає:

- інформаційну підтримку виробу на післявиробничих стадіях ЖЦ;
- виготовлення і постачання запчастин і видаткових матеріалів;
- пакування і відвантаження виробу замовнику;
- керування процесами технічного обслуговування і ремонту.

PLM (*Product Life cycle Management*) – система керування життєвим циклом виробу.

Застосування CALS-технологій потребує реорганізації всієї ІТ-інфраструктури вітчизняних підприємств.

## 2.4. Моделювання технічних систем

Як складник системної технології, дослідження технічної системи включає такі складові:

- моделювання системи, її елементів, зовнішнього середовища;
- вивчення прийнятних за різними критеріями варіантів побудови чи удосконалення системи;
- вибір одного чи декількох прийнятних альтернатив побудови чи удосконалення системи;

Результатом досліджень є проєкт створення чи удосконалення технологій задоволення потреб зовнішнього середовища, забезпечуючи одну чи декілька альтернатив побудови чи модернізації систем.

Моделювання – це експериментальний метод дослідження системи в умовах невизначеності, матеріальне чи формалізоване представлення об'єкта як цілісного утворення зі складників у їх взаємозв'язку і взаємодії.

Система містить два види елементів (складників): елемент системи й елемент взаємодії (комунікаційний елемент).

**Елемент (складник) системи** – це основний елемент, який забезпечує основний процес виготовлення продукції, для якої власне і створюється система.

**Елемент взаємодії** – це додатковий комунікаційний транспортно-складський елемент, для забезпечення взаємодії між основними цілеспрямованими елементами.

Він необхідний для забезпечення взаємодії людиномашинних елементів системи в часі (склад), оскільки їх функціонування розписано в часі та просторі (транспорт) через різне просторове положення.

До функціонування транспорту висуваються вимоги у вигляді обмежень за часом, а до складу вимоги просторових обмежень (наприклад, за обсягом запасів).

Математична модель системи складається з математичних моделей елементів системи й елементів взаємодії.

Зазвичай математична модель забезпечує швидке і просте вивчення властивостей системи, скорочуючи терміни проєктування та знаходження умов її ефективного використання. Залежно від завдань і змісту системної діяльності, це можуть бути моделі:

- **абстрактні** – логічні чисельно-статистичні та їх комбінації, які використовують для теоретичного аналізу;
- **логічні** – у вигляді рівнянь чи алгоритмів, аналіз яких дозволяє виявити нові властивості чи поведінку системи в заданих умовах;
- **числові** – у вигляді таблиць і законів розподілу наявних відношень між параметрами входу і виходу;
- **фізичні** – матеріально втілені в деяких фізичних пристроях, які регулюють поведінку систем за різних умов їх функціонування;



- **імітаційні** – сукупність алгоритмів, які відтворюють динаміку функціонування системи, в числі коли неможливо її однозначно описати математичними залежностями.

У **TS-об'єкта** зазвичай досліджують взаємозв'язки між складниками його конструкції та експлуатаційними показниками. Дослідження **TS-процесу** полягає у визначенні його параметрів: точності, надійності, сталості, продуктивності тощо.

Наприклад, модель технологічної системи складається з таких складників:

- множина технологічних елементів  $\{TE\}$ : верстатів і оснащення, які здійснюють елементарні процеси цілеспрямованого перетворення предметів праці;
- множина елементів взаємодії  $\{EB\}$ : машин, обладнання, механізмів транспорту і складів, які забезпечують взаємодію технологічних елементів;
- множина елементарних процесів цілеспрямованої зміни предметів виробництва  $\{EPЗПВ\}$ ;
- множина елементарних процесів транспортування і складування  $\{EPТС\}$ , забезпечуючих просторово – часові переміщення предмету виробництва між елементарними процесами його переробки.

Процес моделювання складається з етапів.

1. Постановка завдання, визначення сукупності початкових умов і шуканих величин: змістовний опис об'єкта, виділення його основних складників із числовими значеннями відомих параметрів системи;
2. Формалізація змістового опису системи;
3. Побудова формалізованої схеми об'єкта, вибір основних характеристик і параметрів;
4. Перетворення формалізованої схеми на математичну модель;
5. Дослідження моделі відповідно до поставленого завдання;
6. Перенесення результатів моделювання на реальний об'єкт і перевірка результатів.

Формалізація – це процес заміщення понять символами, а висловлювань – поєднанням символів для відображення інформації, яка не виявляється на рівні змістовного аналізу.

Якщо позначити  $\{TE\} \equiv \{A\}$ ,  $\{EPЗПВ\} \equiv \{B\}$ ,  $\{EPТС\} \equiv \{D\}$ ,  $\{EB\} \equiv \{E\}$ , то систему  $S$  можна формально описати, як  $S = \{A, B, D, E\}$ , тобто сукупністю взаємозв'язаних елементів  $a \in \{A\}$ ,  $e \in \{E\}$  і здійснюваних ними елементарних процесів  $b \in \{B\}$ ,  $d \in \{D\}$ .

Тут «а» – структурний складник системи, «е» – елемент взаємодії, призначений тільки для здійснення одного елементарного процесу взаємодії, «b» – процес досягнення однієї елементарної дії, «d» – елементарний процес взаємодії між двома елементарними процесами досягнення цілі системи.

Системи можуть моделюватись на основі функційного, морфологічного та інформаційного підходів.

За функційного підходу модель системи представляється у вигляді сукупності функцій, які перетворюють ресурси, що надходять, у кінцевий результат функціонування системи, для використання у зовнішньому середовищі.

Розрізняють функційну і фізичну структури об'єкта.

**Функційна структура** формально описує інформаційні зв'язки між складниками системи.

**Фізична структура** відображає геометричні, кінематичні, електричні та інші зв'язки між складниками системи.

Кінцевий результат і вхідні ресурси представляються у вигляді функцій часу. У кожний момент часу зміна стану системи описується сукупністю множин значень вхідних впливів.

За морфологічного підходу виділяють структурні елементи системи і транспортно – складські зв'язки між ними.

За інформаційного підходу створюють моделі опису інформації для розв'язання поставлених завдань як для системи, так і для її складників.

Постійне ускладнення виробничих систем і необхідність їх аналізу для удосконалення функціонування і підвищення ефективності викликають необхідність спеціальних засобів опису й аналізу таких систем.

З цією метою розроблена програма інтегрованої комп'ютеризації виробництва ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) за рахунок впровадження інформаційних технологій.

Для дослідження структури і функцій системи та потоків інформації і матеріальних об'єктів, які зв'язують ці функції, у рамках програми ICAM розроблена методологія IDEF (ICAM Definition) створення функційної моделі ВС.

Основу методології складає графічна мова опису (моделювання) систем, який дає можливість наочно та лаконічно зобразити процеси й операції ВС, полегшує взаємодію і взаєморозуміння системних аналітиків, розробників і дослідників об'єкта, що вивчається та може генеруватися засобами машинної графіки.

Графічна модель системи зображується у вигляді взаємодіючих і взаємозв'язаних блоків, які відображають процеси, операції, дії, що відбуваються в досліджуваній системі (функції).

Кожній функції відповідає певний блок, який зображується на схемі прямокутником, а зв'язки взаємодії блоку з іншими блоками стрілками, які входять у блок або виходять з нього. Блок керування сприймає інформацію, перетворюючи її у відповідні завдання і команди.

Вхідні стрілки показують, які умови повинні одночасно бути виконані, щоб функція, описувана блоком, здійснилась. Стрілки, що виходять із блока описують централізовану схему керування (керівну вертикаль).

Графічна мова дозволяє лаконічно, однозначно і точно показати всі складники (блоки) системи і всі відношення і зв'язки між ними, виявити помилкові, зайві або дублюючі зв'язки.

Діаграми з простою схемою блоків і стрілок легко читаються і зрозумілі, до того ж супроводжуються текстом, уточнюючим сутність складників.

За допомогою моделей описуються кількісні і якісні характеристики (параметри) системи, число яких для проектування, побудови, дослідження і оцінки функціонування системи може бути значним. Це, наприклад, точність, надійність, безпека, швидкодія функціонування тощо.

Методологія IDEFO – це чітко формалізований підхід до створення функційних моделей – ієрархічних структурних схем системи, що вивчається, які допомагають вияснити, що відбувається в системі, які функції виконуються та їх взаємозв'язки. Моделювання IDEF є покроковою ітеративною процедурою за виконання певних формальних правил. Сукупність IDEFO – схем утворює описову модель системи. Однак вона не може відповісти про перебіг процесів у часі і просторі та якою мірою задовольняються вимоги до системи.

Для цього слід переходити до інших моделей на основі теорії масового обслуговування та теорії ігор, транспортних, прогнозних, динамічних тощо, які дозволяють розв'язувати практичні завдання з оптимального розподілу ресурсів, визначення пропускну здатності робочих місць, оптимізацію транспортних процесів, оптимальне планування тощо.

На різних етапах ЖЦ системи набір характеристик може суттєво зменшуватись.

## **2.5. Функційно-вартісний аналіз технічних систем**

Щоб продукція була конкурентоспроможною і задовольняла всі вимоги споживачів, поряд із інженерним необхідно здійснювати техніко-економічний аналіз, метою якого є встановлення найоптимальніших співвідношень між технічними й економічними характеристиками технічних систем. Найефективнішим методом, безпосередньо пов'язаним з інженерним аналізом, є функційно-вартісний аналіз. У деяких країнах його називають інженерно-вартісним аналізом або аналізом витрат на основі споживчої вартості.

**Функційно-вартісний аналіз (ФВА)** – це техніко-економічний метод системного дослідження об'єкта (виробу, процесу, структури), спрямований на підвищення ефективності матеріальних і трудових ресурсів на основі абстрагування від існуючих рішень, аналізу основних, допоміжних і непотрібних функцій, оцінки альтернативних методів реалізації корисних функцій і вибору найекономічніших.

В основу ФВА покладений функційний підхід: за кожним об'єктом і його частинах визначаються функції, для яких вони призначені, та фактично виконуваними функції.

ФВА виходить із того, що в будь-якому об'єкті аналізу є елементи, які не мають прямого відношення до його функційного призначення.

Встановлено, що близько 20–30 % вартості технічної системи (технологічного процесу, верстата, вузла, деталі) йде на виконання її основних функцій, пов'язаних із задоволенням потреб. До 70 % витрат на об'єкт іде на виконання різних допоміжних функцій, а 5–10 % вартості об'єкта є зовсім непотрібними, не пов'язаними з ніякими функціями. Мета аналізу полягає у спрощенні технічної системи, а основне завдання – досягнення еквівалентних чи навіть вищих показників досконалості з меншими витратами за забезпечення всіх функційних основних вимог, визначених споживачем. ФВА вирішує це завдання пошуком можливостей скорочення витрат на виготовлення існуючого виробу, за яких не відбувається зниження його якості.

Методологічні засади ФВА ґрунтуються на тому, що витрати на виготовлення будь-якої промислової продукції, крім потрібних для виконання нею своїх функцій, передбачають додаткові, або зайві функції, які безпосередньо не стосуються основного призначення продукції і пов'язані з недосконалістю конструкції виробів та технологій їх виготовлення. Тому сутністю функційно-вартісного аналізу є виключення надлишковості на основі виявлення зайвих функцій і відповідно – зайвих деталей, конструктивних або технологічних елементів, тобто перевірка об'єкта (системи) з існуючого в новий, бажаний, стан.

**Основними цілями функційно-вартісного аналізу об'єкта є:**

- підвищення якості;
- зниження витрат на проектування, виробництво та експлуатацію;
- підвищення конкурентоспроможності;
- прогнозування розвитку об'єктів;
- зниження матеріаломісткості та трудомісткості;
- підвищення економічності виробництва.

**Основні завдання ФВА:**

- досягнення оптимального співвідношення між корисним ефектом об'єкта і сукупними витратами за його життєвий цикл;
- знаходження нових технічних рішень за рахунок застосування функційного підходу;
- зниження витрат різних видів ресурсів за стадіями життєвого циклу TS за рахунок ліквідації або скорочення її допоміжних і зайвих функцій.

У будь-якій технічній системі є постійна наявність резервів розвитку. Тобто немає ідеальної технічної системи, є невміння знаходити шляхи її вдосконалення.

Формула ідеальності технічної системи.

$$I_{TS} = \frac{\Sigma F_{\text{кор}}}{\Sigma B},$$

де  $\Sigma F_{\text{кор}}$  – сума корисних функцій технічної системи;

$\Sigma B$  – сума витрат на виконання корисних функцій, (необхідних і надлишкових) у створенні, виробництві та експлуатації технічної системи.

Основні принципи ФВА – комплексність, системність і функційний підхід (рис. 2.6).

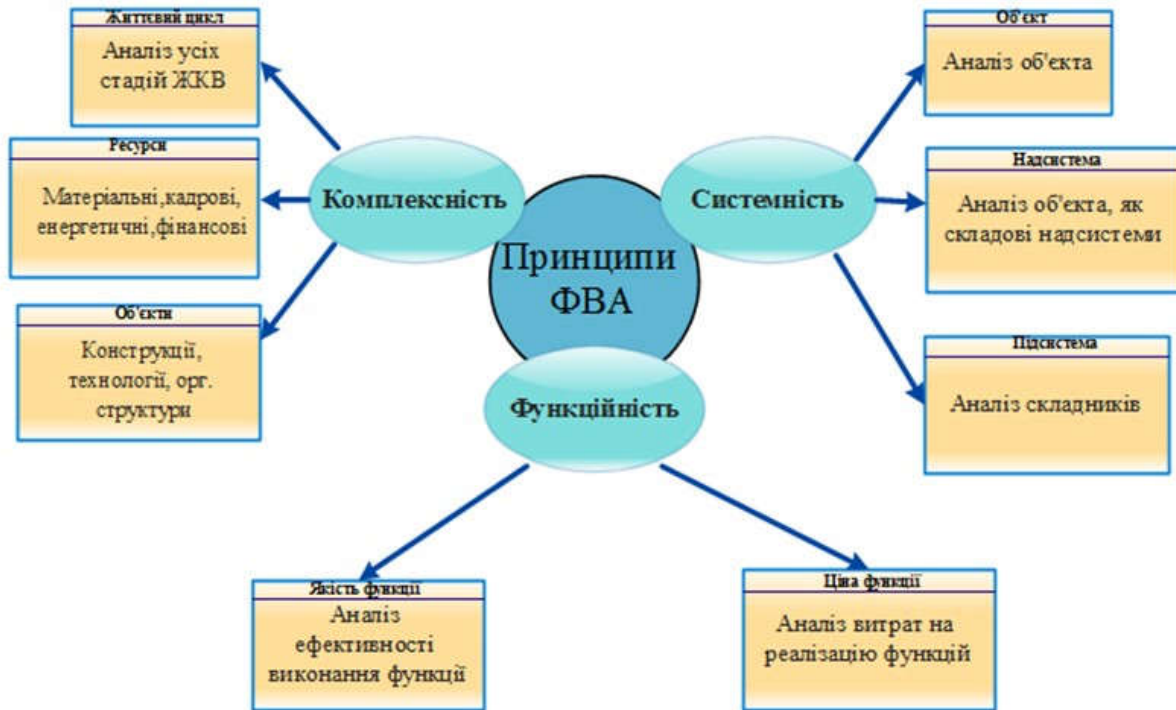


Рис. 2.6. Основні принципи ФВА

**Комплексність:** дослідження чинників, що визначають якість і витрати, комплексно всіх видів TS (конструкції, технології, організування виробництва) і всіх видів ресурсів (трудових, матеріальних, технічних, енергетичних, фінансових) одночасно – на всіх стадіях життєвого циклу технічної системи.

**Системність:** дослідження об'єкта, з одного боку, як єдиного цілого і як системи, що включає інші складники, що перебувають у взаємодії, а з іншого – як частини іншої системи більш високого рівня, в якій аналізований об'єкт як підсистема взаємодіє з іншими підсистемами.

**Функційний підхід:** кожний об'єкт розглядається, аналізується і вдосконалюється не у своєму конкретному втіленні, а як сукупність функцій, які він повинен виконувати за найменших витрат та фактично виконуваним функціям. У результаті проведення аналізу досягається не тільки зниження витрат на виробництво, але й найефективніше забезпечення сукупності функцій, які виконує, чи повинен виконувати об'єкт (рис. 2.7).

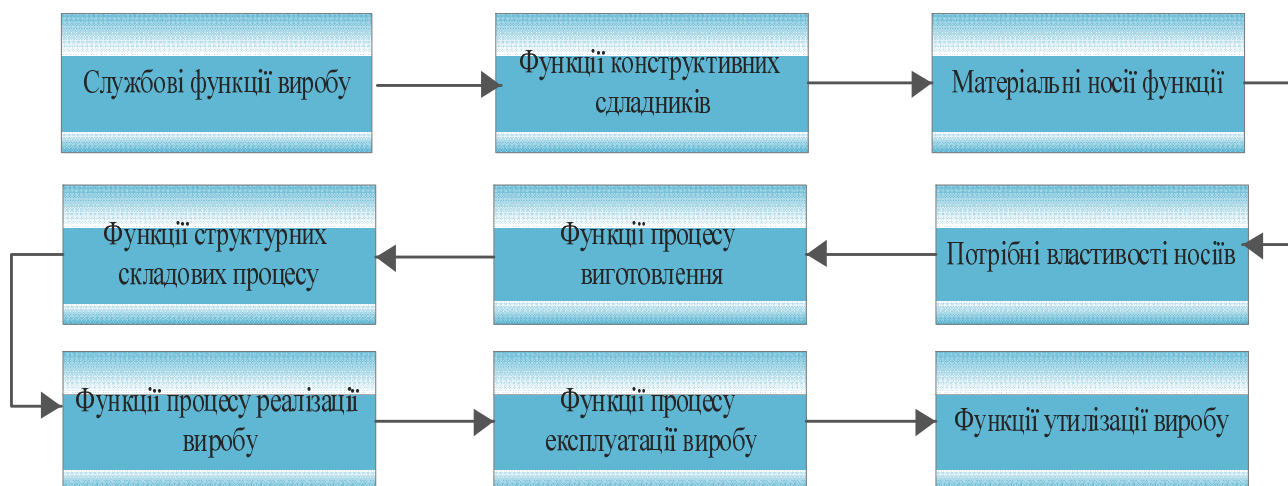


Рис. 2.7. Схема зв'язків функцій виробу

Розв'язувані завдання ФВА залежать від сфери його застосування (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Сфери використання ФВА

Нині практично існує три форми ФВА (рис. 2.9), які можуть використовуватися для різних цілей і об'єктів.

**Перша форма**, яку називають *творчою* або «ФВА у сфері проектування», використовується на стадії створення об'єктів на етапах НДР і ДКР. Основне призначення цієї форми: систематизація дій інженера для пошуку оптимальних рішень; забезпечення паралельного та багаторазового (з поступовим уточненням) аналізу економічних показників і якості проєктованого об'єкта; критичний аналіз кожного складника за виконуваними ним функціями й корисності для об'єкта загалом; забезпечення лімітів витрат за функціями.



Рис. 2.9. *Форми ФВА*

**Друга форма ФВА**, найкраще розроблена і широко застосовувана, призначена для відпрацювання освоєних об'єктів, у тому числі на технологічність, і отримала назву «*ФВА у сфері виробництва*», або *корегуюча форма*. Мета дій, що виконуються відповідно до цієї методики – привернути увагу конструкторів і технологів до таких функційних частин об'єкта, в яких наявні диспропорції між значущістю виконуваних функцій і витратами на їх здійснення, а потім виявити зайві витрати, причини їх появи, визначити резерви зниження собівартості й підвищення якості виконання функцій виробу (здебільшого удосконаленням конструкції чи технології).

**Третя форма** – «*ФВА у сфері застосування*» умовно називається інверсною і використовується для систематизації процесу пошуку сфер застосування вже спроектованих об'єктів або їх уніфікації і забезпечує вибір технічно й економічно найефективнішої системи, у якій передбачається використання об'єкта.

Таким чином, сферою застосування корегуючої форми ФВА є виробництво, творчої – проектування, інверсної – застосування (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – *Основні особливості форм ФВА*

Характеристика форми ФВА	Форми ФВА		
	Корегуюча	Творча	Інверсна
1	2	3	4
Призначення (мета)	Ліквідація зайвих функцій, елементів і витрат за одночасного збереження або підвищення якості	Запобігання появі зайвих функцій, елементів і витрат за одночасного збереження або підвищення якості	Узгодження наявних функцій та елементів з умовами використання
Сфера використання	Виробництво	Проектування	Експлуатація
Головний об'єкт вивчення	Реально існуючі функції	Цільові (задані) функції	Потенційні функції
Методи та процедури дослідження	Аналітичні	Синтетичні, порівняльні та аналітичні	Аналітичні та комбінаторні



## Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4
Спосіб визначення цільових функцій	За допомогою аналізу та вибору реальних функцій	Через розв'язання завдань проектування	Виявлення потенційних і аналіз реально існуючих функцій
Способи пошуку рішень	Основні прийоми науково-технічної творчості	Усі прийоми творчості	Комбінування всіх різновидів творчого пошуку

Однак головним об'єктом дослідження ФВА незалежно від сфер застосування є або реально існуючі, або задані (цільові), чи потенційні функції.

Як об'єкт ФВА вибирають:

- об'єкти, які здатні принести найбільшу вигоду;
- найскладніші вироби, які можна спростити;
- вироби, спрощення яких дасть істотну економію у виробництві;
- застарілі вироби, які допускають поліпшення за рахунок застосування нових технологій.

Вибираючи об'єкт аналізу, пріоритет віддають тим, які мають високу частку витрат (трудових, матеріальних, енергетичних тощо) у загальних витратах на виготовлення і які призводять до виникнення браку. До них належать і процеси, які мають найтриваліший виробничий цикл (тобто великі оборотні кошти), розраховані на великі обсяги випуску, але мають низький коефіцієнт використаного матеріалу, створюють небезпеку для робітників чи навколишнього середовища; вимагають підвищеної витрати інструменту, такі що часто повторюються, але дуже трудомісткі й із низьким рівнем механізації тощо.

Перелік цілей і завдань аналізу зображають у вигляді дерева цілей (рис. 2.10).

Від повноти і достовірності зібраної первинної інформації, правильності її обробки і вивчення багато в чому залежить успіх подальших етапів ФВА.

Тому збирають і вивчають:

- відомості про конструктивні рішення даного виробу і виробу-аналогу;
- відомості про технологію виробництва, постачання, збут, економіку й організування виробництва;
- технічні умови, опис та інструкції з монтажу й експлуатації, робочі кресленки виробу;
- функційне призначення виробу;
- дані про вихідні заготовки;
- діючий технологічний процес;
- технологічність конструкції;
- норми точності при виготовленні деталей.



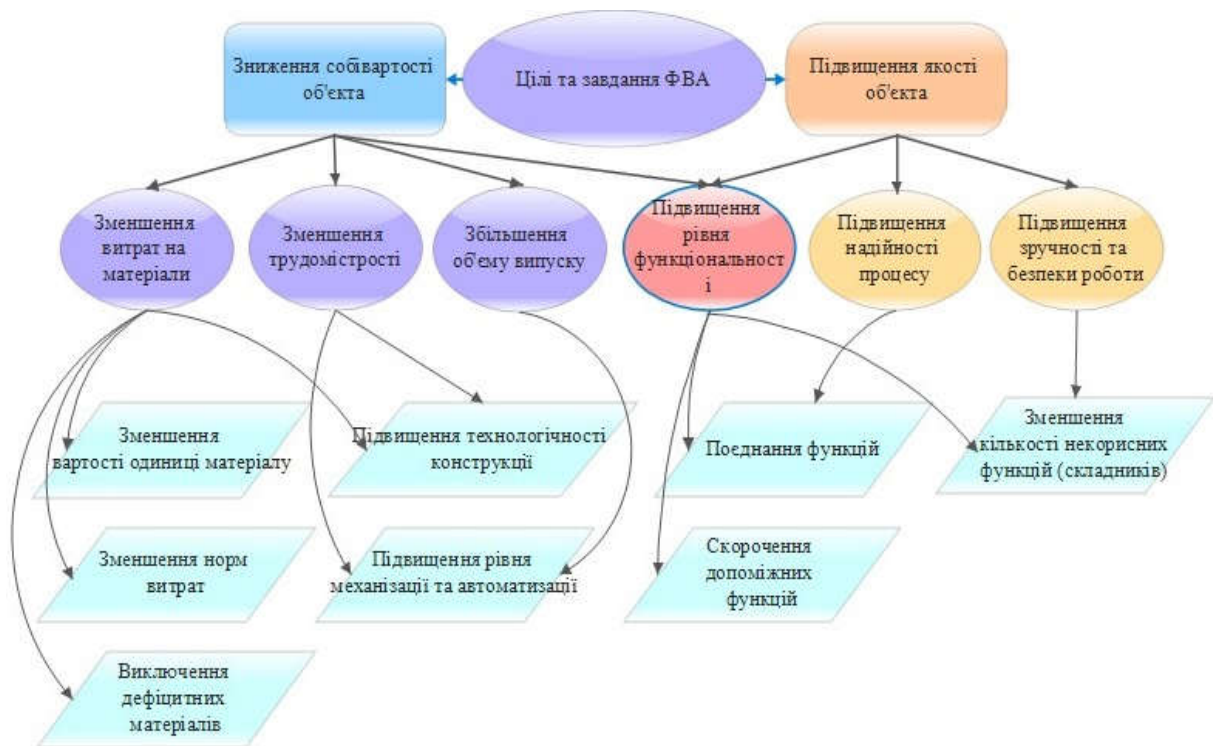


Рис. 2.10. Типове дерево цілей і завдань аналізу (фрагмент)

Аналіз функцій потребує поділу об'єкта на самостійні елементи, оскільки вони являються матеріальними носіями функції. Для цього будується структурно-елементна модель (схема) об'єкта – умовне зображення досліджуваного об'єкта, яке відображає склад і співвідношення його матеріальних складників (носіїв функцій) у вигляді графа чи матриці зв'язків.

Виділяючи структурні складники об'єкта керуються певними до них вимогами: відносна самостійність, суттєвість для роботи в цілому, стійка відмінність, наявність особливих ознак для виявлення меж.

Складають список усіх функцій з метою визначення функцій, що можуть знадобитися споживачу, а не функцій, які вважає потрібними виробник.

На першому (верхньому) рівні розташовуються основні функції, на другому і наступних – допоміжні функції об'єкта і його складників (рис. 2.11).

За функційною моделлю виконується аналіз функцій – зіставлення важливості і необхідності виявлених функцій. Зіставлення кількісних значень потрібних і реальних (фактично виконуваних) функцій.

Основна мета – виявлення непотрібних функцій. Визначають матеріальні носії функцій, зокрема некорисних і шкідливих.

Носії функцій – окремі конструктивні, технологічні, та інші складники об'єкта, а також їх сукупність, які беруть участь у реалізації функцій.

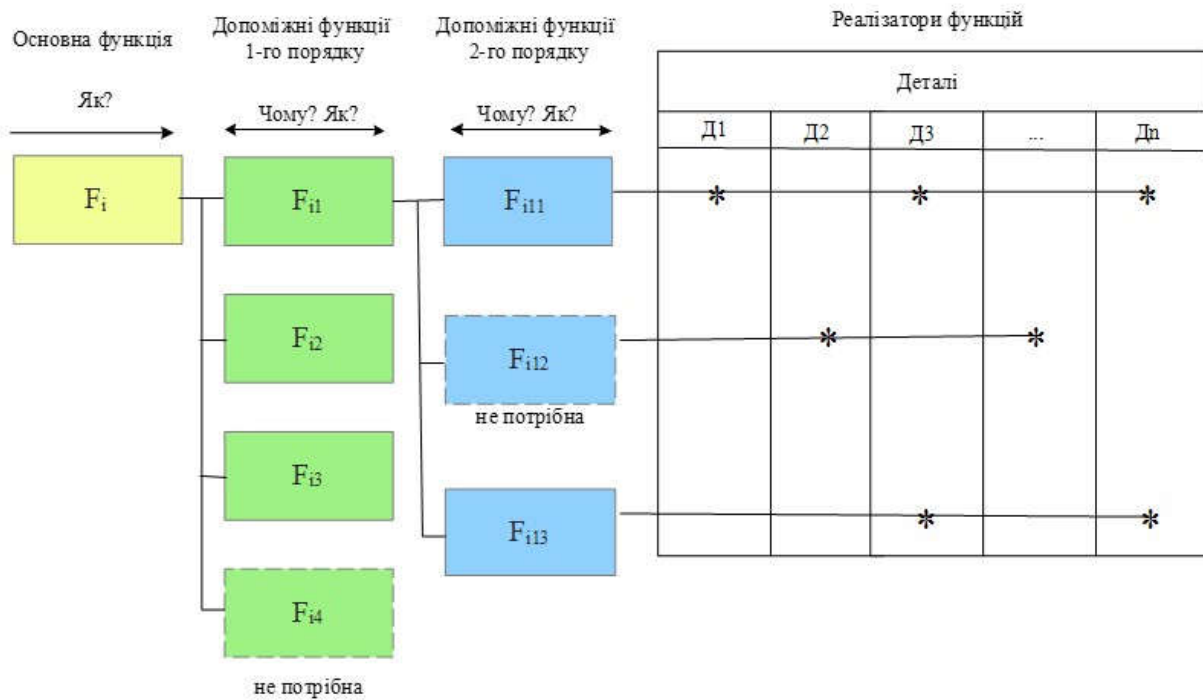


Рис. 2.11. Фрагмент функційної моделі виробу

Визначають функційно необхідні витрати, пов'язані зі здійсненням функцій, за складниками об'єкта аналізу.

Зменшити вартість виконання функцій можна не лише заміною всього об'єкта, але і модернізацією окремих його елементів (рис. 2.12).

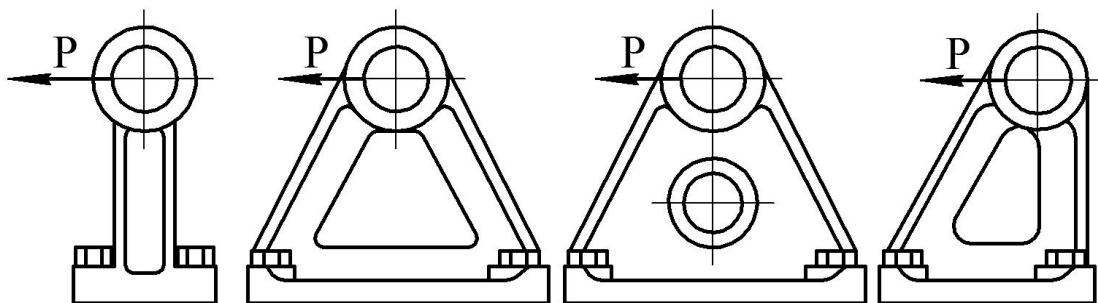


Рис. 2.12. Модернізація елементів кронштейна

Витрати на реалізацію потрібних функцій складаються з виробничих і експлуатаційних витрат на функцію. Виробничі витрати на функцію – це витрати на виготовлення носіїв функції. Експлуатаційні витрати на функцію – витрати на експлуатацію носія функції у сфері використання.

Для визначення функційних витрат необхідно повну собівартість об'єкта розкласти на матеріальні носії згідно з її елементною структурою. Базою для визначення фактичних функційних виробничих витрат об'єкта, вже освоєного у виробництві, є його нормативна чи фактична калькуляція, а для аналізу проектного рішення – кошторисна калькуляція.

Після розподілу повної собівартості об'єкта між матеріальними носіями визначають витрати, які приходяться на кожну функцію, яку реалізують її носії.

Кожен складник виробу містить велику кількість варіантів реалізацій функцій і їх поєднання.

Тому, виконують пошук ідей і варіантів пропозицій з реалізації функцій, направлений на ліквідацію шкідливих і непотрібних дій і станів.

При висуванні конкретних ідей за кожною функцією чи реалізуючих її системних складниках використовуються відомі методи активізації творчості (мозковий штурм, морфологічний аналіз, складники ТРВЗ, у тому числі речопольового аналізу тощо).

Визначення витрат на забезпечення функцій проводять відповідно до того, що собівартість основних функцій об'єкта можна поділити на дві частини: необхідні витрати, які забезпечують виконання об'єктом і умовно зайві витрати, зумовлені недосконалістю цього варіанта об'єкта і які не мають прямого відношення до функційного призначення об'єкта.

Зайві витрати виникають через те, що складники об'єкта виконують додаткові, непотрібні функції, чи необхідні функції реалізуються за допомогою неекономічних рішень і є практично непотрібними для експлуатації виробу, деталі чи вузла внаслідок неефективних методів виготовлення продукції, нераціональних рішень в організуванні й керуванні виробництвом тощо.

Для технічних об'єктів найчастіше під витратами на реалізацію функцій розуміють витрати на виготовлення носіїв цих функцій, куди відносяться витрати, безпосередньо пов'язані з виготовленням продукції: витрати на сировину й матеріали, вартість покупних комплектуючих виробів, напівфабрикатів, витрати на основну заробітну латуну виробничих робітників.

Визначення витрат (В) на функції здійснюється починаючи з нижнього рівня:

$$B_{\Phi j} = \sum_{i=1}^P a_{ij} \cdot B_i,$$

де  $P$  – число складників, які беруть участь у реалізації  $j$ -ої функції;

$B_i$  – витрати на складники, які беруть участь у реалізації  $j$ -ої функції;

$a_{ij}$  – вагомість (внесок, ступінь участі)  $i$ -го складника в реалізації  $j$ -ої функції, встановлюється експертним методом за умовою:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} = 1,$$

де  $m$  – число функцій, у здійсненні яких беруть участь складники.

Під функційно-необхідними витратами розуміється величина мінімальних витрат на виготовлення виробу із заданими функціями і параметрами, обумовлених технічним рішенням.

**Функційно-необхідні витрати**  $B_{\text{фн}}$  складаються з витрат на реалізацію основних функцій:

$$B_{\text{фн}} = \sum_{i=1}^K B_i,$$

де  $K$  – число основних функцій об'єкта (виробу, техпроцесу);

$B_i$  – витрати на  $i$ -ту основну функцію.

У відповідності з функційною структурою об'єкта знаходять витрати для кожної основної функції як суму витрат на створення функцій, які визначають життєздатність виробу.

Функційно-необхідні витрати для реалізації функцій вищого порядку є сумою вартостей функцій більш нижчого порядку.

**Витрати на основну функцію** є сума витрат на допоміжні функції  $B_j$ , які забезпечують основну (відповідно до функційної структури виробу):

$$B_j = \sum_{i=1}^m B_{ij}.$$

**Витрати на допоміжну функцію** визначаються сумою поопераційних витрат на матеріали  $M_{ij}$ , заробітну плату основних виробничих робітників  $Z_{ij}$ , і витрат, які пов'язані з експлуатацією та утриманням обладнання, у вигляді кошторисної ставки  $K_{ij}$  на цю функцію:

$$B_j = \sum_{i=1}^m (M_{ij} + Z_{ij} + K_{ij}),$$

де  $m$  – кількість операцій технологічного процесу з матеріалізації  $j$ -ої допоміжної функції.

**Витрати на матеріали** розраховуються за відомою формулою:

$$M_{ij} = \sum_{f=1}^q C_f \cdot P_{fij},$$

де  $q$  – види матеріалів,  $f=1,2,\dots,q$ ;

$C_f$  – ціна одиниці  $f$ -го матеріалу;

$P_{fij}$  – норма витрат матеріалу  $f$ -го виду  $i$ -ої операції технологічного процесу по  $j$ -й допоміжній функції.

**Витрати на заробітну плату** основних виробничих робітників включає витрати на основну і додаткову заробітну плату, відрахування на соціальне страхування і визначаються за формулою:

$$Z_{ij} = C_i \cdot t_{mij} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right),$$

де  $C_i$  – годинна тарифна ставка на  $i$ -тій операції;

$t_{mij}$  – трудомісткість  $i$ -ої операції;

$\alpha, \beta$  – частка додаткової заробітної плати й відрахунків на соціальне страхування, у відсотках від основної заробітної плати.

Якщо той самий носій бере участь у реалізації декількох допоміжних функцій, то витрати на нього повинні бути розділені між цими функціями пропорційно значущості (важливості) кожної функції.

Для запропонованої кількості виділених варіантів виконується оцінка варіантів  $B_0$  на основі порівняння вибраних критеріїв (надійність роботи, використання матеріалу, трудомісткість виготовлення, рівень уніфікації і стандартизації тощо).

$$B_0 = \sum_{i=1}^m Z_{HKi} \cdot B_{Ki},$$

де  $m$  – кількість критеріїв оцінювання;

$Z_{HKi}$  – значущість  $i$ -го критерію;

$B_{Ki}$  – бальна оцінка  $i$ -го критерію.

Ця робота вважається закінченою, якщо оформлені декілька варіантів технічних рішень з оцінкою їх економічної доцільності, попередньо конструкторсько-технологічною проробкою і вибором найдоцільнішого для реалізації варіанту. Варіанти рішень у вигляді ескізів із короткими поясненнями і розрахунками, після попереднього відбору, можуть бути передані спеціалістам для ретельнішого вивчення. Вибір оптимального варіанту повинен затверджуватись керівництвом підприємства. Складається техніко-економічне обґрунтування вибраного варіанта, в якому проводиться розрахунок економічного ефекту та інші дані, що доводять доцільність зміни конструкції чи технології за вибраним варіантом (рис. 2.13).

Основним завданням є оцінка економічної ефективності й реальності здійснення запропонованих варіантів. Оцінюють можливості їх практичного здійснення (матеріально-технічного, виробничого і фінансового забезпечення), за рівнем витрат на виробництво та використання аналізованого об'єкта, за кількісними і якісними показниками його споживчих властивостей.

Якщо за розрахунками варіанти рівноцінні, найекономічніший повинен вибиратися за результатами випробувань нових зразків.

Якщо один з варіантів ефективніший, але впровадження його потребує тривалої підготовки й освоєння, а інший менш ефективний, але може бути реалізований швидше, рішення про вибір варіанта приймається, зважаючи на конкретні можливості його впровадження.

На цій основі впровадження розробляються відповідні рекомендації і впровадження.

Робота вважається закінченою після передачі прийнятих рекомендацій службам, які повинні забезпечити їх впровадження згідно затвердженому плану-графіку.

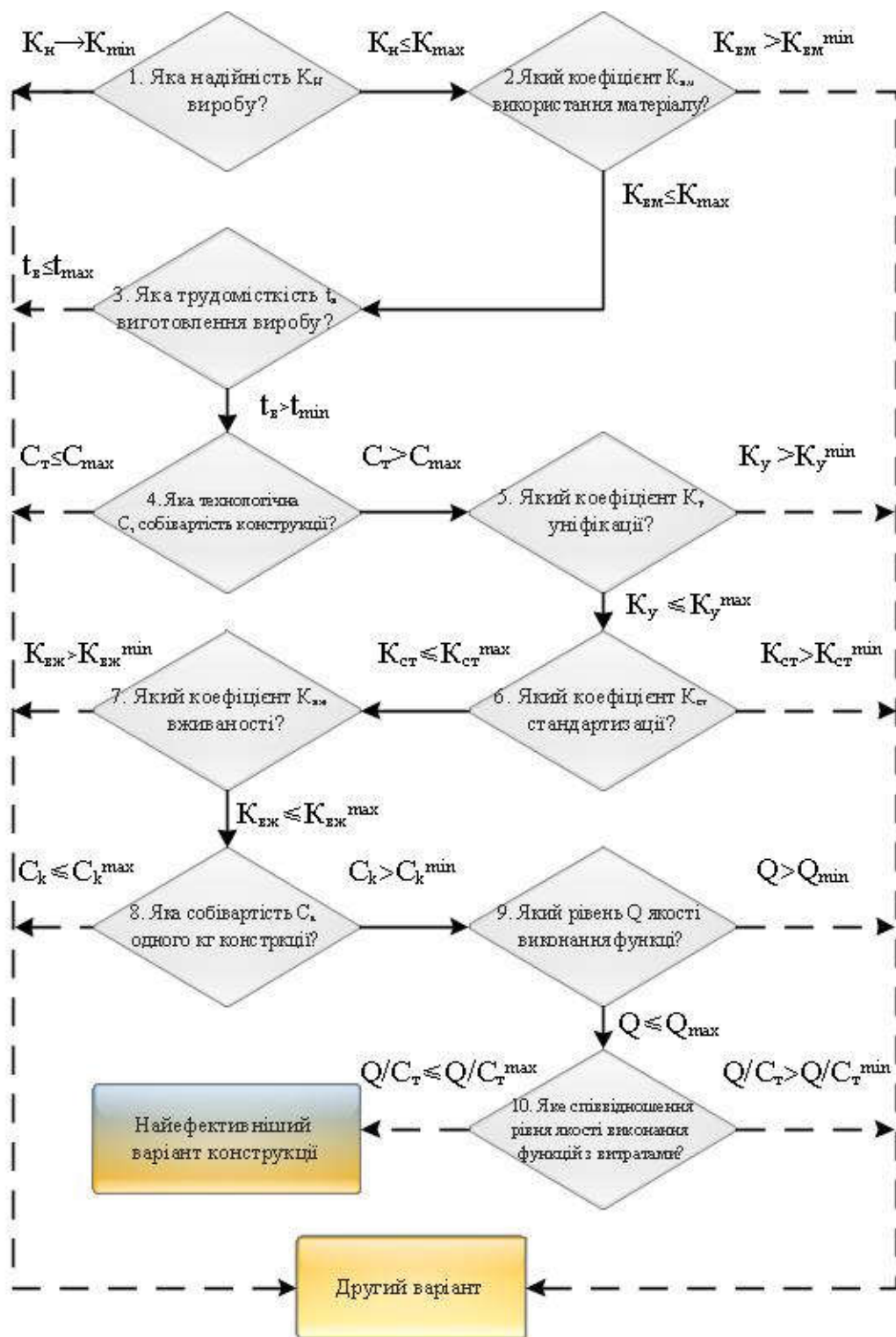


Рис. 2.13. Схема алгоритму визначення варіанта оптимізації конструкції

Впровадження включає розробку конструкторської і технологічної документації, виготовлення необхідних оснастки та інструментів, виготовлення і випробування дослідних зразків, здійснення відповідних організаційно-технічних заходів, коректування технічної документації, погодження змін із замовниками і тримачами оригіналів технічної документації. Ці роботи виконуються за затвердженим планом згідно з чинним на підприємстві порядком.

## 2.6. Якість технічних систем

Якість технічної системи – це сукупність її корисних споживчих властивостей, які забезпечують здатність задовольняти певні потреби відповідно до функційного призначення.

Якість має забезпечуватись на всіх етапах життєвого циклу. Високий рівень якості повинен закладатися на стадіях розробки, на основі бездефектної праці досягатись на стадії виробництва, на основі регламентованих умов і форм обслуговування підтримуватись на стадії експлуатації;

Кожен з етапів по-своєму важливий і відповідальний. Проте дуже відповідальним у створенні якісної TS є етап формулювання її функційного призначення. На цьому етапі виявляються і визначаються вимоги до якості, які диктуються технологічним процесом, для здійснення якого створюється ця система.

Проблема якості тісно переплітається з економічними показниками. Експлуатація морально застарілих машин, ремонт виробів у зв'язку з малою їх довговічністю, зупинки в роботі через низьку надійність деталей призводять до значних матеріальних збитків. Крім того, якість виробів – найважливіша умова успішної участі в міжнародній торгівлі.

Виробник повинен відшукувати споживачів, яким він хоче продавати продукцію, виявляти їхні потреби, а потім створювати виріб, який найповніше задовольняє ці потреби. Такі вироби повинні бути конкурентоспроможними.

Конкурентоздатність – властивість виробу, яка характеризує ступінь задоволення конкретної потреби порівняно з кращими аналогічними об'єктами, представленими на даному ринку.

### 2.6.1. Показники якості

Можна зобразити конкретний виріб і конкретну суспільну потребу у вигляді кола, а здатність виробу задовольняти цю потребу – у вигляді ступеня їх суміщення (рис. 2.14).

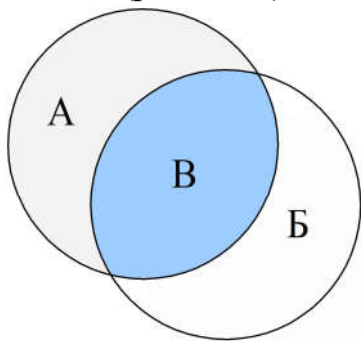


Рис. 2.14. Ступінь задоволення потреби

Коло А графічно відображає сукупність властивостей якості виробу, які визначаються виробником, коло Б – сукупність властивостей, які цінує споживач.

Зона В – ступінь задоволення потреби, тобто споживчі властивості, що насправді присутні у виробі. Якість виробів оцінюють системою показників. Показник якості виробу – це кількісна оцінка однієї чи декількох властивостей виробу, які характеризують його



якість. На кожен показник якості повинна бути встановлена кількісна величина з допуском на її відхилення. Показники якості змінюються залежно від функційного призначення.

Так, в машинах-генераторах і перетворювачах на першому плані стоїть рівень ККД, який визначає досконалість перетворення вхідної енергії у вихідну, в машинах-засобах – продуктивність, точність, чіткість і безвідмовність дії, ступінь автоматизації тощо, в транспортних машинах – мала маса конструкції, швидкість руху, високий ККД двигуна, обумовлюючий малий бортовий запас пального.

Показники якості можна поділити на дві групи: виробничо-технологічні та експлуатаційні (рис. 2.15).

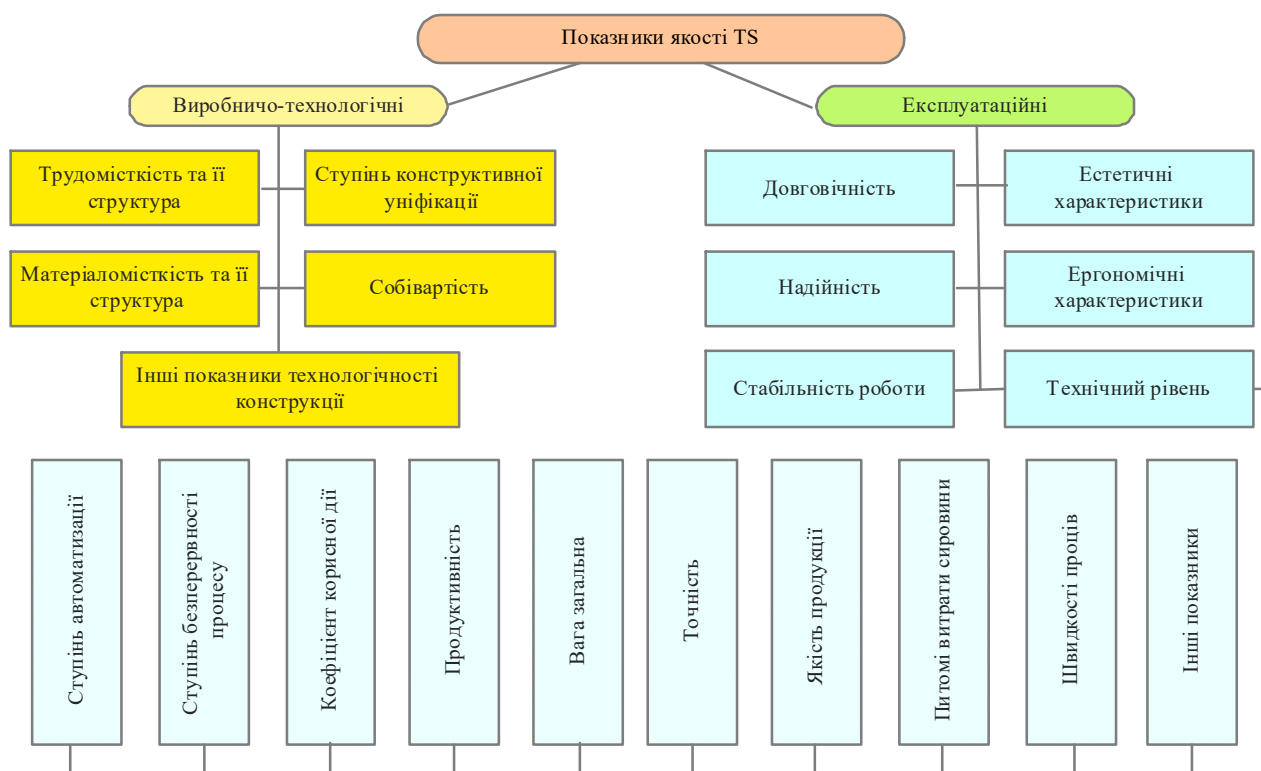


Рис. 2.15. Показники якості технічної системи-об'єкта

**Виробничо-технологічні показники** характеризують відповідність TS вимогам нормативно-технічної документації.

До них належать ефективність конструктивних рішень із забезпечення оптимальних витрат ресурсів (відношення сумарного корисного ефекту до сумарних витрат на створення та експлуатацію TS), технологічність – пристосованість конструкції до умов виробництва (ступінь задоволення вимог технології), матеріаломісткість, собівартість, питома вартість ремонтів тощо.

**Експлуатаційні показники** (показники якості в експлуатації) характеризують рівень дефектності TS, витрати на ліквідацію браку, дефектів тощо і включають:

- придатність TS до технічного обслуговування і поточних ремонтів (середня тривалість поточного ремонту і технічного огляду);



- придатність TS до зберігання і транспортування: середня тривалість і трудомісткість підготовки продукції до транспортування, середня тривалість зберігання та транспортування;

- довговічність фізичну – здатність зберігати початкову якість у часі;

- довговічність моральну – спроможність економічно виконувати функційне призначення в часі;

- надійність – властивість виробу виконувати задані функції в межах заданого часу, зберігаючи свої експлуатаційні показники;

- ергономічні характеристики – ступінь врахування комплексу гігієнічних, фізіологічних, антропометричних, психологічних та інших потреб людини в системі «людина – машина – середовище»;

- безпеку роботи (показники реагування захисних пристроїв, електрична міцність ізоляції тощо);

- зручність та простоту обслуговування і керування;

- рівень шуму;

- рівень механізації та автоматизації процесу;

- естетичні характеристики: досконалість дизайну (художньої композиції);

- міцність;

- потужність;

- коефіцієнт корисної дії;

- продуктивність – кількість продукції в одиницю часу;

- економічність – максимальна продуктивність за мінімальних витрат енергії;

- точність – ступінь відповідності фактичної траєкторії руху робочих органів (виконавчих поверхонь) теоретичній траєкторії;

- стабільність виконання функційного призначення;

- якість виконуваної дії (продукції, руху, передачі сили тощо);

- екологічність – обсяг шкідливих домішок, що викидаються в довкілля, імовірність його забруднення при зберіганні, транспортуванні та експлуатації;

- ступінь стандартизації та уніфікації: кількість стандартизованих, нормалізованих та уніфікованих деталей у загальній їх кількості у виробі;

- патентну частоту – ступінь патентного захисту як в Україні, так і за її межами тощо.

Залежно від функційного призначення TS для характеристики її якості обирається відповідний перелік показників, що найточніше і найповніше відображають її якість. Наприклад, якість автомобіля визначають такі основні показники: маневреність, комфортабельність, місткість, вантажопідйомність, зручність складання і розбирання, зручність ремонту, зручність керування, міцність, час розгону (прийомистість), зовнішній вигляд, швидкість руху, водопилонепроникність кабіни чи салону, економічність.

Якість металорізального верстата визначають дещо інші основні показники: геометрична точність, величина робочої зони, кінематичні можливості, зручність складання та ремонту, зовнішній вигляд, ступінь автоматизації, ергономічні характеристики тощо.

Деталі, як складники TS (машини), також повинні володіти певними характеристиками якості, які описують їх функційне призначення.

Якість деталі визначають за відповідністю властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена, властивостям, що визначені її функційним призначенням, з одного боку, з іншого – відповідністю геометричного образу деталі своєму ідеальному прототипу. Тобто основними показниками якості деталі є: якість матеріалу та точність деталі.

Склад показників якості матеріалу деталі охоплює хімічні і фізико-механічні властивості як самого матеріалу, так і його поверхневих шарів. До таких властивостей належать: хімічний склад, структурний стан, тепло- та електропровідність, міцність, пружність, твердість, розподіл і знак залишкових напруг, стан поверхневого шару тощо.

**Під точністю деталі** розуміють ступінь її наближення до геометрично правильного прототипу.

Точність деталі характеризують такі групи основних показників:

**Група 1: Точність розмірів** – ступінь відповідності розмірів вимогам кресленника і технічних умов.

За призначенням розрізняють розміри:

- що визначають **величину** поверхні деталі;
- **координуючі**, які визначають відносне розташування певних поверхонь, ліній чи точок;
- **складальні і монтажні**, що характеризують розташування деталей у складальних одиницях, розташування складальних одиниць, та положення виробу на місці монтажу;
- **технологічні**, які необхідні для виготовлення деталі чи складання виробу.

**Група 2: Точність відносного розташування поверхонь** – це ступінь відповідності потрібному положенню фактичного кутового положення поверхні (поворот) відносно іншої. Це показники, які визначають паралельність, перпендикулярність, співвісність поверхонь тощо.

**Група 3: Точність геометричної форми поверхонь** – ступінь наближення кожної з поверхонь деталі до її геометрично правильного уявлення.

До відхилення форми відносять відхилення від кола: овальність, огранку; відхилення від циліндричності: конусність, бочкуватість, сідлоподібність; відхилення від площинності: опуклість, вгнутість та їх комбінації.

Точність геометричної форми поверхонь деталей впливає на якість складання, міцність посадок, кінематичну точність, довговічність тощо.

У реальних умовах відхилення розміру, геометричної форми й відносного розташування поверхонь зустрічаються одночасно, тому надійне забезпечення точності являє собою складне завдання.

Деталь вважається точною, якщо похибка  $\Delta_i$  кожного з параметрів не перевищує допуск  $T_i$  на нього ( $\Delta_i \leq T_i$ ), тобто похибка розміру  $\Delta_r$  не перевищує його допуск  $T_r$  ( $\Delta_r \leq T_r$ ), похибка  $\Delta_\Phi$  форми – допуск форми  $T_\Phi$  ( $\Delta_\Phi \leq T_\Phi$ ), похибка відносного розташування  $\Delta_{вр}$  – допуск  $T_{вр}$  цього відхилення ( $\Delta_{вр} \leq T_{вр}$ ).

Точність деталі забезпечується і конструктором, який розробляє і призначає її точнісні характеристики, і технологом, який розробляє технологічний процес виготовлення, і робітником, який реалізує приписані технологією дії (рис. 2.16).

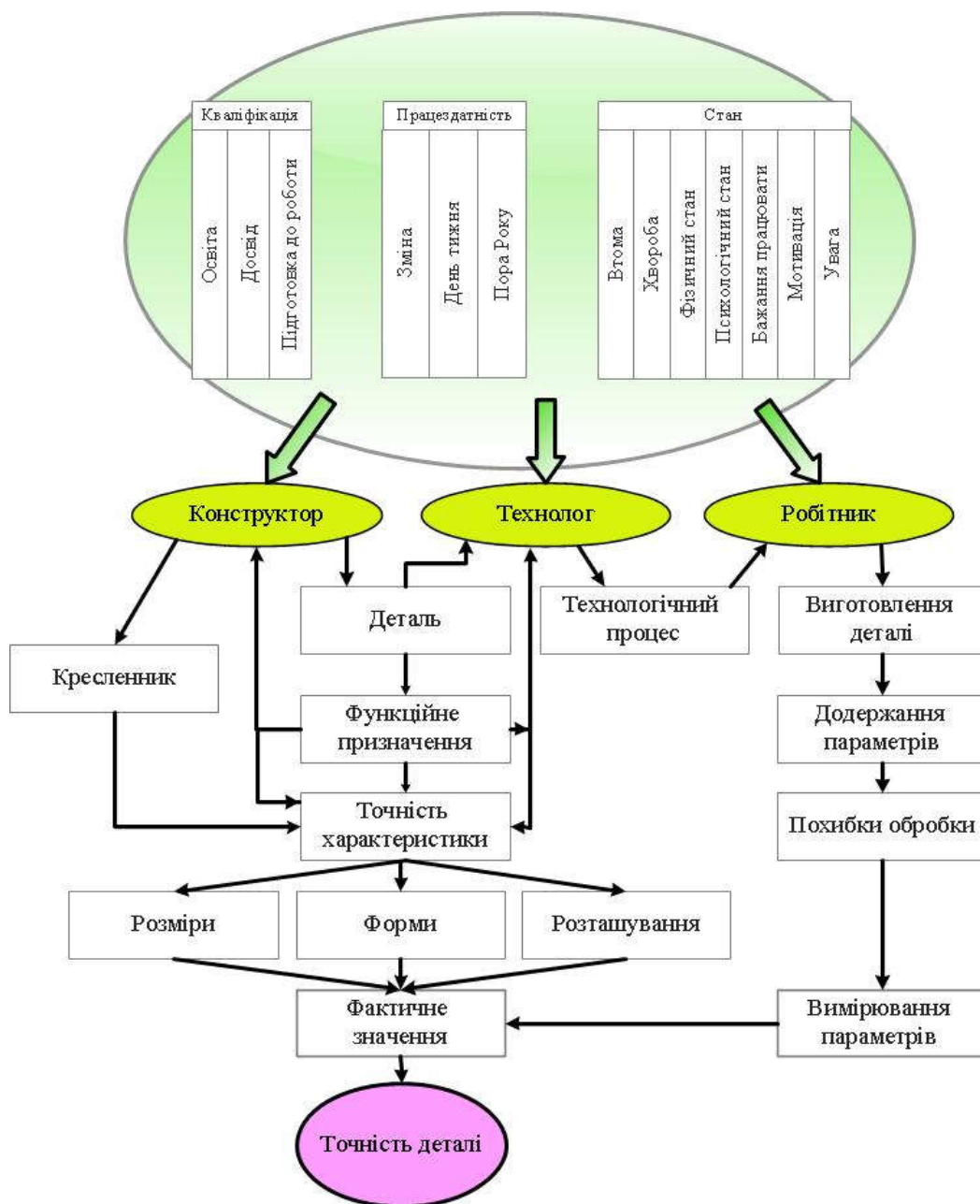


Рис. 2.16. Чинники, які впливають на точність деталі

Забезпечення якості – це сукупність запланованих і систематично здійснюваних заходів, які забезпечують відповідні вимоги до обладнання, сировини, матеріалів, комплектуючих і метрологічного забезпечення. Підприємство повинне контролювати всі чинники, які впливають на якість виробів і якість функціонування.

### 2.6.2. Шляхи забезпечення якості

**Якість** TS залежить від якості всіх складників процесу: розробок, якості предметів і засобів праці, технології трудових процесів, праці виконавців, умов праці тощо.

**Якість проєктів** визначається прогресивністю технічних принципів, закладених у виріб, питомою вагою нових запатентованих розробок, рівнем апробованих нових ідей, технологічністю конструкторських рішень, прогресивністю матеріалів і комплектуючих у виробі, а також застосованими методами розробки проєктно-конструкторської документації тощо.

Забезпечення якості при проєктуванні виконується комплексом спеціальних заходів, здійснюваних на всіх стадіях проєктування для одержання проєкту максимально можливої відповідності вимогам технічного завдання, очікуванням користувача і нормам вітчизняних і міжнародних стандартів.

Переважно цей комплекс заходів включає:

- порівняння результатів розрахунків і моделювання характеристик виробу на всіх стадіях проєктування з характеристиками, передбаченими технічним завданням і мінімізацію їх відмінності;
- виконання контрольного складання для впевненості у правильності розмірів, спряжень і відносного розташування деталей і вузлів;
- проведення нормоконтролю для виявлення відхилень в оформленні конструкторської документації від вимог стандартів;
- проведення технологічного контролю.

Забезпечення якості в технологічному підготовленні виробництва – комплекс спеціальних заходів на всіх стадіях ТлПВ, які забезпечують вимоги до якості виробу, закладеної в конструкторській документації.

До них відносяться:

- вибір обладнання, здатного забезпечити точність виготовлених деталей та складання;
- вибір чи розробка оснащення технологічних процесів складання чи механічної обробки.

**Якість засобів** праці залежить від їхнього ресурсного та інформаційного забезпечення, рівня технічного оснащення праці і процесів, а також якості керування цими процесами.

**Якість праці** визначають майстерність працівників, умови їхньої праці й мотивація, продуктивність, ступінь реалізації проєкту, процес контролю для оцінки відповідності і корегування дій.

Реалізація проєктних показників якості у процесі виготовлення TS відбувається під дією великої кількості різних чинників, які безперервно змінюються, змінюючи й усі показники якості. Попри те, що вироби виготовлені за одним технологічним процесом, усі вони відрізняються один від одного за всіма показниками якості, які є випадковими функціями сумарної дії цих чинників.

Це явище отримало назву розсіювання характеристик якості виробів.

Інтервал, в якому відбувається розсіювання цих значень, називають полем розсіювання  $\omega_{\text{п}}$ .

Зміна умов зовнішнього середовища TS відбивається на показниках якості, що проявляється в процесі її експлуатації.

Тому, для збереження якості TS на післявиробничих етапах (складування, зберігання, транспортування) мають бути передбачені необхідні ресурси та заходи, які запобігають появі дефектів на цих етапах.

Для постійного аналізу міри задоволення потреб споживачів якістю продукції повинна передбачатись система здорового зв'язку, тобто відповідна організаційна структура та документація системи якості.

Значущість різних властивостей TS потрібно ретельно аналізувати відповідно до її функційного призначення. Наприклад, маса, що не має істотного значення для стаціонарної TS (верстат, прес, колона), є найважливішим параметром літального апарату. Інколи найважливішою властивістю є стислий термін поставки системи, іноді – легкість демонтажу.

Коли неможливо оцінити властивості кількісно, застосовують точніше, бальне, оцінювання, яке, однак, визначається важкістю визначення ціни бала та суб'єктивністю визначення оцінки експертом.

Міжнародний досвід свідчить, що продукція найбільше відповідає вимогам споживачів (найякісніша), якщо на підприємстві діє ефективна система забезпечення якості продукції.

**Система забезпечення якості продукції** – це сукупність керуючих органів, об'єктів керування, процедур, процесів і ресурсів, які забезпечують досягнення потрібного рівня якості виробів.

**Головною метою** цієї системи є планомірне використання науково-технічних, виробничих та соціально-економічних можливостей для постійного високо-темпового підвищення якості всіх видів продукції.

Система якості підприємства повинна забезпечувати:

- якість продукції на рівні постійної відповідності встановленим чи передбачуваним вимогам споживача;

- впевненість керівництва підприємства в досягненні і підтримці потрібної якості на заданому рівні;

- впевненість споживача у тому, що якість поставленої продукції знаходиться у взаємоузгоджених межах.

Стійке зростання якості може бути результатом лише систематичних планових, зв'язаних в єдиний комплекс, технічних, організаційних та економічних заходів (табл. 2.5)

Таблиця 2.5 – *Заходи підвищення якості виробів*

Вид заходів	Зміст заходів
Технічні	Створення конструкцій виробів, що відповідають кращим світовим стандартам. Створення досконалішого обладнання, оснащення та засобів контролю. Створення гнучких виробничих систем. Підвищення якості як технологічних, так і транспортних, складських, завантажувальних та контрольних операцій. Впровадження у виробництво передових і принципово нових ТП.
Організаційні	Комп'ютеризація інформаційного забезпечення розробників. Впровадження систем автоматизованого проектування. Впровадження ГВС. Спеціалізація та кооперація виробництва. Розвиток сервісу.
Економічні	Удосконалення систем морального і матеріального стимулювання працівників за підвищення якості продукції.

Базовим елементом системи є комплекс стандартів підприємства, який регламентує весь процес забезпечення та керування якістю продукції на всіх етапах виробництва та ієрархічних рівнях керування.

Сучасні контракти на виготовлення обов'язково мають вимоги щодо якості продукції та дають споживачу право перевірки не тільки якості кінцевої продукції, а й усіх складників її забезпечення.

Для забезпечення якості продукції міжнародною організацією зі стандартизації затверджено серію міжнародних стандартів МС ІСО 9000, які віднесено до рангу національних (ДСТУ ІСО 9000-9004).

Їх використовують для оцінки системи забезпечення якості при укладанні контрактів між підприємством та замовником. Підприємство-виробник повинно надати документальне підтвердження наявності в нього системи якості.

Відповідність продукції вимогам нормативних документів та чинним законодавчим актом України підтверджує сертифікат якості.

**Сертифікація** – процедура, за допомогою якої державна система сертифікації засвідчує відповідність продукції, систем якості, персоналу, систем керування якістю встановленим законодавством вимогам. Порядок сертифікації продукції регламентують ДСТУ 3413, 3417, 3419.

Сертифікат може бути таким, що стосується одного виробу або партії виробів, таким, що підтверджує відповідність продукції, виробленої на певній технологічній лінії або взагалі підтверджує відповідність всієї продукції цього підприємства.

Сертифікат також гарантує технологічну, метрологічну, нормативно-технічну й правову відповідність. Таку гарантію або засвідчення (сертифікат відповідності) видає уповноважений орган зі сертифікації, наприклад регіональний центр стандартизації, метрології і сертифікації. Сертифікат відповідності дає право маркувати продукцію знаком відповідності.

## **2.7. Надійність функціонування технічних систем**

Функціонування технічної системи здійснюється в умовах дії багатьох збурюючих чинників, які можуть порушувати її працездатність.

До них належать конструктивні, технологічні, експлуатаційні чинники, надійність механізмів устаткування, завантажувальних і транспортних пристроїв, елементів автоматики, електроніки, системи керування тощо.

Технічна система може перебувати в двох станах: працездатному та непрацездатному.

**Працездатний стан** технічної системи – це стан, який характеризується її здатністю виконувати потрібні функції за умови забезпечення зовнішніми ресурсами.

**Непрацездатний стан** технічної системи – це стан, за якого вона не в змозі виконувати хоча б одну з потрібних функцій.

Подія за якої TS переходить з одного стану в інший називається **відмовою**. Розрізняють відмови функційні та параметричні.

У першому випадку відбувається порушення функціонування системи: вихід із ладу якогось складника системи, унаслідок чого робочий цикл не виконується, продукція не виробляється.

За параметричної відмови технічна система працює нормально, але якийсь (чи всі) параметр якості виробу не відповідає заданим технічним вимогам. І відмови складників і відмови параметрів призводять до однакового результату – необхідності втручання для відновлення заданих функцій.

Відмови виникають за несприятливого впливу різних чинників, які можна поділити на два основні види:

- циклічно діючі чинники, які з'являються в кожному інтервалі строку служби TS, починаючи з моменту її експлуатації;
- монотонно діючі чинники, які з'являються поступово з часом роботи TS.

### **Циклічно діючими чинниками є:**

– несталість вихідних матеріалів, їх геометричних розмірів та форми, твердості, фізико-хімічних властивостей тощо;

- похибка виготовлення та складання окремих конструктивних елементів, несталість швидкості та величини робочих рухів виконавчих поверхонь;
- коливання температури та тиску робочих рідин та газів;
- температура навколишнього середовища;
- неоднакова жорсткість вузлів машин;
- коливання діючих сил та тертя;
- несталість положення заготованок у процесі транспортування та обробки.

**Монотонно діючі чинники:**

- спрацювання механізмів та з'єднань;
- зменшення міцності втомлення деталей;
- корозія поверхонь;
- розрегулювання механізмів;
- забруднення робочої зони;
- зміна геометричної форми (жолоблення, деформування тощо) деталей системи.

Несталість зовнішніх умов та робочих параметрів TS призводять до того, що при кожному робочому циклі сприятливе поєднання цих чинників веде до нормальної роботи, а несприятливе - до відмови складника або параметру.

Відмови складників характеризують надійність функціонування, відмови параметрів – сталість технологічного процесу.

**Надійність** – це властивість TS виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення експлуатаційних показників у заданих межах, відповідних установлених режимів і умов використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування.

Відповідно до діючих нормативно-технічних документів надійність є однією з складових якості системи.

**2.7.1. Показники надійності**

Надійність – комплексна властивість, яка залежно від призначення системи й умов її експлуатації може включати чотири складові: безвідмовність, ремонтно-придатність, збереженість і довговічність.

**Безвідмовність** – це властивість системи зберігати працездатність протягом деякого часу роботи без вимушених перерв (відмов).

Залежність безвідмовної роботи від відпрацьованого часу називається функцією надійності  $P(t)$ , значення якої знаходиться між нулем і одиницею.

Функція монотонно зменшується: чим довший час  $t$ , тим менше імовірність  $P(t)$  безвідмовної роботи.



Для циклічної дії часто використовують додатковий показник безвідмовності – коефіцієнт безвідмовності  $K_6$  який, визначає число робочих циклів між відмовами.

$$K_6 = \frac{T_{cp}}{T_{ц}}$$

де  $T_{cp}$  – середній час безвідмовної роботи;

$T_{ц}$  – час робочого циклу.

Ремонтопридатність – пристосованість виробу до ліквідації відмов і несправностей через проведення механічного обслуговування і ремонтів.

Основним показником ремонтпридатності є середній час одиничного простоювання системи для відновлення працездатності, тобто середній час  $T_{cp}$  відновлення

$$T_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_i,$$

де  $t_i$  – час і-го простоювання через відмову будь-якого механізму;

$n$  – загальне число відмов за визначений час.

**Збереженість** – властивість системи безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом зберігання і після нього та при транспортуванні.

**Довговічність** – властивість системи зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту.

У процесі експлуатації TS потік відмов не залишається постійним в часі, а постійно зростає через прогресуюче спрацювання і втрату якості складання, поки не досягне рівня неможливості забезпечення потрібного рівня продуктивності.

Основним критерієм оцінки довговічності прийнято технічний ресурс  $R$ , який дорівнює сумарному напрацюванню за весь термін служби.

Ресурс може виражатись або у відпрацьованому часі, або в сумарній кількості виробів, випущених за весь термін експлуатації.

Кожен складник надійності найчастіше пов'язаний із випадковою величиною – часом (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Показники надійності технічних систем

Показник надійності	Математичний вираз
Середній час безвідмовної роботи	$T_{cp} = \int_0^{\infty} e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$ Якщо $\lambda = const$ $T_{cp} = \frac{1}{\lambda}$
Інтенсивність відмов	$\lambda \frac{n_B(t)}{n_{\text{обв}}(t)}$ , де відповідно $n_B(t)$ , $n_{\text{обв}}(t)$ – середнє число відмов і середнє число безвідмовно працюючих елементів за одиницю часу $t$
Імовірність безвідмовної роботи	$P(t) = e^{-\lambda t}$
Частота відмов	$A(t) = \lambda(t) * P(t) = \lambda(t) * e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$
Середній час безвідмовної роботи (середній час напрацювання на відмову)	$T_{cp} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \lambda_i}$ , де $n$ – число елементів системи

Для безвідмовності – це час безвідмовної роботи: час безперервної роботи від початку функціонування до відмови, або час роботи між відмовами; для ремонтоздатності – час відновлення працездатності системи після відмови (тривалість ремонту); для збереженості – час збереження ТS своїх технічних характеристик і показників в умовах зберігання; для довговічності – час від початку експлуатації ТS до початку деякого попередньо обумовленого граничного стану.

Нехай технічна система забезпечує точність показника якості П, наприклад, точність розміру.

Здатність ТS до довготривалого забезпечення розміру П із заданою точністю визначає її надійність. Точність реалізації розміру задається верхнім  $\Pi_{гр}^{max}$  та нижнім  $\Pi_{гр}^{min}$  граничними відхиленнями, які визначають допуск  $T_{\Pi}$ .

ТS вважається працездатною в інтервалі (0, t), якщо значення показника П не перетинає межі поля допуску  $T_{\Pi}$

$$\Pi_{гр}^{min} \leq \Pi(t) \leq \Pi_{гр}^{max}.$$

Відмовою є момент перетину поточною N-ною реалізацією процесу верхньої  $\Pi_{гр}^{max}$  чи нижньої граничної межі  $\Pi_{гр}^{min}$ .

Імовірність безвідмовної обробки підряд N виробів P(N) визначається виразом

$$P(N) = (1-q)^N,$$

де q – імовірність відмови

Технологічні системи механічної обробки та складання належить до об'єктів із відновлюваною у процесі експлуатації працездатністю. Для відновлюваного об'єкта за його довготривалого функціонування чергуються випадкові періоди безвідмовної роботи та періоди відновлення працездатності.

Можливість застосування ТS – технологічного процесу для виготовлення продукції із заданими параметрами якості визначають за надійністю забезпечення цих характеристик.

Одним із основних показників надійності за параметрами якості виготовленої продукції є точність технологічного процесу і засобів технологічного спорядження.

Під точністю ТП (операції) розуміють їхню властивість забезпечувати відповідність розсіювання  $\omega_i$  значення показника якості виготовленої продукції заданому полю допуску  $T_i$  і його розташуванню.

Повинні виконуватись дві умови

$$\omega_i \leq T_i ; \Delta_{0\omega_i} = \Delta_{0T_i},$$

де  $\Delta_{0\omega_i}$ ,  $\Delta_{0T_i}$  – координати середини відповідно поля розсіювання і поля допуску i-того показника якості.

### 2.7.2. Оцінка надійності технологічної системи

Оцінка надійності ТС найчастіше здійснюється шляхом контролю точності.

Точність ТС оцінюють за значенням показників точності: коефіцієнта точності  $K_T$ , коефіцієнта запасу точності  $K_{ЗТ}$ , коефіцієнта миттєвого розсіювання  $K_M$ , коефіцієнта зміщення при налагодженні  $K_H$ .

Так, забезпечення потрібної точності операції оцінюється **коефіцієнтом точності  $K_T$** , який визначає ступінь відповідності поля розсіювання  $\omega_i$   $i$ -го контрольного параметра, полю допуску  $T_i$  цього параметра.

$$K_T = \frac{\omega_i}{T_i}.$$

Поле розсіювання (розмах) контрольованого параметра визначають розмахом, як сумарну похибку  $\omega_i$  або визначають за дослідними даними за формулою

$$\omega_i = r_i \cdot \sigma_i.$$

де  $r_i$  – коефіцієнт, що залежить від закону розподілу контрольованого параметра.

Для закону Гаусса  $r = 6$ ; для закону рівної імовірності  $r = 3,46$ ; для закону Симпсона  $r = 4,93$ .

$\sigma_i$  – середнє квадратичне відхилення контрольованого параметра.

Процес вважається надійним якщо виконується умова

$$0,67 \leq K_T \leq 0,89.$$

– **Коефіцієнт запасу точності** контрольованого параметра визначається за формулою

$$K_{ЗТ}(t) = 0,5 - K_З(t) - K_P(t),$$

де  $K_З$  – коефіцієнт зсуву контрольованого параметра;

$K_P(t)$  – коефіцієнт миттєвого розсіювання контрольованого параметра.

– **Коефіцієнт зсуву** контрольованого параметра визначається так:

$$K_З = \frac{\Delta(t)}{T},$$

де  $\Delta(t)$  – середнє значення відхилення середини поля розсіювання контрольованого параметра, відносно середини поля допуску в момент часу  $t$ :

$$\Delta(t) = |\bar{x}(t) - X_0|,$$

де  $\bar{x}(t)$  – середнє значення контрольованого параметра;

$X_0$  – значення параметра, відповідне середині поля допуску (при симетричному полі допуску значення  $X_0$  збігаються з номінальним значенням параметра  $X_{ном}$ ).

– **Коефіцієнт миттєвого розсіювання** контрольованого параметра визначає залежність

$$K_{PM} = \frac{\omega(t)}{T},$$

де  $\omega(t)$  – поле розсіювання контрольованого параметра в момент часу  $t$ .

– **Запас точності** при налагодженні

$$K_H = \frac{E_H}{T} = \frac{\bar{x} - \Delta_0}{T},$$

де  $E_H$  – похибка налагодження, що являє собою відхилення центру розсіювання  $\bar{x}$  відносно середини поля допуску.

$$E_H \leq [E_H] = \frac{T - \omega}{T}.$$

$K_H$  при налагодженні повинен бути меншим за своє допустиме значення.

– **Комплексний показник точності** технологічної системи  $K_C$  враховує відхилення центра групування значення показника (налагоджене значення) від середини поля допуску на нього, віднесене до половини поля розсіювання.  $K_C$  з'являє поле допуску з полем розсіювання значень параметра:

$$K_C = \max \frac{\omega}{T - 2E_H}; \frac{\omega}{T + 2E_H}.$$

Виходячи з визначеного значення  $K_C$ , технологічні системи за точністю можуть бути класифіковані так (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – *Ступені точності технологічної системи*

Комплексний показник точності	Точність ТС
$K_C > 1,5$	Дуже погана
$1,0 < K_C < 1,5$	Погана
$0,75 < K_C < 1,0$	Посередня
$0,6 < K_C < 0,75$	Середня
$0,5 < K_C < 0,6$	Добра
$K_C < 0,5$	Дуже добра

Однак для розрахунку цих показників необхідно знати закон, який описує розподіл значень показників якості. Для цього за результатами попередніх досліджень висувається гіпотеза про відповідність дослідних даних певному типу закону розподілу, яка перевіряється за допомогою статистичних критеріїв узгодження:  $\chi^2$  – Пірсона,  $\lambda$  – Колмогорова тощо.

У процесі технологічного підготовки виробництва оцінка надійності ТС за показниками якості продукції здійснюється за розробки технологічних процесів і методів керування ними, за визначенні періодичності налагоджень технологічного обладнання, виборі методів і планів статистичного регулювання технологічних процесів (операцій).

Для оцінки надійності ТС на етапі технологічного підготовки виробництва використовують переважно розрахункові методи, а на етапі виготовлення продукції – головним чином дослідно-статистичні методи.

В одиничному й серійному багатомноменклатурному виробництві використання дослідно-статистичних методів суттєво обмежене, а в деяких випадках – неможливе.

Оцінкою надійності ТС за параметрами точності визначають можливість застосування розглянутого технологічного процесу для виготовлення продукції із заданими параметрами якості; зміну точнісних характеристик ТС у часі і їх відповідність вимогам, одержання інформації для регулювання технологічного процесу (операцій).

Вид контролю, номенклатуру параметрів, які контролюються і номенклатуру показників точності ТС визначають у процесі аналізу точності і стабільності технологічних процесів (операцій).

### 2.7.3. Шляхи підвищення надійності

Підвищення надійності технічних систем може забезпечуватись їх конструюванням, виготовленням і експлуатацією.

**Підвищення надійності конструювання** досягається

– блочною побудовою систем, що дозволяє різко скоротити вартість та час ремонту;

– вибором складників з мінімальним значенням інтенсивності відмов;

– призначенням полегшених режимів роботи складників;

– резервуванням системи чи її складників.

Надійність ТС визначається, передусім, надійністю та числом її складників. Ступінь впливу кожного складника на надійність ТС визначається способом з'єднання (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Ступінь впливу складників на надійність технічної системи

Схема поєднання складників ТС	Характеристика об'єкта	Умова відмови	Імовірність безвідмовної роботи
Послідовна	Послідовне з'єднання $m$ різнотипних $i$ -тих складників ( $i=1...m$ )	Відмова будь якого $i$ -того складника	$P = \prod_{i=1}^m P_i$
Паралельна	Паралельне з'єднання $m$ різнотипних $i$ -тих складників ( $i=1...m$ )	Відмова всіх $m$ складників	$P = \prod_{i=1}^m (1 - P_i)$
Послідовно-паралельна	Послідовно з'єднані $i$ -ті підсистеми з різнотипними паралельно створеними $j$ -тими складниками $i=1...m, j=1...m$	Відмова будь яких $i$ -тих підсистем зі складниками	$P = \prod_{i=1}^m \left[ 1 - \prod_{j=1}^{n_i} (1 - P_{ij}) \right]$
Паралельно-последовна	$m$ паралельно з'єднаних підсистем з $n$ послідовно з'єднаних складників	Відмова всіх $m$ підсистем	$P = 1 - \prod_{i=1}^m \left[ 1 - \prod_{j=1}^{n_i} P_{ij} \right]$
Комбінована	$m$ послідовно з'єднаних підсистем ( $i=1...m$ ) з паралельними з'єднаннями $k_1$ однотипних складників	Відмова $i$ -тої підсистеми при відмові $k_1$ або більше її складників	$P = \prod_{i=1}^m \left[ \sum_{j=0}^{k_1-1} p_{ij}^j - (1 - P_i)^{k_1} \right]$

За теорією надійності існує два основні способи з'єднання складників: послідовне та паралельне.

Для ТС з послідовною схемою з'єднання складників вихід з ладу одного складника викликає зупинку усієї системи. Якщо зупинки кожного складника не залежить від інших, то імовірність безвідмовної роботи ТС буде визначатися добутком ймовірностей безвідмовної роботи її складників.

$$P = p_1 p_2 p_3 \dots p_n = \prod_{i=1}^n p_i,$$

де  $p_i$  – імовірність безвідмовної роботи  $i$ -го складника.

Якщо інтенсивності однакові:

$$p_1 = p_2 = \dots = p_n; p = p^n.$$

За великої кількості складників ТС імовірність її безвідмовної роботи значно знижується, навіть при високій надійності кожного складника.

Наприклад, ймовірність безвідмовної роботи виробу, що складається з 24 складників, які мають середню надійність 0,95. У цьому випадку дорівнює  $p = 0,96^{24} = 0,37$ .

Імовірність безвідмовної роботи системи з паралельно з'єднаних складників, більша або дорівнює імовірності безвідмовної роботи найбільш надійного складника. Звідси, чим більше складників у системі, тим більша надійність.

У цьому випадку відмова  $i$ -го складника ТС з  $m$  паралельно з'єднаних складників відбувається у разі відмови всіх  $m$  складників.

Імовірність безвідмовної роботи  $i$ -го складника

$$P = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - p_{ij}),$$

де  $m$  – кількість паралельно з'єднаних складників;

$p_{ij}$  – безвідмовність  $j$ -го складника паралельного з'єднання.

При однаковій імовірності безвідмовної роботи всіх складників паралельного ланцюга (рис. 2.17) надійність системи становитиме

$$P_c = 1 - (1 - P_n)^{m_n},$$

де  $P_n$  – безвідмовність одного складника який розташовано паралельно основному;

$m_n$  – кількість паралельних складників.

Так, якщо  $m_n = 2$ , а  $P_{n1} = P_{n2}$ ,  $p = 0,7$ , то  $P_c = 1 - (1 - 0,7)^2 = 0,91$ ;

якщо  $P_{n1} = P_{n2} = 0,8$ , то  $P_c = 0,96$ ;

якщо  $m_n = 3$ ,  $P_c = 0,992$ .

За методом використання резерву розрізняють активне та пасивне резервування.

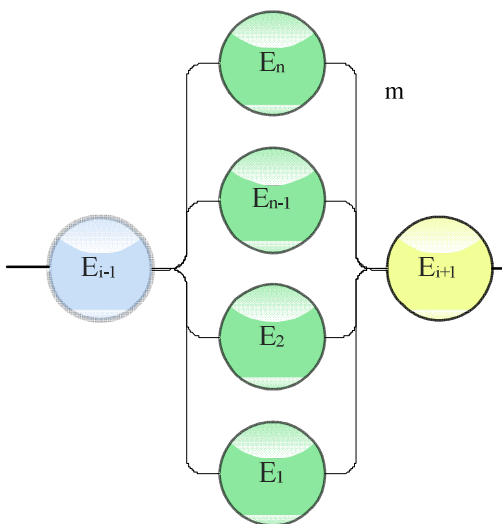


Рис. 2.17. Схема паралельного з'єднання складників

**Активне резервування** складається зі спеціальних автоматичних або неавтоматичних пристроїв, які вмикають резерв у разі виходу з ладу TS або її основних складників.

**За пасивного резервування** резерв ввімкнутий постійно та працює одночасно з основним. Якщо виникає відмова основної системи, вона повинна вимкнутися, щоб не заважати роботі дублюючої системи. Кінематичні та інші жорсткі зв'язки дублюючих одна одну систем призводять до зворотного ефекту: імовірність відмови збільшується разом із підвищенням кількості жорстких зв'язків.

Резервування може значно ускладнити TS. Але це виправдано та навіть необхідно, якщо значно підвищується надійність та зменшується вартість експлуатації.

Резервувати потрібно найбільш ненадійні складові TS, відмова яких може призвести до порушення нормального функціонування системи. Резервні елементи повинні бути різномірними: електричний та пневматичний, механічний та електричний тощо.

Для підвищення надійності передбачають активне резервування складників (дублери працюють одночасно з основними елементами).

Одержуємо систему з паралельними резервними складниками. Якщо імовірність безвідмовної роботи кожного складника  $p_1 = 0,98$ , то при  $m = 2$

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_i) = 1 - (1 - P_1)^2 = 1 - (1 - 0,98)^2 = 0,9996 \approx 1.$$

Тобто за рахунок активного резервування надійність підвищилась і близька до одиниці.

**Підвищення надійності на етапі виготовлення** може бути досягнуто :

- покращенням технології виготовлення і складання TS;
- геометричною і функційною взаємозамінністю деталей і блоків;
- використанням матеріалів зі стабільними властивостями.

Підвищення надійності технологічного процесу досягають підвищенням надійності переходів ТП.

Так, надійність устанавлення заготовок досягають:

- зменшенням налипання стружки і ретельним очищенням технологічних баз перед устанавленням заготовки;
- зменшенням коливання величин припусків на оброблюваних поверхнях;
- відпрацюванням розмірних зв'язків при автоматичному завантаженні (рис. 2.18).

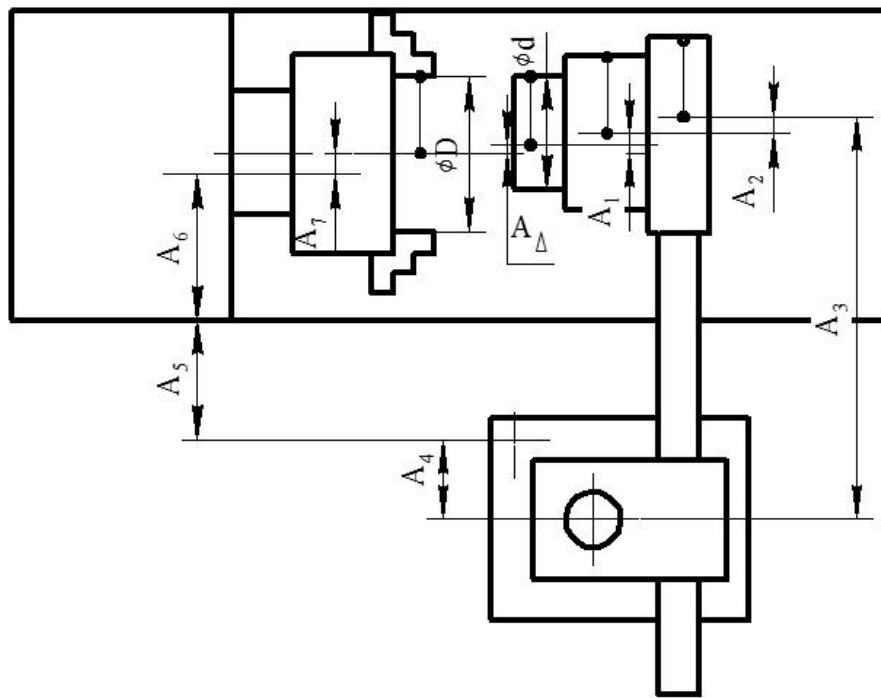


Рис. 2.18. Схема розмірних зв'язків, що забезпечують можливість автоматичного завантаження верстата

Для збільшення надійності розточувальних операцій (переходів) передбачають:

- заміну на чорнових робочих ходах однолезових інструментів багатолезовими, що дозволяє вести обробку з поділом припуску;
- попереднє зняття фаски в отворах внутрішніх стінок корпусних деталей для запобігання роботі напівчистових і чистових різців по кірці;
- ведення додаткового робочого ходу для забезпечення рівномірного припуску на остаточне розточування.

Рівняння розмірних зв'язків  $A_{\Delta} = A_1 + A_2 + A_3 - A_4 - A_5 - A_6 - A_7$ .

Умова надійного завантаження  $[A_{\Delta}] \leq 0,5(D - d)$ .

Підвищити надійність фрезерних операцій чи переходів можна за допомогою 100%-го входного контролю заготованок і вибракуванню тих, які мають підвищений припуск, вкраплення і т. ін. Якщо таке рішення економічно недоцільне – передбачити додатковий хід для обробки поверхонь із завищеним припуском або спеціальний робочий хід для видалення кірки.

Для підвищення надійності свердлильних операцій (переходів) слід передбачити:

- додаткові виводи свердел з отвору для змивання стружки;
- ступінчасте свердління довгих отворів кількома свердлами;
- достатнє та якісне змащення та охолодження зони різання тощо.

**На етапі експлуатації** надійність роботи системи забезпечується передусім:

- нормальним режимом роботи;
- своєчасною сигналізацією про зміну режиму;



- належною кваліфікацією обслуговуючого персоналу;
- діагностуванням стану системи.

Підвищити надійність можна захищаючи механізми, погано захищені від забруднення, та покращуючи змащування тих, що працюють в умовах недосконалого тертя (передачі гвинт-гайка, рейка-рейкова шестерня та ін.).

Порушення роботи гідроприводів пов'язують зі спрацюванням клапанів і елементів керування та недостатньою фіксацією, низьку якість пружин тощо. Слід застосовувати мастила з безсіркових нафт, оскільки через виділення високомолекулярних речовин, систематично засмічуються вузькі щілини в розподільчих елементах, що призводить до відмови.

#### **2.7.4. Надійність людиномашинних систем**

У людиномашинних системах потрібно забезпечити надійність механічної складової (здебільшого це автоматичне обладнання, промислові і транспортні роботи) і безпеку роботи людини.

Головна мета засобів безпеки – виключати можливість одночасного знаходження людини та механізмів в одній точці робочого простору.

Промислові і транспортні роботи є об'єктами підвищеної небезпеки через автоматичну їх роботу в значних робочих об'ємах і площах.

За відсутності потрібних заходів це створює небезпеку травматизму персоналу РТК та появу аварійних ситуацій, які викликають відмову як самого ПР так і іншого обладнання.

#### **Основні причини аварійних ситуацій в процесі роботи РТК:**

- непередбачені рухи ПР під час роботи (у тому числі обумовлені похибкою позиціонування його робочих органів);
- відмова технологічного обладнання РТК;
- помилкові дії оператора під час налагодження та ремонту;
- знаходження людини у робочому просторі ПР під час його роботи у автоматичному режимі;
- перевищення номінальної вантажопідйомності ПР;
- нераціональне розміщення у межах РТК обладнання, пультів керування, тари, накопичувачів тощо;
- розміщення пультів керування у межах робочого простору ПР та відсутність спеціального захисту цього простору;
- аварійна зупинка пристроїв, що може призвести до травм;
- відсутність у оператора чіткої інформації про ситуацію в РТК та причинах появи відмови.

Засоби безпечної роботи поділяють на апаратні і програмні.

**Апаратні засоби** безпечної роботи складаються зі **спеціального захисту** робочого органу ПР, який подає сигнал на зупинення руху ПР при дотику з перешкодою та **спеціального пристрою** захисту (наприклад, пристрою світлозахисту), який забезпечує зупинку ПР у визначеному місці робочого простору у випадку появи в ньому людини.

У склад **пристрою світлозахисту** входять світловипромінювачі та світлоприймачі, які використовуються парами, а також блок логічних перетворювачів. **Призначення** випромінювачів та світлоприймачів у реєстрації моменту появи людини в робочому просторі ПР (рис. 2.19, а).

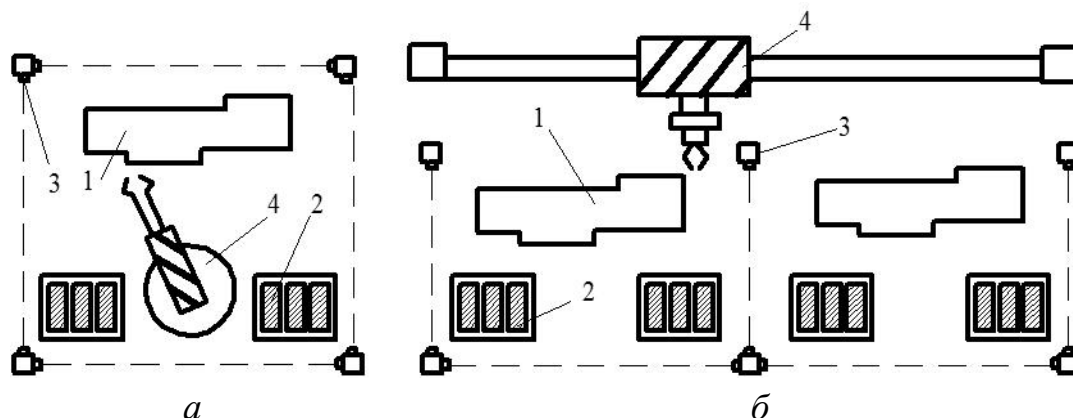


Рис. 2.19. Схеми захисту «світловий бар'єр» для наземних (а) і порталних (б) ПР  
1 – обладнання; 2 – накопичувач; 3 – уніфікований стійок захисту; 4 – промисловий робот

**Блок логічних перетворювачів** здійснює логічне перетворення сигналів світлоприймачів та сигналів, які характеризують місцезнаходження ПР, та формує відповідний керуючий сигнал аварійної зупинки.

Така система найчастіше використовується для **наземних ПР**.

Вона блокує роботу ПР при вході людини в робочий простір. Це забезпечується таким з'єднанням уніфікованих стійок захисту, за якого перетин будь-якого з променів, що з'єднує дві стійки, формує сигнал блокування роботи ПР.

При використанні **портального ПР** для обслуговування декількох одиниць обладнання весь робочий простір ПР розбивається на окремі зони. Такою зоною є простір, що оточує одиницю обладнання (рис. 2.19, б).

З'єднання стійок захисту таке, що забезпечує блокування роботи ПР тільки тоді, коли він знаходиться в зоні, де є людина.

Така схема дозволяє оператору обслуговувати один з верстатів комплексу, не порушуючи обслуговування роботом інших верстатів.

Бажано, щоб органи керування і аварійного обслуговування розташовувались на одному (загальному) пульті керування РТК і дублювались вздовж фронту обладнання по трасі можливих переміщень ПР.

Необхідним також є нормальне освітлення і огляд для оператора.

**Основою програмних методів** забезпечення безпеки роботи РТК є перевірка стану окремих механізмів та вузлів, які складають РТК, перед відпрацюванням будь-яких рухів ПР.

Для цього відповідні механізми оснащуються давачами, сигнал який характеризує їхній стан, а керуюча програма роботи ПР складається так, щоб відпрацюванню кожного кадру передувала перевірка стану усіх об'єктів, знаходження яких імовірно на шляху руху, що відповідає цьому кадру.

Наприклад, перед відпрацюванням кадру, в якому робочий орган ПР повинен переміститися на лінію центрів верстата, перевіряється розкриття екрану робочої зони, а до встановлення деталей до тари перевіряється відсутність у її відповідній позиції заготованок.

Інший шлях забезпечення безпеки – огороження робочої зони. Рекомендована висота огорожі – 1300 мм від рівня підлого за умови, що відстань від виконавчого органу ПР до огорожі становить не менше ніж 800 мм.

Огорожа виконується з труб, обшитих металевою сіткою з чарунками 60×60 мм і фарбується у вигляді нахилених під кутом 45-60° полос однакової ширини (150-200 мм) чорного і жовтого кольорів.

В умовах ГВС першочергового значення набуває забезпечення безпеки руху транспортних роботів. Це пов'язано з тим, що ТР можуть у результаті зіткнення пошкодити або вивести з ладу обладнання.

При одночасному використанні декількох ТР разом з трасою руху задаються блокування, які запобігають зіткненням.

Для безпечної та ефективної роботи ТР використовують:

- бампери з давачами, які подають сигнал зупинки за дотику з перешкодою на шляху ТР;
- давач, який зупиняє ТР при наближенні менш ніж на 1 м до іншого ТР;
- за припинення подавання сигналів кабелем керування або при відході ТР від цього кабелю вмикається гальмування;
- несправності в системі керування або в електричних ланцюгах веде до зупинки з вмиканням сигнальних ліхтарів, які показують місце несправності;
- сигнальні ліхтарі на блоках ТР, а також звуковий сигнал, який попереджує персонал, що працює в зоні роботи ТР.

Таким чином, надійність будь-якої ТS як складник системної технології визначається надійністю складових і надійністю їх взаємозв'язків, суттєво впливаючи на її працездатність.

## *Підсумки*

- 1. Функціонування будь-якої технічної системи визначається сукупністю її складників і сукупністю взаємодій.*
- 2. Зовнішнє і внутрішнє середовища системи знаходяться у взаємній залежності і взаємній обумовленості.*
- 3. Вирізняють два види систем: технічна система – процес і технічна система – об'єкт, які відрізняються видом складників і можуть представлятись різними способами.*
- 4. Технічна система здатна до заданих дій, якщо має відповідні властивості (функції).*
- 5. Логіко-графічним зображенням складу і функцій TS, одержаних їх формуванням є функційна модель.*
- 6. Будь-який об'єкт можна описати як систему окремих структурних складників (технічна структура) і як систему функцій, виконуваних об'єктом і його складниками (функційна структура).*
- 7. Певна конструкція може реалізувати лише одну основну функцію, але та сама службова функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.*
- 8. Функційне призначення TS повинне містити детальні відомості, які характеризують основну функцію і уточнення умов її роботи.*
- 9. Гнучкість TS-комплексний показник, який характеризується сукупністю характеристик. Різні елементи TS мають різну гнучкість, тому створення TS – це компроміс між рівнем вимог до гнучкості та економічно доцільними витратами.*
- 10. Для скорочення часу і собівартості проєктних робіт та суттєвого підвищення якості створюваної TS організаційно-технологічне, архітектурно-будівельне проєктування, розробка систем енергозабезпечення та інформаційних комунікацій повинні підтримуватись відповідними програмними засобами.*
- 11. Виробничий процес характеризується великою кількістю техніко-економічних характеристик, найголовніші з яких: вид і кількість виробленої продукції, якість і продуктивність процесу, гнучкість, ступінь автоматизації, ефективність*
- 12. Виробничу систему можна представити як сукупність технологій, ресурсів, виробів та показників, які відображають динаміку і якість технологічних процесів.*
- 13. Сучасні процеси виготовлення продукції характерні зрощенням і переплетенням основних, допоміжних і обслуговуючих процесів.*
- 14. Виробничий процес крім системи складників являє собою і системну множин їх зв'язків: властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, часових, економічних тощо.*

15. Технологічна система є підсистемою виробничої системи і як будь-яка інша система, має залежно від умов функціонування велике різноманіття призначень.

16. Розробляючи нові TS завжди зустрічаються з суперечностями між тим, що дано, і тим, що потрібно одержати. Подолання суперечності здійснюють використанням сучасних методів пошуку нових рішень.

17. Виявлення функцій об'єкта, його складників та зв'язків і визначення їх характеристик виконуються на основі системного підходу.

18. Відтворити взаємозв'язки цілей і засобів їх досягнення, системно розглянути проблему дає можливість дерево цілей. Універсальних методів побудови дерева цілей не існує. Це творча справа, яка вимагає ретельного відпрацювання.

19. Життєві цикли виробу і технології є системою взаємозв'язаних складників певних станів, які постійно змінюються.

20. CALS-технологія – безперервна комп'ютерна підтримка етапів життєвого циклу виробу, включає ряд систем, спеціалізованих для розв'язання широкого кола різноманітних завдань.

21. Системна технологія об'єднує можливості технології і системного підходу для перетворення різноманітних ресурсів з наміченою метою.

22. Системна технологія базується на системних модулях трьох об'єктів: системі процесів, системі вимог до машини і системі машин, які дозволяють відслідковувати й координувати процеси створення, використання і зміни парку машин.

23. Експериментальним методом дослідження системи в умовах невизначеності є її моделювання, тобто матеріальне чи формалізоване представлення системи як цілісного утворення зі складників у їх взаємозв'язку і взаємодії

24. Одним з сучасних методів дослідження, який набуває широкого застосування є функційно-вартісний аналіз об'єктів. Це єдиний метод, що вирішує два взаємовиключних завдання: підвищення якості виробу і зниження вартості.

25. Функціонування технологічної системи відбувається в умовах дії багатьох збурюючих чинників, які можуть порушувати її працездатність.

26. Якість технічної системи – це сукупність її корисних споживчих властивостей, які забезпечують здатність задовольняти певні потреби відповідно до функційного призначення.

27. Якість TS залежить від якості її складників, яка забезпечується комплексом спеціальних заходів на всіх етапах її життєвого циклу.

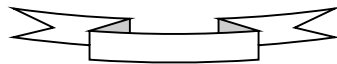
28. Функціонування технологічної системи відбувається в умовах дії багатьох збурюючих чинників, які можуть порушувати її працездатність.

29. Надійність – комплексна властивість, яка залежно від призначення системи й умов її експлуатації може включати чотири складові: безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість і довговічність.

30. Оцінка надійності технологічних систем найчастіше здійснюється шляхом контролю точності.

31. Підвищення надійності технічних систем може забезпечуватись їх правильним конструюванням, виготовленням і експлуатацією.

32. Надійність будь-якої технічної системи як складник системної технології визначається надійністю складових і надійністю їх взаємозв'язків.



## РОЗДІЛ 3

### СИСТЕМНІ МАРКЕТИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проектування виробів повинно забезпечувати зв'язок між потребами і очікуваннями споживача конкретного виробу. Підприємство у своїй повсякденній діяльності зобов'язане вести спостереження за попитом продукції кожного виду, а також зауважувати зміни в товарній пропозиції конкурентів і зміни в технології виробництва.

Чуйна реакція на стан ринкового попиту змушує підприємство проводити цілеспрямований пошук нових ідей і нових виробів.

З огляду на те, що розробка нового виробу (від зародження ідеї до моменту одержання чистого прибутку) здійснюється протягом декількох років, підприємство значною мірою зацікавлене у скороченні цього періоду, прагне всіляко прискорити плин процесу, не допускаючи, однак, надмірного ризику. Крім того, необхідно також рахуватися з тим, що нові вироби легше «адаптуються» до умов функціонування підприємства, якщо вони аналогічні попереднім за виробництвом і збутом. Набагато складніше з об'єктами, з виробництва яких підприємство не має досвіду і знань.

Процес розробки нової продукції є складним комплексом різних видів діяльності. У цьому процесі задіяні три основні складники: маркетинг, створення виробу і його виробництво (рис. 3.1). Крім того, він найтісніше пов'язаний із більшістю інших бізнес-функцій.

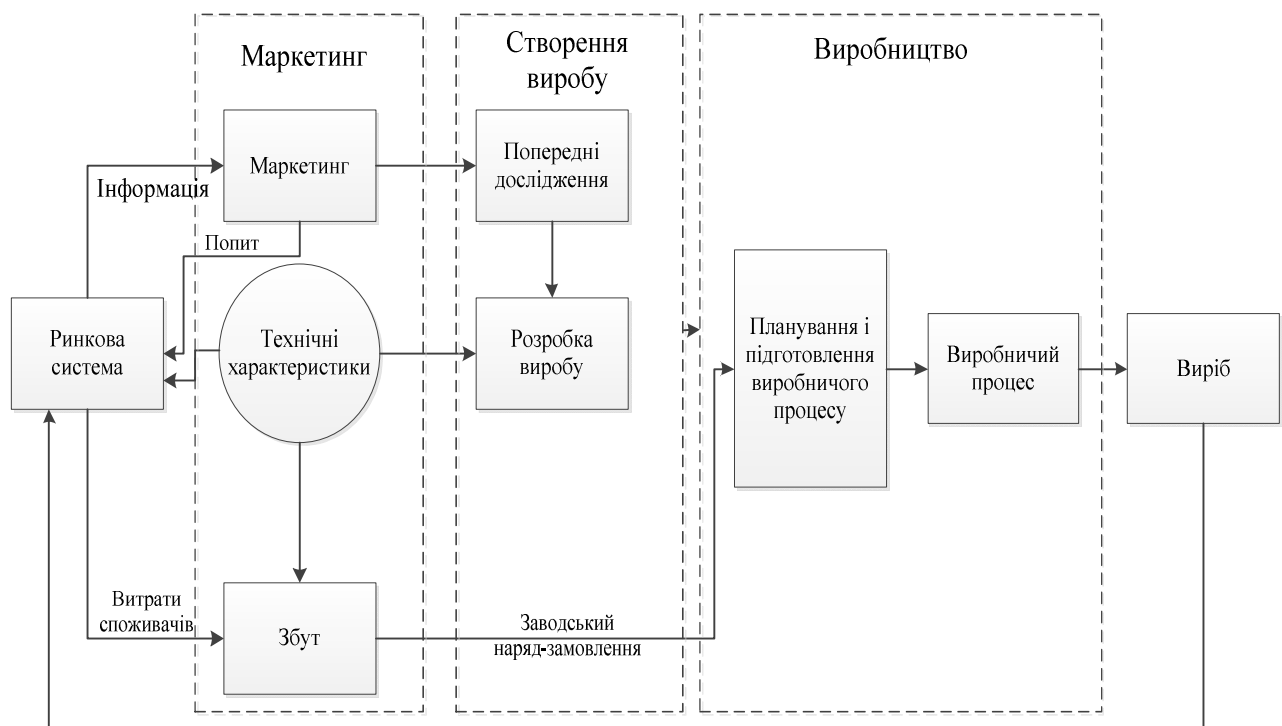


Рис. 3.1. Принципова схема створення виробу

Підприємство повинне уміти створювати нові вироби та керувати їх виробництвом із урахуванням зміни потреб.

Маркетинг (від лат. market – ринок) – система комплексного вивчення потреб і попиту на різноманітну продукцію і послуги з метою організування виробництва й надання послуг, максимально орієнтованих на задоволення потреб конкретних споживачів на основі дослідження і прогнозування стану ринку, стратегії і тактики поведінки на ньому.

Маркетинг повинен забезпечувати виробника інформацією про реалізацію продукції і її збут на відповідних ринках, про новинки і всі зміни на ринку, визначити, які характеристики виробу потрібні ринку. На основі маркетингових досліджень формулюються ідеї нових видів продукції.

Сучасна концепція маркетингу – це розуміння того, що головним завданням підприємства є точніше й ефективніше, порівняно з конкурентами, визначення та задоволення потреб і побажань цільових ринків, тобто ефективна взаємодія споживача і виробника (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Головні завдання сучасного виробника

Економічною основою маркетингу слугує розрахунок можливих прибутків виробника порівняно з економічними вигодами споживачів. Величина витрат на маркетинг, зазвичай, становить до 5% від об'єму продажу виробів промислового призначення.

На основі вивчення ринку визначають потребу в продукції, ринковий попит та сфери її реалізації, що в свою чергу дає змогу планувати обсяги, асортимент, вартість та терміни виробництва. Підприємство повинне своєчасно створювати нові вироби, для заміни тих, що знаходяться на стадії занепаду (в кінці ЖЦВ).



### 3.1. Передпроектний маркетинг

Основні зусилля фахівців із маркетингу мають бути спрямовані на створення виробу ринкової новизни. Такий виріб повинен задовольняти або зовсім нову потребу, або ефективніше задовольняти вже відому потребу, або розширювати коло споживачів. Якщо створений виріб має багато технічних новинок, але задовольняє ті ж самі потреби і має те ж саме коло споживачів, його не можна вважати товаром ринкової новизни.

Вимоги маркетингу не обмежуються лише створенням високоякісного, конкурентоспроможного виробу і правильним установленням ціни на нього.

Необхідно ще і відповідним чином довести цей виріб до кінцевого споживача і забезпечити його доступність на цільовому ринку.

Маркетингові дослідження як складник системної технології містить два напрями – дослідження ринку і дослідження підприємства-виробника (рис. 3.3).

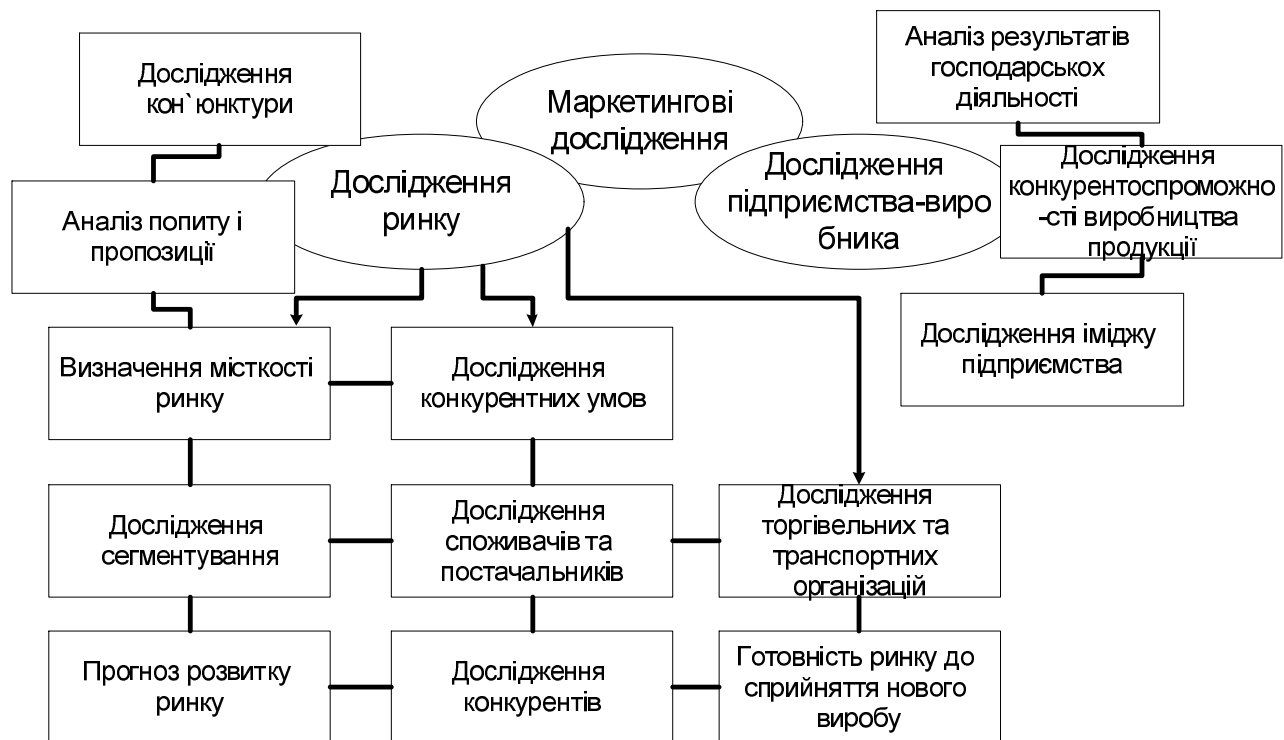


Рис. 3.3. Структура маркетингових досліджень

Метою аналізу виробництва є оцінка виживаємості підприємства, можливості його маневрування в умовах зміни зовнішнього середовища, визначення сильних і слабких сторін функціонування підприємства.

Вивчаючи потреби ринку, необхідно впевнитися, що попит на виріб дійсно існує і, збираючи інформацію про технічні характеристики наявних на ринку товарів, точно визначити, які ознаки виробу потрібні ринку (рис. 3.4).

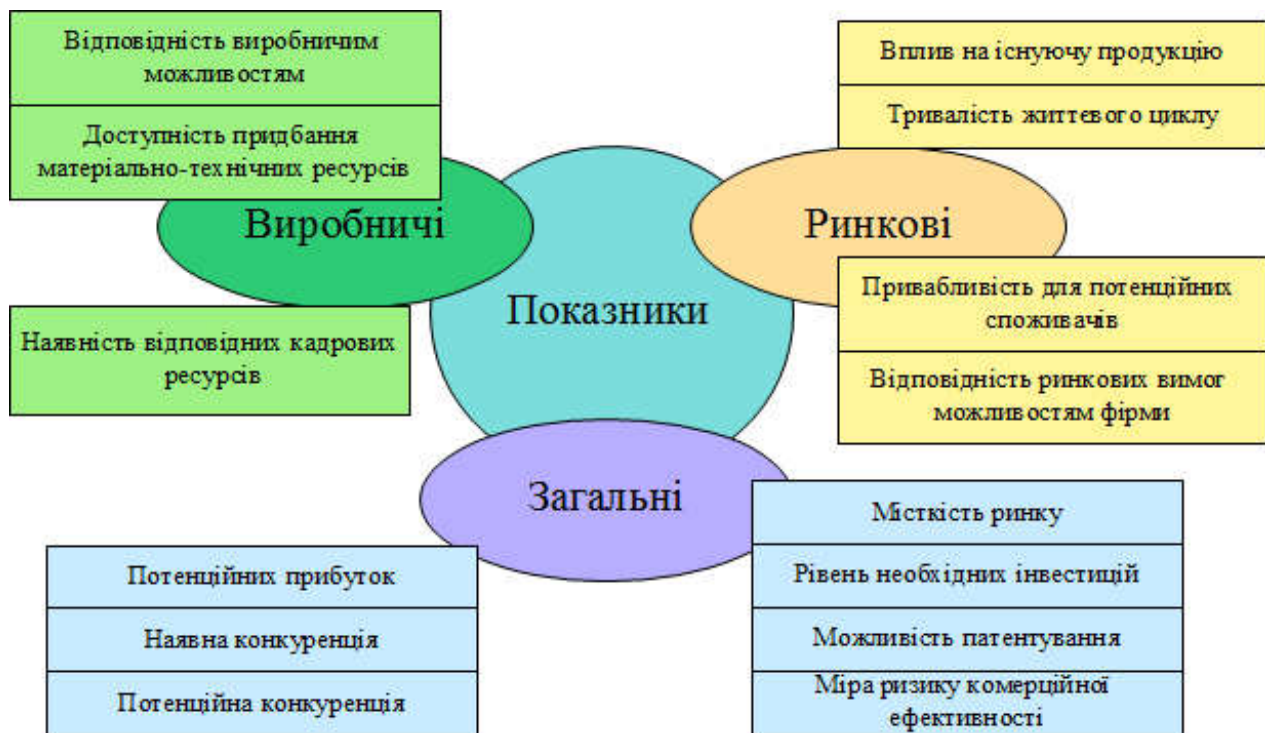


Рис. 3.4. Ознаки створюваного нового виробу

Оцінка всіх ознак (загальних, виробничих, ринкових), які впливають на комерційні перспективи нових виробів виконується з допомогою ситуаційного маркетингового аналізу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Характеристики виробів

Ознака		Основні вирішувані завдання
Вид	Сутність	
1	2	3
Загальні	Потенційний прибуток.	Оцінка собівартості виготовлення нового виробу.
	Наявна конкуренція між виробниками на існуючих ринках	Правильне установлення терміну розробки нового виробу. Оцінка вартості виробу. Виявлення переваг і недоліків у діяльності конкурентів
	Потенційна конкуренція: реалізація аналогічних виробів за визначений час.	Визначення об'єму виробництва нового виробу в часі. Виявлення конкурентів і показників їх діяльності.
	Місткість ринку.	Виявлення ступеня відповідності попиту і пропозиції. Вивчення рівня цін, частки підприємства на ринку даного виробу. Визначення основних груп, діючих на даному ринку: постачальники, покупці, конкуренти, транспортні, страхові організації тощо.
	Рівень необхідних інвестицій.	Достатність наявних фінансових ресурсів. Можливість відкриття кредитних ліній. Прийнятність умов кредитування.
	Юридичні умови виготовлення.	Обов'язкова сертифікація виробу. Можливість патентування розробок.
	Міра ризику комерційної ефективності.	Можливість підприємства виготовляти вироби і надавати послуги за нижчими від конкурентів цінами. Якщо ні – визначення причин цього.

1	2	3
Виробничі	Відповідність виробничим можливостям.	Можливість змін у виробництві та потрібні для цього витрати. Можливість суміщення нового виробу за технологією та методами реалізації з виробам, що освоєні виробництвом. Можливість устаткування підприємства забезпечити технічні характеристики нового виробу.
	Доступність придбання матеріально-технічних ресурсів.	Визначення доступу підприємства до нових матеріалів. Чи залежить підприємство від одного постачальника чи має вибір.
	Наявність відповідних кадрових ресурсів.	Відповідність кваліфікації персоналу складності нового виробу. Визначення потрібної кількості кадрових ресурсів для прогнозованого обсягу випуску нових виробів. Можливість організування навчання працівників сервісу або наймання додаткового персоналу.
Ринкові	Вплив на існуючу продукцію.	Порівняльний аналіз характеристик продукції підприємства і аналогічної продукції конкурентів. Вивчення споживчих властивостей виробів для встановлення ступеня задоволення запитів споживача.
	Тривалість життєвого циклу.	Визначення обсягу прибутків від продажу, який відшкодовує всі витрати на етапах ЖЦВ.
	Привабливість для потенціальних споживачів.	Рівень задоволення вимог споживачів. Просте обслуговування. Рівень відношення «ціна-якість». Наявність зручного гарантійного і подальшого технічного обслуговування. Терміни та умови поставки і монтажу виробу. Співвідношення між ціною реалізації та вартістю експлуатації нового виробу у споживача.
	Відповідність ринкових вимог можливостям підприємства.	Можливість забезпечення потрібної кількості і якості виробів у визначені терміни. Відповідність сервісних вимог наявним можливостям. Можливість навчання працівників експлуатанта правильній експлуатації виробу. Оцінка виробничих можливостей структурних підрозділів підприємства, їх потужності і здатності до майбутніх передбачуваних змін.

Як свідчить досвід, ризик невизнання нового виробу споживачем вищий за ризик його створення. У зв'язку з цим в умовах сильної конкуренції компанії здебільшого не розвивають виробництво, яке пов'язане з великим ризиком.

Для отримання інформації про своїх споживачів, конкурентів, маркетингової оцінки, аналізу, дослідження свого сектору ринку і галузі в цілому маркетингологи можуть використовувати різноманітні онлайн-ресурси: пошукові системи, телеконференції, дискусійні групи і списки розсилки, електронні видання, спеціалізовані сайти тощо.

За результатами проведеного аналізу відділ (група) нової техніки і технології складає короткий звіт (3...5 сторінок), який направляється виробнику серії виробів.

Для оцінки ринкових шансів і можливостей нового виробу використовують також шкалу оцінок критеріїв (табл. 3.2). Для точнішої оцінки враховують значущість критерія.

Таблиця 3.2 – Оцінка нового виробу

Критерій	Характеристика критерію	Оцінка, балів
1	2	3
Потреба у виробі	Виріб задовольняє нову потребу, значно досконаліший порівняно з аналогами	5
	Виріб удосконалений лише за вторинними характеристиками, які, однак, мають значення для достатньо широкого кола споживачів	3
	Виріб не відрізняється від аналогів і задовольняє ті ж потреби	1
Перспективи розвитку ринку	Однорідний загальнонаціональний, має значні перспективи розвитку. Великі потенційні можливості для експорту	5
	Ринок стабільний, з потенційною можливістю розширення в окремих регіонах або в обмеженому колі покупців. Можливості для експорту незначні	3
	На ринку домінують кілька сильних конкурентів	1
Ступінь конкурентоспроможності виробу	Сильних конкурентів немає. Рівень витрат на рекламу порівняно з рівнем продажу низький. Низька собівартість нововведення.	5
	Конкуренти мають міцні позиції, але для отримання помірних прибутків потрібні витрати. Собівартість нововведення відносно невелика	3
	На ринку домінують кілька однаково сильних конкурентів. Високий рівень рекламних та збутових витрат порівняно з рівнем продажу. Вартість розробки виробу, аналогічного за якістю виробу-конкуренту, занадто велика. Конкуренти спроможні здійснити швидкі та ефективні контрзаходи щодо нового або традиційного виробу підприємства	1
Ступінь стабільності ринку	На стан ринку загальні економічні чинники практично не впливають. З великою ймовірністю можна передбачити, що попит на виріб буде постійний. Протягом кількох років норма прибутку буде вища за середню	5
	Обсяг збуту помірно залежить від загальноекономічних змін. Виріб буде мати попит достатньо довго, що уможливить окупність інвестицій і отримання прибутку	3
	Обсяг збуту надто залежить від загальноекономічних змін. Значні коливання в обсягах продажу, що пов'язано з ризиком втрат персоналу та матеріальних запасів. Невизначеність щодо можливостей окупності інвестицій. Сумніви щодо отримання прибутку	1
Технічні характеристики	Виріб має унікальні властивості, суттєво переважає виробу-конкуренти, надійно запатентований	5
	Виріб має унікальні властивості, які значно переважають конкуруючі однак патенти мають низький ступінь надійності, який легко перевершити. Властивості виробу складні для копіювання	3
	Властивості виробу патентуванню не підлягають, можуть бути легко скопійовані конкурентами	1
Ціна	Виріб ліпшої або такої самої якості, як і товари-конкуренти, реалізується за нижчими цінами. За ціни, вищої ніж у конкурентів переваги якості настільки значні, що помітні з першого погляду	5
	Виріб пропонується за такими самими цінами, що в конкурентів, але маж вищу якість	3
	Виріб має однакоvu якість з товарами-конкурентами, але пропонується за більш високою ціною	1

1	2	3
Зв'язок з асортиментом продукції, що випускається	Виріб доповнює наявний асортимент. Його виробництво повинно сприяти збуту продукції в цілому	5
	За необхідності виріб може бути пристосований до наявного асортименту. Він не впливає на збут іншої продукції	3
	Виріб погано або зовсім не пов'язується з наявним асортиментом. Продаж виробу може призвести до зменшення попиту на іншу продукцію	1
Реалізація	Реалізація в повному обсязі забезпечується власною розподільною мережею та збутовим апаратом	5
	Реалізація в основному забезпечується власною розподільною мережею. Може виникнути необхідність часткової реорганізації збутового апарату та зміни збутових територій	3
	Розподіл можливий лише за залучення додаткових каналів. Велика ймовірність необхідності змін організування та чисельності збутового апарату або повної його заміни	1

### 3.2. Маркетинг на стадіях життєвого циклу виробів

Метою маркетингового дослідження на кожному етапі ЖЦВ є прийняття рішення про доцільність або недоцільність продовження роботи над ідеєю, зводячи до мінімуму шанси розробки слабких ідей і відсіву якісних.

Найвагоміші втрати бувають від прийняття помилкових рішень з виробництва тих чи інших видів виробів, викликаних недостовірністю визначення необхідності та попиту на них, неточностями у формуванні асортименту тощо.

Для окремих стадій життєвого циклу характерна певна комбінація маркетингових заходів, яка дозволяє продавцю здійснювати стратегічні задуми і тактику поведінки на ринку. Основний критерій оцінки життєвого циклу – обсяг прибутків від продажу, який забезпечує відшкодування всіх витрат на виробництво і реалізацію товару та отримання запланованого ефекту. Втрата виробом ринкової сталості пов'язана, як правило, з появою на ринку нового виробу, суттєвим зниженням попиту та обсягів продажу і прибутку.

Завдання маркетингу слід узгоджувати з стадіями життєвого циклу виробу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Завдання маркетингу на стадіях життєвого циклу виробу

Стадії ЖЦВ, ситуація на ринку	Завдання
1	2
<b>Впровадження</b> Виріб на ринку маловідомий споживачу або зовсім не відомий	Інформування споживача про новий виріб для створення первинного попиту
<b>Зростання</b> Споживач має можливість виділити пропонований виробником виріб серед аналогічних наявних на ринку	Переконування споживачів про переваги саме даного виробу для створення вибіркового (селективного) попиту

1	2
<b>Зрілість</b> Виріб уже досить відомий на ринку. Споживач також добре розбирається в наявних на ринку виробках	Нагадування споживачам про виріб, щоб він постійно залишався у них у пам'яті для підтримання існуючого попиту
<b>Спад</b> Виріб має мінімальний попит	У виробника є дві можливості: 1)зняти виріб з ринку; 2)модифікувати виріб у надії викликати «другу хвилю» ЖЦВ для створення нового первинного попиту на модифікований виріб.

На етапах ЖЦВ постійно уточнюються і корегуються передбачувані обсяги збуту та цінових параметрів виробу (послуги). Фахівці з маркетингу дбають про підвищення конкурентоспроможності виробу. Досвід закордонних фірм свідчить, що з багатьох розробок до створення дослідного зразка доходять лише деякі, а безпосередньо на ринок запроваджуються лише одиниці. Чим раніше з'ясується безперспективність запланованого виробу, тим меншими будуть втрати від його комерційного провалу на ринку.

Практичний маркетинг у різних сферах виробничої діяльності має різний зміст і цільову спрямованість залежно від характеру і функційного призначення продукції, специфіки її виробництва і використання та різноманіття контингенту споживачів і їх вимог до виробу та постачальника.

Специфіка маркетингової політики механо-складального виробництва в тому, що його продукція – це вироби виробничо-технічного призначення, тобто матеріали й вироби, які входять у готовий продукт і допоміжні матеріали, і послуги, які не входять у вироблений продукт.

### 3.3. Моніторинг середовища функціонування

На всіх етапах життєвого циклу виробу необхідно проводити активне спостереження (моніторинг) за зовнішнім середовищем, щоб не прогавити технічного відриву конкурентів.

Моніторинг є однією з важливих функцій маркетингу, це цілеспрямований процес відслідковування стану системи чи явища. Моніторинг включає спостереження, оцінювання і прогнозування змін і причин цих змін, виявлення потрібних дій.

Моніторинг поточної діяльності – це розроблений на підприємстві механізм здійснення постійного нагляду за найважливішими поточними результатами діяльності в умовах постійно змінної кон'юнктури ринку.

Хоча на практиці кожна ланка підприємства спостерігає за своїм власним оточенням, часто йому не вистачає загального погляду, який дозволяє системно сприймати середовище, щоб заздалегідь виявити тенденції розвитку розробки.

Для цього необхідно створити на підприємстві підрозділ (групу) моніторингу. Моніторинг є інформаційною системою, на яку покладаються функції:

- спостереження за фактичним станом зовнішнього середовища та його змінами;
- збір, передача і прийом первинної інформації;
- перевірка достовірності інформації;
- оцінка та аналіз інформації, прогнозування змін, визначення причин цих змін чи тенденцій;
- розподіл оптимальної інформації всередині підприємства, форми і часу її надання.

Моніторинг потребує наявності методів і засобів стеження, джерел інформації, відповідного персоналу, який має кваліфікацію як зі стратегічного аналізу, так і з ІТ-технологій.

Функції моніторингу «спостереження» та «прогноз стану» тісно пов'язані між собою, тому що прогноз стану середовища можливий лише за наявності достатньо правдивої і точної інформації про фактичний стан об'єкта (рис. 3.5).

Прогнозування передбачає знання закономірностей змін стану середовища.

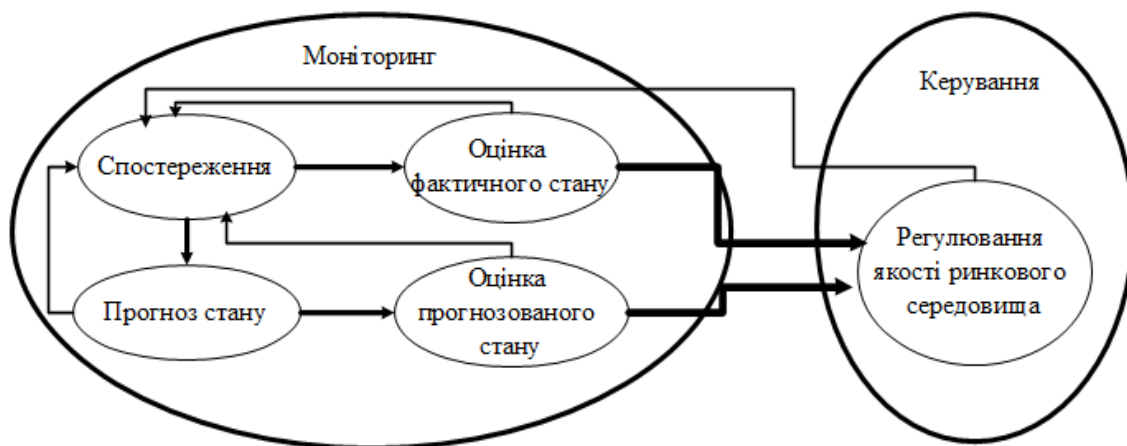


Рис. 3.5. Схема системи моніторингу

Використовується три способи розробки прогнозів:

- анкетування (опитування) користувачів, експертів з метою об'єктивізації суб'єктивних оцінок прогнозного характеру;
- екстраполяція (поширення висновків, отриманих із спостереження над однією частиною явища, на іншу частину) та інтерполяція (виявлення проміжного значення між двома відомими моментами процесу);
- моделювання – побудова пошукових і нормативних моделей з урахуванням імовірної або бажаної зміни прогнозованого явища на прогнозований період за наявними прямими або непрямыми даними про масштаби і напрямки змін.

Дані щодо стану середовища, отримані спостереженням чи прогнозом, повинні оцінюватись залежно від сфери використання.

Оцінювання передбачає, з одного боку, визначення збитків, з іншого – визначення умов використання новацій та наявних на підприємстві резервів.

Інформація про стан середовища, аналіз та оцінка фактичного та прогнозованого станів, одержані за допомогою системи моніторингу, передаються для ухвалення рішення.

На підставі цієї інформації залежно від рівня технологічного потенціалу підприємства та економічних можливостей розробляються відповідні керівні дії.

Моніторинг залежно від цілей і можливостей системи може бути безперервним, періодичним чи епізодичним.

Моніторинг і аналіз **зовнішнього** середовища дозволяє:

- оцінити стан і перспективи розвитку важливих для підприємства чинників;
- оцінити конкурентну позицію підприємства в галузі;
- прогнозувати дії найближчих конкурентів;
- виявити власні конкурентні переваги;
- оцінити перспективи розвитку підприємства.

Моніторинг і аналіз **внутрішнього** середовища:

- виявляє можливості, потенціал, яким володіє підприємство в конкурентній боротьбі для досягнення своїх цілей (табл. 3.4);
- дає аналіз сильних і слабих сторін підприємства, зовнішніх загроз і можливостей, пов'язаних зі зміною середовища;
- дає порівняльну оцінку власної конкурентної позиції, структури власних витрат і витрат конкурентів.

Основні джерела інформації: статутні, звітні документи, склад і кваліфікаційні характеристики персоналу, дані з розвитку галузі, спеціальні видання, періодична преса, нагляд за діяльністю підприємства, бесіди з керівниками і співробітниками та інша внутрішня інформація.

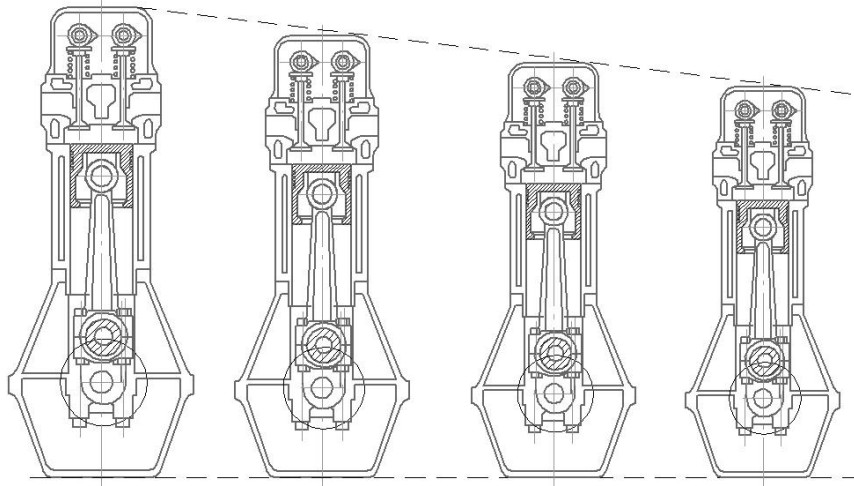
Таблиця 3.4 – Дії виробника залежно від ситуації

Характеристика виробу	Рекомендовані дії
Виріб неякісний але дешевий	Підвищення якості виробу
Виріб якісний і дешевий	Розширення ринку збуту виробу
Виріб неякісний і дорогий	Перехід на нову модель виробу
Виріб якісний і дорогий	Зниження ресурсоемності виробу

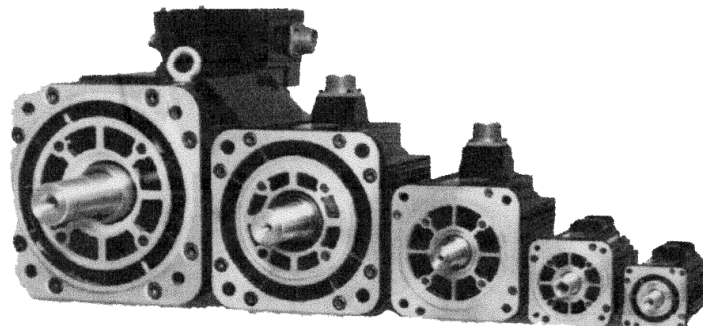
У міжнародному бізнесі вважається доцільним випускати не один виріб, а достатньо широкий параметричний ряд – продукційну лінію (product Line). Наприклад двигуни одного типу, але різної потужності (5-10 найменувань). Сукупність параметричних рядів для кількох типів виробів становлять асортиментний



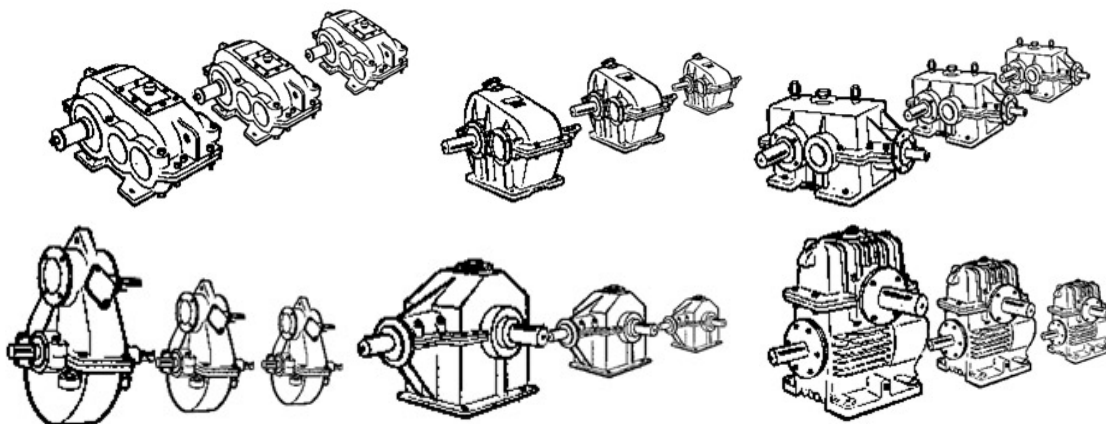
набір (product mix) (рис. 3.6). Чим ширше асортиментний набір, тим більша ймовірність, що будь-який покупець знайде для себе необхідний виріб. Широкі параметричні ряди допомагають гнучко реагувати на перехід виробу з однієї стадії життєвого циклу в іншу. На стадіях упровадження виробу на ринок доцільно подавати тільки найбільш ходові моделі, на стадії зростання – розширювати набір, на стадії зрілості – дати повний набір виробів усього параметричного ряду.



*a*



*б*



*в*

*Рис. 3.6. Параметричний ряд компресорів (а), серводвигунів (б) і асортиментний набір (в) редукторів*

Впровадження на ринок нового виробу завжди пов'язано з ризиком, а тому виробник має бути готовий до того, що ринок відкине створений виріб, і повинен мати інший виріб та маркетингову програму під нього.

Для розв'язання задач маркетингу та моніторингу доцільно використовувати можливості інтернету з його інтерактивним середовищем.

Тепер споживачі отримали можливість доступу до матеріалів практично будь-якої тематики, в будь-який момент і в будь-якому місці. Інформація, доступна цілодобово сім днів на тиждень, формує обізнаність.

Раніше споживачі обмежувались лише придбанням і використанням виробів, а тепер вони можуть брати участь у розробці необхідної їм продукції не виходячи з дому, що змінює правила ведення маркетингу та способів взаємодії виробників зі споживачами. У сучасних умовах інтернет може бути лише додатковим каналом реалізації продукції, інструментом вирішення окремих маркетингових завдань.

Для успішного маркетингу в оперативному режимі слід дотримуватись таких практичних принципів:

- не нав'язувати споживачам непотрібну інформацію або зайві подробиці;
- використовувати технологію індивідуалізації представленої інформації відповідно до профілю споживача;
- сайт підприємства – уособлення торгової марки і повинен бути важливою складовою торгової марки підприємства. Заголовки, посилання, графіка, текст, звук і відео – усе це, зрештою, перетворюється на «вітрину» підприємства, працюючи на його бренд;
- відвідувачі сайту не люблять нагромадження інформації і не схильні довго читати тексти на екрані, тому інформація повинна бути представлена у вигляді коротких абзаців і рівномірно розподілена по всій – не надто довгій – сторінці;
- не слід вважати, що споживачі самі відвідають сайт тільки тому, що він існує, необхідно його рекламувати: у ЗМІ, на транспорті, шляхом масової розсилки тощо;
- пропозиції нової продукції або знижки на ходові вироби слід розміщувати на стартовій сторінці сайту.

Машинобудівні підприємства мусять розвивати свою маркетингову діяльність, розширювати географію ринків збуту, шукати ринки з високим платоспроможним попитом на продукцію, збільшувати частки освоєних ринків та зміцнювати свої пропозиції на них.

## **Підсумки**

- 1. Потребу в продукції, ринковий попит та сфери її реалізації визначають на основі вивчення і прогнозування стану ринку.*
- 2. Систему комплексного вивчення потреб і попиту на продукцію та послуги для організування виробництва і надання послуг, максимально орієнтованих на задоволення потреб конкретних споживачів називають маркетинг.*
- 3. Економічною основою маркетингу є розрахунок можливих прибутків виробника порівняно з прибутками споживача.*
- 4. Можливість створення нового виробу визначають загальні, ринкові та виробничі показники.*
- 5. Новий виріб повинен задовольняти або зовсім нову потребу, або ефектніше задовольняти вже відому потребу, або розширювати коло споживачів.*
- 6. Для оцінки ринкових шансів і можливостей нового виробу треба використовувати ринкові, виробничі та збутові критерії, бажано, за кількісною (бальною) оцінкою.*
- 7. Окремим стадіям життєвого циклу виробу відповідає певна комбінація маркетингових заходів.*
- 8. Практичний маркетинг у різних сферах виробничої діяльності має різний зміст і цільову спрямованість залежно від характеру функційного призначення продукції, специфіки її виробництва і використання та різноманіття споживачів і їх вимог до виробу та постачальника.*
- 9. Ефективність маркетингу суттєво залежить від формування розподілу продукції та створення адаптованої до ринків системи її збуту.*
- 10. Вимоги споживачів, тенденції їх зміни в майбутньому, потребу в продукції, та ринковий попит визначають в результаті постійного аналізу контрактів та потреб ринку.*



## РОЗДІЛ 4

### СТВОРЕННЯ ВИРОБУ

На основі вивчення ринку визначають потребу в продукції, ринковий попит та сфери її реалізації, що, у свою чергу, дає змогу планувати обсяги, асортимент, вартість та терміни виробництва.

У результаті постійного аналізу контактів та потреб ринку визначають вимоги споживачів, передбачають тенденції їх зміни в майбутньому.

Важливе значення має зворотний зв'язок зі споживачами продукції, що є основною для постійного підвищення її якості.

Особливу увагу в процесі аналізу приділяють визначенню місця нового виробу відносно тих, що вже мають ринкове визнання.

Визначають характерні особливості виробу, що вирізняють його від конкуруючих аналогів, можливості створення в потенційних покупців стимулів для його придбання. На основі вказаних дій приймають рішення щодо доцільності створення та випуску нового виробу.

Процес розробки нового виробу від ідеї до готового продукту включає п'ять основних етапів:

- вироблення ідей;
- концептуальне опрацювання, науково-дослідна робота (НДР);
- дослідно-конструкторська робота (ДКР) і створення дослідного зразка;
- пробний вихід на ринок;
- комерціалізація.

#### 4.1. Генерація ідей виробу

Створення виробу починається з генерації ідей – постійного й систематичного пошуку можливостей створення нових виробів, які б відповідали можливостям підприємства.

**Ідея виробу** – це загальне уявлення про можливий виріб, який підприємство могло б, на його думку, запропонувати ринку.

Аналізуючи інформаційні потоки, що стимулювали виникнення нововведення, виділяють технологічну й економічну (комерційну) інформацію: перша містить відомості про існуючі технологічні можливості вирішення тієї чи іншої проблеми, друга – про потреби споживачів. Переважаючим фактором є «підтягування попиту». Так, за кордоном у середньому у 75 % випадків джерелом нововведень є ринкові чинники.

Існує багато **джерел ідей** створення новинок.

1. Споживачі: опитування, групове обговорювання надісланих листів і скарг тощо.

2. Учені, дослідники: винайдення або пошук нових матеріалів, властивостей, принципів, які приведуть до створення оригінальних або вдосконалених виробів.

3. Слідкування за товарами конкурентів на виставках, ярмарках, виявляючи серед них найцікавіші для покупців.

4. Звіти і пропозиції торгового персоналу і дилерів, які перебувають у повсякденному контакті з покупцями.

5. Винахідники, консультанти сфери промисловості з проблем керування, рекламні агенції, фірми маркетингових досліджень, професійні асоціації і товариства, друковані видання.

6. Методи і методики пошуку ідей дозволяють ефективно знаходити нестандартні технічні рішення. Нині існує понад сто таких методів і їх кількість постійно збільшується.

Розробляючи ідею нового виробу, необхідно керуватися вимогами найбільшої безпеки, економічної доцільності та повної відповідності функцій виробу умовам середовища. Це правило поширюється на всі вироби незалежно від того, чи вони є складовою частиною виробу, чи готовим виробом.

**Вимоги найбільшої безпеки** пов'язані з передумовою, що будь-якому виробу необхідні властивості, які максимально виключають шкідливий вплив на людину та довкілля.

**Вимоги економічної доцільності** передбачають, що основні параметри й конструкція виробу мають забезпечувати високий рівень його ефективності як об'єкта виробництва та експлуатації, за мінімально необхідних витрат трудових, матеріальних і енергетичних ресурсів.

**Вимоги повної відповідності службових функцій**, що виконуються виробом, передбачають, що функційні властивості виробу повинні обов'язково відповідати рівню параметрів зовнішнього середовища та діапазону їх змін.

Зростання складності розв'язуваних завдань вимагає опори не на інтуїцію та випадок, а на закони розвитку технічних систем.

Використання об'єктивних законів розвитку технічних систем для генерації ідей та розробки виробів дозволяє прогнозувати розвиток TS у майбутньому і на основі прогнозу формулювати завдання на поліпшення визначених показників системи.

Розвиток технічних систем проходить через подолання суперечності між зростаючими потребами суспільства і можливостями існуючих TS.

За типовими етапами ЖЦБ основні закони розвитку TS можна об'єднати в три блоки (рис. 4.1).

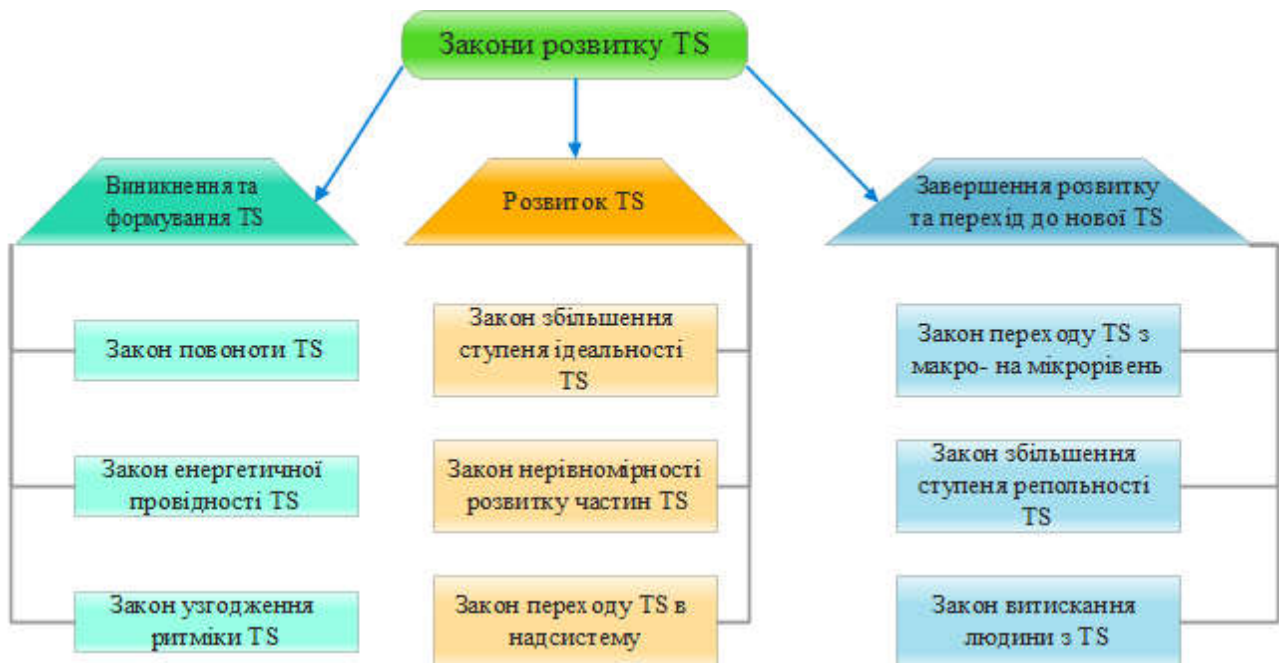


Рис. 4.1. Закони розвитку технічних систем

Будь-яка TS утворюється синтезом в одне ціле окремих частин. Проте не кожне об'єднання створює працездатну систему. Щоб система була працездатною, необхідне виконання щонайменше трьох законів: повноти частин системи, енергетичної провідності та узгодження ритміки частини TS.

**Закон повноти частин системи:** TS повинна бути функцією повною і для працездатності включати мінімально необхідну та достатню для виконання функційного призначення кількість працездатних частин: двигун, трансмісія (передатвальний і виконавчий механізм), робочий орган, керуючий орган (рис 4.2).



Рис. 4.2. Елементна структура TS

**Двигун** – складник TS, який перетворює енергію в потрібний вид (електричну – в механічну; механічну – в електричну; магнітну – в теплову тощо).

**Трансмісія** – складник TS, який передає енергію двигуна робочому органу.

**Робочий орган** – складник TS, який виконує основну функцію системи.

**Керуючий орган** – це складник TS, який керує функціонуванням системи. Для того щоб TS була керованою, необхідно щоб була керованою хоча б одна з її частин.

Коли хоча б одна частина відсутня або непрацездатна, TS теж не працездатна.

Чи буде працездатним верстат без різцетримача (револьверної голови) або без важелів керування? Питання риторичне.

**Закон енергетичної провідності:** необхідною умовою працездатності TS є прохід енергії через усі її частини.

Будь-яка TS є перетворювачем енергії від двигуна через трансмісію до робочого органу. Передача енергії частинами TS може бути речовинною (вал, шестерня, важелі), польовою (магнітним, гравітаційним полями тощо), речовинно-польовою (потокотом заряджених частинок, металевою суспензією тощо).

Завдання зводиться до підбору того чи іншого виду передачі, найефективнішого в заданих умовах роботи TS.

Генеруючи ідею нової TS (виробу) слід керуватися таким:

- TS повинна добре проводити енергію з мінімальними витратами;
- для функціонування всіх частин TS треба використовувати один вид енергії;
- частини TS повинні добре проводити енергію за рахунок зміни речовини (матеріалу) або введення добавок, прийнятних для вибраного поля (наприклад, зміна немагнітного матеріалу магнітним і навпаки, введення металевих частинок у пластиковій деталі тощо).

**Закон узгодження ритміки частин системи:** для працездатності TS необхідна узгодженість ритміки всіх її частин.

Тобто вид і характеристики коливань повинні підбиратися так, щоб частини системи не заважали одна одній і найкраще виконували службову функцію.

Як відомо, існують власні й вимушені коливання. Частота власних коливань залежить від маси, пружності, об'єкта. Ця частота може збігатися (резонанс) або не збігатися з частотою зовнішнього поля.

Для покращення роботи TS необхідно або узгодити коливання частин, або навпаки розузгодити їх. Використання резонансу чи запобігання його появі досягається зміною маси, розмірів, частоти коливань складників TS ,нічого нового не вводячи в систему.

Так, для полегшення руйнування матеріалу оброблюваної заготовки інструменту надають резонансні коливання (корисний резонанс). В авіації явище флатер – негативний резонанс крил літака через зміну їхньої маси внаслідок намерзання льоду призводить до руйнування літака.

Закони періоду розвитку TS показують розвиток систем незалежно від конкретних причин і чинників, які визначають цей розвиток. До них відносять закони збільшення ідеальності TS, нерівномірність розвитку частин TS, переходу TS у надсистему.

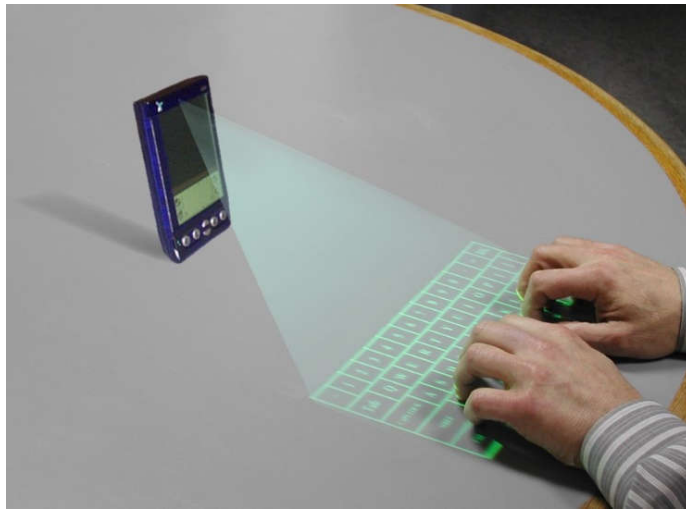
**Закон збільшення ідеальності TS:** усі системи розвиваються до збільшення ідеальності.

Ідеальна TS – система, якої фактично немає, а функція її виконуються іншими частинами TS, іншими (сусідніми) TS тощо.

Шукаючи ідею нового виробу (TS) та шляхів її реалізації, слід орієнтуватись на найкращий (ідеальний) розв'язок – ідеальний кінцевий результат (ІКР).

ІКР формулюють так: один з елементів конфліктного місця TS сам усуває шкідливу (непотрібну, зайву) дію зміною складу, структури, способу дії тощо.

Клавіатура мобільного телефону незручна для набору тексту, однак збільшення її розмірів обмежується розмірами приладу. Ідеалізація цієї TS досягається подоланням суперечності шляхом проєкціювання клавіатури збільшеного розміру на тактильну площину (рис. 4.3).



*Рис. 4.3. Ідеалізація клавіатури*

У звичайних токарних, фрезерних, свердлильних верстатів для ступінчастого регулювання швидкості обертання шпинделя передбачено коробку швидкостей, що потребує непродуктивних витрат часу й безпосередньої участі людини. ІКР: привод сам (без коробки швидкостей і людини) регулює швидкість обертання шпинделя.

Подолання суперечностей здійснено електронним блоком регулювання швидкості та електродвигуном постійного струму безпосередньо з'єднаними зі шпинделем.

Збільшення ідеальності можливе як збільшенням кількості та якості виконуваних корисних функцій через ускладнення системи, так і спрощенням системи за збереження чи збільшення кількості і якості корисних функцій.

**Закон нерівномірності розвитку частин TS:** чим складніше система, тим більше нерівномірний розвиток її частин.

Нерівномірність розвитку частин TS спонукає до виникнення технічних і фізичних суперечностей.

Тому розробник нового виробу (TS) повинен правильно визначити технічну суперечність, яка заважає розвитку TS, вийти на формулювання фізичної суперечності та, використовуючи прийоми її подолання, розв'язати поставлене завдання.



Наприклад, відставання в розвитку методів розробки нових конструкцій і технологій призвело до їх невідповідності вимогам скорочення часу ТПВ. Зменшення недоробок і помилок потребує більшого часу на їх пошук і виправлення (тобто часу ТПВ), ринок же вимагає скорочення цих термінів. Суперечність, яка виникла в системі ТПВ, була подолана автоматизацією (комп'ютеризацію) процесів проектування розробок і їх опрацювання.

**Закон переходу TS у надсистему:** вичерпавши всі можливості свого розвитку, TS входить як одна з частин до надсистеми і розвивається разом із нею.

Такий перехід може відбуватися об'єднанням в бі- та полісистеми коли:

- частина функцій передається в надсистему (наприклад, функції фрезерного верстата передаються верстату інтегрованої обробки);

- частина підсистеми виводиться з TS і з'єднавшись стає частиною надсистеми (наприклад, системи контролю окремих верстатів, об'єднавшись, стають частиною системи контролю автоматичної чи автоматизованої лінії);

- з'являються нові функції в надсистемі з об'єднаних систем (наприклад, верстат інтегрованої обробки замінює декілька спеціалізованих верстатів, забезпечуючи високу ефективність виробництва).

Бі-системи утворюються об'єднанням двох однакових або різнорідних (з протилежними функціями) початкових систем.

Полісистеми утворюються об'єднанням більше двох початкових моносистем.

Як в першому, так і в другому випадку якісно змінюються властивості, зв'язки, внутрішнє середовище нової TS.

У металообробці перехід у надсистему: суміщення дії різних інструментів в одному верстаті (револьверні та токарні верстати-автомати). Подальший крок розвитку – автоматичні лінії з різноманітних верстатів (токарних, свердлильних, фрезерних). Далі – обробляючі центри, в яких нероздільно з'єднані багато різних верстатів.

На підставі аналізу відповідної патентної і науково-технічної інформації розробник нової TS може знайти заміну її головної функції в часі (крива розвитку) та визначити необхідність вдосконалення TS, тобто створення принципово нової TS, напрями вдосконалення.

Закони завершального етапу розвитку TS включають закон переходу TS з макро- на мікрорівень, закон збільшення ступеня репольності та закон витіснення людини з TS.

**Закон переходу з макро- до мікрорівня:** розвиток робочих органів в системі відбувається спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.

Можливі три напрямки такого переходу:

1. Збільшення ступеня дроблення речовини й об'єднання подрібнених частин у нову систему. Наприклад, однолезовий інструмент → багатолезовий інструмент (наприклад, фреза, шліфувальний круг) → гідроабразивна суспензія.

2. Збільшення ступеня дроблення речовини порожнистю. Наприклад, суцільна цеглина → цеглина з декількома порожнистями → цеглина порожниста (з багатьма порожнистями) → піноблок (з безліччю мініпорожнот).

3. Зміна речовинної частини системи на польову шляхом заміни частини системи речовиною, здатною взаємодіяти з полем, виконуючи потрібні дії. Наприклад, перехід від обробки лезовим інструментом до обробки плазмою, перехід від механічних засобів затиснення заготовок складної форми до суспензії з металевим порошком у магнітному полі тощо.

Спираючись на закон переходу від макро- до мікрорівня можна впевнено прогнозувати розвиток TS.

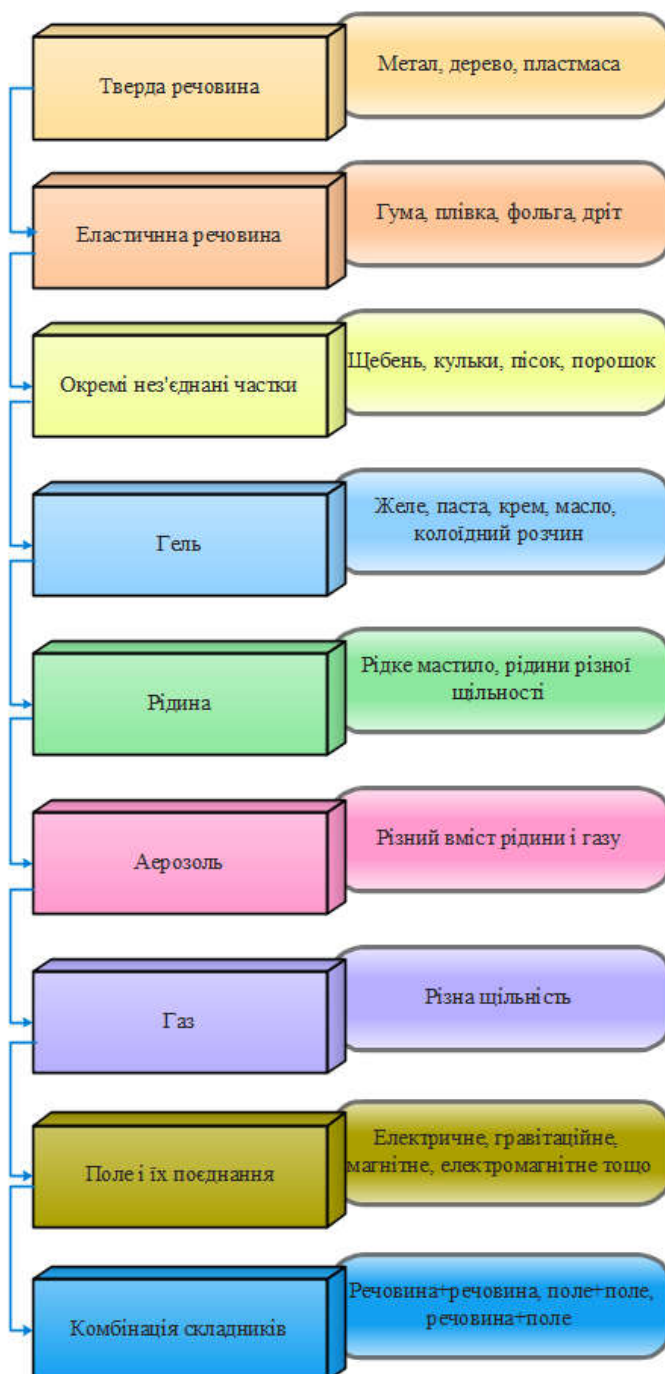


Рис. 4.4. Схема збільшення ступеня репольності

**Закон збільшення ступеня репольності:** нерепольні системи намагаються стати репольними, а в репольних системах розвиток відбувається шляхом підвищення гнучкості та чутливості зв'язків між складниками, збільшенням кількості складників та ступеня дисперсності речовини, зміною твердості та еластичності (рис. 4.4).

Прикладом збільшення ступеня репольності може слугувати розвиток з'єднуючих валів муфт:

- жорстка муфта (жорстке з'єднання валів);
- пружня муфта (пружне з'єднання);
- гідравлічна муфта (з'єднання рідким середовищем);
- магнітна муфта (з'єднання полем).

Збільшення репольності цих систем підвищує їх динамічні та кінематичні характеристики відповідно службовому призначенню.

**Закон витискання людини з TS:** у своєму розвитку TS поступово перебирає на себе функції людини аж до функціонування без втручання людини.

На першому етапі це здійснювалося через оброблювальні інструменти, які встановлюються у спеціальних тримачах (головках) замість тримання їх руками.

Другий етап – використання не мускульної сили людини, а сторонніх джерел і перетворювачів енергії.

Третій етап – витискання людини зі сфери контролю за станом TS застосуванням пристроїв (давачів), що відображають стан системи.

Четвертий етап – людина витискається з TS передачею функцій керування автоматичним системам зі зворотним зв'язком.

Отже, цей закон підказує розробнику, що вдосконалення TS слід вести, витискаючи людину передачею її функцій складникам системи (рис. 4.5).

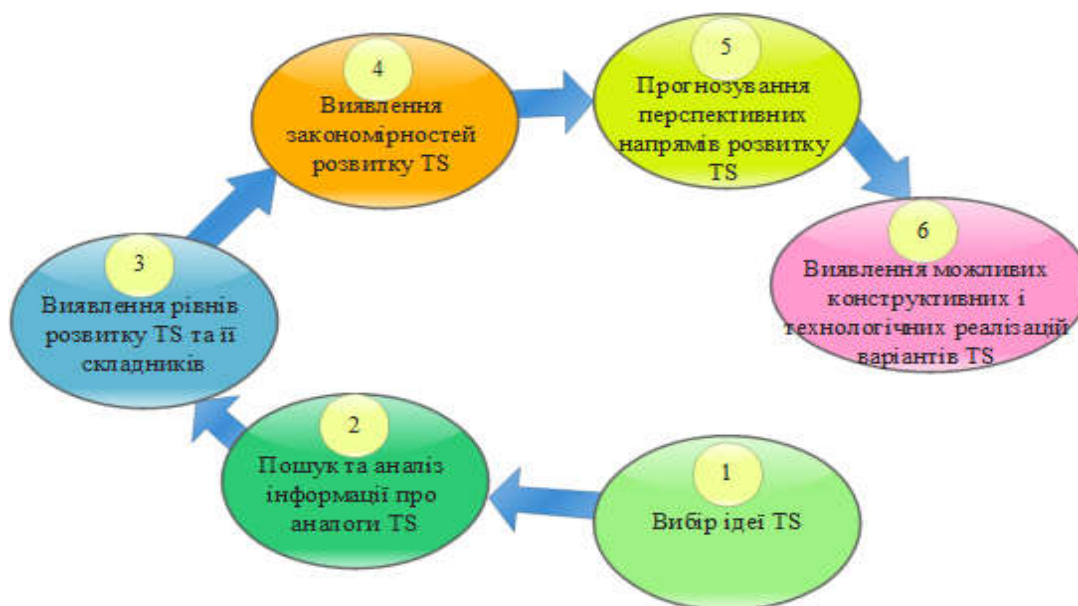


Рис. 4.5. Схема завдань із використанням законів розвитку технічних систем

Таким чином, знання законів розвитку TS і їх використання для генерації ідей і розробки нових виробів дозволяє фахівцям швидше і правильніше розв'язувати завдання, що виникають, узгоджено з напрямками і тенденціями розвитку систем.

## 4.2. Оцінка і відбір ідей

Зазвичай виникає декілька ідей нового виробу, тому виявляють і відсіюють непридатні ідеї. Відбирають не тільки ідеї, які мають добрі ринкові перспективи, а й ті, що узгоджуються з цілями й ресурсами цього підприємства (рис. 4.6).

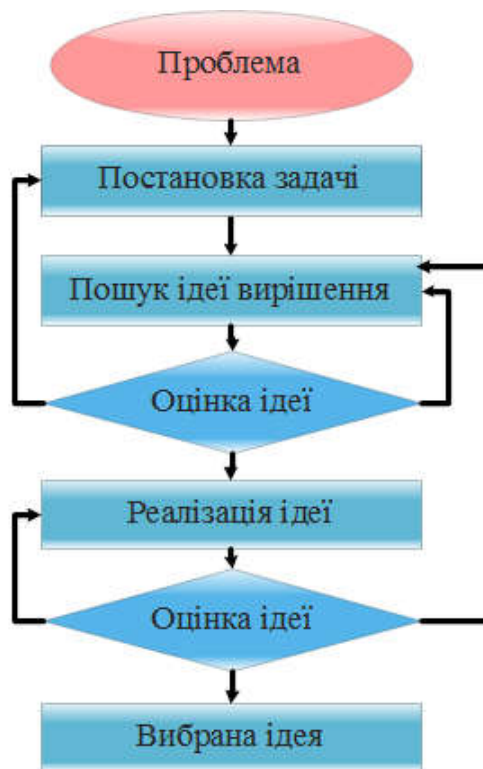


Рис. 4.6. Схема алгоритму оцінки і відбору ідей

**Мета відбору** – якомога раніше виявити і відсіяти непридатні ідеї. З ідей, що залишились після відсіювання, відбираються найвдаліші й багатообіцяючі, які рекомендуються для експериментального опрацювання. На цьому етапі необхідно визначити можливість патентування новації, а також вирішити всі пов'язані з цим питання.

Для оцінки ідей використовують: опис виробу й цільового ринку та конкурентів, орієнтовне визначення розмірів ринку, ціни виробу, тривалості і вартості робіт зі створення новинки, вартість її виробництва і норми прибутків.

Відомо, що ефективність відбору ідей буде зростати, якщо спиратися на об'єктивні закони розвитку технічних систем.

Оцінювання перспективності ідеї нових виробів, зазвичай, проводять експерти з маркетингу, економіки та керівники головних підрозділів підприємства.

За результатами оцінювання всі ідеї нових виробів поділяють на перспективні, віддаленої перспективи та безперспективні.

Відбираючи ідеї нового виробу, перевагу віддають ідеям:

- що мають альтернативні варіанти;
- з перспективою багаторазового використання;
- що впливають на кінцеві результати господарської діяльності;
- інформація відносно яких достатня для вибору раціонального(оптимального) варіанта рішення;
- трудомісткість, терміни виконання та вартість матеріальних носіїв яких, не перевищують установлених обмежень.

Розроблено багато різноманітних методів оцінювання і відбору нового виробу. Наприклад, більшість фірм США розробили та використовують конкретні процедури оцінювання ідей: фахівці викладають ідеї новинок на стандартних бланках, де вміщується опис виробу, цільового ринку і конкурентів, робляться грубі оцінки відносно розмірів ринку, ціни виробу, тривалості й вартості робіт зі створення новинки, вартість її виробництва і норми прибутків. Потім ці бланки передаються на розгляд комісії з нових виробів, мета якої – відібрати не лише вироби, які мають добрі ринкові перспективи, а лише ті, що підходять цій формі, узгоджується з її цілями, стратегічними установками й ресурсами. Багато фірм розробили спеціальні системи оцінки та відбору ідей (наприклад, табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Оцінка ідей нового виробу

Параметр	Оцінка, балів				Прийнятний бал
	5	4	3	2	
	Дуже висока	Висока	Низька	Дуже низька	
1. Тенденції ринку	Виникаючий	Зростаючий	Стабільний	У стадії занепаду	...
2. Строк ЖЦВ	10 і більше років	5...10 років	3...5 років	1...3 роки	...
3. Швидкість поширення	Дуже висока	Достатньо висока	Низька	Дуже низька	...
4. Фізичний потенціал ринку (штук)	Менше 10 000	Від 10 000 до 5000	Від 5000 до 1000	Менше 1000	...
5. Грошовий потенціал ринку (гривень)	1 млрд	Від 1 млрд до 500 млн	Від 500 до 100 млн	Менше 100 млн	...
6. Потреба покупців	Не задовольняється	Задовольняється погано	Задовольняється добре	Задовольняється дуже добре	...
7. Доступність ринку	Дуже легка	Легка	Погана	Дуже погана	...

Ідеї порівнюють за сумарною кількістю балів оцінки прийнятих параметрів. Чим більше балів має варіант ідеї, тим прийнятнішим з-поміж інших він є.

Точніше можна вибрати варіант ідеї, враховуючи значущість параметрів порівняння.

Бальну оцінку  $B_0$  в цьому випадку визначають за формулою:

$$B_0 = \sum_{i=1}^m Z_{ni} \cdot B_i,$$

де  $m$  – кількість параметрів оцінювання (за табл. 4.1  $m=7$ );

$Z_{ni}$  – значущість  $i$ -го параметра;

$B_i$  – бальна оцінка  $i$ -го параметра.

Значущість параметрів визначається методом експертних оцінок.

Найкращим варіантом є ідея, з найбільшим значенням бальної оцінки  $B_0$ .

Практика показує, що комерційного успіху досягають лише близько 1% попередньо запропонованих ідей, а з них комерційно успішними є 60%.

### 4.3. Задум виробу

Задум виробу – опрацьований варіант ідеї, виражений значущими для споживача поняттями, проектне завдання на розробку виробу.

При формуванні інженерного задуму новизна конструктивного виконання виробу зумовлюється, головним чином, новизною його споживчих властивостей. За критерієм новизни розрізняють два основні види виробів як об'єктів конструювання:

- **оригінальний виріб** – принципово новий виріб, для якого відсутні аналоги того ж конструктивного виконання і повного чи часткового набору споживчих властивостей (оригінальність виробу підтверджується виданим на нього патентом);

- **оновлений виріб** – виріб, конструктивне виконання якого піддається частковим змінам за збереження чи часткової зміни його споживчих властивостей.

Розрізняють такі різновиди оновленого виробу:

- **модернізований виріб** – оновлений виріб, розроблений на заміну виробу, який раніше перебував в експлуатації, шляхом часткової зміни його конструктивного виконання на основі новітніх науково-технічних досягнень, що володіє тими ж чи покращеними порівняно з вихідним виробом споживчими властивостями;

- **модифікований виріб** – оновлений виріб, розроблений для поширення сфери його використання на базі виробу, що перебуває у виробництві і володіє щодо нього додатковими споживачами властивостями;

- **удосконалений виріб** – оновлений виріб із незмінними порівняно з вихідним виробом споживчими властивостями, конструктивні зміни якого пов'язані з освоєнням прогресивної техніки, технології і матеріалів, винаходів і раціоналізаторських пропозицій.

Розробка технічної ідеї і формування інженерного задуму зазвичай відносяться до стадії розробки технічної пропозиції. Їх використання передбачає послідовне вирішення таких завдань:

- опис потреб і відповідної їм сфери раціонального застосування;

- виявлення і аналіз можливих конструктивних задумів, що реалізують раціональні способи задоволення потреб;

- виявлення найраціональнішої складальної компоновки об'єкта, який може бути використаний як основа для наступної детальної розробки його конструктивного виконання.

Основний задум виробу за відібраними перспективними ідеями розробляють, враховуючи:

- сегмент ринку, для якого створюється виріб;

- відповідність якісних параметрів виробу вимогам сегмента ринку;

- сумісність майбутнього виробу із середовищем його функціонування;

- головні переваги нового виробу над можливими виробами конкурентами;

- передбачувані зміни і розвиток системи збуту нового виробу;

- імовірні строки виходу нового виробу на ринок;
- можливі негативні наслідки виробництва, збуту та використання виробу (екологічні, соціальні тощо);
- загальні витрати на розробку, виробництво і збут виробу;
- прогнозовані ціни та прибутки.

Творча група з провідних фахівців підприємства та, за необхідності, зовнішніх консультантів вибирає комерційно перспективний виріб, відкривається фінансування і починається безпосереднє створення виробу.

Без якісного втілення навіть найкращий проєкт залишиться марним, а без чіткого організування виробництва – витрачається невиправдано багато часу і засобів на виготовлення.

Для аналізу конкретних вимог споживача до цього виробу розробник повинен враховувати відносну значущість критеріїв оцінки:

- вартість;
- економічність експлуатації;
- якість;
- розмір, габарити, потужність чи міцність;
- термін служби(довговічність);
- надійність в експлуатації;
- вимоги до обслуговування, його технологічність і простота;
- універсальність використання;
- дизайн;
- безпека експлуатації, охорона праці та здоров'я людини, охорона навколишнього середовища, тощо.

Природно, наведені критерії можуть вступати в суперечності, тому часто розробники змушені йти на компроміс. Так, наприклад, застосування товстішого металу для корпусу автомобіля збільшить термін служби машини і підвищить її безпеку, але призведе до її подорожчання і збільшення витрат пального.

Служба якості підприємства-виробника, разом із зацікавленими структурними підрозділами, проводить техніко-економічний аналіз з метою визначення можливостей діючого виробництва виготовляти виріб зі встановленими вимогами. При цьому також проводиться аналіз необхідних сировини, матеріалів та комплектуючих виробів для визначення можливостей забезпечення ними встановлених показників якості виробу, вибір постачальників та аналіз можливостей закупівлі.

На основі результатів техніко-економічного аналізу та звіту відділу-розробника, підприємство-виробник надає уточнені технічні вимоги до розроблюваного виробу, зокрема й вимоги безпеки, охорони праці та здоров'я людини, а також методи їх підтвердження(випробування), які повинні бути гармонізованими відповідно до міжнародних стандартів. Крім того, у технічних умовах (згідно з умовами контракту, договором, заявою замовника тощо) може бути вказано:

- комплектність конструкторської документації (КД);
- рівень технологічності конструкції в цілому та окремих складальних одиниць;
- необхідність проведення авторського нагляду за виготовленням та випробуванням дослідного зразка виробу;

- матеріалоемність, яка характеризує масу виробу без твердих, рідких, газоподібних та інших наповнювачів, що витрачаються під час експлуатації.

За задовільних результатів аналізу починають безпосередню розробку виробу.

Технічний рівень виробу визначається рівнем сукупності технічних властивостей (параметрів), які створюють його сукупну цінність.

Це можуть бути швидкісні, точнісні, габаритні, вагові, енергетичні характеристики тощо залежно від функційного призначення TS.

Наприклад, для TS звукозапису і відтворення це може бути обсяг інформації на одиницю площі поверхні носія (магнітної стрічки, магнітного диска), для TS обробки різанням – точність та економічність обробки, для TS транспортування людей – швидкість і комфортність переміщення.

Чим більше нових технічних рішень закладено в об'єкт, тим менше ризик застарівання та технічної невдачі через неможливість реалізації того чи іншого нового технічного рішення.

#### **4.4. Наукове дослідження**

Передумовою матеріалізації нових знань та ідей є наукове дослідження, на основі якого створюють досконаліші конструкції.

Ця стадія полягає у проведенні прикладних досліджень з метою перевірки правильності нових технічних рішень з удосконалення виробів, техніки, технології, складу застосовуваних матеріалів, організування виробництва та керування

Як складник системної технології науково-дослідне підготовлення виробництва включає такі завдання:

- приблизна оцінка технічної можливості здійснення запропонованої ідеї;
- вивчення можливості використання нових конструктивних рішень, нових матеріалів, технологій;
- прогноз обсягу попиту на майбутню продукцію і його розвиток;
- уточнення технічного завдання на розробку (модернізацію) виробу;
- уточнення множини умов та виконуваних функцій;
- розробка укрупненої моделі виробу;
- аналіз можливостей виробництва і збуту;
- аналіз намічених контрольних показників продажу, витрат та прибутку з метою встановлення відповідності задуму виробу та стратегії маркетингу цілям підприємства;
- визначення вимог споживачів до нового виробу;



- визначення місця нового виробу відносно тих, що вже мають ринкове визнання;
- визначення можливості створення у потенційних покупців стимулів для придбання нового виробу;
- виявлення і розв’язання можливих проблем юридичного характеру (патентної ситуації).

**Результат стадії: рішення** щодо доцільності створення та випуску нового виробу (рис. 4.7).

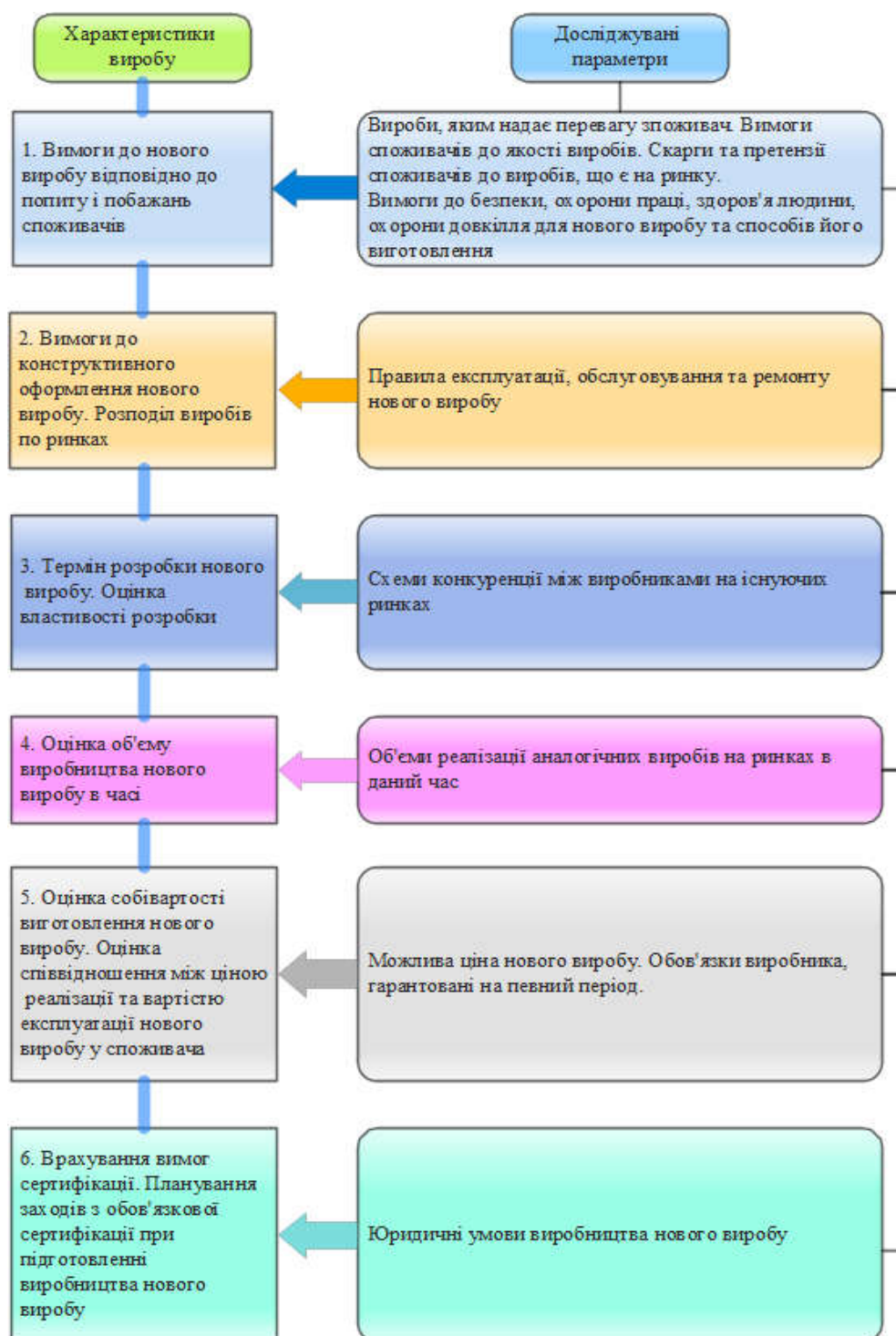


Рис. 4.7. Схема визначення доцільності створення та випуску нового виробу

У процесі НДР виконується проєкт виробу, на якому досліджуються деталі, складальні одиниці та машина загалом з метою вирішення проблемних питань, пошуку принципів проєктних рішень, дослідження нових можливостей і принципів функціонування нових розробок та отримання інформації для ДКР.

Дослідно-конструкторські роботи (ДКР) виконуються для розробки конструкторської документації з виготовлення дослідного зразка, на базі дослідження якого роблять висновок про можливість виготовлення виробу.

Чим ближче новий виріб до виробів наявного асортименту, тим менша потреба в дослідженнях.

В умовах швидкого розвитку техніки й ускладнення машин та вимог скорочення часу проєктних робіт можуть створюватись об'єкти ненадійні в експлуатації.

Виділяють три причини цього явища:

- 1) недостатність часу і коштів на НДР і ДКР;
- 2) недостатньо повні дослідження об'єкта в умовах впливу зовнішнього середовища;
- 3) компонування об'єкта з уніфікованих вузлів із різним ступенем надійності, що зменшує його загальну надійність.

#### **4.5. Інноваційна діяльність**

З огляду на те, що розробка нового виробу (від зародження ідеї до моменту одержання чистого прибутку) здійснюється протягом декількох років, підприємство значною мірою зацікавлене у скороченні цього періоду, прагне всіляко прискорити хід процесу, не допускаючи, однак, надмірного ризику. Крім того, необхідно враховувати, що нові вироби легше освоюються, якщо вони аналогічні попереднім за виробництвом і збутом. Набагато складніше з продукцією, з виробництва якої підприємство не має досвіду і знань.

Процес створення нової продукції є складним комплексом різних видів діяльності, основним з яких є інноваційна діяльність підприємства.

**Інноваційна діяльність** – це процес системного застосування науково-технічних, виробничих, управлінських, фінансово-збутових та інших заходів, спрямований на створення, використання і поширення нововведень (нових видів виробів, технологій, організаційних форм, послуг) з метою отримання конкурентних переваг та збільшення прибутковості свого виробництва.

Це складний і не позбавлений ризику системний процес, який визначається технічними, фінансовими, економічними та соціальними передумовами та охоплює всі функційні сфери: планування, наукові дослідження, розробку виробів і технологій, виробництво, маркетинг.

Іншими словами – це комплекс робіт від отримання нового теоретичного знання до використання споживачем його матеріального втілення в продукті (послузі).

Головною метою інноваційної діяльності є функція зміни. Результатом інноваційного процесу є новина. Впроваджену у практику новину називають нововведенням, або інновацією.

Під інновацією розуміють цілеспрямовану зміну об'єкта, для досягнення стратегічних цілей і одержання корисних технічних, економічних, соціальних чи економічних результатів.

Інноваційний процес починається з визначення мети, впровадження новини, обґрунтування завдань і шляхів їх вирішення цією новиною.

Це важливий етап, оскільки будь-яке нововведення потребує значних капітальних вкладень і матеріальних ресурсів.

Після обґрунтування нового виробу, конструкції, процесу виконують маркетингові дослідження для оцінки попиту на нові продукти, визначення приблизного його випуску, дослідження запитів споживачів щодо властивостей та характеристик нового товару. Досліджуються зовнішнє і внутрішнє середовища підприємства-виробника, його сильні та слабкі сторони, можливості та ризики.

Наступний етап – виробництво інноваційного товару, що включає конструкторське і технологічне підготовлення виробництва, експериментальне виробництво тощо.

Після завершення цього етапу здійснюють продаж та просування на ринок невеликої партії нового товару. Цей комплекс включає також рекламу, організування торгівлі, дослідження ефективності цих процесів.

Інноваційний процес завершується поширенням основної інновації на нових ринках і регіонах (дифузія інновацій).

За рівнем своєї дії на споживачів розрізняють **нововведення радикальні**, які відкривають принципово нові практичні засоби і можливості задоволення потреб та **нововведення модифікуючі**, що забезпечують вдосконалення існуючих практичних засобів задоволення потреб.

Нововведення поділяють також на технічні, технологічні, соціально-економічні та керівні (рис. 4.8).

**Технічні нововведення** проявляються як у нових виробках, так і у знаряддях їх виготовлення.

**Технологічні нововведення** – це нові способи виробництва старих чи нових виробів, шляхом створення і застосування нової технології чи робочого процесу.

**Новітній робочий процес** – це новий спосіб взаємодії робочого інструменту і предмета праці.

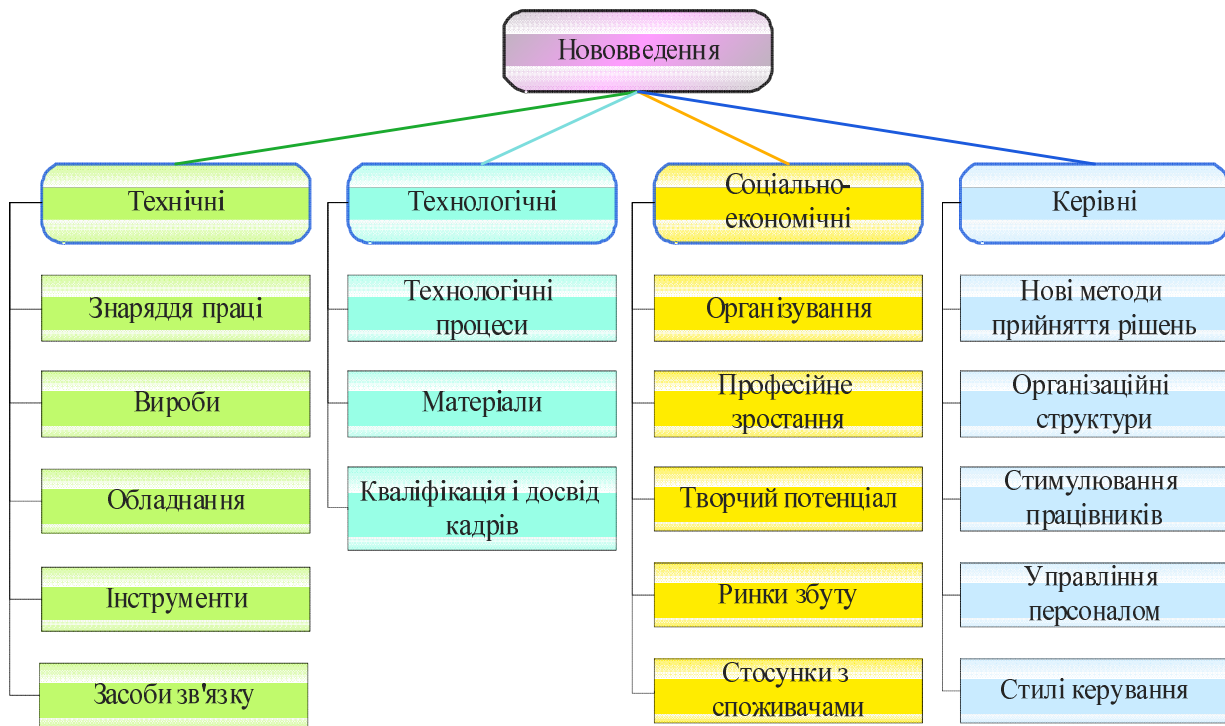


Рис. 4.8. Сфери здійснення інноваційних процесів

Результатом технологічних нововведень переважно є швидке й суттєве підвищення продуктивності праці. Технологічні нововведення можуть давати також гарний комерційний ефект (зростання обсягу продажу виробів, можливість підвищення ціни тощо). Для виробництва однаково важливі оновлення як продукції, так і технології, тобто «симетричність» двох напрямів науково-технічного прогресу окремої галузі або підприємства.

**Соціально-економічні нововведення** – це нові форми активізації людської діяльності, нові форми і методи організування виробництва та економічної діяльності.

**Керівні нововведення** – це нові методи прийняття рішень та керування персоналом в умовах нових організаційних структур.

Двома важливими характеристиками нововведення являється його новизна (науково-технічний аспект) і комерційний успіх (економічний аспект).

**Новизна** нововведення визначається ступенем новизни втілених знань: нововведення на базі відомих, чи на базі невідомих законів, закономірностей, ефектів. Рівень новизни є основним критерієм ефективності нововведень.

Кожне нововведення «порушує» налагоджену, випробувану й виправдану діючу систему виробництва і збуту продукції чи організування підприємства.

Виникнення нововведення не носить випадкового характеру, а починається, коли створені певні умови для реалізації нової ідеї: суспільна потреба, певний рівень знань, можливості матеріальної реалізації (рис. 4.9).

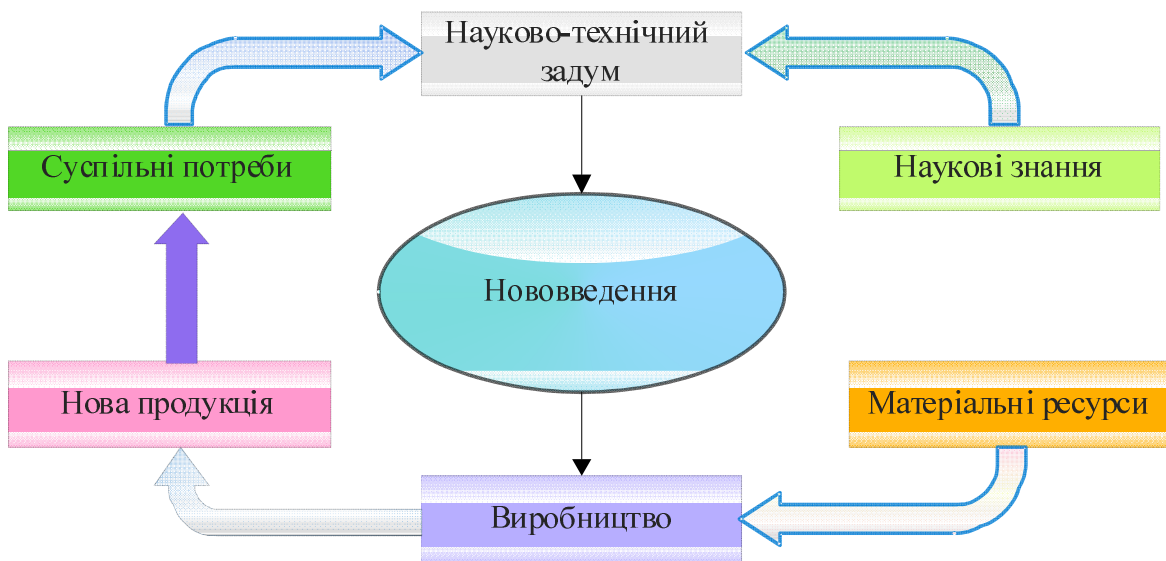
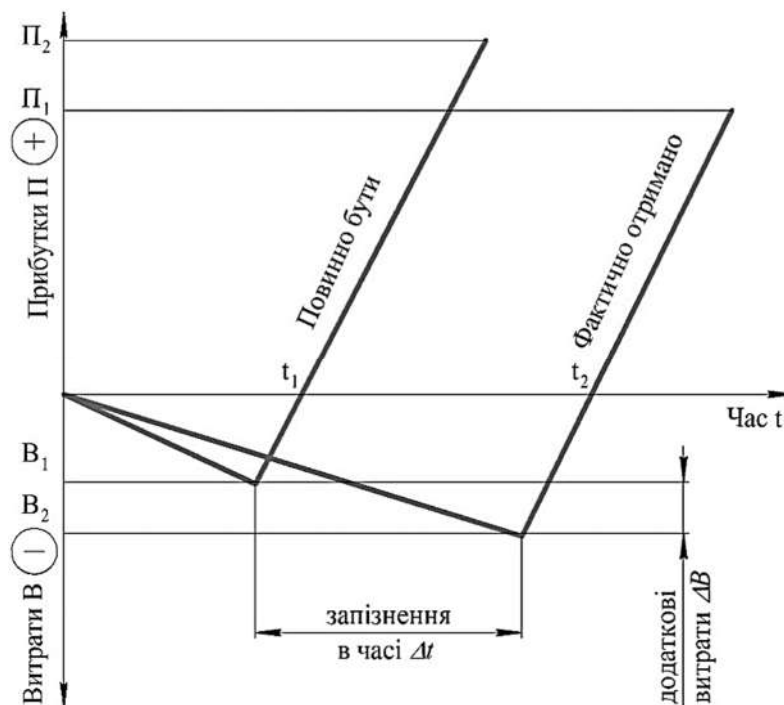


Рис. 4.9. Схема виникнення нововведення

Принципова особливість сучасного виробництва – різке скорочення періоду виготовлення нових виробів. Відомо, що ЖЦ нововведень кожні 20 років скорочується приблизно у двічі, і тепер становить, наприклад, для машинобудування 7...8 років. Темпи ж морального старіння виробів зростають удвічі кожні п'ять років.

Тому необхідно своєчасно створювати нові вироби й організовувати їх виробництво з урахуванням зміни смаків, технологій, конструкцій (рис. 4.10).



Рису. 4.10. Витрати і прибуток від запізнення дії

Одним із головних показників конкурентоспроможності підприємства є оновлюваність продукції, яка відображає частину нової продукції в загальному обсязі продажу.

У процесі впровадження нововведення воно удосконалюється конструктивно, технологічно й економічно, зменшується міра його негативних впливів на людину та довкілля. Основна мета всіх цих заходів полягає в тому, щоб суттєво знизити витрати на виробництво й експлуатацію нововведення і тим самим підвищити його загальну ефективність і час експлуатації.

У цей час виробник здійснює комплекс заходів щодо відпрацювання технології та підготовки персоналу для випуску продукції зі стабільними показниками якості. Одночасно розробляють заходи щодо збуту – від реклами до сервісного обслуговування.

Протягом цієї стадії на основі стабільного виробництва та чітко розробленої стратегії збуту забезпечується широке й ефективне використання нововведення. Темп розповсюдження нововведення визначається багатьма чинниками, які залежать як від характеру нововведення, так і від об'єму інвестицій і здатності ринку до сприйняття цих нововведень.

Щоб зберегти конкурентоспроможність, будь-яка сучасна фірма повинна постійно й ефективно вести інженерні розробки, проектування і створення нових виробів.

#### **4.6. Спроможність до нововведень**

Для визначення свого призначення і місця на ринку підприємство повинно правильно оцінювати свої можливості і постійно збагачувати свій ресурсний потенціал. Виявлення потенціалу виконується для порівняння можливостей підприємства з його цілями.

Спроможність до нововведення характеризується готовністю всіх видів ресурсів підприємства до цих нововведень.

Так, **технічна спроможність** полягає в відповідності потрібних технологій, устаткування та оснащення чи технічної можливості їх придбання у визначені терміни.

**Організаційна спроможність** до нововведень забезпечується наявністю відповідних організаційних структур і чіткої їх взаємодії між собою та іншими структурними підрозділами підприємства в оперативному вирішенні інноваційних проблем.

**Фінансова спроможність** – наявність відповідних фінансів для інвестування досліджень, розробки, виготовлення, та просування інновації на ринок чи придбання ліцензії.

**Кадрова спроможність** – наявність кваліфікованого кадрового потенціалу (як інженерного, так і виробничого) та відповідних технічних, технологічних і виробничих знань.

З кадровою спроможністю тісно зв'язана психологічна готовність до нововведень: володіння розробниками сучасними методами пошуку нових технічних рішень і подолання психологічної інерції мислення, наявність мотивації тощо.

Робота із забезпечення спроможності підприємства до нововведення повинна проводитися не епізодично, а постійно на всіх рівнях ієрархії керівництва.

Спроможність підприємств повинна відповідати конкретній ринковій ситуації і визначається так (рис. 4.11):

- 1) на основі прогнозів визначають майбутній попит на продукцію “ПП”;
- 2) порівнюють існуючу спроможність із прогнозованим майбутнім попитом: визначають їх відповідність, яка може бути – недостатньою, достатньою і надмірною;
- 3) за недостатньої або надмірної спроможності виконують аналіз можливих альтернатив і приймають найраціональнішу;
- 4) розробляють план (з часовим графіком) розширення чи скорочення виробництва.

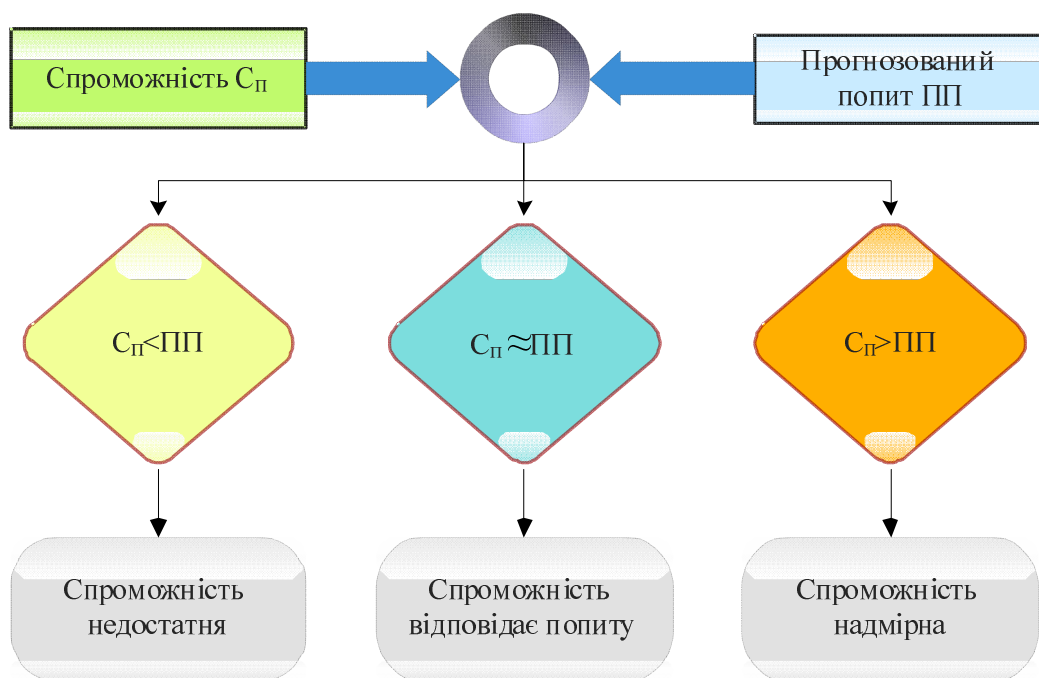


Рис. 4.11. Схема визначення рівня спроможності виробництва

Прийняття рішення включає чималий ризик. Коли спроможність відстає від попиту ( $C_{п} < ПП$ ) – це вимагає менших інвестицій, і тому забезпечує більшу їх поверненість. Але існує небезпека втрати обсягу можливого продажу і зменшення своєї частки ринку.

Коли спроможність приблизно відповідає попиту ( $C_{п} \approx ПП$ ), то через нерівномірність його зміни в часі це може вести як до надмірної, так і до недостатньої спроможності. Якщо спроможність іде попереду попиту ( $C_{п} > ПП$ ), то така дода-



ткова здатність збільшує суму зв'язаних коштів, підприємство може надати кращий сервіс споживачам або поставити себе у краще становище, переманивши споживачів від конкурентів, що не мають запасів. Однак можливі збитки якщо попит "ПП" буде менше прогнозованого.

Виявлення спроможності до нововведень здійснюється шляхом збирання інформації про наявну спроможність за кожним з її видів.

Так, оцінювання технологічної спроможності здійснюється через оцінювання якості функціонування діючих технологічних процесів та ефективності технологічних заходів (рис. 4.12).

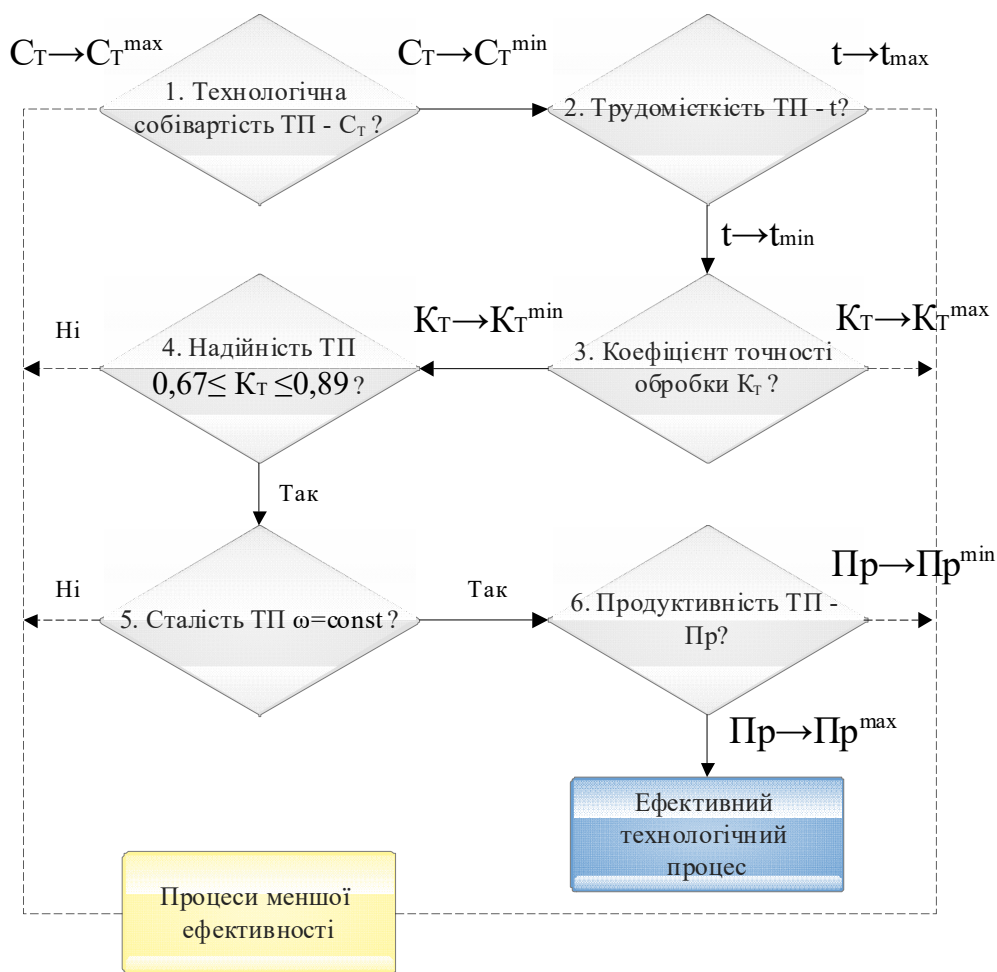


Рис. 4.12. Схема алгоритму визначення за типовими критеріями ефективності функціонування технологічного процесу

Функціонування ТП підкоряється певними закономірностями, знання яких необхідне для прогнозування і керування цим процесом. Виявлення цих закономірностей являється однією з найважливіших складових частин аналізу ТП при оцінці технологічної спроможності.

Для порівняння можливостей надбання з цілями підприємства здійснюють його інвентаризацію (ревізію).



Інвентаризація включає:

1. Складання переліку всіх технологій, компетенцій, навичок, які має підприємство в усіх областях діяльності від розробки до післяпродажного обслуговування виробів. До переліку включають ТП за видами виробництва, які використовуються у виробництві цього виробу чи типового представника (заготівельне виробництво, механооброблення, складання, випробування, обслуговування).

2. Побудову «дерева» за областями діяльності, яке дозволяє оцінити спроможність підприємства їх контролювати.

3. Атестацію технологічних процесів.

Для цього технології поділяють на основні, допоміжні, перспективні та базові.

**Основні технології** – технології, які визначають спеціалізацію підприємства, являються основою його майбутнього розвитку (технології основного виробництва).

**Допоміжні технології** – технології, що належать до допоміжних видів діяльності підприємства (технології допоміжного виробництва).

**Перспективні технології** – технології, що є основою конкурентоспроможності підприємства. Вони забезпечують його спроможність захищати конкурентні переваги, що надаються технологією, на вибраних підприємством ринках.

Розглядаючи масив перспективних технологій, аналізують потенціал їх розвитку. За цією ознакою технології поділяють на **зрілі (відживаючі) та нові (з високим потенціалом розвитку)**. Слід зазначити, що між зрілими і новими перспективними технологіями існують різноманітні проміжні види.

**Базові технології** – це технології, які включають мінімум компетенції, необхідних підприємству для виконання свого функційного призначення. Базовими технологіями володіють усі конкуренти, тому підприємство повинно слідкувати, щоб ступінь їх досконалості був не нижче, ніж у конкурентів, тобто технологія повинна бути конкурентоспроможною.

Інвентаризація і класифікація технологій, компетенцій, навичок допомагають підприємству краще зрозуміти власну суть, виявити джерела конкурентних переваг, вибрати відповідну організаційну структуру.

Інвентаризація дає підприємству також можливість оцінити свій конкурентний стан. Конкурентний технологічний потенціал підприємства визначають на основі матриці “прогресивність – зрілість ТП”. Така оцінка здійснюється, зазвичай, експертами підприємства, а в разі непорозуміння між ними – зовнішніми експертами.

#### 4.7. Життєвий цикл інновації

Життєвий цикл інновації – це період від зародження ідеї до утилізації інноваційного продукту.

Життєвий цикл інновації (рис. 4.13) складається з періодів теоретичних і прикладних досліджень, розробки, освоєння і використання науково-технічної ідеї, покращення техніко-економічних параметрів виробів, що випускаються, їх експлуатації і обслуговування та закінчується утилізацією і заміною якісно новими виробом.

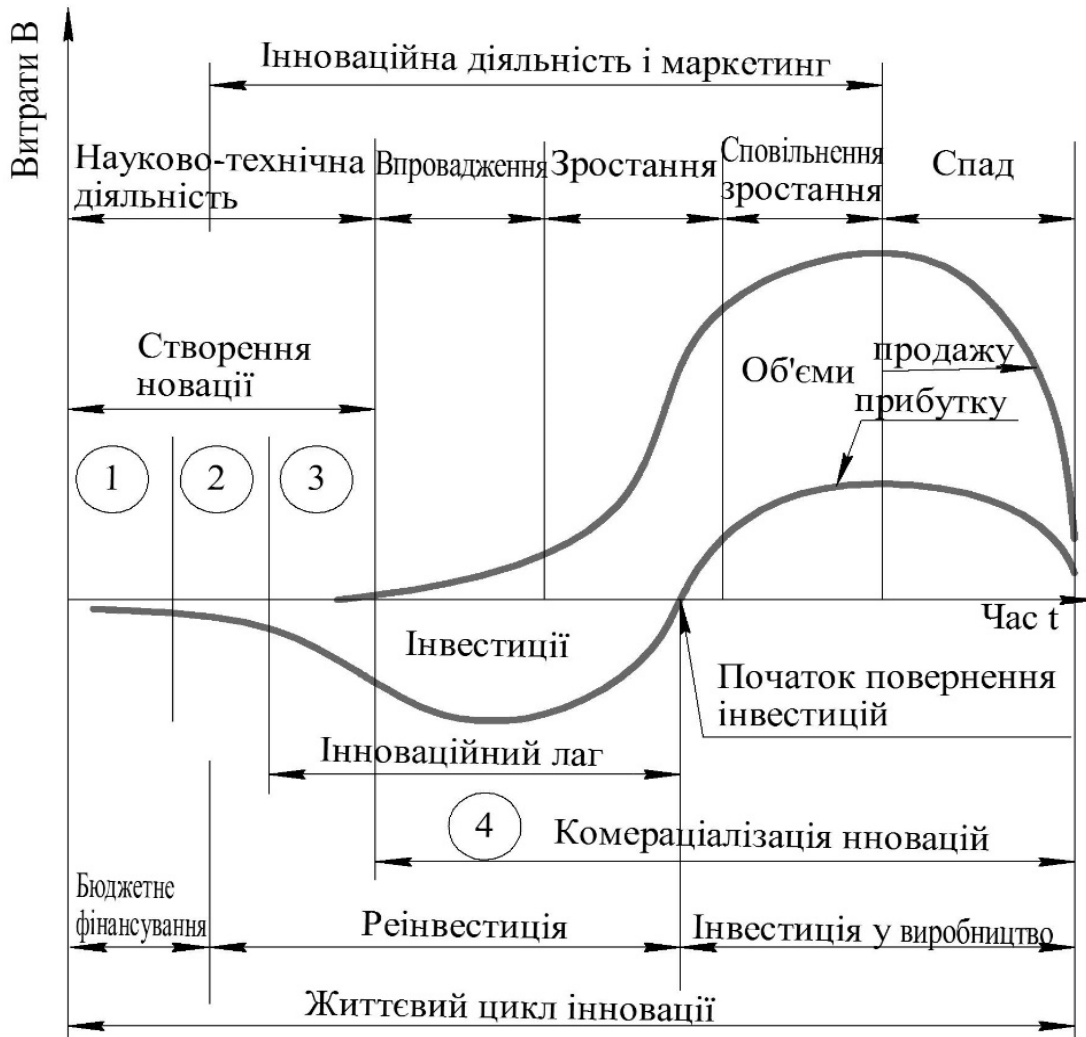


Рис. 4.13. Структура інноваційного процесу:  
стадія 1 – теоретичні дослідження; 2 – пошукові дослідження;  
3 – дослідно-конструкторські роботи

Чим складніше виріб тим більше потрібно нововведень для його створення і ще більше коштів необхідно для розробки нововведень.

Процес створення інновації пов'язаний з дослідженнями різного виду.

**Теоретичні (фундаментальні) дослідження (ТД)** – полягають у відкритті сутності і дії природних процесів для використання в практичних розробках.

**Пошукові дослідження (ПД)** спрямовані на виявлення можливостей і умов використання наукових ідей для прикладних робіт.

Результатами ПД є відкриття і винаходи.

**Науково-дослідні роботи (НДР)** – прикладні дослідження, результати яких є основою розробки принципової схеми конкретного виробу.

**Дослідно-конструкторські роботи (ДКР)** спрямовані на матеріальне втілення результатів і рекомендацій (НДР) у вигляді зразків нового виробу та відповідної конструкторської документації.

Процес виведення новації на ринок називають **комерціалізацією**. З моменту ухвалення рішення про комерціалізацію наукової ідеї (новації) останню починають трактувати як інновацію, тобто нововведення. До нововведення належать нові конструкції, нові технології, нові матеріали, нові методики, нові послуги тощо. Процес комерціалізації наукової ідеї потребує витрат часу та капіталу (інвестицій). Час від появи наукової ідеї до виведення інновації на ринок, або, інакше кажучи, тривалість процесу перетворення наукової ідеї (новації) в товар, називають **інноваційним лагом**. Товар з позиції маркетингу трактується як будь-який продукт, метод тощо, який задовольняє певну потребу й може бути реалізованим (проданим) на ринку зовнішнім споживачам.

Зміна продукції, підвищення її якості і конкурентоспроможності здебільшого поєднані з інноваціями технологічних процесів, використовуваних матеріалів, сировини, необхідністю підвищення кваліфікації працівників тощо.

Тривалість життєвого циклу інновації  $T_{жці}$  може бути представлена сумою тривалості етапів циклу у вигляді залежності:

$$T_{жці} = T_{іл} + T_{св} + T_{сп},$$

де  $T_{іл}$  – тривалість інноваційного лагу, який передуює поширенню виробу на ринку, тобто період між появою нового виробу та окупністю витрат на його розробку і впровадження;

$T_{св}$  – тривалість серійного виробництва;

$T_{сп}$  – тривалість спаду та зняття виробу з виробництва.

Тривалість інноваційного лагу визначається так

$$T_{іл} = T_{ндр} + T_{дкр} + T_{пв},$$

де  $T_{ндр}$  – тривалість науково-дослідних робіт;

$T_{дкр}$  – тривалість дослідно-конструкторських робіт;

$T_{пв}$  – тривалість підготовки виробництва та виведення виробу на ринок.

Тривалість науково-дослідних робіт визначає залежність

$$T_{ндр} = \frac{T_{дп}}{K_y \cdot K_\phi},$$

де  $T_{дп}$  – тривалість дослідної підготовки (2...3 місяці);

$K_y$  – коефіцієнт, що враховує долю  $T_{дп}$  у структурі часу на НДР загалом ( $K_y = 0,15 \dots 0,30$ );

$K_\phi$  – коефіцієнт, що враховує фактичну трудомісткість НДР порівняно з нормативними даними ( $K_\phi = 0,8 \dots 0,9$ ).

Інші складові визначаються за середньостатистичними співвідношеннями

$$\begin{aligned}T_{дкр} &= (0,88 \dots 0,92)T_{ндр}; \\T_{св} &= (1 \dots 3)T_{іл} \text{ або } T_{св} = (3 \dots 8) T_{пв} ; \\T_{сп} &= (0,14 \dots 0,18)T_{в} \text{ (час виробництва).}\end{aligned}$$

Тривалість  $T_{пв}$  розраховується як сума складників

$$T_{пв} = T_{птв} + T_{осв} + T_{ма},$$

де  $T_{птв}$  – тривалість технологічного підготовки виробництва;

$T_{осв}$  – тривалість освоєння виробництва;

$T_{ма}$  – тривалість пробного маркетингу.

$$T_{птв} = (0,42 \dots 0,46)(T_{ндр} + T_{дкр});$$

$$T_{осв} = (0,18 \dots 0,20)T_{птв};$$

$$T_{ма} = (0,07 \dots 0,10)(T_{птв} + T_{осв}).$$

Розрахункові значення тривалостей етапів округлюються до цілого числа місяців. Перевіркою правильності обрання статистичних співвідношень при визначенні  $T_{св}$  може бути порівняння розрахункових тривалостей  $T_{ма}$ ,  $T_{св}$ , та  $T_{сп}$  із прогнозованою тривалістю періоду прибутковості ( $T_{пр}$ ):

$$(0,3 \cdot T_{ма} + T_{св} + 0,7 \cdot T_{сп}) \geq T_{пр}.$$

Показник  $T_{пр}$  розраховується за формулою:

$$T_{пр} = T_{жцв} \cdot \gamma_{пр},$$

де  $\gamma_{пр}$  – очікувана питома значущість періоду прибутковості у структурі життєвого циклу виробу, яка визначається за методом трьох оцінок;

$\gamma_{п1}$  – песимістична оцінка;

$\gamma_{п2}$  – наймовірніша оцінка;

$\gamma_{п3}$  – оптимістична оцінка.

$$\gamma_{пр} = \frac{\gamma_{п1} + 4 \cdot \gamma_{п2} + \gamma_{п3}}{6}.$$

Значення  $\gamma_{пр}$  прогнозується з точністю до другого знаку після коми.

#### 4.8. Інноваційні стратегії

Критерії ефективності створення нових видів продукції можна розділити на три основні категорії:

- швидкість і частота виходу нової продукції на ринок;
- продуктивність створення нової продукції;
- якість реально виведеної на ринок продукції.

У сукупності всі ці критерії – час, продуктивність і якість – визначають загальну ефективність процесу створення нової продукції, а в комбінації з іншими видами діяльності (збуту, виробництва, реклами й обслуговування споживачів) – ступінь впливу конкретного проекту на ринок.

Зазвичай використовують паралельно-послідовне організування інноваційного процесу, що дозволяє скоротити рівень витрат і на 15-20 % строки проведення робіт у порівнянні з послідовним організуванням. Крім того, паралельно-послідовне організування робіт дозволяє значно зменшити обсяг доопрацювання на етапі виготовлення дослідного зразка.

Виходячи з конкретних економічних обставин, цілей підприємства стосовно певних виробів, ринків, дій конкурентів тощо, воно вибирає той чи інший тип інноваційної стратегії (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Модифікації інноваційної стратегії підприємства

Вид стратегії	Сутність	Умови застосування
Традиційна	Підприємство прагне лише до підвищення якості виробів, що випускаються	Нормально функціонуюче підприємство
Опортуністська	Підприємство шукає виріб із малими витратами на розробку і дослідження, щоб протягом визначеного часу бути одноосібно присутнім на ринку	Технічна й організаційна гнучкість
Імітаційна	Імітація захищених патентом інновацій, або їх здобуття в інших. Радикальна форма – придбання підприємства-новатора	Наявність потужних конструкторських і технологічних відділів, спроможних у максимально стислі терміни здійснити імітацію. Наявність міцної системи збуту і міцного фінансового потенціалу
Залежна (оборонна)	Швидке придбання права на інновації, які вже довели свою ефективність	Інноваційна залежність від підприємства-новатора. Доцільність пристосовувати інновацію до цілей підприємства
Наступальна	Намагання бути першим на ринку	Великі інвестиції в НДР і ПКР. Висока кваліфікація виконавців. Готовність ризикувати. Великі корпорації і фірми

Відомо, що інноваційні процеси вимагають ресурсів і компетенції, які часто не-  
посильні для окремо взятого підприємства, але посильні для об'єднання. Тому остан-  
нім часом поширюються нові форми інноваційної діяльності – кластерні об'єднання.

Кластер (англійське *cluster*) – буквально гроно, букет, група, скупчення  
об'єктів, тобто об'єднання окремих частин у єдине ціле для виконання певної фу-  
нкції, або реалізації певної мети.

Кластерне об'єднання (кластер) – це локалізована територіально-виробнича  
форма добровільного об'єднання взаємодіючих суб'єктів господарювання, прива-  
тного сектору, банківських структур, освітніх закладів, органів влади та суміж-  
них, допоміжних, конструкторських, інноваційних організацій, об'єктів інфра-  
структури для виробництва конкурентоспроможних виробів та послуг, які мають  
суттєву соціально-економічну значущість для регіону.

Кластери, зазвичай, розміщують в певному регіоні, з легкодоступними кому-  
нікаціями, логістикою та людськими ресурсами, а іноді – в окремому промисло-  
вому місті.

Основна мета кластера – збільшити внутрішню і міжнародну конкурентоспро-  
можність його членів за рахунок інновацій та наукових досліджень, освіти, пов'яза-  
них спільними технологіями та навичками, які взаємодоповнюють один одного.

На сьогодні кластерні об'єднання одна з найефективніших форм організу-  
вання інноваційних процесів, форм регіонального розвитку, за якої на ринку кон-  
курують не окремі підприємства, а цілі комплекси, які скорочують свої витрати  
завдяки спільній технологічній корпорації підприємств.

#### **Позитивні характеристики кластерної взаємодії:**

- узгоджена стратегія розвитку відповідно до інтересів кожного з учасників;
- зростання продуктивності;
- підвищена сприйнятливість до інновації та високої спеціалізації;
- кооперація між підприємствами, державним сектором та університетами й дослідницькими центрами;
- розширений доступ до ринків збуту, послуг та спеціалізованих постачаль-  
ників;
- розширений доступ до кваліфікованої робочої сили та технологічних знань;
- більша гнучкість дій;
- більша ефективність спільної діяльності через поєднання капіталів учасників.

#### **Можливі труднощі впровадження:**

- регіональна ізоляваність і замкнутість;
- технологічна слабкість освітніх закладів;
- нестача кваліфікованої робочої сили тощо;
- фінансова нестабільність та брак власних коштів промислових підприємств;

- високі кредитні ставки банків;
- слабкий розвиток довгострокового кредитування;
- недостатнє стимулювання інноваційної діяльності;
- слабка мотивація інноваційної діяльності тощо.

Застосування кластерного підходу – **необхідна умова** для підвищення ефективності інноваційного процесу, рівня економічного розвитку і конкурентоспроможності регіону, особливо за всезростаючої глобалізації та конкуренції, коли на перший план виходить володіння якісно новим видом ресурсів: інноваціями, інформацією та інтелектом.

Останнім часом кластерна регіональна політика стала в західних країнах ефективним засобом економічного розвитку регіонів та зростання зайнятості, що особливо актуально в умовах європейської інтеграції нашої країни.

Життя ділового світу, ринкові відносини, гостра конкурентна боротьба вимагають нового підходу до нововведень. Від епізодичного його створення необхідно переходити до систематичної, цілеспрямованої розробки і впровадження.

Як показує закордонний досвід, такий підхід стає визначальним елементом конкурентної боротьби за ринки й забезпечує лідерство в галузі та високі прибутки.

## **Підсумки**

1. Створення виробу починається з генерації ідеї виробу-загального уявлення про можливий виріб, який підприємство могло б запропонувати ринку.
2. Джерелами ідей створення виробу-новинки можуть бути споживачі, вчені та винахідники, матеріали виставок, торгівельний персонал та дилери тощо.
3. Використання об'єктивних законів розвитку технічних систем для генерації ідеї та розробки нових виробів дозволяє на основі прогнозу формулювати завдання на поліпшення визначених показників системи.
4. За типовими етапами ЖВЦ основні закони розвитку TS об'єднують у три блоки: виникнення та формування TS, розвитку TS, завершення розвитку та перехід до нової системи.
5. Знання законів розвитку TS дозволяє швидше і правильніше розв'язувати завдання технічного підготовки виробництва нового виробу.
6. Щоб якомога раніше виявити й відсіяти непридатні ідеї, відбирають не тільки вироби, що мають добрі ринкові перспективи, а й ті, що узгоджуються з цілями і ресурсами виробника.
7. Розроблено багато різноманітних методів оцінки й відбору ідей нового виробу.
8. Опрацьований варіант ідеї, виражений значущими для споживача поняттями, є проєктним завданням на розробку виробу.
9. Новизна конструктивного виконання виробу зумовлюється, головним чином, новизною його споживчих властивостей що визначає його вид виробу: оригінальний або оновлений (модернізований, модифікований, удосконалений).
10. Передумовою матеріалізації нових знань та ідей є наукове дослідження правильності нових технічних рішень.
11. Системний процес, спрямований на якісне вдосконалення нових виробів, технологій, організаційних форм називають інноваційною діяльністю.
12. Розрізняють нововведення технічні, технологічні, соціально-економічні та керівні.
13. Спроможність до нововведення характеризується готовністю до них всіх видів ресурсів підприємства.
14. Вирізняють технічну, організаційну, фінансову й кадрову спроможності до нововведень.
15. Життєвий цикл інновації – це період від зародження ідеї до утилізації інноваційного продукту.



*16. Існують традиційна, опортуністська, імітаційна, залежна та наступальна стратегії інноваційної політики підприємства.*

*17. Життя ділового світу, ринкові відносини, гостра конкурентна боротьба вимагають систематичної, цілеспрямованої розробки і впровадження нововведень.*

*18. Необхідною умовою підвищення ефективності інноваційного процесу, економічного розвитку і конкурентоспроможності є створення кластерних об'єднань.*



## РОЗДІЛ 5

### ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Проектування** – складний творчий процес, інваріантний до різних видів виробів і їх складності.

Процес проектування TS являє собою сукупність процедур обробки інформації, результатом якої виникає кінцевий продукт – проект TS.

Проектування вимагає від фахівця, крім спеціальних предметних знань, також знань правил і засобів використання проектних процедур, включаючи ІТ-технології, на всіх етапах ЖЦВ.

Значна частина проектних процедур є типовими і використовуються для проектування багатьох типів TS. До таких належать процедури аналізу і синтезу. Синтез передбачає створення опису TS.

Аналіз TS – проектна процедура з визначення властивостей проектованої системи і дослідження її працездатності. Більшість завдань аналізу зводяться до розв’язання систем рівнянь, які описують моделі процесу функціонування TS.

Будь-який об’єкт можна описати як систему функцій, які ними і його елементами виконуються, і як систему структурних елементів.

Відповідно розрізняють функційну і технічну (геометричну) структури об’єкта, які графічно відтворюють взаємозв’язок функцій для виконання об’єктом його функційного призначення та взаємозв’язок структурних елементів об’єкта.

Структури можуть бути описані як сукупності множин:

- функційна  $S_f = (\{F\}, \{K\})$ ,

де  $\{F\}$  – множина функцій;

$\{K\}$  – множина відношень між функціями:

- технічна  $S_T = (\{E\}, \{R\})$ ,

де  $\{E\}$  – множина конструктивних елементів;

$\{R\}$  – множина геометричних (розмірних) відношень між елементами.

Тому процес проектування технічного об’єкта поділяють на функційне проектування, за яким формується принцип його функціонування, та технічне проектування, коли на основі обраного принципу функціонування створюється конструкція технічного об’єкта.

**Проектування** – багатоваріантний ітераційний процес створення в заданих умовах ще неіснуючого об’єкта та алгоритму його функціонування за заданими його характеристиками і властивостями (функційним призначенням).

**Конструювання** – це процес створення конкретної, однозначної конструкції об’єкта. Конструювання спирається на результати проектування і уточнює всі інженерні рішення, прийняті при проектуванні.

Конструкція установлює спосіб з'єднання і взаємодії складників виробу та їхній матеріал, зображення виробу, розраховується система розмірів з допустимими відхиленнями, технічні вимоги до виробу і його складників, створюється технічна документація.

**Проектування** як складник системної технології ЖЦВ включає:

- конструювання виробів та інших технічних систем, призначених для задоволення потреб зовнішнього середовища їх функціонування;
- порівняння за допомогою макетів, дослідних зразків, комп'ютерних та інших моделей різних альтернатив побудови чи удосконалення TS і вибір однієї з них;
- розробку й узгодження проектною і конструкторською документації, призначеної для освоєння у виробництві чи для удосконалення існуючої TS на будь-якій із стадій її ЖЦ;
- розробку проекту модернізації чи реконструкції виробничої системи і її складників та організаційних структур для виготовлення нового виробу.

Результатом проектування є проект практичного створення чи удосконалення TS на стадіях її ЖЦ.

Процес проектування виробу повинен бути системним і мати чотири рівні ієрархії: рівень системи, в яку буде входити виріб як її складник (надсистема – середовище функціонування виробу), рівень виробу, рівень складальних одиниць і рівень деталей виробу.

У першому випадку розглядається взаємодія розроблюваного виробу з його зовнішнім середовищем функціонування. Таке проектування об'єкта називають зовнішнім, а його результатами є сукупність функційних характеристик, необхідних для досягнень цілей тієї системи, в яку розроблювальний об'єкт входить складником.

У другому випадку розроблювальний об'єкт розглядається як система елементів. Розглядаються як самі елементи, так і зв'язки між ними. Таке проектування об'єкта називають **внутрішнім**.

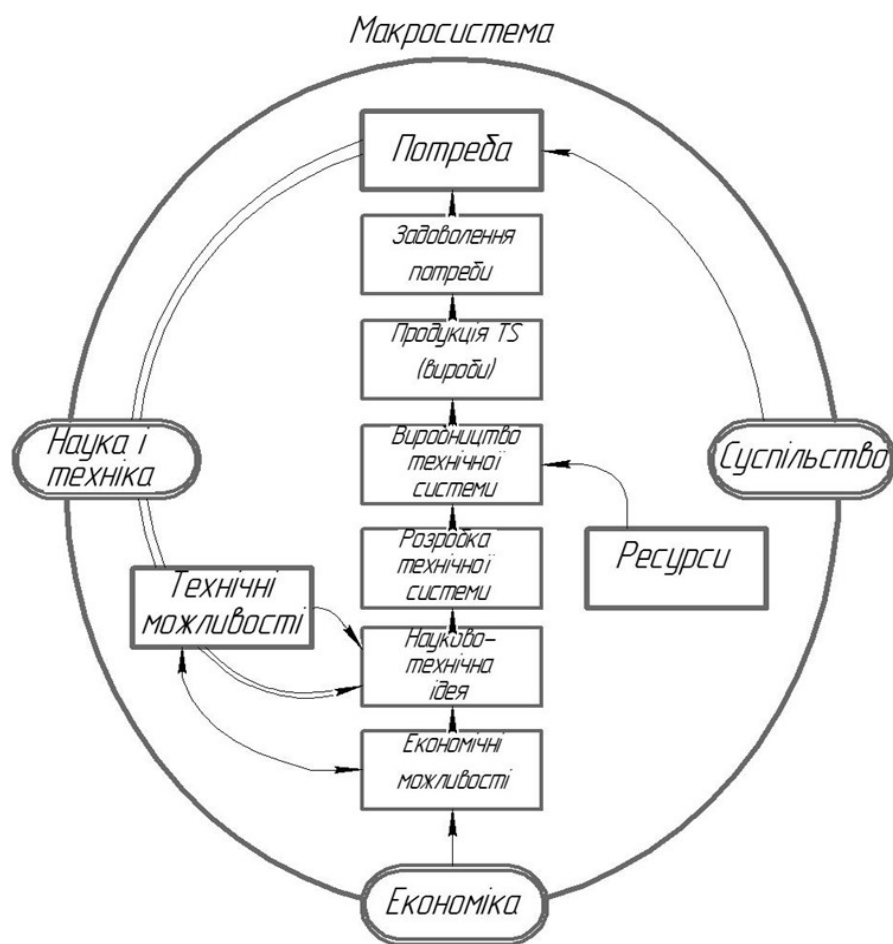
Завдання внутрішнього проектування підпорядковані завданням зовнішнього проектування і полягають у визначенні такого принципу дії, структури і сукупності значень параметрів об'єкта, за яких забезпечуються функційні характеристики розроблюваного об'єкта не нижче заданих.

З огляду на вищезазначене, проектування машини поділяється на функційне проектування, за яким формується принцип її функціонування, та технічне проектування, за яким на основі обраного принципу функціонування створюється конструкція машини чи її складальної одиниці, або деталі.

Організування конструкторського підготовки виробництва на підприємстві може здійснюватись за двома напрямками: шляхом виконання всіх основних робіт, пов'язаних із розробленням нових і модернізацію діючих виробів безпосередньо на підприємстві, або через укладення договору на підготовку технічної

документації з організацією-розробником і доопрацювання та корегування її до умов підприємства.

Конструюючи виріб, необхідно враховувати потрібний рівень якості, який, з одного боку, повинен цілком задовольняти споживача, а з іншого – забезпечувати досить низьку собівартість продукції та ефективне використання наявних на підприємстві ресурсів. Це значить, що при конструюванні необхідно враховувати кваліфікацію кадрів, що працюють на підприємстві, можливість і доцільність використання вже випробуваної сировини і матеріалів, сталість зв'язків із надійними постачальниками, а також найповніше використання виробничих потужностей підприємства, кожної групи його устаткування.



*Рис. 5.1. Схема створення технічної системи*

Структура сучасних машин характеризується переходом від конструкції з багатьма деталями простої форми до конструкцій із меншою кількістю деталей, але складнішої форми. Це зменшує кількість механічних зв'язків між деталями, збільшуючи кількість геометричних (розмірних) зв'язків між деталями і їхніми геометричними елементами. Зменшення кількості окремих деталей у виробі спрощує складальні процеси, тоді як збільшення кількості розмірних зв'язків відносного розташування геометричних елементів деталей переносить центр ваги на обробні процеси.

Будь-яка технічна система (машина) створюється для здійснення технологічного процесу виготовлення тієї чи іншої продукції з метою задоволення якоїсь потреби людини, суспільства. Ця потреба є головним стимулом створення технічної системи (рис. 5.1).

Потреби завжди трохи випереджають технічні можливості їх забезпечення. Бажання задовольнити потреби є рушієм безперервного розвитку науки, техніки і, зокрема, машинобудування.

### 5.1. Стадії проєктування

Проектно-конструкторська робота складається з таких стадій: 1) технічне завдання; 2) технічна пропозиція; 3) ескізний проєкт; 4) технічний проєкт; 5) розробка робочої документації; 6) випробування в ринкових умовах.

**Стадія 1. Технічне завдання (ТЗ)** – документ, що містить повний перелік усіх технічних, експлуатаційних та виробничих вимог і обмежень, яким має задовольняти створюваний виріб (машина) – його функційне (службове) призначення.

Незважаючи на свою важливість, цей етап створення машини порівняно з конструюванням і виготовленням розроблено гірше, тому чітке формулювання функційного призначення і перехід від нього до вимог якості машин і її складників часто викликає труднощі й супроводжується помилками.

Технічне завдання повинно містити:

- найменування і сферу застосування виробу;
- можливість використання для поставки на експорт;
- підставу для розробки (повне найменування документа, його затверджувач і дата затвердження);
- функційне призначення і перспективність виробу;
- технічні вимоги до складу і конструктивного оформлення;
- технічні вимоги до надійності, технологічності, рівня уніфікації і стандартизації;
- технічні вимоги до складників виробу, умов експлуатації, упаковки, транспортування та зберігання;
- орієнтовну економічну ефективність і термін окупності витрат;
- лімітну ціну;
- економічні переваги виробу порівняно з аналогами;
- прогнозовану річну потребу у виробі;
- стадії розробки, етапи робіт і орієнтовані терміни їх виконання;
- перелік конструкторських документів, що підлягають узгодженню і затвердженню;
- загальні вимоги до приймання робіт на стадіях розробки;
- кресленики, схеми, описи, обґрунтування та інші документи, які повинні бути використані в процесі розробки;

- перелік нового технологічного обладнання, необхідного для випуску нового виробу;

- спеціальні вимоги до виробу;

Для розробки ТЗ використовується науково-технічна інформація, патентна інформація, показники ринку, характеристики виробництва підприємства – виробника: технічне оснащення, кваліфікація кадрів, технологічна дисципліна, рівень організування кадрів тощо.

**Стадія 2. Технічна пропозиція** – це сукупність конструкторських документів, яка містить техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки виробу на основі аналізу технічного завдання та опрацювання технічних рішень.

Розробка технічної пропозиції включає:

- уточнення технічного завдання;
- вивчення і аналіз формулювання кінцевої мети завдання;
- розгляд існуючих зразків, аналогічних і близьких за призначенням;
- установлення особливостей варіантів реалізації виробу, принципів дії, розташування складників тощо;
- техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки;
- конструктивне опрацювання варіантів для можливості їх оцінки (кресленик загального виду, габаритний кресленик, опис, схеми);
- оцінка відповідності варіантів вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії;
- перевірка патентної чистоти і конкурентоспроможності;
- порівняння варіантів конструкції за показниками якості, технологічності, економічності, стандартизації тощо;
- порівняльний аналіз варіантів, виявлення їх переваг і недоліків;
- вибір прийняттого варіанта виробу, установлений розрахунок собівартості виготовлення і очікуваного економоефекту від експлуатації.

На цій стадії дається відповідь на питання, чи можливе втілення ідеї у виріб, рентабельний як технологічно, так і комерційно.

Після узгодження і затвердження в установленому порядку технічна пропозиція є основою для розробки ескізного проєкту.

**Стадія 3. Ескізний проєкт** – сукупність конструкторських документів, яка містить принципові конструктивні рішення зі структури і принципів роботи виробу, а також дані, що визначають його призначення і основні параметри.

Ескізний проєкт (ЕП) включає:

- уточнення умов і функцій;
- розробку структур виробу і його частин;
- принципові конструктивні рішення варіантів складових частин виробу: ескізи кінематичних, електричних, пневматичних і гідравлічних схем, структурних і компоновочних схем, уточненого загального виду та основних складальних одиниць;

- загальну компоновку виробу;
- оцінка технологічності виробу, рівня уніфікації і стандартизації, відповідності економічним і естетичним вимогам та показникам якості;
- здійснення основних розрахунків;
- вибір і обґрунтування прийнятого варіанта виробу;
- вибір загальних конструктивних і технологічних рішень;
- рішення з виготовлення макетів для перевірки принципів роботи (за необхідності), визначення обсягу потрібних конструкторських документів;
- аналіз патентної чистоти;
- попереднє рішення питань пакування і транспортування.

Узгоджений і затверджений ескізний проєкт стає основною для розроблення технічного проєкту чи робочої документації.

**Стадія 4. Технічний проєкт** – сукупність конструкторських документів, які містять остаточні технічні рішення, що дають повне уявлення про будову виробу, що розробляється, та вихідні дані для розробки робочої документації.

Складники технічного проєкту:

- остаточна розробка конструкції виробу і його основних складових частин;
- розрахунки надійності, довговічності, точності роботи;
- розмірний аналіз конструкції;
- розробка уточненої конструкції систем виробу (кінематичних, електричних, пневматичних, гідравлічних тощо);
- розробка компоновочних креслеників, креслеників СО та відповідальних деталей;
- конкретні заходи із забезпечення заданого рівня стандартизації та уніфікації виробу;
- розробка технічних умов;
- відпрацювання технологічності конструкції;
- оцінка відповідності виробу вимогам ергономіки і технічної естетики, транспортування, зберігання і монтажу;
- оцінка експлуатаційних характеристик виробу: взаємозамінність, зручність обслуговування і ремонту, контроль якості виробу тощо;
- перевірка патентної чистоти і конкурентоздатності;
- відповідність рішень вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії;
- розробка макетів для перевірки принципів роботи і основних конструктивних рішень;
- виявлення номенклатури покупних виробів і розробка їх специфікації;
- економічне обґрунтування проєкту.

**Стадія 5. Робочий проєкт** – включає повний комплект конструкторської документації на виріб. У робочий проєкт входять:

- допрацьовані конструктивні і схемні рішення за результатами захисту технічного проєкту;
- розробка робочої документації складових частин і всього виробу;
- уточнення подетальних специфікацій на кожен складальну одиницю;
- оформлення і передача документації в дослідне виробництво;
- технологічне і матеріальне підготовлення виробництва, виготовлення деталей і складових одиниць;
- загальне складання і монтаж виробу, налагоджувальні роботи;
- підготовка документації до попередніх (заводських) випробувань;
- попередні випробування дослідного зразка (дослідної партії);
- внесення змін до зразків, коригування документації за результатами випробування;
- проведення експертизи на патентну чистоту, складання патентного формуляра;
- усунення всіх зауважень, виявлених в технічній документації попередніх стадій проєктування;
- завершення відпрацювання технологічності конструкції, забезпечення показників якості, техніко-економічних показників тощо;
- визначення точності обробки і шорсткості поверхонь;
- вибір конструкторських баз;
- проставлення необхідних розмірів;
- виконання перевірових розрахунків на міцність, довговічність, надійність тощо;
- остаточне визначення собівартості виробу;
- розрахунок остаточного економічного ефекту;
- уточнення розрахунку техніко-економічної ефективності;
- випробування на надійність;
- експертиза виробу на відповідність сучасному рівню стандартизації;
- державні випробування, внесення змін у документацію за результатами випробувань;
- розробка пакування та тари для транспортування;
- передача документації у виробництво (з наступним серійним випуском).

Склад розробленого виробу “В” можна представити сукупністю деталей (Д) і складних одиниць (СО):

$$B = \{(D + CO)_{ст} + (D + CO)_з + (D + CO)_у + (D + CO)_{ор}\},$$

де індекси означають: ст – стандартні; з – запозичені; у – уніфіковані; ор – оригінальні.



Чим менша частка оригінальних деталей і СО у складі виробу, тим легше його виготовити. Наприклад, фірми Тойота, Ніссан, Боїнг, використовують у своїх виробках лише до 25 % оригінальних елементів.

Щоб перевірити відповідність проектного виробу вимогам технічного завдання, впевнитись у безпеці та ефективності його роботи, виготовляють та випробовують дослідний зразок (дослідну партію).

Випробування дослідних зразків здійснюють спочатку на стендах виробника, а потім у реальних умовах. Це дає змогу експериментально визначити кількісні та якісні характеристики властивостей об'єкта внаслідок впливу на нього різних експлуатаційних чинників.

Програма попередніх заводських випробувань розробляється залежно від призначення виробу й особливостей його експлуатації. Якщо в процесі попередніх випробувань виявляються дефекти, то для їх усунення випробування можуть бути перервані. На остаточні випробування можуть бути представлені вироби, що пройшли попередні випробування. За результатами цих випробувань складається висновок про якість виробу і відповідність його технічному завданню. Попередні й остаточні випробування можуть бути стендовими і проводиться в лабораторних умовах чи натурними і проводиться в умовах експлуатації.

Метою виробничих випробувань є перевірка правильності роботи і взаємодії всіх деталей складальної одиниці, відповідність відносного положення і переміщення установленим нормам точності, плавності, безшумності.

**Виробничі випробування** виконують для визначення фактичних експлуатаційних характеристик виробу, наприклад, геометричної точності, потужності, правильності роботи механізмів, для перевірки взаємодії механізмів у роботі, уточнення основних характеристик, виявлення дефектів виготовлення.

Виробничі випробування поділяють на приймальні, контрольні та спеціальні.

**Приймальні випробування** виявляють фактичні експлуатаційні характеристики виробів (точність, продуктивність, потужність, витрати енергії тощо) і правильність роботи і взаємодії різноманітних механізмів, пристроїв і рухомих частин виробу.

Випробування проводять спочатку на холостому ході, а далі поступово підвищуючи навантаження аж до робочого. При цьому перевіряють роботу органів керування, системи блокування і фіксації, роботу підшипників, радіальне биття зубчастих коліс, валів, муфт; відсутність заїдання, безвідмовність роботи основних і допоміжних механізмів, правильність зачеплення тощо.

Для кожного виду виробу приймальні випробування ведуть за спеціально розробленою програмою, узгодженою із замовником, на універсальних, спеціалізованих або спеціальних стендах. Результати випробування фіксують у супроводжувальній карті, де вказують всі виявлені випробуванням дефекти.

**Контрольні випробування** застосовують для виробів, у яких під час приймання були виявлені дефекти, і виконують після їх виправлення.

**Спеціальні випробування** проводять на спеціальних стендах для вивчення спрацювання, надійності, безвідмовності, довговічності роботи окремих елементів виробу, придатності нових матеріалів і конструктивних рішень, дослідження інших явищ. Програма і режим таких випробувань залежить від мети їх проведення.

Залежно від виду машини, її призначення і типу виробництва випробування можуть виконуватись:

- на холостому ходу (без навантаження);
- під навантаженням (номінальним, іноді короткотерміновим перевантаженням на 25...30 %);
- на продуктивність;
- на точність;
- на інші параметри (жорсткість, потужність тощо).

**Випробування на холостому ходу** виконується для перевірки вмикання, вимикання і перемикання механізмів, правильність їх взаємодії, надійності фіксації, шуму зубчастих та інших передач і проводять на спеціальних стендах.

Випробування починають за мінімальних швидкостей обертання, переміщення, поступово доводячи їх до номінальних (паспортних) значень. У деяких випадках випробування проводять на форсованих відносно нормальної роботи режимах і продовжують доти, поки не пересвідчуються, що всі елементи механізму працюють правильно. Крім того, ведуть спостереження за станом підшипників, зубчастих коліс, узгодження роботи частин і деталей вузла.

**Випробування під навантаженням** на режимах, встановлених технічними вимогами виконують в умовах близьких до експлуатаційних для визначення якості роботи машини у виробничих умовах. Крім перевірки правильності складання такі випробування дозволяють перевірити міцність і довговічність відповідальних деталей.

**Випробування продуктивності** визначають відповідність продуктивності виготовленої машини технічним вимогам. Випробовують не всі машини, а лише дослідні зразки і машини спеціального призначення.

**Точнісні випробування** виконують для виробничих, сортувальних і контрольних машин. Оцінку точності здійснюють за точністю виготовлених деталей, точністю сортування виробів чи точністю контролю.

**Випробування жорсткості** здійснюють переважно для металорізальних верстатів за стандартизованою методикою і нормами.

**Випробування потужності** виконують для всіх машин одиничного виробництва з метою визначення коефіцієнта корисної дії при максимально допустимому навантаженні на спеціальних стендах за допомогою різноманітних гальмівних пристроїв.

Усі зауваження, які виникають у процесі випробувань, контролер заносить до карти випробувань. Вироби, у яких виявлені дефекти, разом з картою випробувань передають на дільницю доопрацювання.

Вид і програму випробування регламентують технічні умови на виріб.

Випробування складених виробів зазвичай виконують на спеціальних випробувальних дільницях, що зумовлено тим, що процес випробування супроводжується підвищеним шумом, виділенням газів, диму, особливо при випробуванні двигунів або машин.

Дефекти в роботі проявляються у вигляді шуму, вібрацій, стуку, самовільного переключення, переміщення, хитання. За правильного виготовлення деталей виявлені дефекти можуть бути усунені частковим перескладанням і регулюванням вузла.

Так, основними похибками зубчастих передач, які обумовлюють їх шумність, є похибки кроку зачеплення, макро- і мікровідхилення профіля зубців, похибки складання (головним чином відхилення відносного розташування елементів передачі).

**Стадія 6. Випробування в ринкових умовах** – стадія розробки новинки, в ході якої виріб і маркетингову стратегію випробовують в умовах реального використання з метою з'ясування думки споживачів та дилерів відносно особливостей експлуатації та використання виробу, проблеми його перепродажу, а також з метою визначення розмірів ринку.

На цій стадії виріб і маркетингова програма діють в умовах, найбільш наближених до реальних. Ця робота здебільшого дає повний обсяг вихідної інформації для початку серійного виробництва, дозволяє досить точно визначити фактичний рівень витрат виробництва, встановити ціну й визначити шляхи і способи просування на ринок нового виробу.

Крім того, аналізується стан технічної бази підприємства, її готовність до виробництва виробу. Чим менше потрібно змін в удосконалюванні виробництва, тим менше буде витрат на освоєння нового виробу, тим легше і менш болісно сприйме його підприємство.

Досліджуються проблеми якості й розробляються заходи для її забезпечення в новому виробі. Фахівці збуту продовжують пошуки потенційних споживачів.

Дослідження в ринкових умовах дають керівництву достатньо інформації для прийняття остаточного рішення про доцільність випуску нового виробу.

Зазвичай після закінчення кожної стадії проводиться всебічний аналіз досягнутих результатів, на підставі яких можливе повернення з будь-якої стадії на будь-яку попередню стадію з повторенням необхідних процедур. Отже, процес носить ітераційний характер і дозволяє досягти достатньо надійного результату.

Традиційне проектування, спираючись на інтуїцію, досвід і навички проєктанта, не здатне забезпечити високоякісний проєкт TS у короткі терміни. Основним шляхом підвищення якості проєктів, зменшення матеріальних витрат, скорочення термінів проектування та підвищення продуктивності праці проєктантів є використання на всіх стадіях розробки TS комп'ютерної техніки та інформаційних технологій.

Сучасне проектування переважно здійснюється у програмному середовищі, яке називають системою інформаційної підтримки. Ця система містить:

- пошук принципово нових проєктних рішень (вибір патентів із баз даних);
- прогностичні розрахунки про доцільність розробки (модернізації) виробу;
- розробку конструкторської документації.

Система автоматизованого проектування і розрахунку – комп'ютерна система обробки інформації, призначена для автоматизованого проектування (CAD), розроблення (CAE) і виготовлення (CAM) кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської і/або технологічної документації.

Дані з CAD-систем передаються в CAM-системи для розробки програм обробки заготовок деталей для верстатів з ЧПК або ГАВС (гнучких автоматизованих виробничих систем).

Автоматизоване проектування полягає у створенні, зберіганні і трансформації геометричної дво- чи тривимірної або твердотільної моделі виробу та генерації на їх основі проєктно-конструкторської документації (креслеників, специфікацій тощо), достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування.

Процес проектування реалізується на базі спеціального програмного забезпечення і широкого набору периферійних пристроїв.

У сучасному проектуванні широко використовуються різні програмні пакети автоматизованого конструювання (CAE), призначені для різних інженерних завдань: розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів, що дозволяє проводити роботу з комп'ютерними моделями без реальних експериментів та оцінювати поведінку виробу в умовах експлуатації без залучення великих витрат часу і коштів.

CAE-системи здебільшого застосовується спільно з CAD-системами, найчастіше інтегруються в них, утворюючи гібридні CAD/CAE-системи.

Основною тенденцією проектування стає перехід від двомірного до тримірного моделювання для розв'язання завдань на всіх етапах ЖЦВ.

Так, на стадіях ТЗ і технічної пропозиції повинні використовуватись спеціалізовані проблемно-орієнтовані пакети прикладних програм, які дозволяють, з одного, боку виконати експертні оцінки економічно доцільних параметрів ТЗ на машину, враховуючи побажання користувачів (CAE), а з іншого – сформулювати геометрію образу й компоновку майбутньої TS.

За допомогою геометричного 3D-поверхневого і твердотільного моделювання (CAD), крім формування зовнішніх обводів, можна визначити діючі статичні й динамічні, зосередженні й розподілені навантаження.

**На стадії ескізного проєкту** коло завдань суттєво розширюється. Це уточнення геометрії вузлів і деталей з моделюванням і оцінкою стану матеріалу конструкції (напруг, запасів міцності, ресурсу роботи тощо).

**На стадії технічного проєкту** 3D-моделювання застосовують для просторових розмірних ланцюгів з метою узгодження допусків спряжених поверхонь і відносного розташування деталей (CAD). Сюди ж підключається технологічний (CAM) пакет для розробки структури складальних одиниць, яка ляже в основу розробки складальних креслеників і технології складання з оцінкою циклу складання та розробки ТЗ на необхідну технологічне оснащення (CAE).

**На стадії робочого проєкту** з допомогою геометричного (CAD) плоского (2D) і об'ємного (3D) моделювання розробляють робочі кресленики деталей, а з допомогою технологічного (CAM) пакета – розробку оброблення заготовок із повним комплектом технологічної і техніко-економічної документації.

Процедура конструювання підтримується засобами керування знаннями, у тому числі різними бібліотеками, які скорочують рутинну роботу – наприклад, бібліотеки підшипників, кріпильних деталей, елементів гідравліки, допусків і посадок тощо.

**Функційна структура ПКПВ** містить шість основних функційних блоків завдань:

- інженерне прогнозування;
- параметрична оптимізація;
- дослідно-конструкторські розробки;
- відпрацювання конструкції на технологічність;
- організування дослідного виробництва і освоєння нової техніки;
- метрологічна експертиза.

**Інженерне прогнозування** містить розв'язання двох взаємозв'язаних завдань: техніко-економічне обґрунтування вибору аналога та порівняльну техніко-економічну оцінку технічних, експлуатаційних і ергономічних показників прийнятих конструктивних рішень.

**Параметрична оптимізація** полягає у використанні параметричних рядів нових виробів і їх конструктивних складників.

**Дослідно-конструкторські розробки (ДКР)** включають власні конструкторські розробки й експериментальні дослідження потрібного обсягу для уточнення параметрів функційного призначення, способу виготовлення тощо.

**Відпрацювання конструкції на технологічність** безпосередньо пов'язане з ДКР і є важливою функцією ПКПВ. Технологічність конструкції забезпечує комплекс якостей із найбільшої придатності виробу до економічного виготовлення, технічного обслуговування і ремонту.

**Дослідне виробництво** призначене для відпрацювання конструкції і технології виготовлення виробу, виготовлення дослідних зразків чи партії нових виробів в умовах, максимально наближених до промислового виробництва.

**Метрологічна експертиза ПКПВ** полягає у визначенні відповідності одержаних виробництвом параметрів виробу проєктним параметрам.

Об'єктами метрологічної експертизи є якість продукції на всіх стадіях життєвого циклу, технологічні процеси і їх супроводження.

Для запобігання запуску у виробництво ненадійної продукції під час проєктування виробів здійснюється періодичний контроль, аналіз та оцінювання їхньої якості за новизною, складністю, особливостями виробництва, застосування та технологічний і нормоконтроль документації.

Оцінювання проєкту загалом здійснює замовник, якому розробник подає всі необхідні матеріали: технічне завдання, проєкт технічних умов, конструкторську та іншу технічну документацію, результати випробувань та іншу інформацію, що підтверджує технічний рівень, конкурентоспроможність, безпечність та екологічність виробу.

Якість проєктування забезпечується комплексом спеціальних заходів, здійснюваних на всіх стадіях проєктування з метою одержання проєкту, який би максимально відповідав вимогам технічного завдання, очікуванням споживача й нормам українських і міжнародних стандартів.

Зазвичай, цей комплекс заходів містить:

- порівняння результатів розрахунків і моделювання характеристик виробу на всіх стадіях проєктування з характеристиками, які передбачені ТЗ, та мінімізацію їх відмінності;
- виконання контрольного складання для впевненості в правильності геометричних розмірів, спряжень і відносного розташування деталей і СО;
- проведення нормоконтролю для виявлення відхилень в оформлені документації від вимог стандартів і правильності використання стандартних і нормалізованих складників конструкції;
- виконання технологічного контролю;
- патентну експертизу.

Безперечно, організовуючи виробництво нового виробу, можна й доцільно зробити зміни у кадровому складі підприємства, у переліку використовуваної сировини і матеріалів та їхніх постачальників, збільшити виробничу потужність

підприємства за рахунок придбання прогресивнішого устаткування. Однак варто пам'ятати, що будь-які зміни збільшують терміни випуску нового виробу на ринок, і отже, роблять його вразливим для конкурентів.

Зміни означають не тільки втрату часу, але і вимагають значних капіталовкладень, що повинні здійснюватися з урахуванням усіх супутніх факторів і бути досить обґрунтованими. Тому конструкторам доводиться працювати в дуже вузькому діапазоні наявних можливостей, погоджуючи кожен свій крок із маркетингологами, економістами і фінансистами підприємства і, безумовно, з технологіями, оскільки конструкція виробу повинна враховувати сформовану на підприємстві технологічну систему.

Розробники несуть відповідальність за обґрунтованість технічної концепції і досконалість остаточного проєкту. Менша кількість використовуваних деталей і матеріалів веде до скорочення запасів, зменшення кількості постачальників, з якими повинне співробітничати підприємство, до рідших постачань порівняно з більшою кількістю різних компонентів. Економія при цьому може бути суттєвою.

Саме з цих причин підприємства скорочують номенклатуру виробів, щоб зменшити кількість різних найменувань виробів, які зберігаються в запасі. Оскільки відмовлення від рідко використовуваних, але важливих компонентів чи скорочення кількості варіацій того самого об'єкта без ретельного аналізу наслідків пов'язані з великим ризиком, завдання скорочення номенклатури зазвичай доручають спеціальній групі з представників відділів проєктування, виробництва, продажу, забезпечення якості й закупівель. Дійти згоди між усіма цими підрозділами дуже складно, тому програми скорочення номенклатури здебільшого вимагають багато часу і фінансів.

Організування конструкторського підготовки виробництва на підприємстві може здійснюватися за двома напрямками: шляхом виконання всіх робіт, пов'язаних із розробленням нових і модернізацію діючих виробів безпосередньо на підприємстві, або через укладення договору на підготовку технічної документації з організацією-розробником і доопрацювання та корегування її до умов підприємства.

Переважно використовують паралельно-послідовне організування процесу ПКПВ, що дозволяє скоротити рівень витрат і на 15...20 % строки проведення робіт у порівнянні з послідовним організуванням. Крім того, паралельно-послідовне організування робіт дозволяє значно зменшити обсяг доопрацювання на етапі виготовлення дослідного зразка.

Діапазон і зміст робіт, які виконуються на всіх стадіях ПКПВ, може відрізнятися для кожного підприємства залежно від типу виробництва, складності конструкції, ступеня її уніфікації та інших чинників. Наприклад, в умовах одиничного типу виробництва не проводять робіт, пов'язаних із виготовленням і випробуванням дослідних зразків, а ескізний проєкт часто об'єднують із технічним проєктом.

Але зміст і суть конструкторського підготовлення виробництва всіх типів виробництва залишаються єдиними й неминуче знаходять своє продовження в іншій фазі технічного підготовлення виробництва.

Складність процесу проєктування визначає нестандартність проєктних ситуацій, що потребує певних знань і володіння різними методами розв'язання виникаючих завдань. Результатом проєктування є технічна документація з повним і однозначним описом всіх даних, необхідних і достатніх для виготовлення виробу.

Усі зауваження і недоліки, зроблені й виявлені під час випробувань, вносяться в документацію для підготовки (доопрацювання) її для виробництва.

## 5.2. Функційне проєктування

**Функційне проєктування** – процес створення принципу дії технічного об'єкта як системи взаємопов'язаних простих функцій, що відображає фізичні та інформаційні процеси, які відбуваються при функціонуванні ТS. Проєктування починається з декомпозиції головної службової функції об'єкта до множини простих функцій та встановлення зв'язків між ними. Метою є визначення цих функцій та вибір раціональних видів зв'язків.

Будь-який матеріальний об'єкт (машина, вузол, деталь, поверхня деталі) як такий споживчої вартості не має. Споживчу вартість має комплекс функцій, який він виконує. Функції зазвичай проявляються у вигляді ознак показників якості при використанні ТS. Тому будь-яка реальна ТS сприймається як сукупність її окремих ознак.

Ознаки, які характеризують ТS у певних умовах, називають службовими функціями. Службова функція – це сукупність дій, виконуваних ТS, її складниками та відповідає на питання: «Що повинен робити об'єкт?». Функція є змістом елементів, з яких створюється система, визначає дії, які виконує (чи повинна виконувати) ТS чи її складники, прямий або непрямий результат цих дій, спрямованих на досягнення заздалегідь поставлених цілей, на вирішення заздалегідь обраних завдань.

Розрізняють головну, основні й допоміжні (другорядні) функції.

**Головна функція ТS** – ознака, яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої створюється об'єкт і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Так, головними функціями автомобіля є переміщати вантажі; металорізального верстата є обробка заготовок деталей; різального інструменту – різання; ручки – наносити позначки; компресора – стиснення і перекачування повітря (газу); вала – передача зусилля обертання з переносом вздовж осі; зубчастого колеса – передача крутного моменту; корпусу – забезпечення сталої точності розміщення деталей і механізмів, книги чи компакт-диску – зберігати інформацію; автономної фотоелектричної установки – перетворення енергії тощо.



**Головна службова функція** – це результат спільної дії декількох основних функцій.

**Основна функція TS** – ознака, без виконання якої неможливе виконання головної функції.

**Допоміжна (другорядна) функція TS** – ознака (ознаки), яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію.

Допоміжна функція (функції) також забезпечують виконання основної функції.

Допоміжною функцією верстата є безпечне і зручне керування; вала – орієнтування деталей, які він несе; корпусу – разом із кришками створювати замкнутий простір.

Вирізняють найважливіші допоміжні функції, чи **допоміжні функції першого рівня**, що безпосередньо пов'язані з основними функціями і які забезпечують умови для виконання TS основних функцій, і другорядні допоміжні функції, чи **допоміжні функції другого рівня**, пов'язані переважно з виконанням найважливіших допоміжних функцій. У складних системах можуть бути допоміжні функції третього, четвертого та інших рівнів. Зазвичай це ознаки (естетичні, екологічні, ергономічні та інші), через які споживач купує саме цей об'єкт.

Багато виробів володіють одночасно кількома ознаками (властивостями), тому в них кількість функцій достатньо велика.

Віднесення функцій до основних і допоміжних залежить від об'єкта аналізу відповідно до ступеня ієрархії системи.

Так, для автомобіля функція «розвивати потужність привода» є допоміжною, якщо ж об'єктом аналізу є двигун, то для нього ця функція є основною.

Формулювання функцій потребує розділення об'єкта на самостійні елементи, оскільки вони є матеріальними носіями функцій (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Функції деяких елементів машин

Елемент	Приклад	Функції
1	2	3
Вузол	Супорт токарного верстату	Створює координатну систему для маніпулювання інструментом в робочому просторі
	Зубч. передача	Перетворює частоту обертання
	Демпфер	Гасить коливання
Деталь	Корпус з кришкою	Забезпечують сталу точність розташування деталей і механізмів
		Створюють замкнутий простір
		Сприймають навантаження
		Гасять вібрації
	Вал	Передає зусилля обертання з переносом вздовж осі
		Орієнтує деталі в складальній одиниці
		Надає деталям обертового руху
	Станина, рама	Координує основні вузли і механізми (в деяких випадках спрямовує їх рух)
	Шестерня	Передає зусилля обертання
		Зменшує (збільшує) кількість обертів

1	2	3
	Важіль	Передає силу сполученим деталям
		Переміщує деталі з заданою швидкістю
		Фіксує положення деталей
	Шпонка, штифт	Запобігає прокручуванню
		Орієнтує деталь
	Колінчастий вал	Перетворює поступальний рух в обертовий або навпаки
		Орієнтує деталі
	Кожух, оболонка	Розділяє, відділяє від середовища, запобігає, захищає
	Шатун	Передає рух
	Підшипник	З'єднує вал з корпусом з можливістю обертання
Передає зусилля на корпус		
Орієнтує вал		
Поверхня	Спрямовує, обмежує, створює площадку контакту	
Елементи деталі	Зуб шестерні	Передає зусилля зчеплення
	Шліци вала	Спрямовують осьове зміщення
		Передають обертання
	Виступ, упор	Обмежує переміщення

Максимально уточнений і чітко сформульований комплекс функцій, для виконання якого призначено TS (машину), називають **функційним (службовим) призначенням TS (машини)**.

Кожна машина створюється для задоволення певної потреби або потреб людини, що знаходить відображення в її функційному призначенні.

Виявити функції – означає визначити дії, які виконує об'єкт чи його складові частини, виявити прямий або непрямий результат цих дій, спрямованих на досягнення заздалегідь поставлених цілей, на вирішення заздалегідь обраних завдань.

Формулювання функцій слід виконувати, дотримуючись певних правил:

1. Функції формулюються як відповідь на питання: «Як (яким чином), для чого здійснюється функція?»

2. Формулювання повинно точно відображати дійсний зміст процесів (дій), для виконання яких призначений об'єкт.

3. Формулювання повинно бути лаконічним (одночасно коротким і точним) і включати дієслово та іменник. Наприклад, «нагріває заготованку», «переміщує вантаж», «з'єднує деталі», «пише текст», «зрізає припуск», «передає силу». Якщо функцію не можуть описати лаконічно, то це означає, що немає достатньої інформації про об'єкт, або намагаються його розглядати в невинувато широкому обсязі.

4. У формулюваннях слід використовувати слова, які позначають величину, що має розмірність. Наприклад, «нагріває заготованку до температури 200° протягом 6 годин», «з'єднує деталі зусиллям 30 кН», «пише текст чотирнадцятим шрифтом», «зрізає припуск об'ємом 1 см<sup>3</sup>/с» тощо.

5. Для проектування об'єкта формулювання функції повинно мати певну абстрактність. Наприклад, формулювання функції прорізи автомату для продажу штучних товарів як «приймає монети» обмежує проектанта лише одним конструктивним рішенням. Абстрактніше формулювання «оплата товару» розширює діапазон конструктивних рішень: оплата монетами, банкнотами, банківськими картками тощо.

6. Для зручності оперування функціями їх нумерують за певними ознаками (рис. 5.2).

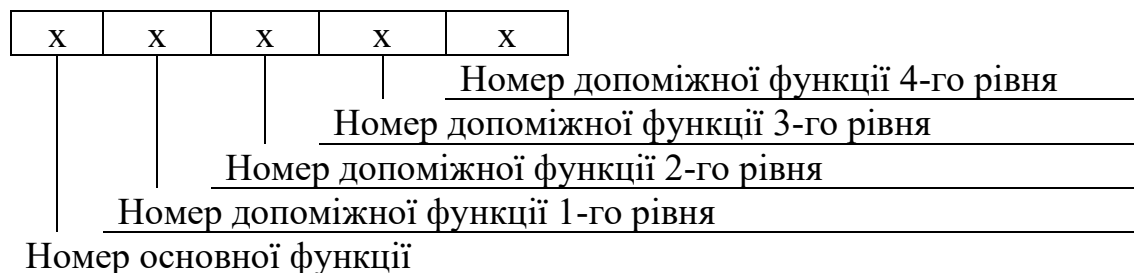


Рис. 5.2. Схема нумерації функцій

За системним підходом доцільно спочатку формулювати функції об'єкта загалом, а потім його складників.

Так, зважаючи на головну функцію амортизатора роликового (рис. 5.3) «гасити силу», формулюються функції його деталей (табл. 5.2).

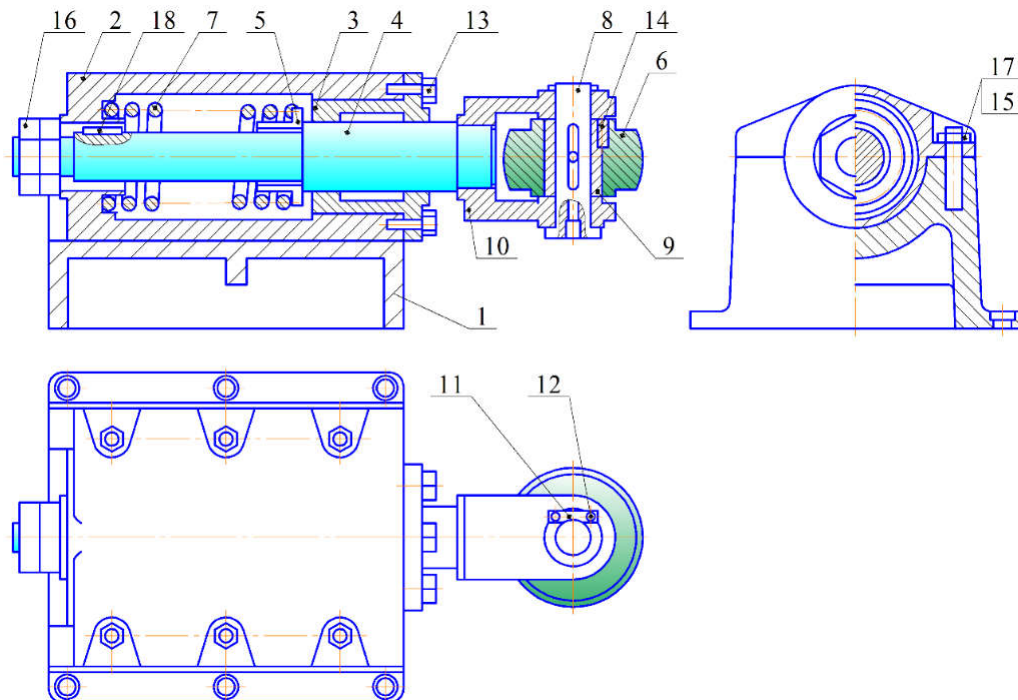


Рис. 5.3. Амортизатор роликовий:

- 1 – корпус; 2 – циліндр; 3 – втулка; 4 – шток; 5 – втулка; 6 – ролик; 7 – пружина; 8 – вісь;  
 9 – втулка; 10 – вилка; 11 – пластина; 12 – гвинт М6; 13 – гвинт М6; 14 – гвинт М6;  
 15 – гайка М8; 16 – гайка М20; 17 – шпилька М8; 18 – шпонка 10×8×22

Табл. 5.2 – Основні й допоміжні функції деталей амортизатора

Деталь	Основна функція	Допоміжна функція
1. Корпус	F <sub>1</sub> Забезпечує точне і стале розташування деталей. Сприймає навантаження	F <sub>11</sub> Забезпечує потрібне положення амортизатора на рамі конвеєра
		F <sub>12</sub> Базує циліндр
2. Циліндр	F <sub>2</sub> Забезпечує стале розташування втулки 3 і штока 4	F <sub>21</sub> Орієнтує шток 4 відносно корпусу
3. Втулка	F <sub>3</sub> Орієнтує шток 4	F <sub>31</sub> Забезпечує поздовжнє переміщення штока 4
4. Шток	F <sub>4</sub> Орієнтує вилку 10	F <sub>41</sub> Передає сили від вилки на пружину 7
5. Втулка	F <sub>5</sub> Центрує пружину 7	F <sub>51</sub> Сприймає осьові сили
6. Ролик	F <sub>6</sub> Спрямовує вантаж без тертя ковзання	F <sub>61</sub> Передає зусилля на вісь
7. Пружина	F <sub>7</sub> Поглинає сили	F <sub>71</sub> Сприймає сили
		F <sub>72</sub> Повертає в початкове положення шток 4
8. Вісь	F <sub>8</sub> Орієнтує втулки 9	F <sub>81</sub> Підводить мастило
9. Втулка	F <sub>9</sub> Передає силу з орієнтуванням ролика 6 у радіальному напрямку	F <sub>91</sub> Полегшує обертання ролика 6
		F <sub>92</sub> Передає сили від ролика 6 на вісь 8
10. Вилка	F <sub>10</sub> Орієнтує вісь 8 у радіальному й осьовому напрямках	F <sub>101</sub> Передає сили від осі 8 штоку 4

Будь-яка деталь є сукупністю елементарних поверхонь (ЕП) і геометричних елементів, які є носіями певних елементарних функцій (рис. 5.4).

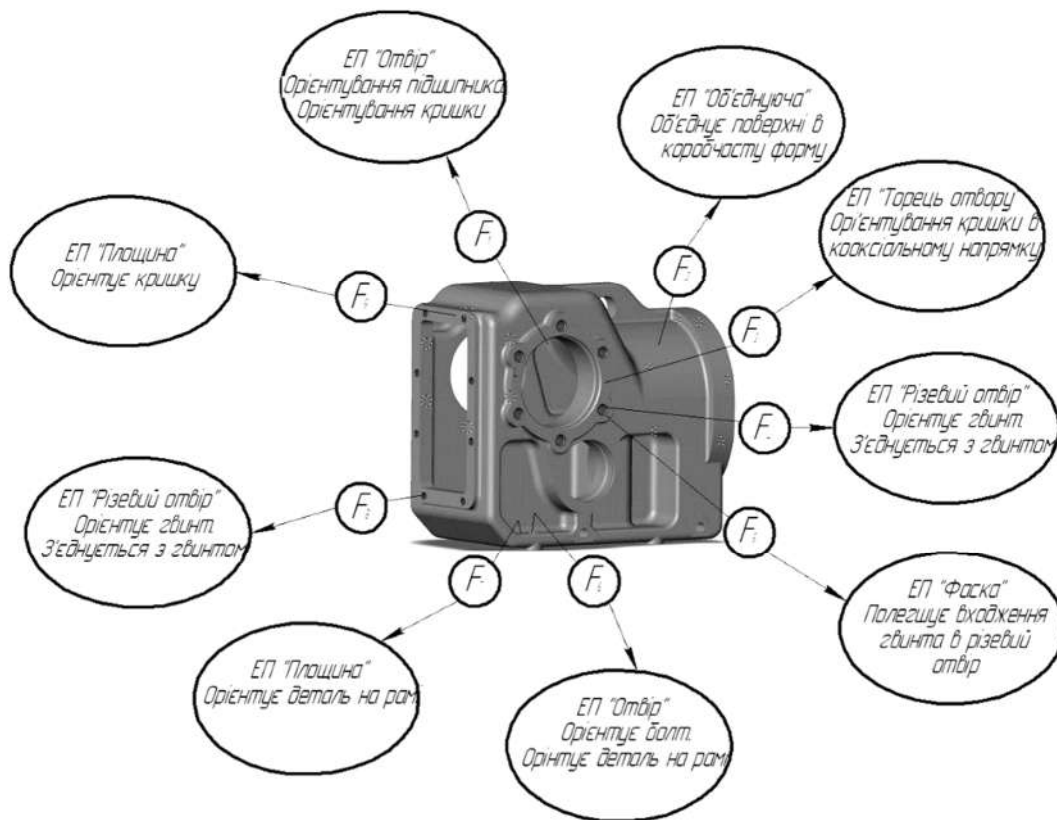


Рис. 5.4. Функції елементарних поверхонь корпусної деталі

Функційне призначення виробу дозволяє установити функційно необхідний рівень його технічних параметрів і режимів експлуатації, відповідно до вимог замовника та інформації з експлуатації виробів-аналогів, виявити можливість задоволення цих вимог та техніко-економічний рівень конструкторських та технологічних рішень.

Формулювання функційного призначення машини має містити детальні відомості, які конкретизують головну функцію і уточнюють умови, за яких ця функція буде виконуватись. До цих відомостей мають входити не тільки якісні, але й кількісні показники, які стосуються конкретних службових функцій, умов роботи машини тощо.

Тому при формулюванні функційного призначення складальної одиниці необхідно сформулювати й чітко уявити собі функційне призначення машини, для деталі – функційне призначення складальної одиниці, оскільки знаючи вимоги до системи, можна розробляти вимоги до підсистеми.

На кожну деталь у машині покладається виконання певних функцій, що впливають із головної функції, для реалізації якої і створюється машина. У сукупності ці функції повинні відображатися і максимально уточнюватись у функційному призначенні деталі. Функційне призначення деталі реалізується її поверхнями, які виконують певні функції.

Наприклад, основну функцію зубчастого колеса «Передача крутного моменту» реалізують зубчастий вінець і бічні поверхні шпонкового пазу маточини. Допоміжну функцію зубчастого колеса (базування) реалізують отвір і торець маточини та бічні поверхні її шпонкового пазу.

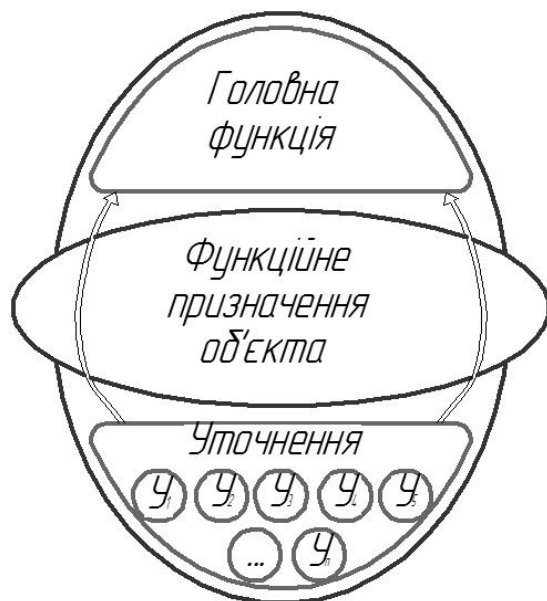


Рисунок 5.5. Схема структури функційного призначення об'єкта

Формування функційного призначення повинно складатися з двох основних частин: **загальної** частини та **уточнень** (рис. 5.5). Формулювання загальної частини службового призначення (головної функції) зазвичай, не викликає труднощів.

Визначаючи функцію спочатку вказують дієслово, яке описує основну дію TS і відповідає на запитання “що робить?”. Наприклад, закріплює, обробляє, фіксує, транспортує, передає тощо. Далі вказують об'єкт, на який спрямована ця дія: закріплює корпус, фіксує важіль, обробляє

заготованки валів, транспортує вантажі тощо.

Головна функція не розкриває конкретного призначення об'єкта, тому вона повинна бути деталізована (уточнена) заданням функційних параметрів, що описують конкретні обмежувальні умови реалізації функцій (множина  $\square U \square$ ). Іншими словами, це характеристики середовища, що визначають якість виконання функції. Наприклад, головна функція токарного верстата – обробляти заготовки валів. Однак до валів належать і вали годинникових механізмів, і вали коробок швидкостей верстатів і колони важких пресів. Неможливо, та й немає потреби, створювати таку TS, яка б могла обробляти заготовки будь-яких із цих деталей. Тобто слід уточнити розміри валів, для обробки яких призначено TS.

Подальше уточнення функційного призначення повинно бути пов'язано з кількістю заготовок деталей, які підлягають обробці. Якщо TS призначено для виготовлення широкої номенклатури і невеликої кількості деталей, її конструкція повинна мати універсальний характер, якщо для масового випуску однакових деталей – спеціальний.

Наступне уточнення функційного призначення пов'язано з вимогами, які ставляться до точності деталей, що будуть виготовлятися: точність діаметральних і лінійних розмірів, точність форми, точність відносного розташування, а також шорсткість оброблюваних поверхонь.

Необхідно також уточнити режими, за яких повинна вестись обробка: тип заготовок, їхній матеріал, продуктивність обробки, рівень автоматизації процесу, умови, в яких має працювати TS (можливі коливання температури навколишнього середовища, вологість і запиленість повітря) тощо.

Розглядаючи функції, отримуємо умови, які допускають безліч рішень. Тому для чіткого формулювання функції конкретної технічної системи потрібно вказати додаткові ознаки (уточнити умови її реалізації).

Наприклад, функцію «транспортування» можуть виконувати автомобілі, літаки, гвинтокрили, ракети, судна, потяги, транспортери, підйомники, крани тощо.

Уточнивши функцію «Безрейкове транспортування сушею», одержимо автомобілі, уточнивши вид вантажу, масу, ступінь комфорту, швидкість, реалізуємо функцію вантажними автомобілями, автобусами, мікроавтобусами, легковими автомобілями тощо.

Функціонування будь-якої технічної системи є реалізацією функції, яка відповідає умовам конкретної ситуації. Наприклад, вал слугує для передачі обертання і крутного моменту (основна функція). Уточненням цього призначення повинні бути величини швидкості обертання і крутного моменту та точності базування установлених на валу деталей.

Основна функція зубчастих колес – передача з вала на вал крутного моменту зі зміною швидкості обертового руху. Уточнення функції – значення величин крутного моменту, швидкості обертання і передавальне відношення.

Уточнення корпусних деталей (коробок, станин, кронштейнів тощо) повинні насамперед визначати відносне положення складників, що входять або приєднуються до них.

Попередньо функційне призначення TS формується замовником при розробці технологічного процесу виготовлення продукції та уточнюється при оформленні технічного завдання на проєктування TS для реалізації цього процесу.

Формулювання функційного призначення з подальшим оформленням у вигляді технічного завдання на проєктування здійснює головний розробник TS після проведення ґрунтовних маркетингових досліджень.

Оскільки будь-яка TS створюється для здійснення функції виготовлення тієї чи іншої продукції, з метою задоволення якоїсь потреби людини (суспільства), формування функційного призначення слід починати саме з визначення і опису цього процесу.

Процес для виконання якого створюється TS – це послідовні зміни якогось предмета чи явища, або сукупність послідовних дій для досягнення певного результату.

Процес здійснюється в умовах, що безперервно змінюється через безперервні зміни багатьох різних за активністю чинників. Так, з часом не залишаються постійними показники якості вихідного продукту, енергії, що подається, зовнішніх умов і стану TS (машини), що призводить до нестабільності якості вихідного продукту (наприклад, деталі, складальної одиниці, дії). Тобто будь-який параметр процесу роботи TS нестабільний у часі (рис. 5.6).

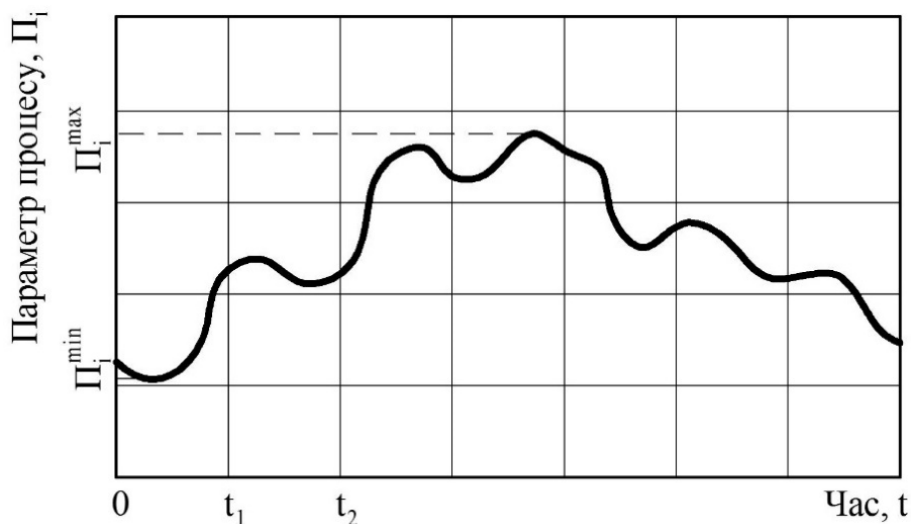


Рис. 5.6. Зміни параметру  $\Pi_i$  процесу в часі

Це значить, що залежність  $\Pi=f(t)$  є випадковою функцією, яка характеризується своїм математичним сподіванням і дисперсією розподілу. З огляду на вищезазначене, вивчаючи процес, для реалізації якого створюється TS, слід виявити та вивчити причини й установити межі прояву випадкових чинників, дестабілізуючих процес.

Найперше для цього необхідно розкрити фізичну сутність і якісні характеристики складників:

- вид вихідного продукту (сировини) і сутність непостійності його якості;
- вид енергії і її кількісні та якісні параметри;
- чинники, що змінюють зовнішнє середовище TS (машини);
- сутність змін стану TS (машини).

Основні характеристики цих складників, зазвичай, беруть з технологічного процесу виготовлення продукції технічною системою. Додаткові відомості можна одержати з вивчення досвіду виконання аналогічних процесів та досвіду експлуатації виробів, подібних до розроблюваного.

На цій основі устанавлюють комплекс умов, які визначають стан процесу у вигляді:

- номінальних значень параметрів  $\Pi[x_i(t)]$ ;
- координат середини полів допуску  $\Delta_0[x_i(t)]$ , значення яких повинні відповідати математичному сподіванню  $\bar{x}_i(t)$ ;
- допуск  $T[x_i(t)]$ , який обмежує дисперсію  $D[x_i(t)]$  значень параметрів, тобто допустиму величину поля розсіювання випадкової величини  $x_i(t)$ .

При формулюванні функційного призначення об'єктів потрібен системний підхід. Так, наприклад, верстат будучи системою взаємозв'язаних деталей і складальних одиниць, входить, як складова частина, у надсистему виготовлення продукції; складальна одиниця, будучи системою деталей, входить, як підсистема у верстат; деталь як система взаємопов'язаних поверхонь, входить як підсистема у складальну одиницю. Знаючи вимоги до системи, можна розробляти вимоги до підсистеми.

Виділення функцій потребує певної професійної підготовки. Не завжди вдається зразу чітко їх сформулювати. Це потребує доброго знання суті об'єкта, а також певних навичок у формулюваннях. Якщо функцію не вдається чітко й коротко сформулювати, це служить сигналом того, що працівник повинен поглибити підготовчу роботу, після якої знову повернутися до формулювання.

У загальному випадку множина параметрів функційного призначення TS може включати:

- 1) склад і вимоги до конструктивної будови;
- 2) вичерпні дані про продукцію (дію), яку TS (машина, вузол) повинна виробляти (виконувати), її вид, параметри, якість і кількість;
- 3) показники продуктивності, економічну ефективність, довговічність і надійність TS (машини, вузла, деталі);
- 4) перелік умов, в яких TS має працювати й виробляти продукцію (виробляти дію) потрібної якості у необхідній кількості (якість вхідного продукту, енергії, що подається, режим роботи, стан навколишнього середовища тощо);



5) вимоги до зовнішнього виду, безпеки праці, зручності та простоти обслуговування і керування, рівня шуму, вібрації, коефіцієнта корисної дії, ступеня механізації і автоматизації тощо;

б) вимоги до технічного обслуговування і ремонту;

7) річна потреба в ТS і економічний ефект від її використання тощо.

Формулюючи функційне призначення конкретного об'єкта, окрім як можна глибшого його уточнення, слід **обов'язково** виразити ці уточнення кількісно з допустимими відхиленнями. Сукупність показників, які описують функційне призначення з установленими на них допусками являє собою **технічні умови (ТУ) і норми точності** на приймання готової ТS (машини, вузла, деталі).

Як бачимо, детальне формулювання функційного призначення об'єкта створює його первісний образ і є важливим моментом розробки технічного завдання на проєктування.

Для **конструктора** воно є вихідним для проєктування ТS (машини, вузла, деталі), для **технолога** – для розробки технологічних процесів виготовлення.

Помилки, допущені на виявленні та уточненні функційного призначення ТS (машини, складальної одиниці, деталі), призводять до створення неякісних об'єктів, зайвих витрат праці з їх виготовлення, освоєння і експлуатації.

На основі функційного призначення розробляють технічне (проектне) завдання на розробку виробу.

Функції, виконувані елементами об'єкта, здійснюють різний внесок у його функціонування, тобто мають різну значущість.

Логіко-графічним зображенням складу і взаємозв'язків функцій об'єкта є його функційна модель, що дозволяє розкрити не тільки всі істотні зв'язки в об'єкті, але й дає можливість перейти до оцінок значущості кожної функції і її відносну важливість для об'єкта загалом, а потім і до визначення допустимих лімітів витрат на функції (рис. 5.7).

Значущість функцій визначають експертним методом з відповідною математичною обробкою результатів. Функційна структура об'єкта проєктування є упорядкованою сукупністю всіх його функцій і відношень між ними може отримуватись шляхом формулювання зовнішніх функцій об'єкта, їхніх параметрів і числових значень. Потім послідовно поділяючи кожну загальнооб'єктну функцію на складові й далі – кожну зі складових функцій на дрібніші, будують функційну модель об'єкта у вигляді ієрархічного графа з дробленням функцій до потрібного рівня декомпозиції, тобто ті, для яких легко вибрати конструктивні елементи, що необхідні для їх реалізації

$$F = (F_{111}, F_{112}, F_{121}, F_{122}, F_{211}, F_{221}, F_{222}, F_{223}, F_{231}, F_{311}, F_{312}, F_{321}),$$

де  $F_{nij}$  – проста функція найнижчого рівня декомпозиції.

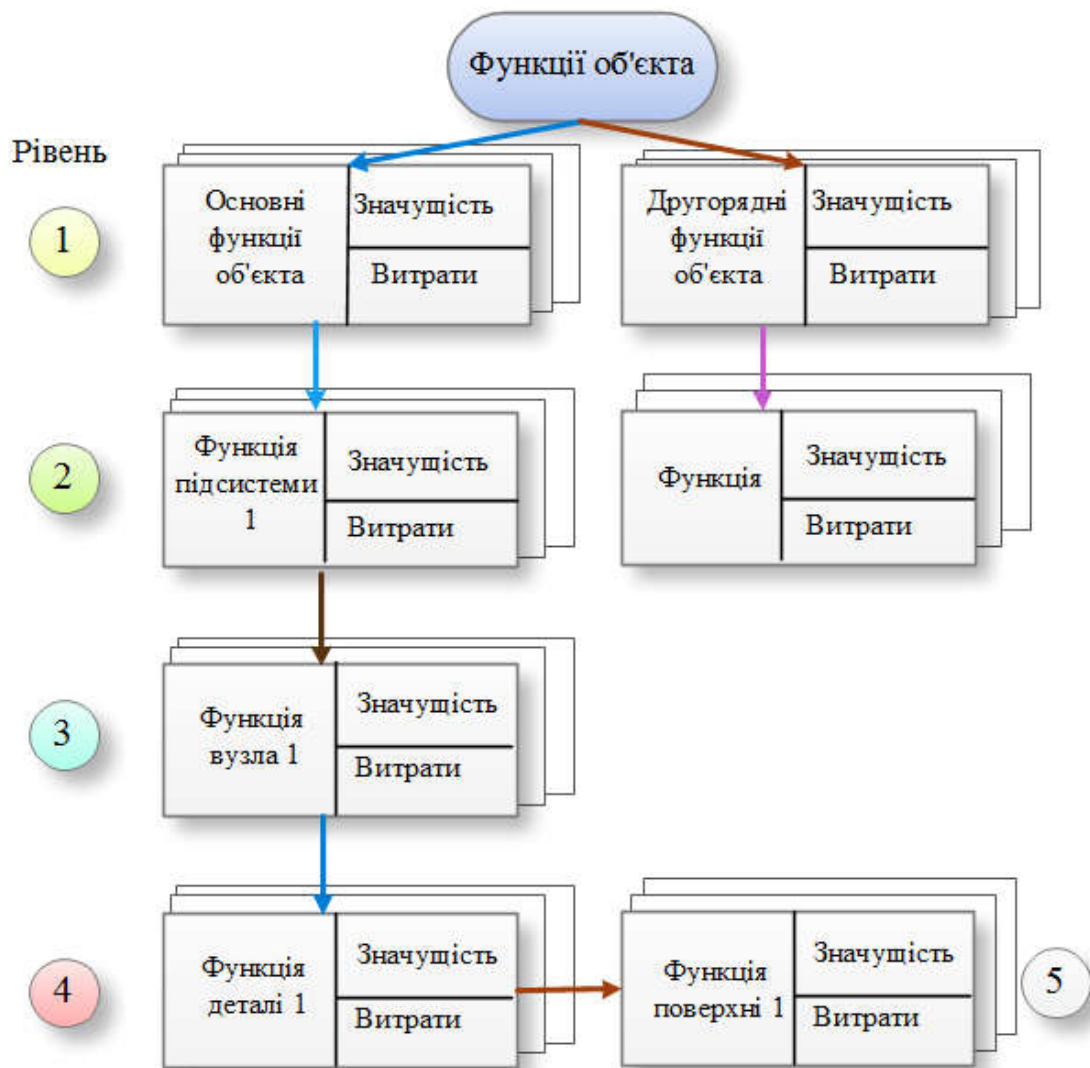


Рис. 5.7. Функційна модель об'єкта

Для розподілу функцій TS між окремими її складниками структуру системи будують за принципом ієрархічності, тобто з декількох рівнів підпорядкування складників.

Наприклад, ієрархічна структура виробу: виріб  $\rightarrow$  {складальна одиниця}  $\rightarrow$  {деталь}  $\rightarrow$  {конструктивний елемент}.

Ієрархічна структура технологічного процесу: технологічний процес  $\rightarrow$  {операція}  $\rightarrow$  {установ}  $\rightarrow$  {технологічний перехід, допоміжний перехід}  $\rightarrow$  {робочий хід і допоміжних хід}  $\rightarrow$  {прийом}  $\rightarrow$  {рух (дія)}.

Кожна функція має свій індекс, який відображає належність до певного рівня структури об'єкта і порядковий номер.

**Дерево функцій** технічного об'єкта має вигляд графа, вершини якого відображають функції різних рівнів складності, а зв'язки – відношення підпорядкування між ними (рис. 5.8).

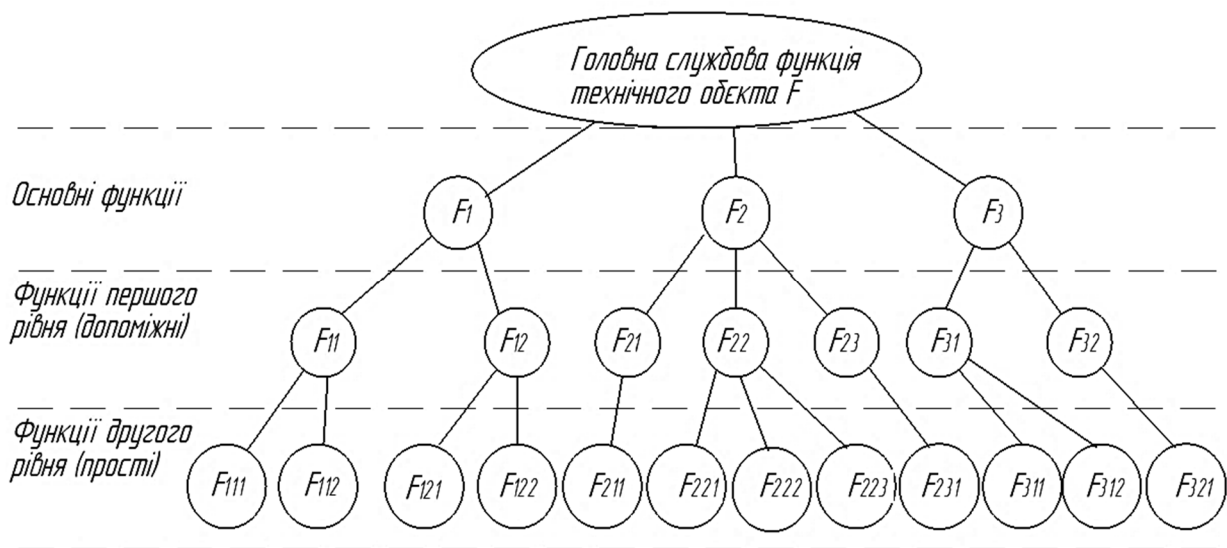


Рис. 5.8. Структурна схема службової функції технічного об'єкта

В описі простої функції вказуються дієслово, що задає дію, та пасивний елемент, на який спрямована ця дія. Якщо, наприклад, елемент 2 фіксується елементом 1, то проста функція – «фіксувати елемент 2». Можлива глибша конкретизація, яка описує конкретні умови реалізації функції, наприклад, «фіксувати елемент 2 на відстані  $(60 \pm 1)$  мм від торця».

### 5.3. Технічне проєктування

Машина є системою службових функцій, які визначають принцип її функціонування і системою конструктивних елементів для реалізації цих функцій.

**Технічне проєктування** – процес створення геометричного образу елементів технічного об'єкта, їх взаємодії і геометричної структури, які реалізують задані функції. Іншими словами, це процес переходу від функційного до технічного опису об'єкта проєктування, від функційної системи до певним чином розташованих і фіксованих у просторі реальних деталей і частин TS.

Кожна технічна система (машина) є сукупністю деталей, з'єднань, механізмів і вузлів, що є її складниками, зв'язаними різними видами зв'язків (розмірними, кінематичними, динамічними, механічними тощо).

**Деталь** – це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без використання складальних операцій, тобто деталь – частина машини, що не має з'єднань.

Кожна деталь є системою поверхонь, зв'язаних між собою та з поверхнями інших деталей функційними та розмірними зв'язками.

Побудова машини здійснюється за рахунок з'єднання деталей. Деталі, з'єднуючись у процесі складання, утворюють складальні одиниці.

**З'єднання** – рухоме чи нерухоме спряження двох або декількох деталей.

Відповідно розрізняють з'єднання із зазором і з'єднання без зазору (з натягом).

Частина машини, що являє собою з'єднання двох і більше деталей і може складатися незалежно від інших частин, називається **складальною одиницею (СО)**. Розрізняють складальні одиниці першого, другого та інших порядків входження. На практиці термін «складальна одиниця» часто замінюється поширеним терміном – «вузол». Вузол, який безпосередньо входить у готовий виріб – машину, прийнято називати складальною одиницею першого порядку входження; а менший вузол, який входить безпосередньо до його складу, – складальною одиницею другого порядку. Чим складнішою є машина, тим більше вона містить складальних одиниць різного порядку входження.

**Механізм** – сукупність рухомоз'єднаних між собою деталей для перетворення руху одних деталей у чітко визначений рух інших деталей.

Таким чином, у структурі TS (машині) можна виділити декілька рівнів ієрархії: перший – рівень складальних одиниць першого порядку входження (рівень вузлів), другий – рівень складальних одиниць другого порядку входження і аж до останнього рівня ієрархії – рівня деталей, які входять до складальних одиниць різного порядку входження, або безпосередньо в машину, минаючи складальні одиниці.

Кожна машина, як і її окремий механізм, виконує своє функційне (службове) призначення за допомогою ряду поверхонь, що належать її деталям. Під час роботи машини між її поверхнями виникають і діють різні **зв'язки** (розмірні, кінематичні, динамічні, механічні тощо), а також зв'язки властивостей матеріалів, з яких виготовлені деталі.

Зв'язки поверхонь деталей складні й багатогранні. Причому одні з них (наприклад, розмірні) існують і в непрацюючій машині, інші (наприклад, динамічні) виникають тільки у процесі роботи машини. Зв'язки як першого, так і другого виду закладаються в машину в процесі її конструювання.

Усі необхідні види зв'язків у машині створюються за допомогою деталей, що мають певні геометричні форми, розміри та відносне положення і які виготовляються з певних матеріалів.

### **5.3.1. Базування в технічних системах**

Забезпечення геометричних зв'язків складників TS потребує відповідної відносно координат (базування) як цих TS, так і їхніх складників.

**Базування** – надання об'єкту потрібного положення відносно вибраної системи координат (хуз на рис. 5.9).

Так, при конструюванні – надання деталі або складальній одиниці потрібного положення у виробі відносно інших деталей або складальних одиниць.

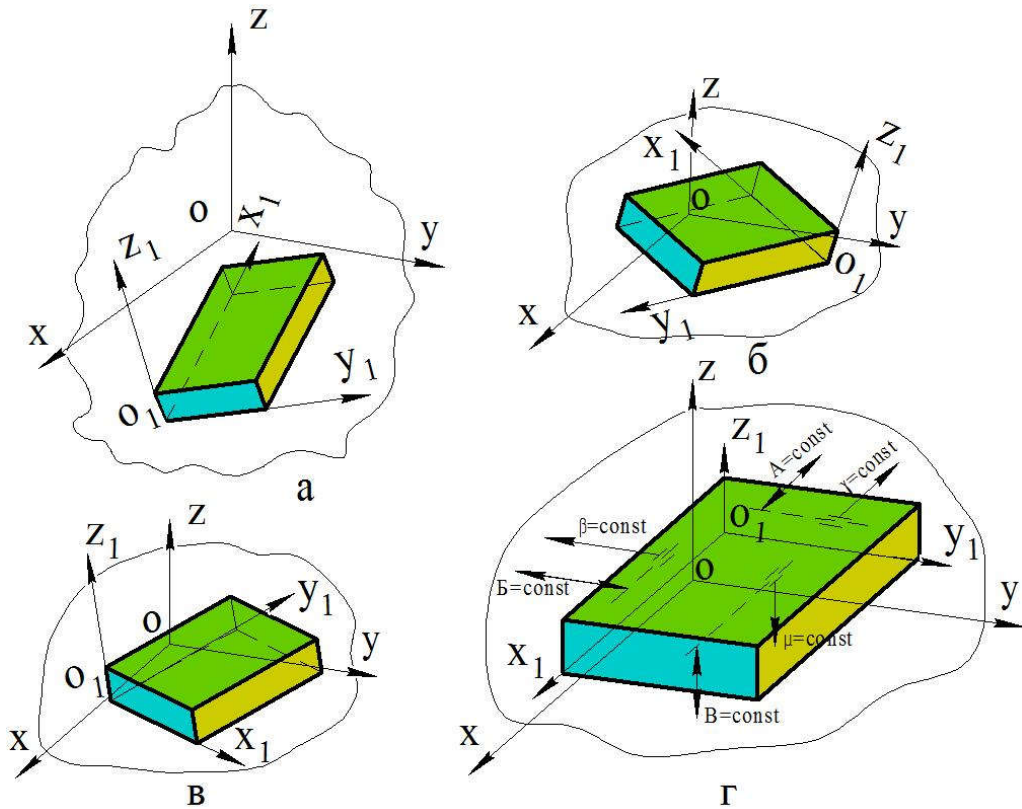


Рис 5.9. Деякі можливі (а, б, в) та потрібне (г) положення об'єкта

**База** – це поверхня або сукупність поверхонь, вісь, точка, які належать об'єкту (деталі, складальній одиниці) і використовуються для базування

Базами можуть слугувати поверхні: площина (рис. 5.10, а), циліндр, конус, куля (рис 5.10, б, в, г), сукупність поверхонь (д), лінія (е), точка (точки) (рис. 5.10, е).

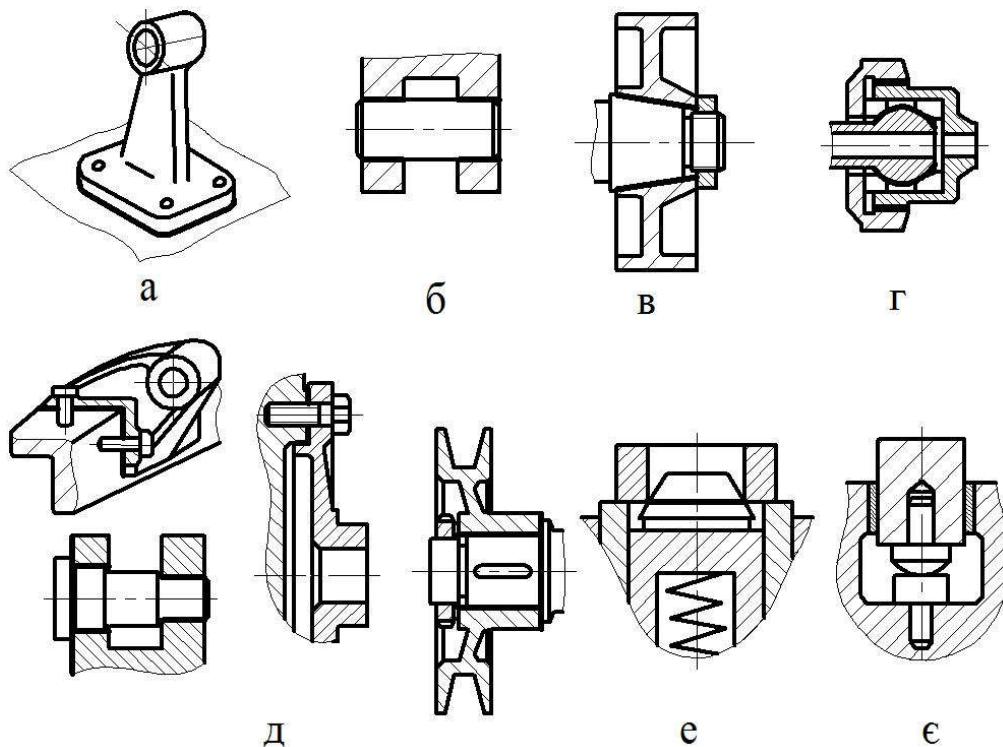


Рис. 5.10. Види поверхонь баз

Теоретична механіка розглядає два стани об'єкта – стан спокою і стан руху. Поняття ці відносні і мають сенс лише тоді, коли вказується система відрахунку. Якщо положення об'єкта відносно системи відрахунку з часом не змінюється – він перебуває у стані спокою, якщо змінюється – у стані руху.

Потрібні положення або рух об'єкта відносно системи відрахунку досягається накладуванням на нього геометричних або кінематичних зв'язків.

**Зв'язки** – це умови, які накладаються або на положення або на швидкості точок об'єкта.

У першому випадку зв'язки називають геометричними, в другому – кінематичним.

Якщо на об'єкт накладені геометричні зв'язки, то завдяки їм деякі його переміщення виявляються неможливим.

Можливе переміщення – це елементарне переміщення, яке можна здійснити без порушення накладених на об'єкт зв'язків. Кількість таких можливих переміщень називають числом ступенів волі цього об'єкта.

Якщо об'єкт може здійснювати будь-яке переміщення у просторі, то його називають вільним. Такий об'єкт має 6 ступенів волі: три переміщення вздовж координатних осей і три обертання навколо цих осей.

Для забезпечення нерухомості об'єкта у вибраній системі координат на нього необхідно накласти шість двосторонніх геометричних зв'язків, для створення яких необхідний комплект баз, які несуть шість опорних точок.

Якщо, наприклад, зафіксувати одну точку  $M_1$  твердого тіла (положення визначає радіус-вектор  $r_1$ ), то воно може обертатися навколо цієї точки в будь-якому напрямку (рис. 5.11). Якщо зафіксувати дві точки твердого тіла ( $M_1, M_2$ ) то це тіло може обертатися вже лише навколо нерухомої лінії А-А, що проходить через ці точки.

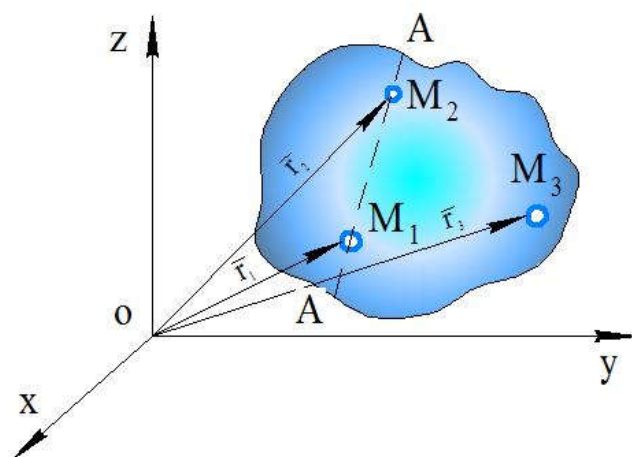


Рис. 5.11. Визначене положення об'єкта (твердого тіла)

Якщо ж зафіксувати ще одну (третю) точку  $M_3$ , яка не лежить на осі обертання, то тіло буде нерухомим, оскільки переміщення унеможливлені (фіксовані радіус-векторами  $r_1, r_2, r_3$ ).

Отже, три точки, які не лежать на одній прямій, повністю визначають положення твердого тіла відносно системи відліку XYZ.

Визначити положення системи координат  $X_1Y_1Z_1$  зв'язаною з об'єктом відносно системи координат XYZ можна двома способами:

а) Задати положення початку координат  $O_1$  відносно  $O$  радіусом-вектором  $r$  і трьома кутами Ейлера (прецесії  $\psi$ , нутації  $\theta$  і власного обертання  $\varphi$ ). Тоді умови перебування об'єкта у стані спокою буде:  $r = \text{const}$ ;  $\psi = \text{const}$ ;  $\theta = \text{const}$ ;  $\varphi = \text{const}$  (рис. 5.12, а).

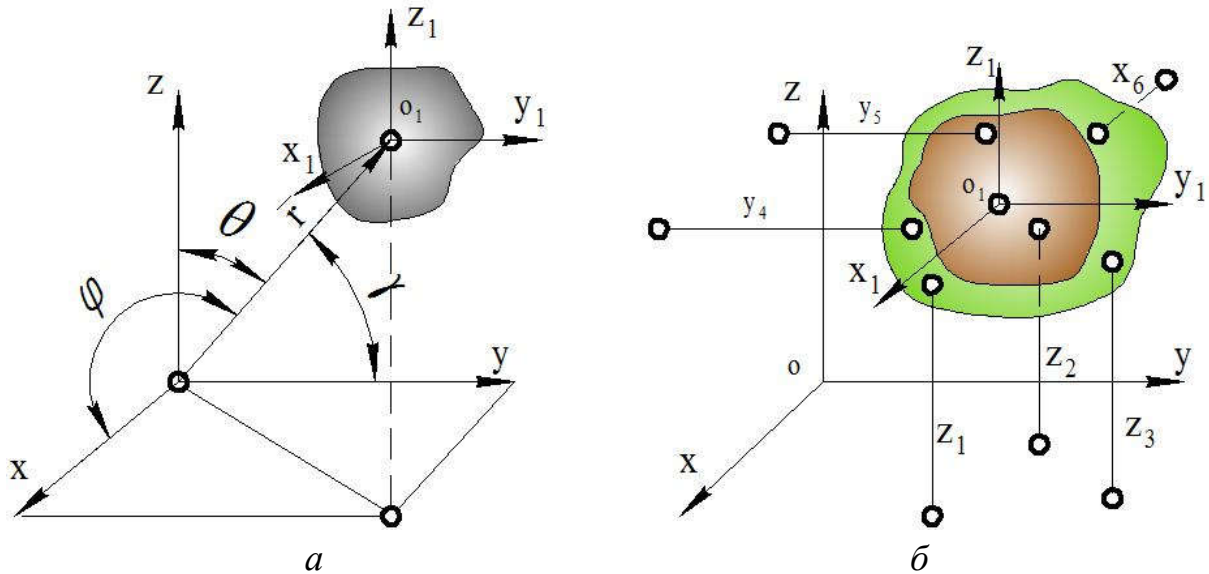


Рис. 5.12. До визначення положення об'єкта (твердого тіла)

б) Накласти геометричні зв'язки на координатні площини системи  $X_1Y_1Z_1$  жорстко зв'язаної з тілом. Тим самим об'єкт позбавляється трьох переміщень уздовж осей декартової системи координат і трьох поворотів навколо цих осей, тобто він стає нерухомим у системі XYZ (рис. 5.12, б).

Умова перебування об'єкта у стані спокою в цьому випадку матиме вигляд:

$$\left. \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{matrix} \right\} = \text{const}; \quad \left. \begin{matrix} y_4 \\ y_5 \\ x_6 \end{matrix} \right\} = \text{const}.$$

Таким чином, зв'язками забезпечується задане положення об'єкта в системі XYZ у кожний момент часу.

Базування полягає в наданні об'єкта певного положення шляхом кінцевого переміщення його з довільного положення в положення, задане двосторонніми геометричними зв'язками, вираженими розмірами або координатами.

За реальних умов зв'язки практично здійснюються за допомогою матеріальних тіл. Реалізація двосторонніх геометричних зв'язків досягається контактом поверхонь тіла з поверхнями іншого тіла, до якого воно приєднується, і прикладенням сил і пар сил для забезпечення контакту між ними.



Реальні деталі обмежені шорсткими криволінійними поверхнями, тому можуть контактувати лише окремими елементарними ділянками, які умовно вважають точками контакту.

Для забезпечення повного визначеного положення об'єкта у вибраній системі координат на нього необхідно накласти шість двосторонніх геометричних зв'язків, для створення яких необхідний комплект баз, які несуть шість опорних точок. Ця умова отримала назву **правила шести точок**.

Але слід пам'ятати, що маються на увазі жорсткі двосторонні зв'язки, які виключають можливість будь-якого переміщення тіла в напрямку цих зв'язків.

При реалізації ж базування двосторонні зв'язки перетворюються в опорні точки й тим самим в односторонні зв'язки. Це означає, що досягнуте правильне положення деталі може змінитись від дії сил і моментів сил. Для збереження одержаного базуванням правильного положення об'єкта необхідно забезпечити безперервність контакту дотичних поверхонь для забезпечення жорсткого двостороннього зв'язку.

Тому не можна обмежуватись тільки створенням необхідних шести опорних точок, а необхідно ще забезпечити щільне та безперервне дотикання відповідних поверхонь деталі (опорних точок) за допомогою затиску (силового замикання контакту).

Для створення силового замикання використовують пружні сили матеріалу кріпильних деталей, сили тертя, силу ваги тощо. Після цього об'єкт (деталь, СО) позбавляються шести ступенів волі. Тобто дія сили в сукупності з опорною точкою аналогічна дії двостороннього геометричного зв'язку. Однак сили не базують, а фіксують потрібне (чи досягнуте базуванням) положення.

Якщо відповідно до функційного призначення виріб повинен мати визначене число ступенів волі, то відповідне число зв'язків знімається і замінюється кінематичними зв'язками.

Наприклад, шпинделі верстатів повинні бути позбавлені п'яти ступенів волі за забезпечення можливості обертання навколо своєї осі. Полозки супорта верстата повинні зберігати один ступінь волі, що дозволяє здійснити їх переміщення напрямними.

Отже, матеріалізація геометричних зв'язків досягається за допомогою шести точок, розташованих відповідним чином на поверхнях деталі й силового замикання.

Працюючи з креслеником, маємо справу з ідеалізацією форми поверхонь. Тому вважається, що здійснення необхідних зв'язків досягається контактом деталей поверхнями, а наявність реальних зв'язків символізується опорними точками, які мають теоретичний характер, символізуючи зв'язок об'єкта з вибраною системою координат. Сукупність трьох баз об'єкта, які утворюють його систему координат, називають **комплектом баз**.



Схема розміщення опорних точок на базах об'єкта називають **теоретичною схемою базування**. На теоретичній схемі базування опорні точки зображують умовними знаками (рис 5.13).

Опорні точки нумеруються, починаючи з бази, на якій розташовуються їх найбільша кількість. Номер точки проставляється справа від умовного знака. Якщо в якій-небудь проекції одна опорна точка накладається на іншу, то зображається одна точка і біля неї проставляються номери суміщених точок.

Бази, які використовують у процесі конструювання виробу, називають конструкторськими.

**Конструкторська база (КБ)** – база деталі або складальної одиниці, відносно яких визначається на креслениках розрахункове положення інших деталей, складальних одиниць або інших поверхонь і геометричних елементів цієї деталі.

Дуже часто як конструкторську базу використовують геометричні елементи деталі: осьові лінії, бісектриси кутів, осі та площини симетрії, ділильний циліндр зубчастого вінця тощо, що зручно для оформлення креслеників і розмірних розрахунків конструкцій.

Конструкторські бази різноманітні за функційним призначенням, позбавленими ступенями волі та характером проявлення (рис. 5.14).

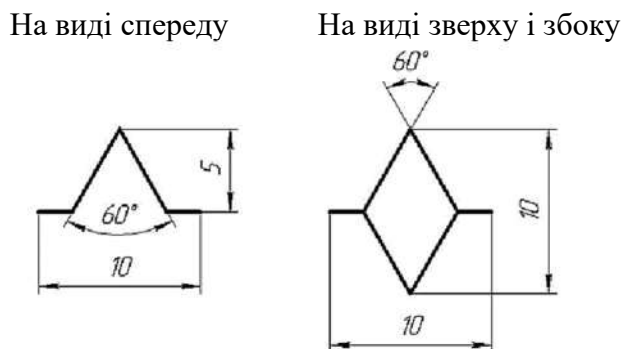


Рис. 5.13. Умовне зображення опорних точок



Рис. 5.14. Види конструкторських баз

За функційним призначенням КБ може бути основною, допоміжною і вимірювальною.

**Основна база (ОБ)** – це конструкторська база, яка визначає положення деталі чи складальної одиниці у виробі.

**Допоміжна база (ДБ)** – конструкторська база деталі або складальної одиниці, яка орієнтує положення приєднаних до них інших деталей.

Поверхні, які з'єднують основні й допоміжні бази, надають об'єкту потрібних за функційним призначенням конструктивних форм і при роботі машини не контактують із поверхнями інших об'єктів називають вільними (ВП) (рис. 5.15).

Як бачимо (рис. 5.15) основні бази деталі контактують із допоміжними базами деталі, до якої вона приєднується (інші бази вала 1 і корпусу 2 на рисунку не показані).

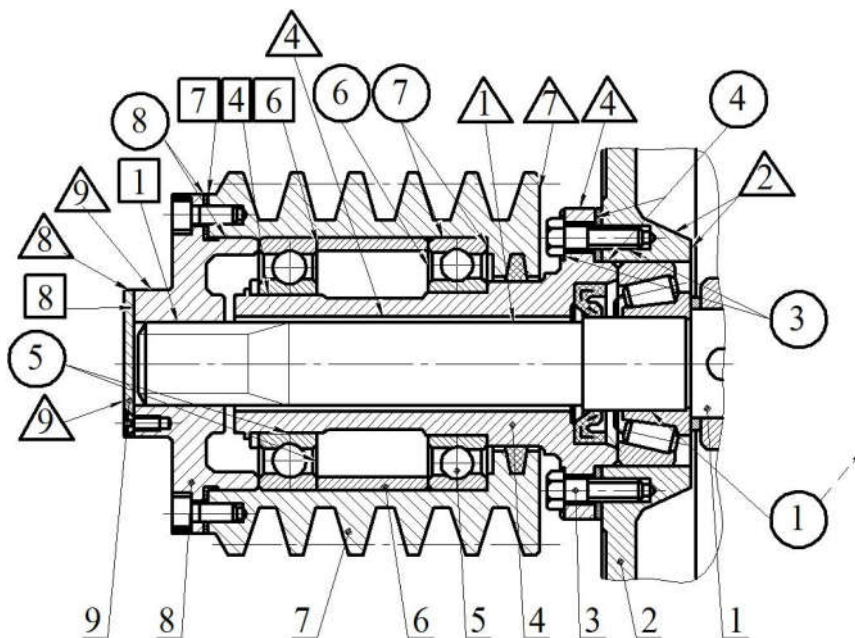


Рис. 5.15. Вузол приводного ролика:

1 – приводний вал; 2 – корпус; 3 – гвинт; 4 – стакан; 5 – кульковий підшипник; 6 – дистанційна втулка; 7 – приводний ролик; 8 – кришка; 9 – кришка пласка;  
 ○ □ △ – відповідно основні, допоміжні бази та вільні поверхні і-тої деталі

**Вимірювальна база (ВБ)** – це конструкторська база деталі або складальної одиниці, від якої на кресленнику задані безпосередні розміри чи певні умови розташування їхніх елементів. Останні позначаються на кресленнику умовними позначеннями (рис. 5.16).

Коли відносно розташування поверхонь задано розміром (наприклад, розміром А на рис. 5.16), то вимірювальна база залежить від того, яку поверхню розглядають (аналізують). Так, для поверхні 1 ВБ буде поверхня 2, для поверхні 2 – ВБ буде поверхня 1.

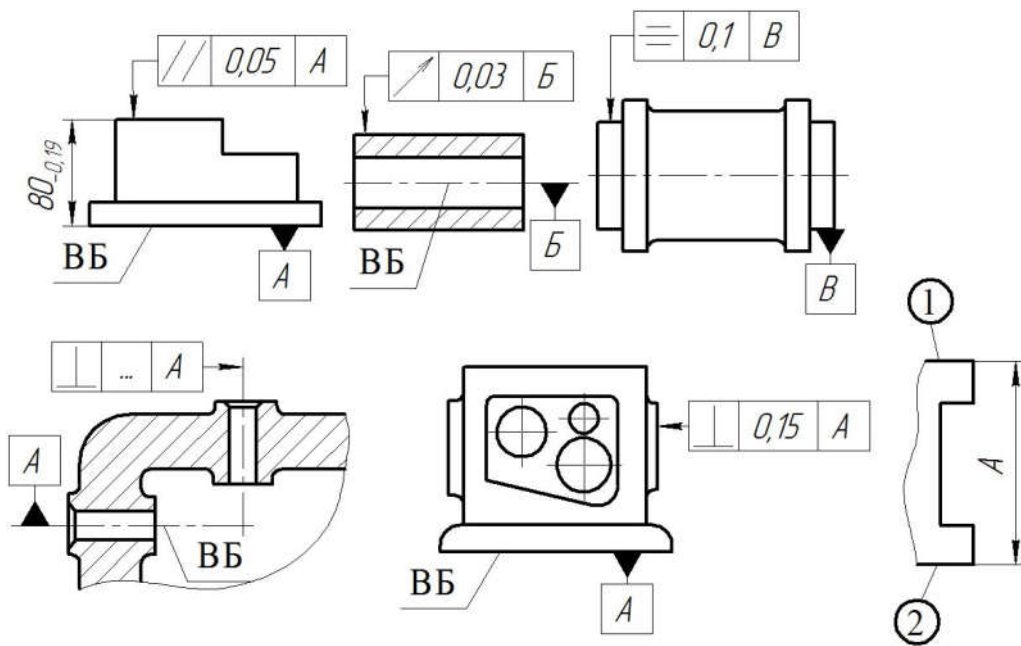


Рис. 5.16. Вимірювальні бази

За позбавленими ступенями волі КБ може бути установчою, напрямною, опорною та подвійною напрямною чи подвійною опорною (табл. 5.3).

**Установча база** – КБ, яка позбавляє об'єкт трьох ступенів волі: переміщення вздовж однієї координатної осі й обертання навколо двох інших координатних осей.

Табл. 5.3 – Можливості базування деталей залежно від розмірів баз

 Вид поверхні бази	Розміри бази	Число відібраних ступенів волі	Відібрані переміщення						Назва бази
			Переміщення вздовж осей			Поворот навколо осей			
			OX	OY	OZ	OX	OY	OZ	
Площина (площини симетрії)	Велика	3			+	+	+		Установча
	Вузька	2		+				+	Напрямна
	Точкова	1	+						Опорна
Циліндрична зовнішня (внутрішня) чи її вісь	Довга	4		+	+		+	+	Подвійна напрямна
	Коротка	2	+	+					Подвійна опорна
Конічна зовнішня (внутрішня) чи її вісь	Довга	4		+	+		+	+	Подвійна напрямна
	Коротка	2	+	+					Подвійна опорна

**Напрямна база** – КБ, яка позбавляє об'єкт двох ступенів волі: переміщення вздовж однієї координатної осі й обертання навколо іншої координатної осі.

**Опорна база** – КБ, яка позбавляє об'єкт одного ступеня волі: переміщення вздовж однієї координатної осі або обертання навколо координатної осі.

**Подвійна напрямна база** – КБ, яка позбавляє об'єкт чотирьох ступенів волі: переміщенні вздовж двох координатних осей та обертання навколо цих же осей.

**Подвійна опорна база** – КБ, яка позбавляє об'єкт двох ступенів волі: переміщення вздовж двох координатних осей.

За характером проявлення КБ може бути явною або прихованою.

Явна база – база об'єкта у вигляді реальної поверхні.

Прихована база – база об'єкта у вигляді уявної площини, осі або точки.

### 5.3.2. Базування деталей з'єднань

Незмінність положення деталі у вибраній системі координат під час роботи в машині називають визначеністю базування. Визначеність базування забезпечується прикладанням до деталі сил, що створюють силове замикання.

Силове замикання контакту поверхонь з'єднань створюється або кріпильними елементами, або силами натягу в безззорних з'єднаннях.

Сили і моменти, які створюють силове замикання і забезпечують неперервність контакту, повинні бути більші сил і їх моментів, що спрямовані на порушення цього контакту в процесі роботи деталі в машині.

Без дотримання цієї умови можливе невиконання деталлю свого функційного призначення.

Таким чином, визначеність базування характеризується безперервним збереженням контакту. Якщо контакт порушується, виникає невизначеність базування.

Під **невизначеністю базування** розуміється одинична або багаторазова зміна потрібного положення деталі відносно вибраної системи координат.

Невизначеність базування завжди породжує додаткову похибку відносного положення або руху деталі. Це потрібно враховувати у випадку рухомих з'єднань деталей, коли для виконання їх функційного призначення залишається одна або декілька ступенів волі. Наприклад, повзун клепальної машини для виконання своєї службової функції повинен мати можливість рухатися вздовж осі  $Ox$ , а для цього мати одну ступінь волі (рис. 5.17).

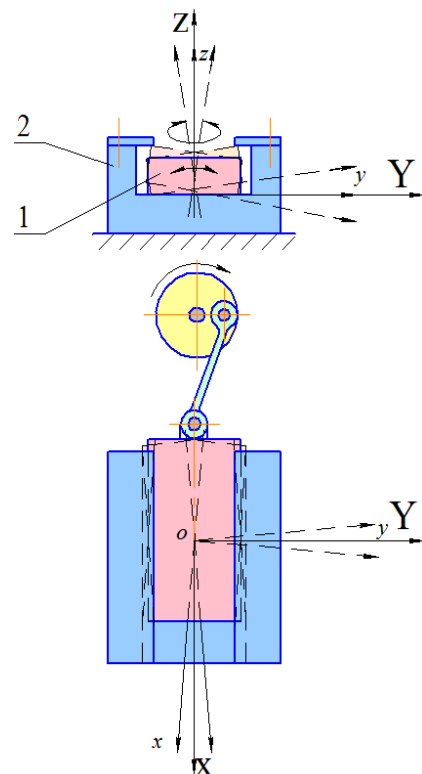


Рис. 5.17. Невизначеність базування повзуна

Для цього повинен бути зазор  $S$  між повзуном і напрямними. Наявність зазору дає можливість повзуну займати під дією робочих сил і моментів безліч невизначених положень.

Невизначеність базування (похибка положення) деталі виникає в рухомих з'єднаннях і залежить від величини  $S$  зазору, величини напрямку і місця прикладених робочих навантажень. Для зменшення невизначеності базування деталей необхідно при конструюванні ретельно відпрацювати допуски з'єднань, виходячи з мінімально достатнього функційного зазору.

Оскільки, наприклад, діаметр вала  $d_b$  і отвору  $d_o$  величини випадкові, то і зазор  $S$  величина випадкова. Середнє значення зазору  $S_{cp} = d_{cp}^b - d_{cp}^o$ .

Випадковими векторними величинами є також похибки розташування торцевих поверхонь деталей – тіл обертання.

Оскільки деталі базують на валах з упором у торець, який має певну похибку розташування (поворот)  $\beta$ , можливі два випадки:

**Випадок 1.** Зазор  $S_1$  відносно малий і деталь 1 дотикається з валом отвором у точках  $a$  і  $b$  і торцем в точці  $c$  (рис. 5.18, *a*).

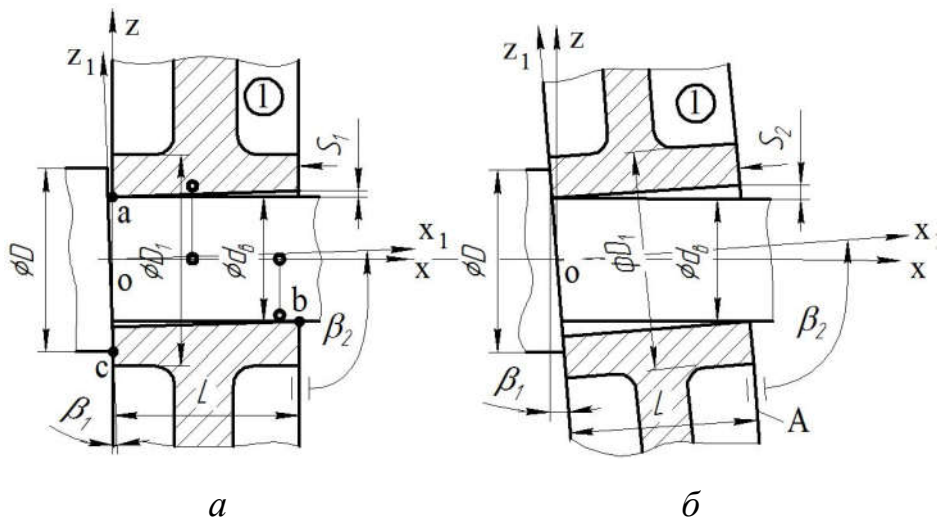


Рис. 5.18. Відносний поворот деталі на валу

У цьому випадку отвір деталі 1 є подвійною опорною базою, а торець – опорною базою.

Поворот деталі 1 на діаметрі  $d_M$ :

$$\beta_{\Delta} = 0,85 \sqrt{\left(\frac{d_M}{D}\right)^2 \beta_1^2 + \beta_2^2},$$

де  $\beta_1$  – допуск перпендикулярності торця заплечника вала до посадочної поверхні на діаметрі  $D$ ;

$\beta_2$  – допуск перпендикулярності торця деталі 1 до осі отвору на діаметрі  $d_b$ ;

$\frac{d_M}{D}$  – передатне відношення.



Похибка базування – це зміщення  $\omega_{б(з)}$  і відносний поворот деталі (довжиною  $L$ )  $\omega_{б(п)}$  в межах зазору  $S_{max}$ .

$$\omega_{б(з)} = S_{max};$$

$$\omega_{б(п)} = \frac{S_{max}}{L}.$$

**Випадок 2.** Зазор  $S_2$  відносно великий ( $S_2 \gg S_1$ ) і деталь 1 повністю прилягає до торця ступеня вала (рис. 5.18, б).

Тоді торець деталі 1 – установча база, а отвір – подвійна опорна.

Похибка базування в цьому випадку:

$$\omega_б = \frac{\beta_{\Delta}}{d_M}.$$

Для точнішого і надійнішого базування поверхні мають бути, по можливості, розвинутими – площини повинні мати якомога більші розміри, а циліндри – якомога більше відношення довжини до діаметра.

Втулка регулювального механізму (рис. 5.19, а) базується зовнішньою циліндричною поверхнею і прилеглою площиною.

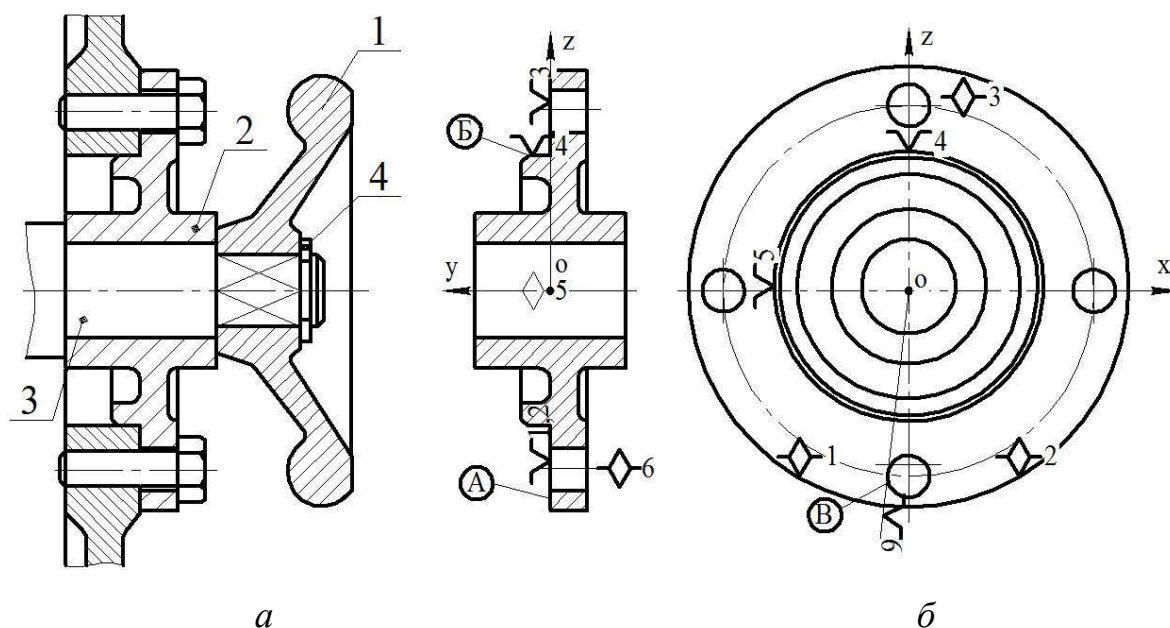


Рис. 5.19. Фрагмент регулювального механізму (а) та теоретична схема базування втулки (б):  
1 – маховичок; 2 – втулка; 3 – вал; 4 – стопорне кільце

Аналіз геометричних співвідношень поверхонь баз показує, що поверхня А втулки розвинутіша за коротку поверхню центрального пояска Б. Тому поверхня А є установчою, а поверхня Б – подвійною опорною базами. Опорною базою, яка позбавляє обертання кришки навколо осі ОУ, є поверхня В якогось із кріпильних отворів, що упирається у гвинт.

Перехід від рухомих до нерухомих з'єднань (пресових, клемових) веде до визначеності базування, оскільки незалежно від величини і напрямку дії робочих сил подовження деталі 1 (рис. 5.20) залишається сталим, тобто визначеним.

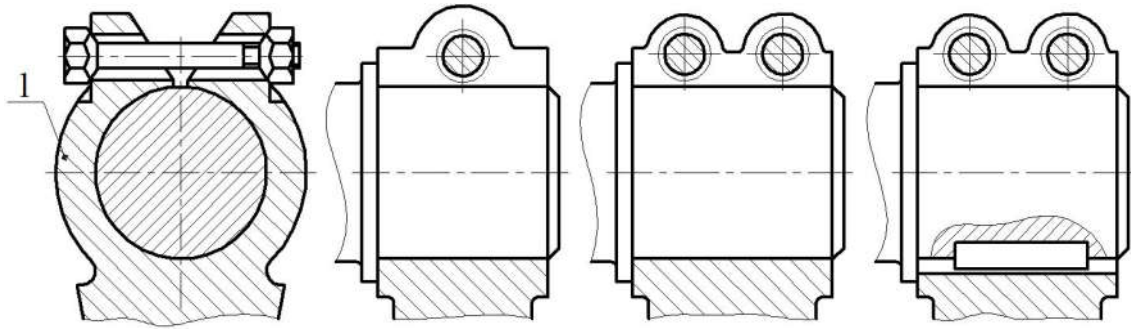


Рис. 5.20. Клемове з'єднання

За посадками з натягом (рис. 5.21) зазор відсутній, тому допоміжна конструкторська база – вісь ступеня вала й основна конструкторська база втулки – вісь отвору – збігаються, а зсув і відносний перекіс втулки відсутні, відповідно відсутня і похибка базування в радіальному напрямку.

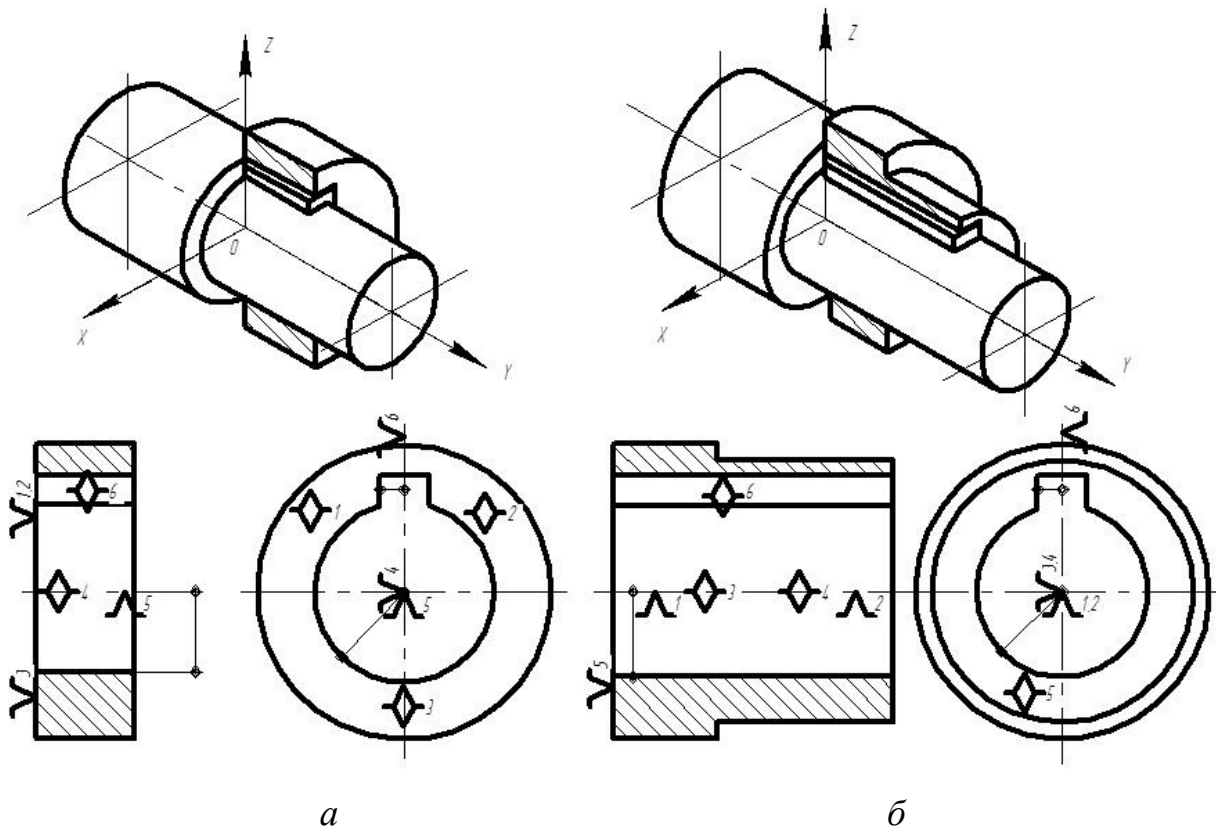


Рис. 5.21. Теоретичні схеми базування віссю отвору короткої (а) та довгої (б) втулок

Однак, як показує практика, через можливість ексцентричного прикладання сил пресування, похибок геометричної форми спряжених поверхонь, неоднорідності матеріалу деталей тощо деталь може встановлюватися з перекосом, особливо при малих відношеннях  $L$  до діаметра отвору  $d_0$ .

При посадках із натягом немає точного критерію оцінки похибки базування. Наближено вважають за  $L/d_0 > 8$  отвір – подвійна напрямна база, а торець – опорна; за  $L/d_0 < 8$  – отвір – подвійна опорна база, а торець – установча база.

Аналогічний критерій використовують для деталей типу стаканів, втулок, зубчастих коліс, шківів, муфт тощо

Якщо комплект баз складає три площини (установча, напрямна й опорна бази), то координатну площину  $XOY$  слід суміщати з установчою,  $XOZ$  – з напрямною і  $YOX$  з опорною базами (рис. 5.22, а).

Якщо комплект баз складає подвійна напрямна і дві опорні бази (рис. 5.22, б), то координатною віссю  $OX$  повинна бути вісь деталі, площина  $XOZ$  – площиною симетрії шпонкового паза, а площиною  $YOZ$  – торцева поверхня.

Коли комплект баз містить установчу, подвійну опору й опорну бази (рис. 5.22, в) координатна система повинна розташовуватись так:  $XOZ$  – установча база, вісь  $OY$  – вісь подвійної опорної бази, площина  $YOZ$  – площина симетрії шпонкового паза шестерні.

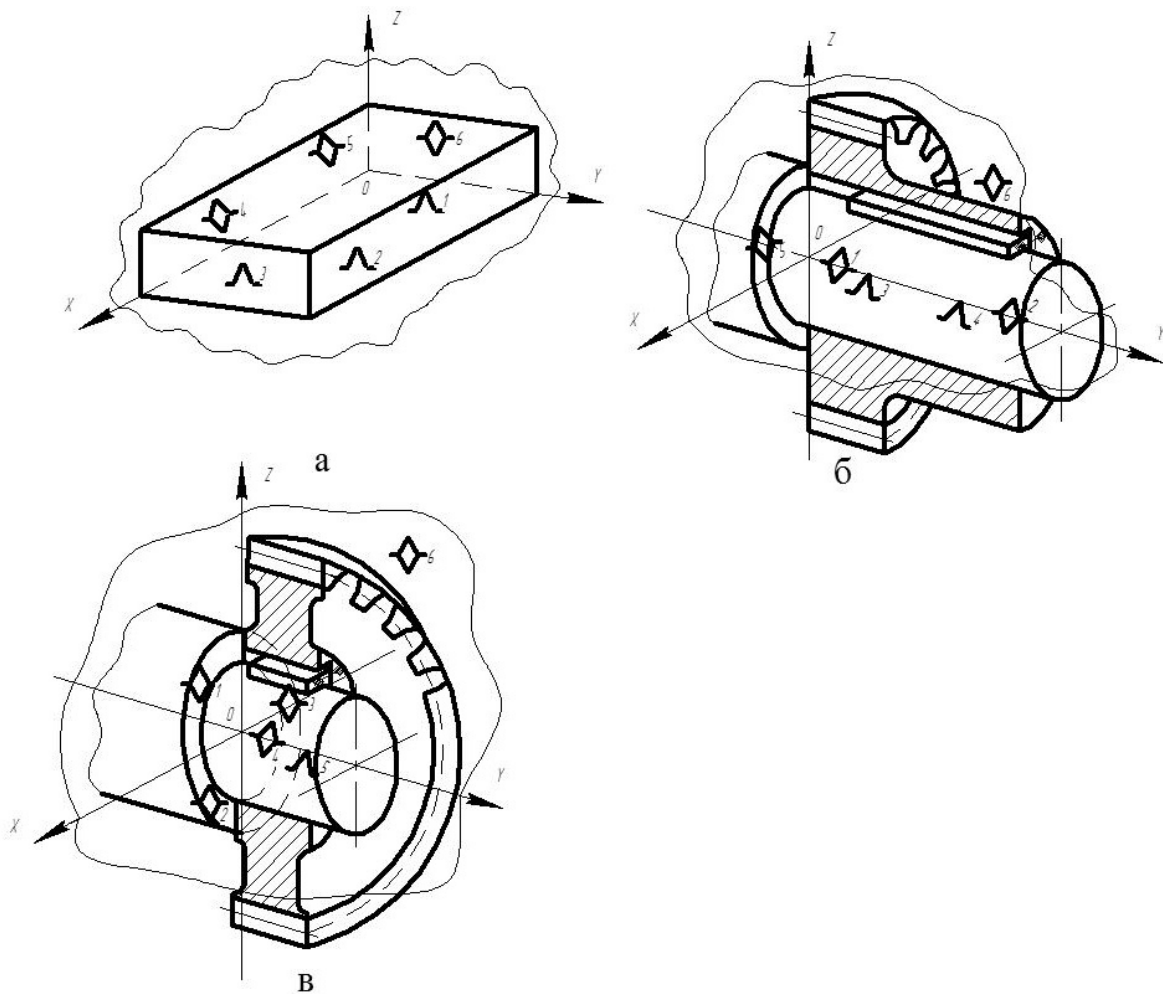


Рис. 5.22. Комплекти баз різноманітних деталей

Для визначення положення систем координат деталей необхідно вибрати одну з них за початок відліку.



## Базування деталей різевих з'єднань

Деталь різевого з'єднання – це найчастіше циліндричне тіло з гвинтовою нарізкою прямокутного, трапецієвидного, трикутного тощо профілів. Відповідно до співвідношення діаметра й довжини аналогічно циліндричним тілам різеві тіла також можуть бути довгими і короткими.

Так, профіль метричної різі – трикутник з кутом вершини  $60^\circ$  і плоским зрізом зовнішнього діаметра болта (гвинта) і плоскою чи заокругленою формою западини гайки (різевого отвору) (рис. 5.23, а).

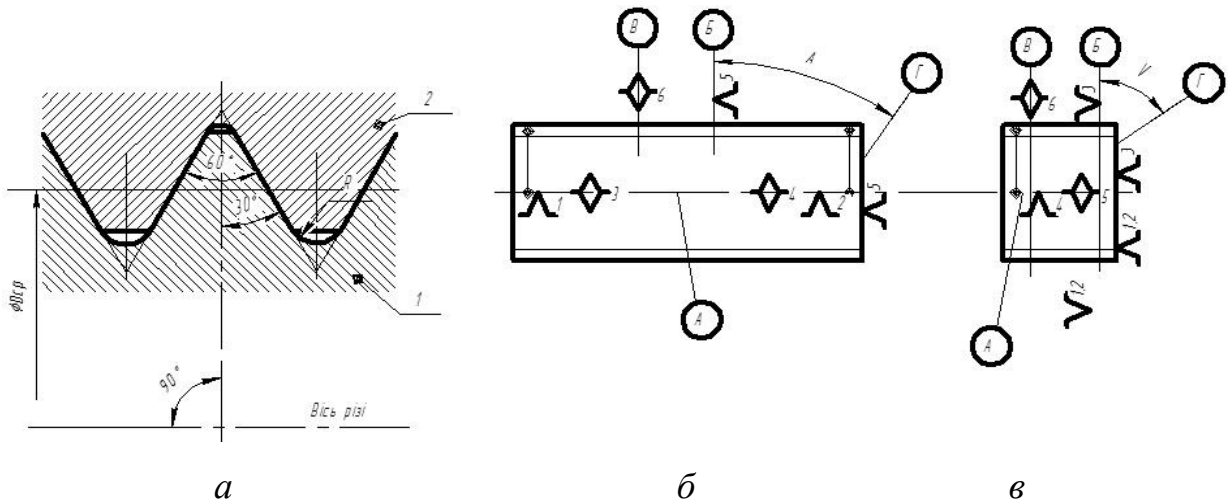


Рис. 5.23. Схеми різевого з'єднання (а) і теоретичні схеми базування довгого (б) і короткого (в) різевих тіл

Вважають, що контакт різевих поверхонь відбувається по середньому діаметру різі  $D_{\text{ср}}$ , тому вісь А цієї поверхні – подвійна напрямна (рис. 5.23, б) чи подвійна опорна (рис. 5.23, в) бази. Площина Б без упора торцем (рис. 5.24, а) або площина Г (рис. 5.24, б) – відповідно опорна чи установча бази. Якась із площин симетрії В – опорна база.

За функціями, які виконують різні поверхні деталей у машині, їх можна поділити на 4 види: **виконавчі поверхні, основні й допоміжні бази, вільні поверхні.**

**Виконавчі поверхні (ВкП)** – це поверхні, або їх поєднання, за допомогою яких машина (СО, деталь) виконує своє функційне призначення.

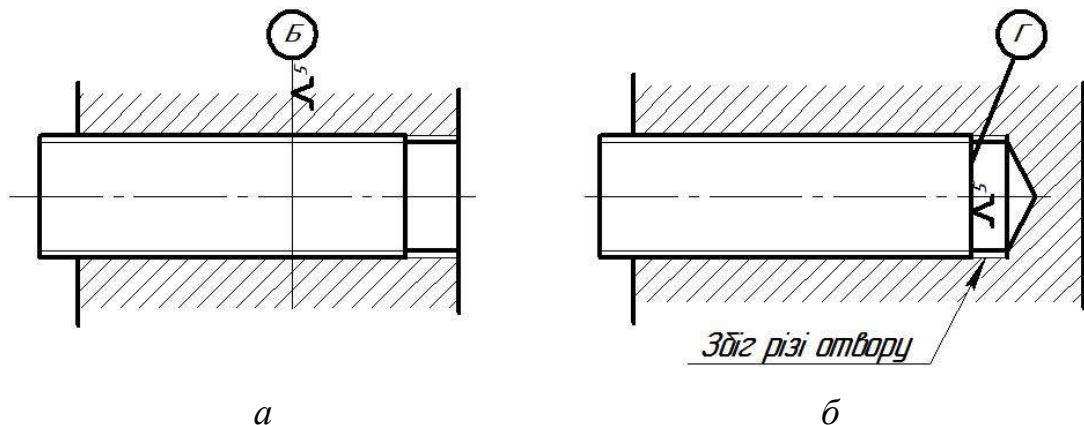
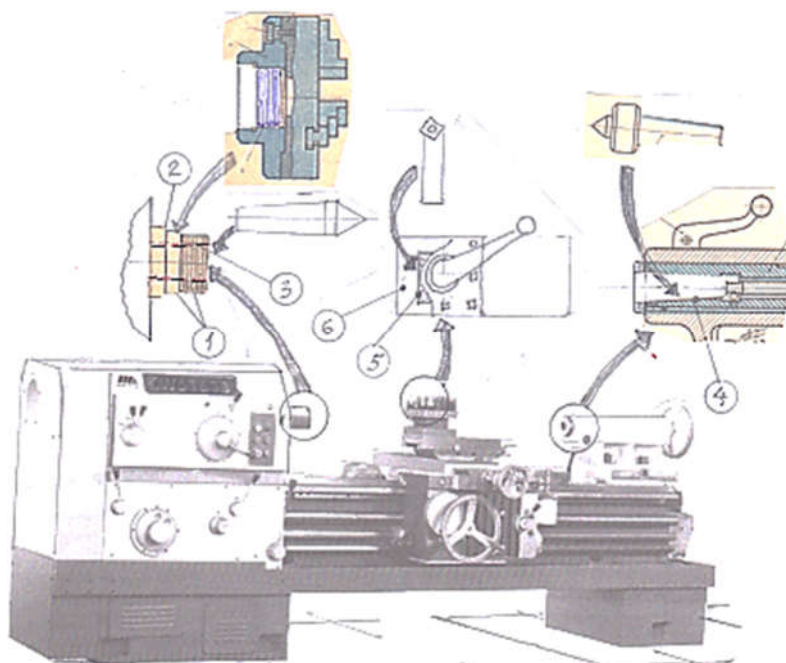


Рис. 5.24. Базування довгого різевого тіла без упора торцем (а) і з упором (б)

У токарного верстата для реалізації службової функції – обробки тіл обертання – це передній кінець шпинделя, конус пінолі задньої бабки, поверхні різцетримача (рис. 5.25).



*Рис. 5.25. Виконавчі поверхні токарного верстата*

Це поверхні 1 (центруючий і різевий пояски) і 2 (торець) призначені для базування патрона чи планшайби, поверхня 3 (внутрішній конус) – для переднього центра (при обробці в центрах), конічний отвір пінолі 4 – для заднього центра, поверхні 5 і 6 різцетримача або револьверної головки, які визначають положення різця відносно оброблюваної поверхні й безпосередньо передають йому необхідний для обробки рух.

У шпинделя поряд з поверхнями 1, 2, 3 виконавчими поверхнями є підшипникові шийки, їхні торці, бічні поверхні шліців або шпонкових пазів, за допомогою яких шпиндель виконує своє функційне призначення, у зубчастого колеса – отвір, один із торців маточини, бічна поверхня шпонкового пазу, евольвентні поверхні зубців.

В електродвигуна виконавчими є поверхні кінця валу, на якому монтується муфта, що передає обертовий рух і крутний момент, а також робочі поверхні статора й ротора.

Виконавчими поверхнями зубчастої передачі, як механізму, є сполучення двох робочих поверхонь зубців пари зубчастих коліс, які працюють спільно.

Виконавчими поверхнями двигуна внутрішнього згорання, як механізму для перетворення теплової енергії в механічну, є поверхні кілець та робочі поверхні циліндрів. Виконавчими поверхнями поршня є його робочий торець, канавки для кілець та отвір під палець.

Оскільки виконавчі поверхні машини під час роботи мають здійснювати певні відносні рухи, необхідні для виконання нею функційного (службового) призначення, то одним із основних показників, які характеризують точність машини, є точність відносного руху виконавчих поверхонь.

Трапляються конструкції, у яких ділянки тієї ж самої поверхні виконують одночасно функцію основної і допоміжної баз. Найпростіший приклад – шпонка у шпонковому з'єднанні (рис. 5.26).

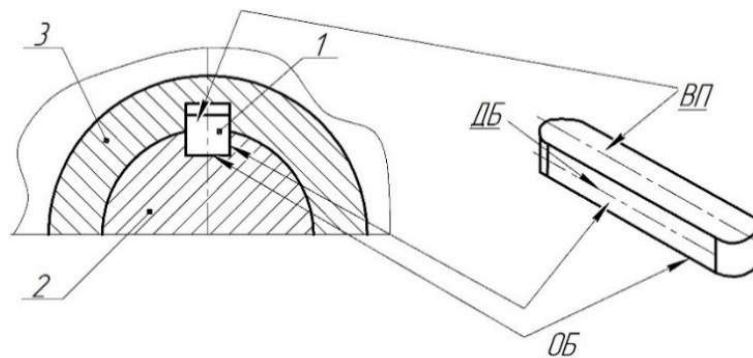


Рис. 5.26. Функційні поверхні шпонки

Частина шпонки 1, яка знаходиться в шпонковому пазу вала 2, є її основою базою, бо орієнтує її положення відносно вала, частина ж шпонки, що входить у шпонковий паз маточини 3 шестерні чи зубчастого колеса – є допоміжною базою шпонки, орієнтуючи цю деталь і позбавляючи її обертання відносно вала.

Аналогічні функції виконують шийки діаметром  $d_1$  та  $d_2$  черв'яка редуктора, частина поверхні яких є основними базами, а частина – допоміжними базами (ДБ1, ДБ2) орієнтуючи відбивачі мастила 1 і 2 (рис. 5.27).

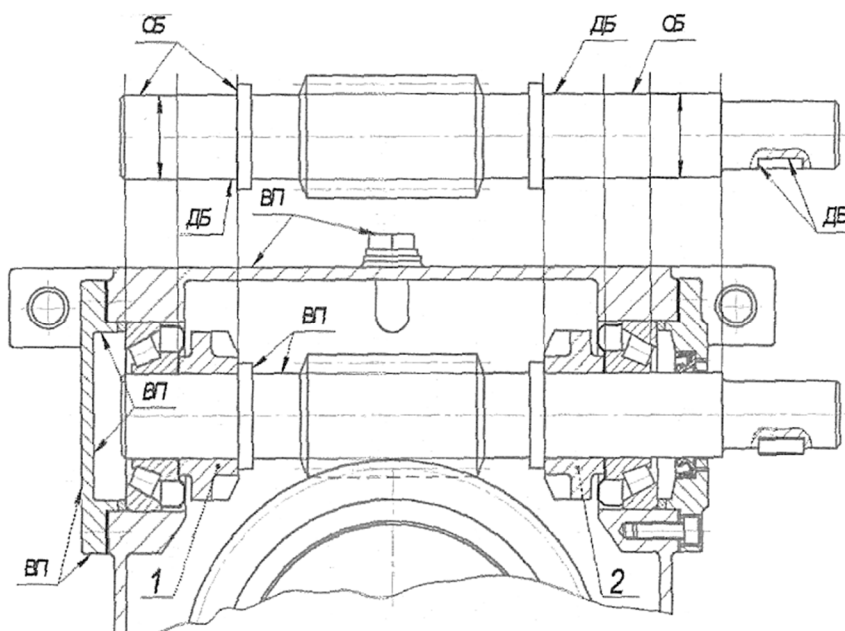


Рис. 5.27. Функційні поверхні черв'яка редуктора

Виконавча поверхня вертикально-свердлильного верстата – площина столу є одночасно конструкторською допоміжною базою верстата, оскільки визначає розташування верстатного пристрою чи заготовки, установлених на столі.

Виконавчі поверхні токарного верстата є одночасно і його допоміжними базами, орієнтуючи відповідно патрон (планшайбу), передній і задній центри та різець.

Будь-яка задана функція може бути реалізована різними технічними системами. Ступеню складності виконуваної функції відповідає рівень складності технічної системи: чим складніша службова функція, тим складніша ТС. З іншого боку, універсальність ТС зменшується в міру ускладнення виконуваних функцій.

Певна конструкція може реалізувати лише одну основну функцію, але та сама службова функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

Так службова функція «Кутова передача крутного моменту» може бути реалізована багатьма варіантами конструктивного виконання (рис. 5.28), кожен з яких має певні переваги й недоліки щодо зручності складання, регулювання і контролю зубчастого з'єднання, технології механічної обробки корпусу тощо.

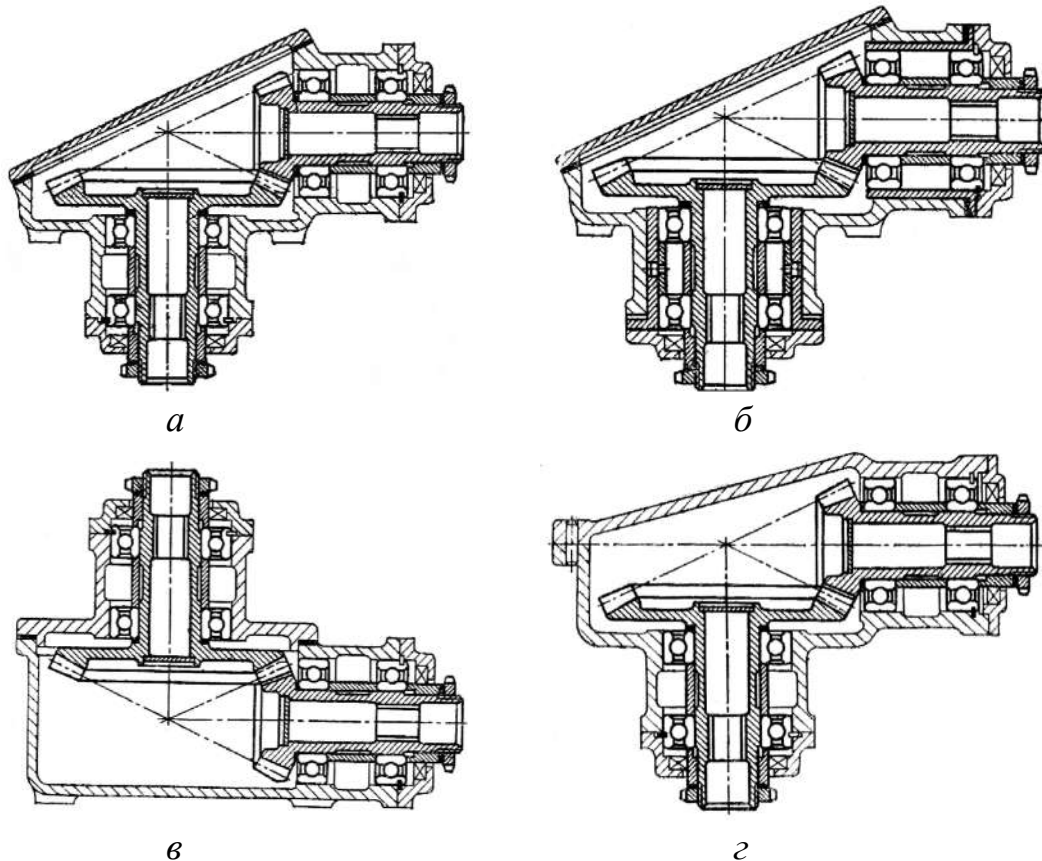


Рис. 5.28. Деякі варіанти кутової передачі крутного моменту:

*а – вали розташовані в одному корпусі; б – підшипники установлені в проміжних втулках;*

*в – хвостовик колеса виведено вгору і розташовано в кришці;*

*г – корпус роз'ємний по осі вала-шестерні*

Ще приклад, службова функція  $F$  об'єкта: «Передати зворотно-поступальний рух під прямим кутом» теж може реалізовуватись різними конструктивними схемами (рис. 5.29).

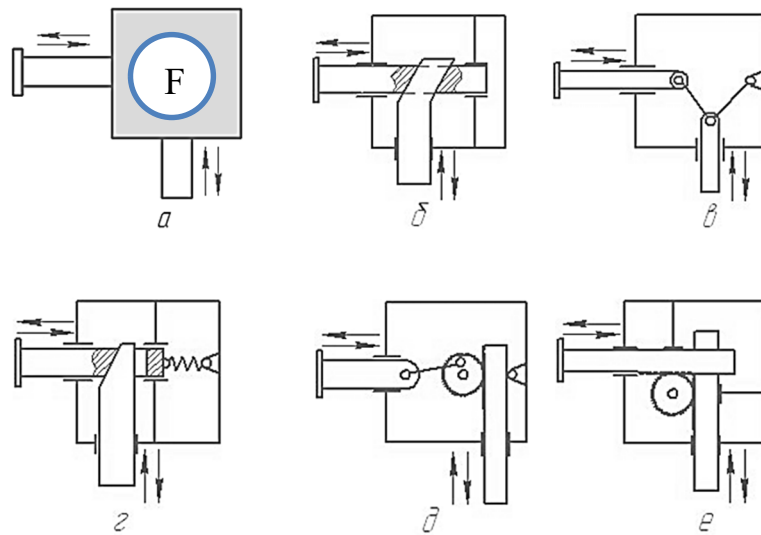


Рис. 5.29. Можливі конструктивні схеми реалізації службової функції

Вибір кращої конструктивної схеми реалізації функції виконують за критеріями, що визначаються функційним призначенням виробу, наприклад, простота, точність, вартість, надійність, маса, габаритні розміри тощо. Деталі конструктивних схем беруть участь у реалізації службових функцій відповідними елементами (рис. 5.30).

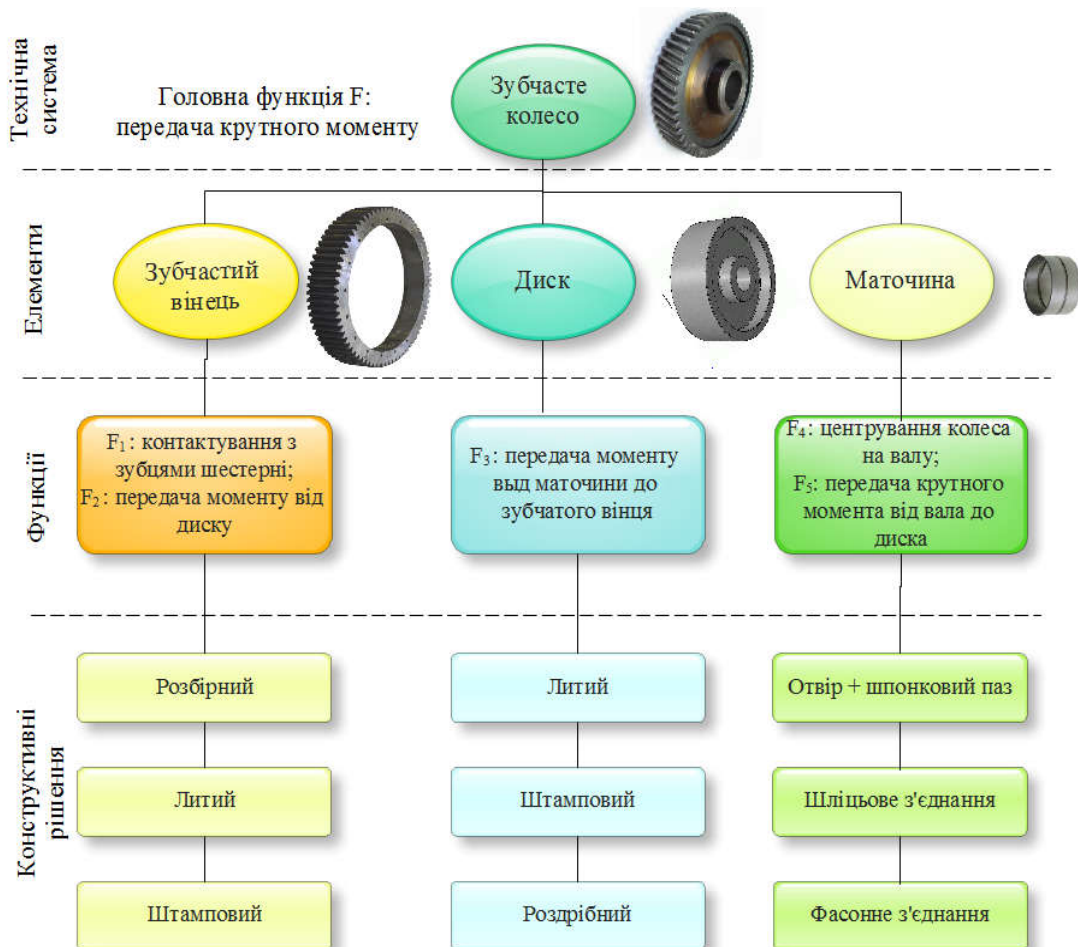


Рис. 5.30. Функційна структура зубчатого колеса



Конструктивна реалізація службової функції корпусної деталі (рис. 5.31) – «сприймати горизонтальну силу» – забезпечується вибором раціональної конструкції від оболонки 1 до штампованої 5.

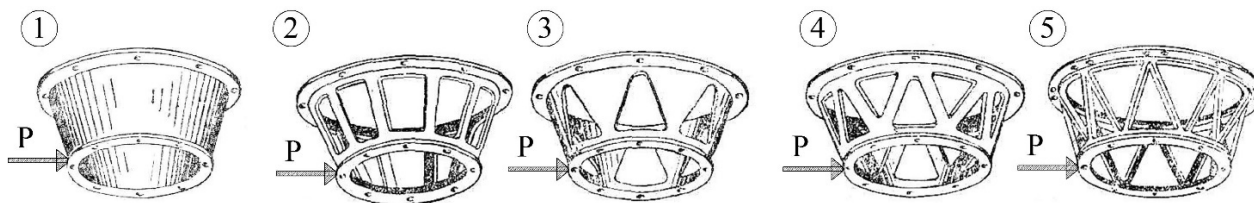


Рис. 5.31. Можлива конструктивна реалізація службової функції

Таким чином, будь-який комплекс службових функцій може бути реалізовано різноманітними способами. Виходячи з цього, головним завданням технічного проектування є знаходження найдешевшого способу виконання того чи іншого комплексу функцій.

Комплекс функцій TS є результатом взаємодії функцій, виконуваних його складниками. Тому зменшувати вартість реалізації комплексу функцій можна не лише зміною всього об'єкта, але й за рахунок модернізації окремих його елементів (рис. 5.32).

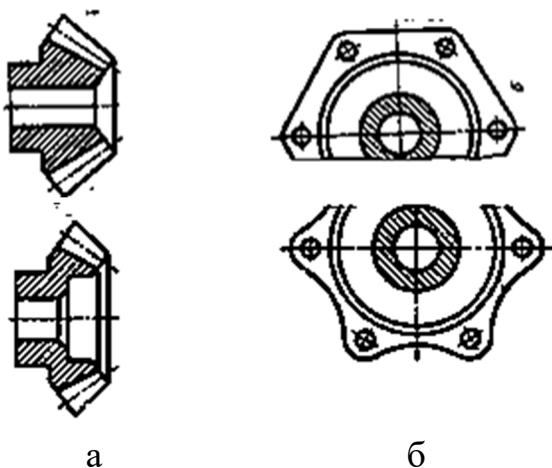


Рис. 5.32. Модернізація елементів конструкції деталей для реалізації функції «зменшення металоемності»

Формування зв'язків технічної системи включає чотири етапи:

- 1) виявлення видів зв'язків, за допомогою яких TS (машина) виконує своє функційне призначення;
- 2) виявлення виконавчих поверхонь, між якими потрібно здійснити необхідні зв'язки;
- 3) перетворення зв'язків виконавчих поверхонь у розмірні і зв'язки властивостей матеріалів;
- 4) визначення точності зв'язків виконавчих поверхонь машини.

Потрібні види зв'язків виконавчих поверхонь технічної системи впливають з її функційного призначення.

Наприклад, технічна система – металорізальний верстат призначено для обробки заготовок. Для виконання цієї функції необхідно:

- задати відносне положення заготовки та різального інструменту;
- здійснити відносний рух оброблюваної заготовки та різального інструменту;
- створити зусилля, необхідне для здійснення процесу різання матеріалу.

Відповідно, у верстаті необхідно створити між виконавчими поверхнями розмірні, кінематичні і динамічні зв'язки.

Кожен вид зв'язку утворює в машині замкнутий контур, частина якого (1 на рис. 5.33) з'єднує (замикає) виконавчі поверхні, а частина (2) містить складники, які реалізують певні функції цього виду зв'язку.

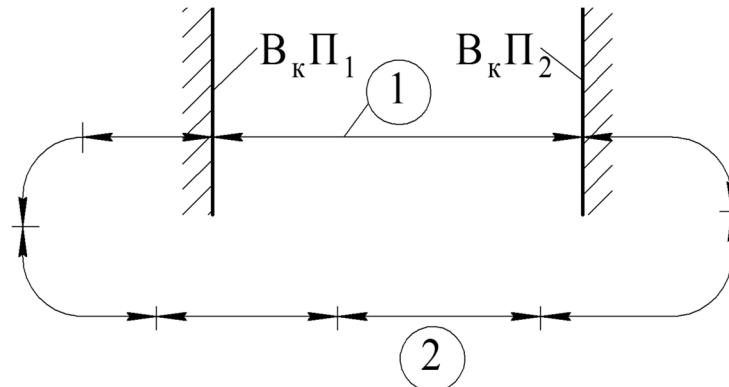


Рис. 5.33. Схема зв'язку виконавчих поверхонь

Тому на наступних стадіях виконується розробка виду, конструктивної форми, розмірів виконавчих поверхонь, відповідно до вимог до яких розробляють складові ланки зв'язків (2).

Щоб виявити механізми і деталі, необхідні для передачі й перетворення руху двигуна у відносний рух виконавчих поверхонь розробляють кінематичну схему машини.

Кінематичний зв'язок між виконавчими поверхнями і двигуном може здійснюватися механічними, електричними, гідравлічними та іншими зв'язками.

Для цього необхідно підібрати передатні відношення, що забезпечують потрібний діапазон регулювання, вибрати тип передатних механізмів, визначити основні кінематичні параметри елементів кінематичних ланцюгів (число зубців коліс, кроки ходових гвинтів, параметри кривошипно-шатунних механізмів тощо).

Кінематичні зв'язки виконавчих поверхонь верстата впливають із сутності процесу обробки.

Для обробки отворів необхідно обертання і прямолінійний рух інструменту ( $V_{кП1}$ ), а для фрезерування площин (пазів) – обертання інструменту ( $V_{кП2}$ ), прямолінійних рух заготовки ( $V_{кП3}$ ), звідки впливає рівняння кінематичного зв'язку виконавчих поверхонь верстата

$$D_{S_B} = n \cdot S_0,$$

де  $D_{S_B}$  – швидкість прямолінійного руху інструмента (заготовки  $D_{S_p}$ ), мм/хв;

$n$  – число обертів шпинделя за хвилину;

$S_0$  – подача інструмента (заготовки) на один оберт шпинделя, мм/об.

Встановлюючи значення параметрів  $n$  і  $S_0$  враховують діапазон зміни розмірів поверхонь, що обробляються, і їх точності, різноманіття використовуваних методів обробки та заданої функційним призначенням продуктивності. Найвигідніші режими обробки забезпечує лише безступінчасте їх регулювання.

Розробка кінематичної схеми машини дозволяє виявити ланки кінематичних зв'язків, їхні характеристики й відносне розташування.

Щоб перетворити кінематичні ланки в деталі машини, необхідно виявити їх навантаження через виявлення складових ланок динамічних зв'язків.

Динамічні зв'язки в машині утворюються силами і моментами сил, які діють у процесі її роботи: необхідні для здійснення процесу, сили тертя, інерційні навантаження.

Динамічні зв'язки виконавчих поверхонь верстата для здійснення процесу різання визначають сили, які необхідні для відділення шару матеріалу з оброблюваної поверхні заготовки (рис. 5.34). Сила  $P$  різання визначається відомими з теорії різання залежностями:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2},$$

де  $P_i = c_{p_i} \cdot t^{x_{p_i}} \cdot S^{y_{p_i}} \cdot v^{n_{p_i}} \cdot K_{M_{p_i}}$ .

Розрахунок динамічних зв'язків зазвичай ведуть за найбільшої можливої глибини різання  $t$ , найбільшої твердості матеріалу ( $K_M \rightarrow \max$ ), найбільшої подачі ( $S \rightarrow \max$ ) і найменшої швидкості ( $v \rightarrow \min$ ).

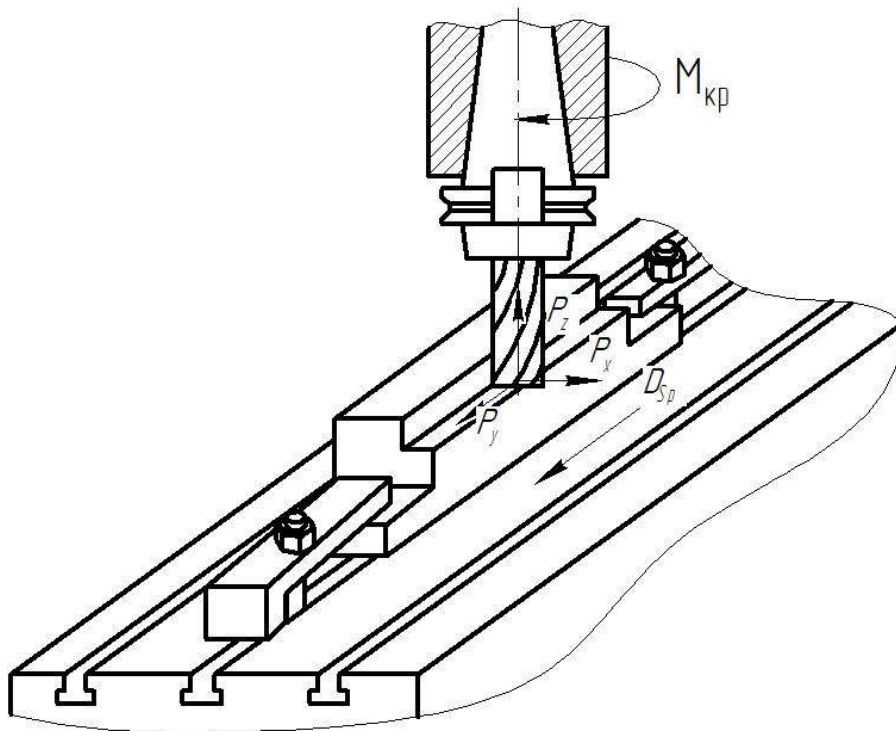


Рис. 5.34. Схема динамічних зв'язків



Допуски на параметри зв'язків виконавчих поверхонь виробу повинні визначатися розрахунком, зважаючи на зміну характеристик якості продукції, для вироблення якої створюється виріб (машина). Для цього необхідно рівняння зв'язку виконавчих поверхонь. За його відсутності норми точності зв'язків можуть установлюватися з досвіду експлуатації подібних виробів або на основі експерименту при випробуванні дослідних зразків.

**Вид і форма виконавчих поверхонь** виробу (машини) повинні давати можливість здійснити між ними необхідні зв'язки, з огляду на функційне призначення виробу й характеру зв'язків.

Успіх розв'язання цього завдання залежить від повноти визначення функцій та їх реалізації якнайменшою кількістю поверхонь.

Наприклад, функційне призначення фрезерно-свердлильно-розточувального верстата з ЧПК – обробка заготованок корпусних деталей фрезеруванням, свердлінням і розточуванням, вимагає обертального руху різального інструмента і, найчастіше, прямолінійних рухів у двох взаємоперпендикулярних напрямках.

Найпростіше центрування різального інструмента у шпинделі виконує конічна поверхня ( $V_{кП1}$ ), враховуючи широку універсальність верстата й необхідність часто і швидко здійснювати зміну різальних інструментів, конус повинен бути метричним (наприклад, 7:24). Крутий момент інструменту найпростіше передає шпонкове з'єднання, для чого шпиндель повинен мати, крім конуса, торцевий паз для шпонки ( $ВП2$ ), а інструментальні оправки – відповідні пази для них.

Подальша розробка конструктивних форм виконавчих поверхонь пов'язана з установленням заготовки безпосередньо на столі верстата, або у пристрої.

Технологічними базами корпусних деталей здебільшого є площини. Площинами зазвичай є і основні бази пристроїв. Відповідно до цього, виконавчі поверхні верстата повинні бути площинами ( $V_{кП3}$ ). Для можливості використання затискних елементів та базування пристроїв необхідні Т-подібні пази ( $V_{кП}$ ).

Таким чином, виконавчі поверхні верстата потребують створення кінематичних зв'язків для забезпечення відносного руху різальних інструментів і заготовки та розмірних зв'язків, що визначають їх відносне положення.

Для спрощення конструкції намагаються створювати потрібні зв'язки  $V_{кП}$  найкоротшим шляхом, покладаючи на ті самі деталі (складники) одночасну реалізацію зв'язків різного виду, наприклад, кінематичні і динамічні – зубчасті, рейкові, гвинтові передачі, кривошипно-шатунні механізми тощо.

Щоб виріб якісно виконував свої функції, необхідно перейти від параметрів його функційного призначення до параметрів зв'язків виконавчих поверхонь, відповідно до якості продукції, продуктивності, довговічності виробу та умов здійснення процесу.

Цей перехід переважно ведеться шляхом розрахунків, хоча використовують і конструктивну прийнятність.

Кожен із параметрів функційного призначення виробу  $\Pi_i$  є функцією аргументів  $x_i$  – параметрів одного з видів зв'язків виконавчих поверхонь, від яких залежить значення  $\Pi_i$

$$\Pi_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Перехід зводиться до установлення значень аргументів ( $x_i$ ), які задовольняють значенню  $\Pi$ , що можливо лише їх підбором, оскільки рівняння одне, а невідомих  $n$ .

Наприклад, однією з вимог функційного призначення верстата є забезпечення правильної геометричної форми, відносного розташування і розмірів поверхонь заготовок деталей, що обробляються.

Так, для круглості свердлених і розточуваних отворів вісь  $V_{к\Pi_1}$  (рис. 5.35) повинна збігатись з віссю обертання шпинделя (розмірний параметр  $A$  ( $\mu$ )  $\rightarrow$  min), і бути перпендикулярною до  $V_{к\Pi_3}$  (розмірні параметри  $\beta$  і  $\gamma$ ) для правильного розташування між собою (паралельність) та відносно технологічних баз заготовки (паралельність, перпендикулярність).

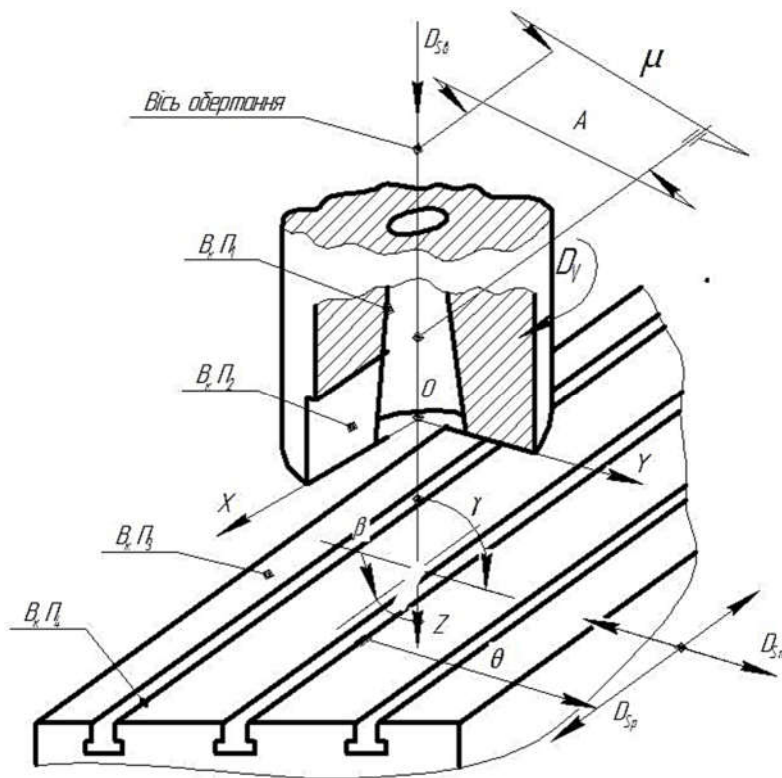


Рис. 5.35. Схема розмірних зв'язків виконавчих поверхонь ( $V_{к\Pi}$ ) верстата: відповідно  $D_{Sv}$ ,  $D_{Sp}$ ,  $D_{Sn}$  – вертикальна, робоча і поперечна подачі

Для правильного базування заготовки і пристроїв центральний T-подібний паз столу ( $V_{к\Pi_4}$ ) повинен бути паралельним руху  $D_{Sp}$  робочої подачі (параметр  $\theta$ ).

Ці ж розмірні параметри необхідні для забезпечення функцій верстата з обробки площин, пазів, уступів тощо.

Виявлення розмірних зв'язків виконавчих поверхонь базується на аналізі сутності процесу і впливу відхилень відносного положення і напрямку руху виконавчих поверхонь на якість продукції.

Передатні відношення кінематичних зв'язків є замикаючими ланками передатних відношень їхніх складників

$$i_{кз} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n.$$

### 5.3.3. Формування розмірних зв'язків технічної системи

Майже всі властивості TS визначаються геометричною взаємодією (геометричною структурою) її складників, що реалізують певні функції. Проектування виробів та деталей, розробка процесів їх виготовлення також пов'язані з їх геометричними образами. Розрізняють взаємодію внутрішню, яка характеризує зв'язки між елементами якогось складника (деталі, механізму, складальної одиниці) і зовнішню, характеризуючи зв'язки між різними складниками.

Сукупність геометричних елементів і певна система відношень між ними виражена в їх формі та розмірах утворюють геометричну структуру технічної системи (деталі, СО, механізму, машини).

У загальному випадку розмір – це відстань між елементами (точками, поверхнями, осями, площинами симетрії) однієї (декількох) деталі. Для одних деталей (виробів) важлива точність відстані між точками, для інших – точність відстані між осями чи площинами або поверхнями.

Положення осі, поверхні, площини окрім розміру характеризується також відносним її розташуванням (паралельність, перпендикулярність, кут) до інших елементів деталі (деталей). Відносна координація поверхонь деталі визначається розмірними зв'язками, утворюючими конструкторські розмірні ланцюги.

Сукупність множин елементних поверхонь {ЕП} та зв'язків між ними {З} створюють геометричну структуру  $S_T$  технічної системи.

$$S_T = (\{ЕП\}, \{З\}).$$

Елементарні поверхні в геометричній структурі зв'язані між собою двома видами зв'язку: відстанями та кутами.

Ці взаємозв'язки визначаються розмірними зв'язками, які створюють складальні розмірні ланцюги, що виникають в процесі складання машини. Останні забезпечується відповідними розмірами деталей.

Відносне розташування поверхонь деталей можна задати в креслениках різними системами розмірів, забезпечивши цим різну точність.

Для спрощення аналізу розмірних ланцюгів останні зображують графічно у вигляді розмірних схем. На схемах розмірних ланцюгів ланки умовно позначають: лінійні розміри – двосторонньою стрілкою (рис. 5.36, а); паралельність – однобічною стрілкою з напрямком вістря до бази (рис. 5.36, б); перпендикулярність – однобічною дуговою стрілкою з напрямком до бази (рис. 5.36, в). Відхилення від паралельності та перпендикулярності однієї поверхні (осі) відносно другої, прийнятої за базу, часто називають **відносним поворотом поверхні (осі)**.

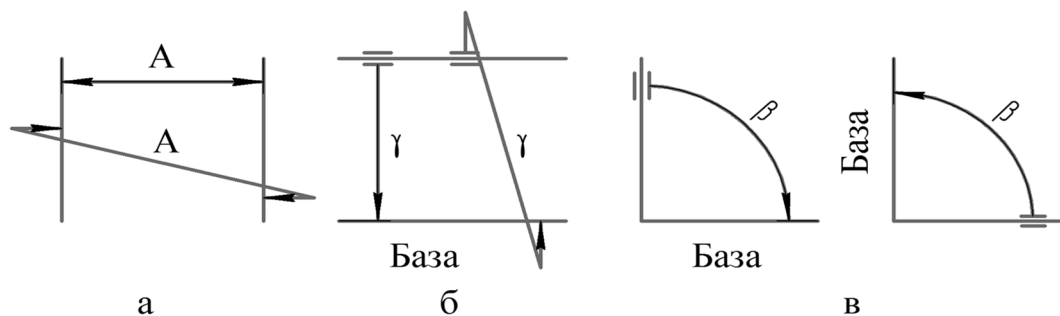


Рис. 5.36. Умовне зображення ланок на схемах розмірних ланцюгів

Для спрощення і конкретизації ланок розмірних схем зручно використовувати позначення осей (площин симетрії) за допомогою умовних знаків – «стяжок». «Стяжка» являє собою відрізок прямої з точками на кінцях, одна з яких ставиться на лінії, що позначає поверхню, а друга на лінії, що позначає вісь цієї поверхні (для тіл обертання) або площину симетрії призматичної деталі. Зазвичай на розрахункових схемах зазори між поверхнями не показують, тому точки про- ставляють біля лінії контакту в тілі відповідних деталей (рис. 5.37). При посадках з натягом такі ланки приймаються рівними нулю. Так, на схемах ланки  $A_4, A_2, A_6, A_8$  – незбіг (ексцентриситет) осей відповідних поверхонь через зазори з'єднань, а ланки  $\gamma_4, \gamma_2, \gamma_6, \gamma_8$  – відносні повороти цих поверхонь.

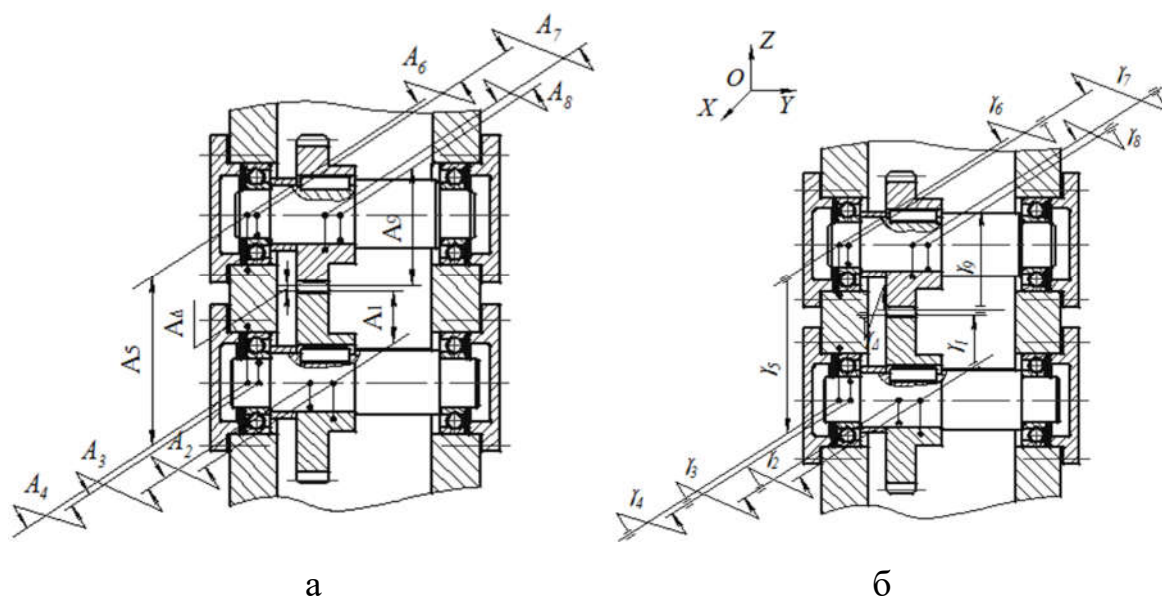


Рис. 5.37. Схема розмірних ланцюгів, що визначають зміщення (а) і відносний поворот (б) ділительних циліндрів зубчастих коліс  $\gamma_4$  в площині  $XOY$

Наприклад, основними функціями корпусу редуктора приводу ланцюгового транспортера є забезпечення правильного зчеплення конічної зубчастої передачі заданого ступеня точності, а також орієнтування вхідного і вихідного валів відносно рами й вала електродвигуна.

Вказані функції корпус виконує певними розмірами, вибраними з відповідних складальних розмірних ланцюгів (рис. 5.38).

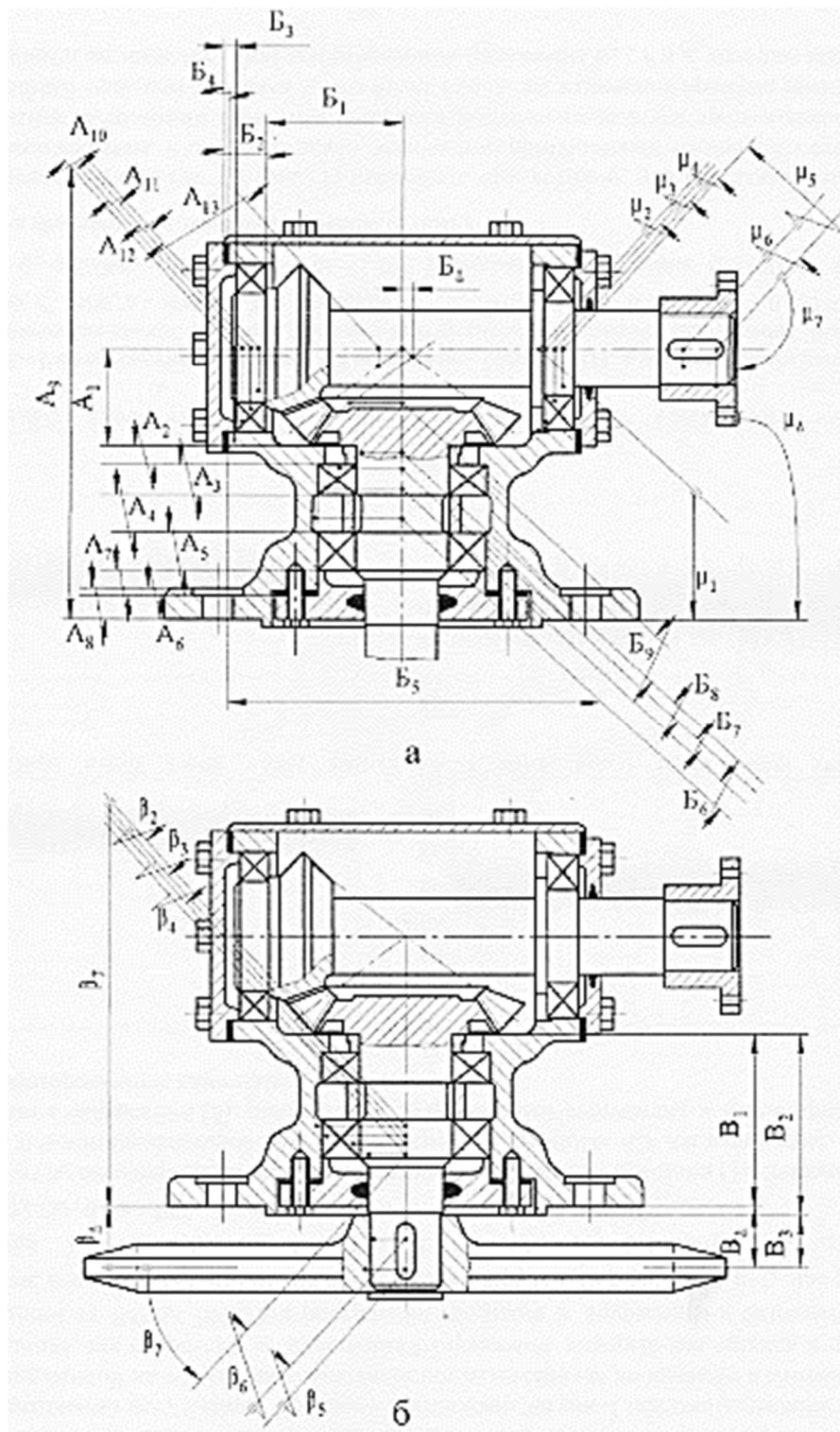


Рис. 5.38. Основні розмірні ланцюги складальної одиниці

Так, потрібне розташування плями контакту на складанні забезпечується відповідними розмірними ланцюгами (А, Б, γ на рс.5.38). У розв'язанні цього завдання корпус бере участь розмірами А<sub>1</sub>, А<sub>8</sub>, А<sub>9</sub>, Б<sub>5</sub> і γ<sub>Δ</sub>. Точність замикаючих ланок складальних розмірних ланцюгів доцільно забезпечувати методом регулювання (використовуючи нерухомі компенсатори – прокладки, простановочні кільця тощо).

Крім якості зубчастої передачі, на монтажі необхідно забезпечити правильне положення редуктора, збіг і прилягання напівмуфт електродвигуна і входного вала редуктора (розмірні ланцюги В, β і μ на рис.5.39).

Це завдання розв'язується методами припасування або регулювання з використанням як компенсатора прокладок, що встановлюють між редуктором і рамою, регулюючи положення редуктора і електродвигуна.

Крім них, до основних розмірів корпусу, що забезпечує службове призначення редуктора, слід віднести збіг осей основних отворів (розмірні зв'язки Г і К на рис. 5.39), перпендикулярність торців осей отворів діаметрами Д<sub>1</sub> і Д<sub>2</sub> тощо.

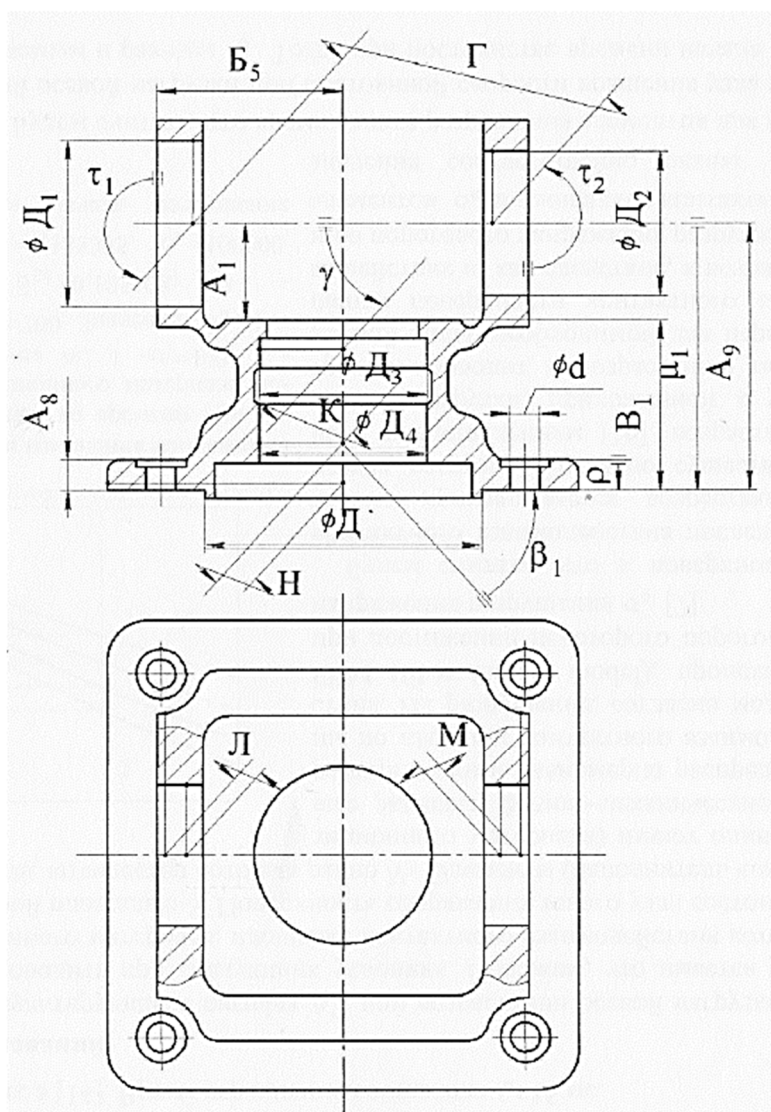


Рис. 5.39. Основні розмірні зв'язки корпусу редуктора

До другорядних розмірів можна віднести симетричність розташування основних отворів відносно зовнішнього контуру (Л, М, Н на рис. 5.39) товщина фланця  $A_8$ , які впливають на товарний вид редуктора, правильне розташування кріпильних отворів тощо.

Проставлення розмірів і допусків на робочому кресленнику корпусу, як, до речі, і інших деталей, потребує врахування технологічних і організаційних чинників, які суттєво впливають на формування розмірних зв'язків.

Остаточне проставлення розмірів корпусу з числовими значеннями та граничними відхиленнями здійснюють після розв'язання відповідних складальних розмірних ланцюгів.

Відповідно допуск  $T_{i_{кз}}$ , встановлений з функційного призначення, визначає допуски  $T_{i_n}$  складників, шляхом перетворення кінематичних зв'язків у розмірні.

Наприклад, для зубчастих передач, які є найпоширенішими ланками кінематичних зв'язків, передатне відношення – це відношення радіусів основних циліндрів

$$i_n = \frac{r_{0n}}{r_{0_{n-1}}}.$$

Звідси допуск  $T_{i_n}$  визначається залежністю

$$T_{i_n} = \sqrt{\left(\frac{\partial i_n}{\partial r_{0n}}\right)^2 T_{r_{0n}}^2 + \left(\frac{\partial i_n}{\partial r_{0_{(n-1)}}}\right)^2 T_{r_{i_{(n-1)}}}^2},$$

яка дозволяє установити допуски на розміри початкових циліндрів пари зубчастих коліс.

Будь-яка машина не є абсолютно жорсткою, а пружною системою, складники якої деформуються від дії навантажень, зміни температури, зміни внутрішніх напруг, що виникають як при виготовленні, так і в процесі роботи машини.

Деформації складників змінні, оскільки змінні чинники, що їх викликають: величина і напрямок дії сил і моментів, температури, внутрішніх напруг та спрацювання, що приводить до зміни значень усіх показників геометричної точності.

Ці зміни не можуть перевищувати межі, визначені функційним призначенням, для чого необхідно установити допустимі межі дії кожного динамічного чинника та методи і засоби їх витримування.

Визначення потрібної точності складових ланок розмірних зв'язків полягає в розрахунку допусків розмірів, відстаней і відносних поворотів поверхонь деталей – складників розмірних ланцюгів.

У подальшому необхідно визначити розміри поверхонь деталей, їх відносне положення та відносне положення самих деталей у машині, тобто розробити розмірні зв'язки машини.



Проектування технічних систем (виробів, їх складників), розробка процесів їх виготовлення ґрунтовані на геометричних образах і зв'язках.

Сукупність геометричних елементів і певна система відношень між ними, виражена в їх формі та розмірах, утворюють **геометричну структуру** технічної системи (деталі, складальної одиниці, механізму, машини). Вирізняють три ієрархічні рівні геометричної структури.

**Перший або параметричний рівень** – сукупність параметрів, що характеризують геометричний тип деталі або її частин. Наприклад, для циліндра – це довжина твірної і діаметр основи, для конуса – це його висота і два діаметральні розміри, для паралелепіпеда – це довжина, висота і ширина тощо.

**Другий рівень – розмірний** – визначає кількісні відношення (зв'язки) між параметрами, які точніше характеризують тип деталі. Наприклад, для тіла обертання при великих значеннях відношення довжини до діаметра – це буде вал (циліндр), а при малих значеннях – диск.

**Третій рівень – точнісний**, на якому визначають значення і співвідношення допусків на розміри деталі.

За великого різноманіття форм деталей вони всі описуються двома видами розмірів: лінійними і кутовими, які можуть бути охоплюваними, охоплюючими та іншими (єднальними). Геометрична структура деталі залежно від її складності може описуватись більшою чи меншою кількістю лінійних і кутових розмірів (рис. 5.40).

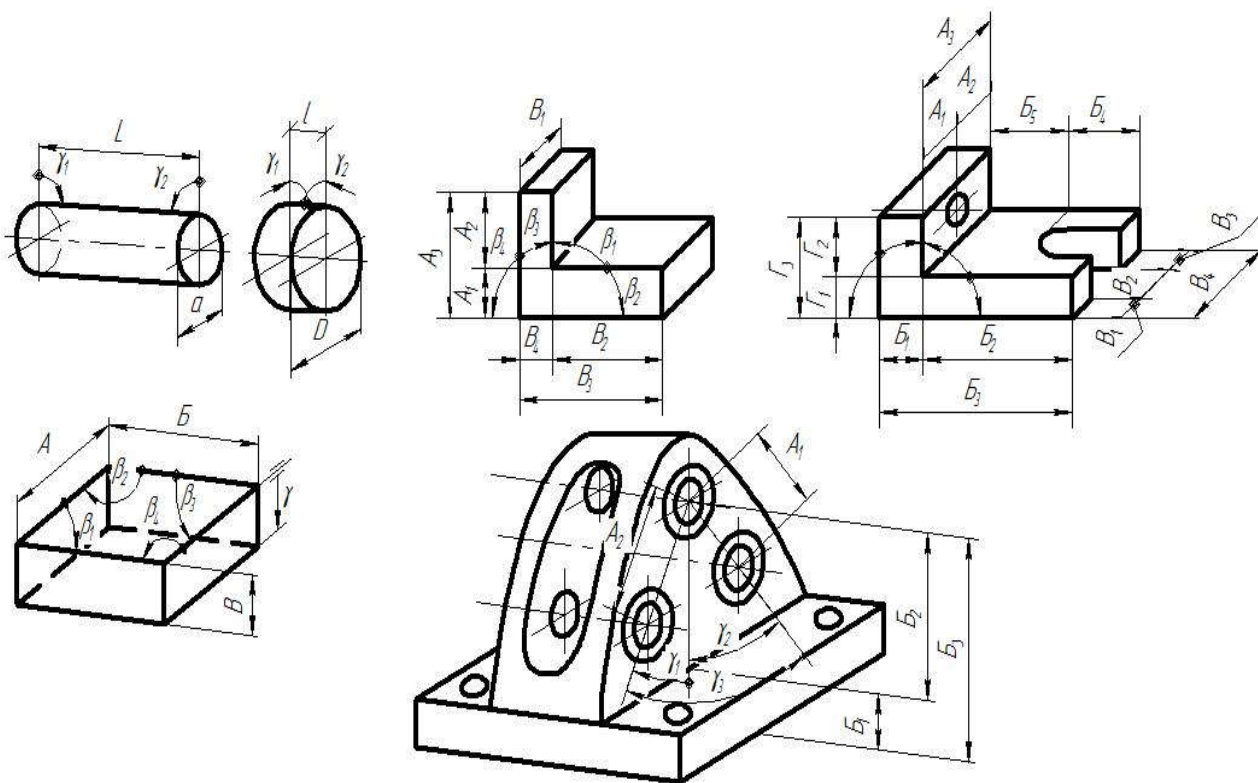


Рис. 5.40. Можливі геометричні структури деталей



Завданнями цього етапу створення машини є визначення:

- розмірів поверхонь деталей;
- відносного положення деталей у механізмах;
- відносного положення механізмів у машині;
- розмірних зв'язків, що забезпечують потрібне функційним призначенням відносне положення виконавчих поверхонь машини.

Визначення розмірів поверхонь деталей зазвичай виконується шляхом перетворення різноманітних зв'язків у розмірні, наприклад, кінематичних – у довжини плечей важелів, кроки різей ходових гвинтів, діаметри ділільних циліндрів (конусів) зубчастих коліс.

Розрахунком деталей на міцність визначають діаметри і ширину зубчастих коліс, діаметри шийок валів, типи і розміри підшипників та розміри отворів під них у корпусних деталях тощо.

Перехід від діючих навантажень на кінематичних ланках до розмірів поверхонь деталей є перетворенням динамічних зв'язків у розмірні.

Кожна машина, як і окремі її складники (СО, деталі) виконують своє функційне призначення за допомогою певних (виконавчих) поверхонь, які належать відповідним деталям. Тому формування розмірних зв'язків виконують шляхом переходу від параметрів функційного призначення до параметрів розмірних зв'язків (рис. 5.41).

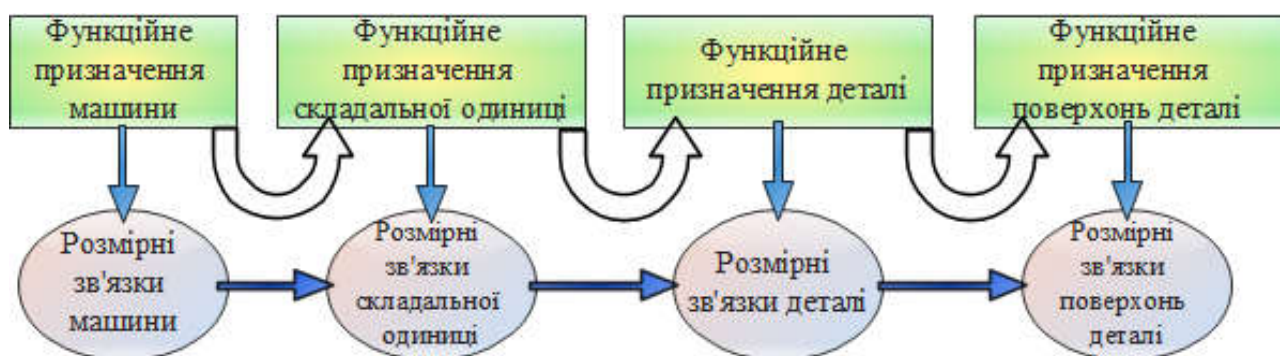


Рис. 5.41. Схема формування розмірних зв'язків машини

Будь-який параметр функційного призначення  $\Pi$  можна представити як функцію параметрів  $x$  розмірних зв'язків виконавчих поверхонь машин, від яких залежить значення  $\Pi$ :  $\Pi = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ .

Розв'язання цього рівняння полягає в установленні значення аргументів  $x$ , які задовольняють значення функції  $\Pi$ . Оскільки рівняння одне, а невідомих  $n$ , то вирішити його можна лише підбором значень.

Кожен вид зв'язку, в тому числі розмірного, утворює в машині замкнутий контур зі складових ланок і замикаючої ланки (зв'язку між виконавчими поверхнями).

Відповідно до цього, головними завданнями конструювання машини є розробка складових ланок зв'язків, надання їм потрібних конструктивних форм, розмірів, відносного положення, міцності, фізичних властивостей, зважаючи на параметри замикаючих ланок.

Вибір матеріалу деталі визначають сили навантаження, що сприймають і передаються та умови роботи деталі в машині.

Розробку конструктивних форм починають із деталей, що несуть виконавчі поверхні машин, потім переходять до деталей – кінематичних ланок, а далі – розробляють конструктивні форми базових деталей.

Деталі, які базують інші деталі, виконують цю функцію допоміжними базами, які є виконавчими поверхнями.

Функційне (службове) призначення визначають виконавчі поверхні об'єкта, які реалізують певні функції, та розмірні зв'язки цих поверхонь.

Наприклад, головна службова функція конічно-циліндричного редуктора – передача крутного моменту під прямим кутом з вхідного вала на вихідний вал зі зміною крутного моменту (рис. 5.42).

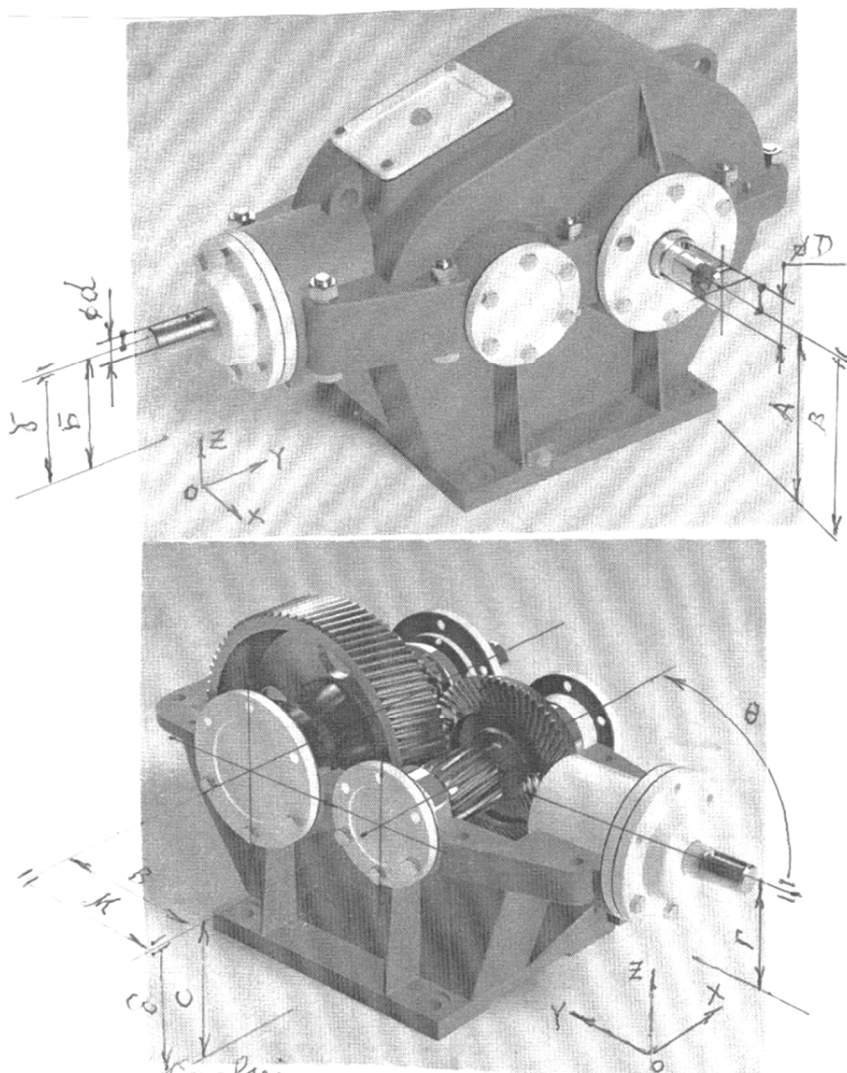


Рис. 5.42. Основні розмірні зв'язки редуктора

Виконавчі поверхні редуктора:

- шийка діаметром  $d$  вхідного вала зі шпонковим пазом;
- шийка діаметром  $D$  вихідного вала зі шпонковим пазом;
- поверхні зубців зчеплення коліс, з допомогою яких передається крутний момент.

Для якісного виконання функції необхідно:

- забезпечити потрібне положення шийок вхідного ( $B, \gamma$ ) і вихідного ( $A, \beta$ ) валів, яке забезпечує можливість стикування з електродвигуном і приводом вала-приймача енергії;

- забезпечити в заданих межах відносно розташування і рух взаємодіючих поверхонь зубців кожної пари шестерень:

- збіг вершин ділительних конусів шестерні й колеса відносно осей їх обертання у площинах  $XOY$  і  $XOZ$ ;
- кут  $\theta$  між осями обертання конічних коліс;
- відстань  $B$  між осями циліндричних зубчатих коліс;
- паралельність осей обертання циліндричних зубчатих коліс у площинах  $XOY$  і  $XOZ$ .

Крім того, для нормальної роботи підшипників між кришками й торцями зовнішніх кілець підшипників при складанні необхідно забезпечити зазори, достатні для компенсації теплового розширення валів, не перевищуючі допустиме їх осьове зміщення.

Розмірні зв'язки, реалізуючи службові функції машини, формують систему конструкторських розмірів, які є вихідними ланками конструкторських розмірних ланцюгів і утворюються як замикаючі ланки складальних розмірних ланцюгів у результаті виготовлення машини чи складальної одиниці.

Розмірні зв'язки створені у процесі конструювання  $TS$  (машини), реалізуються у вигляді конструкторських розмірних ланцюгів відповідно до розв'язування за функційним призначенням завдань (рис. 5.43).

Для прикладу, функційним призначенням конічної зубчастої передачі регламентується зміщення ділительних конусів і допустимі перекося зубців у двох взаємно перпендикулярних площинах ( $OXY$  та  $OYZ$ ).

Імовірне сумарне відносне зміщення  $Z_{\Delta}$  і перекося  $\theta_{\Delta}$  в просторі зубчатих коліс дорівнює:

$$Z_{\Delta} = \sqrt{(A_{\Delta}^{OXY})^2 + (A_{\Delta}^{OYZ})^2},$$
$$\theta_{\Delta} = \sqrt{(\mu_{\Delta}^{OXY})^2 + (\gamma_{\Delta}^{OYZ})^2}.$$

Відносні зміщення і перекося зубчастої передачі впливають на розташування плями контакту як по висоті, так і по ширині зубців та на питоме навантаження зубців, їх спрацювання і міцність.

Правильне виявлення поверхонь, які є конструкторськими базами, особливо важливо під час розроблення складальних і робочих креслеників машинобудівних виробів, оскільки точність розмірів цих поверхонь, точність їх відносного розташування, величини відхилень від правильної геометричної форми, а також показники шорсткості безпосередньо впливають на точність і сталість просторового розташування і, відповідно, суттєво впливають на якість виконання механізмом чи машиною свого функційного призначення.

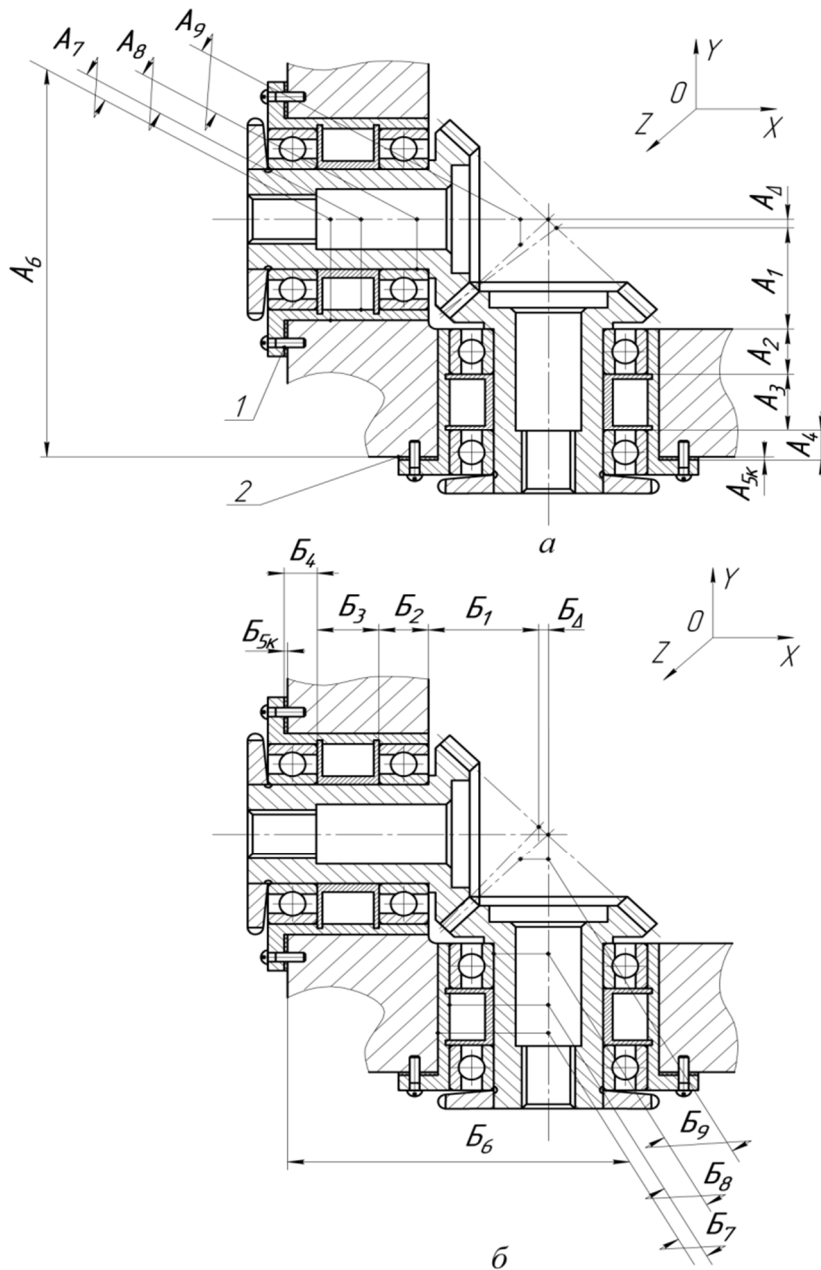


Рис 5.43. Схеми розмірних ланцюгів, що визначають точність збігу вершин ділільних конусів кінцевих зубчастих коліс;  
1,2 – регульовальні шайби (прокладки)

Для правильного базування деталі у складальній одиниці, необхідно, розробляючи робочий кресленик кожної деталі, забезпечувати правильне розташування (геометричний взаємозв'язок) її конструкторських основних і допоміжних баз, передбачаючи відповідні вимоги до їх розташування, оскільки вони впливають на функційні параметри СО.

Наприклад, у шатуна компресора (рис. 5.44) похибки розташування ДБ відносно ОБ впливають так:

1. Відстань  $A$  впливає на величину ходу поршня і, відповідно, на ступінь стиснення повітря в циліндрі.
2. Непаралельність осей отворів кривошипної ( $D$ ) та поршневої ( $d$ ) голівок впливає на рівномірність спрацювання ущільнюючих кілець поршня.
3. Несиметричність розташування поршневої головки шатуна відносно кривошипної викликає несиметричну відносно стрижня шатуна дію сил, що може викликати його згин і перекося поршня в циліндрі.

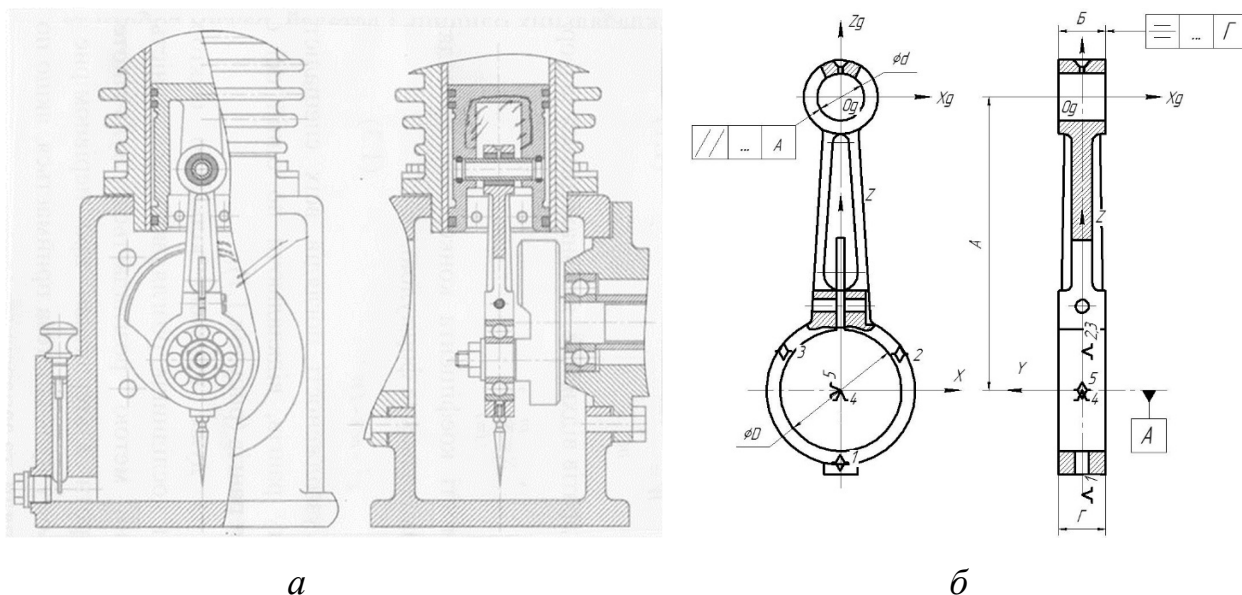


Рис 5.44. Базування шатуна компресора та вимоги до розташування його основних і допоміжних баз

Функційним призначенням шатуна передбачається заміна геометричного зв'язку ( $\sphericalangle$  б) кінематичним, який не обмежує обертання шатуна навколо координатної осі  $OY$ .

Оскільки деталь просторове тіло, положення допоміжних баз відносно основних баз можна визначити вектором  $\vec{r}$  (рис. 5.45).

$$\vec{r} = (A, B, C, \varphi, \gamma, \theta),$$

де  $A_i, B_i, C_i$  – три параметри зміщення початку системи координат  $O_dX_dY_dZ_d$  допоміжної бази відносно системи  $OXYZ$  основної бази деталі;

$\varphi, \gamma, \theta$  – три кути повороту координатної системи  $O_dX_dY_dZ_d$  відносно системи  $OXYZ$ .

Система координат основних баз деталі чи складальної одиниці визначає їх положення у виробі.

Система координат допоміжних баз деталі чи складальної одиниці визначає положення приєднаних деталей.

Таким чином, базування – це надання певного положення системі координат основних баз (деталі) в системі координат допоміжних баз приєднуваної (базової) деталі.

Як ручне, так і автоматичне складання якраз і є процесам суміщення координатної системи основних баз приєднувальної деталі з координатною системою допоміжних баз раніше установленної деталі.

Геометрично – це замкнутий просторовий багатокутник (симплекс) зі сторонами радіус-векторами і кутами їх розташування, які визначають положення одного геометричного елемента відносно іншого (рис. 5.46).

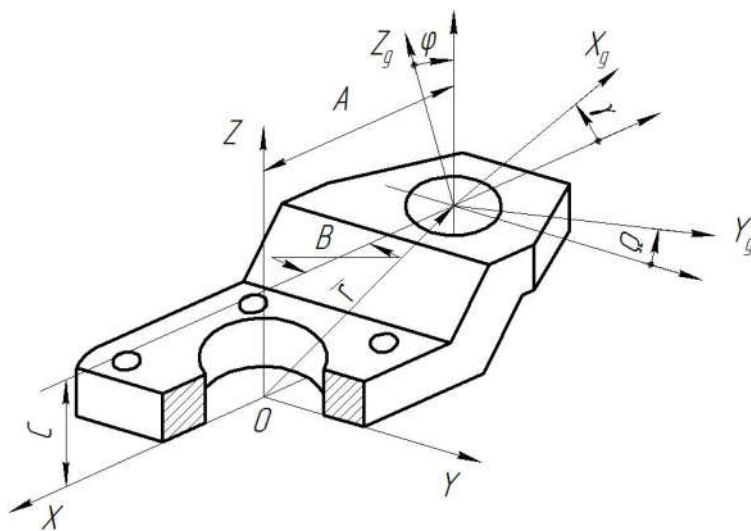


Рис. 5.45. Векторний симплекс розташування допоміжної бази (індекс «д») відносно основної бази деталі

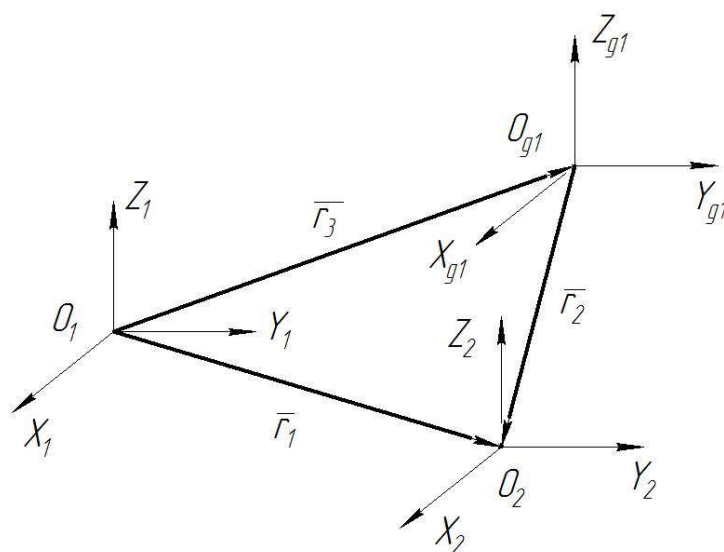


Рис. 5.46. Спрощена схема симплексу



Просторове положення деталей визначається просторовим розмірним ланцюгом з ланками  $\Gamma_{ij}$  (рис. 5.47, 5.48).

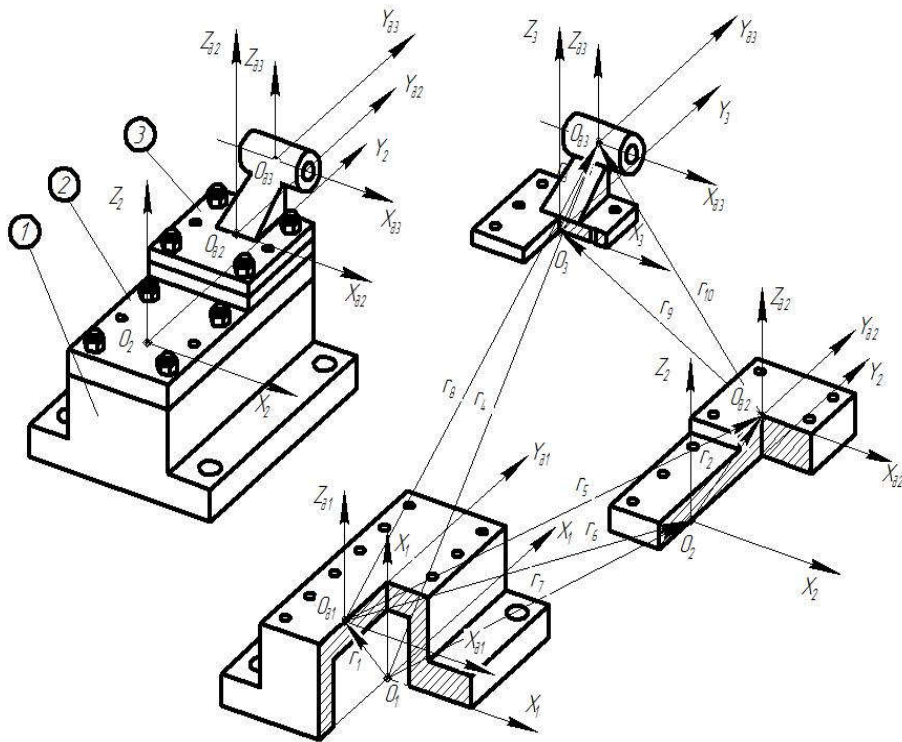


Рис 5.47. Схема векторних симплексів відносного розташування деталей складальної одиниці

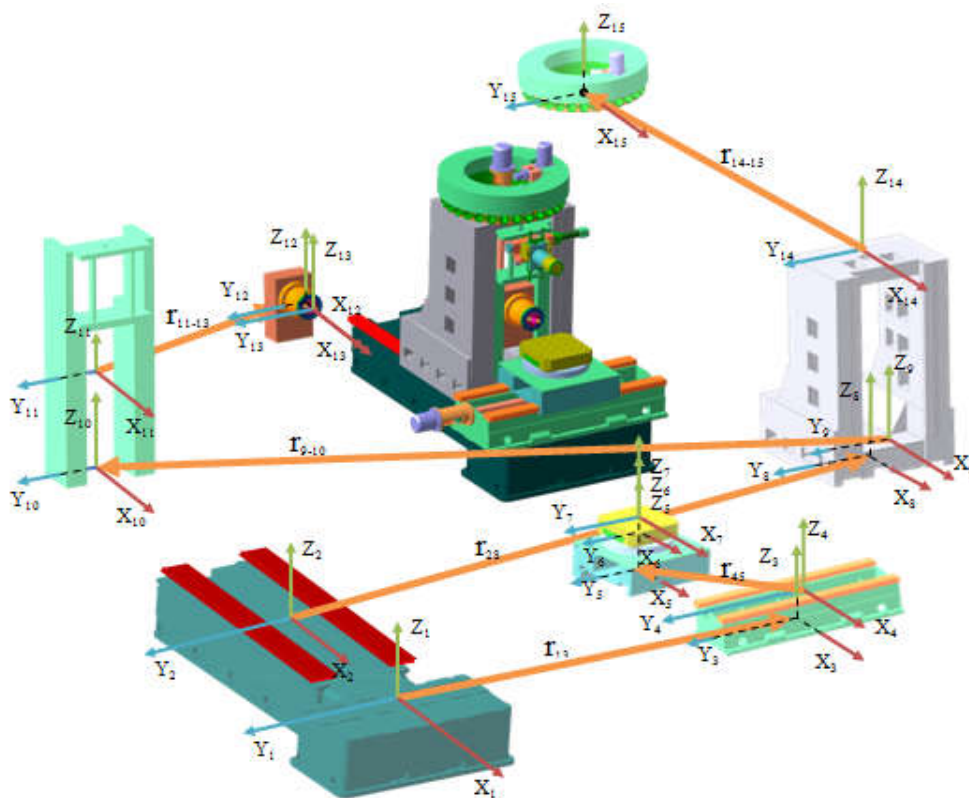


Рис. 5.48. Розмірні зв'язки основних складників верстата з ЧПК

Номинальні розміри й допустимі відхилення параметрів точності встановлюють виходячи з функційного призначення виробу чи його механізму за стандартами, на основі експлуатації аналогічних виробів шляхом розрахунків на міцність, а іноді і спеціально поставлених експериментів.

Розташування основних і допоміжних баз складальних одиниць TS також виражається просторовим розмірним ланцюгом з ланками  $R_{ij}$ .

#### **5.3.4. Розмірний аналіз технічних систем**

Під час роботи технічної системи між її поверхнями виникають і діють розмірні, кінематичні, динамічні, електричні, магнітні, оптичні, гідравлічні, пневматичні, хімічні, часові та інші зв'язки. Поряд з цим діють також зв'язки властивостей матеріалів, з яких виготовлені деталі.

Важливим є те, що всі види зв'язків закладаються в TS в процесі її створення у вигляді розмірних зв'язків (у вигляді розмірів, відстаней, відносних поворотів, форми, шорсткості поверхонь деталей, а також відстаней і поворотів, що визначають відносне положення самих деталей) та у вигляді зв'язків матеріалів, з яких повинні виготовлятися деталі.

Структура сучасних машин характеризується переходом від конструкції із багатьма деталями простої форми до конструкції з меншою кількістю деталей, але складнішої форми. Це зменшує кількість механічних зв'язків між деталями, збільшуючи кількість геометричних (розмірних) зв'язків між деталями і їхніми геометричними елементами. Зменшення кількості окремих деталей у виробі спрощує складальні процеси, тоді як збільшення кількості розмірних зв'язків відносного розташування геометричних елементів деталей переносить центр ваги на обробні процеси.

Розмірні зв'язки, які закладаються в технічну систему (машину) при її конструюванні, повинні бути реалізовані під час виготовлення деталей і складання. Тому і конструктор, і технолог повинні чітко уявляти ці зв'язки для того, щоб забезпечити їх найдосконалішими й економічними засобами і технологічними процесами.

##### **5.3.4.1. Сутність розмірного аналізу**

Якість машини, її продуктивність та економічність в експлуатації переважно визначаються точністю геометричних характеристик (розмірних зв'язків) між деталями і в межах кожної деталі.

Комплекс розрахунково-аналітичних процедур з виявлення та побудов схем розмірних зв'язків TS або її складників, раціонального проставлення розмірів, призначення відповідних допусків та їх узгодження, а також оцінки одержаних результатів називають розмірним аналізом.



Розмірний аналіз дозволяє обґрунтовано задавати розмірно-точнісні характеристики складників TS (машини) і економічно забезпечувати потрібну якість виготовлених конструкцій.

Розмірний аналіз конструкції машин при розробці технології необхідний, щоб розібратися у взаємозв'язках деталей та складальних одиниць, які створюють машину; визначити методи досягнення необхідної точності машини; проаналізувати правильність проставлення розмірів і допусків у креслениках і внести, за необхідності, зміни розмірів та допусків відповідно до намічених технологічних методів і засобів забезпечення необхідної точності різних параметрів машини, розробити послідовність складання машини і її складників, вибрати технологічні бази заготованок деталей тощо.

Зазвичай, за будь-якої, попередньо заданої на креслениках, системи розмірів у процесі розробки технологічного процесу або його здійснення, бази нанесення розмірів можуть бути замінені відповідно до прийнятих методу обробки і технологічних баз. Проте варто пам'ятати, що будь-яка зміна без нанесення розмірів, за необхідності збереження заданих у кресленику допусків, неодмінно веде до зменшення допусків на обробку.

Відносне розташування поверхонь деталей можна задати в креслениках різними системами розмірів, забезпечивши цим різну точність.

Методи задання розмірів впливають на технологічність конструкції, оскільки кресленик ставить певні вимоги до технологічного процесу, а між заданням розмірів і послідовністю обробки заготованок деталей існує певний взаємозв'язок.

Метод відносної координати поверхонь також визначає тип різального інструменту, засоби вимірювання, конструкцію пристроїв тощо.

Проставлення розмірів і допусків у кресленику деталі повинне відображати вимоги, що пред'являються до цієї деталі, виходячи з її функційного призначення і забезпечувати можливість її виготовлення простим технологічними методами, за допомогою яких може бути досягнуто виконання вимог, пред'явлених до неї.

Дотримання першої умови забезпечується виявленням розмірних зв'язків поверхонь деталі на основі розмірного аналізу механізму, другої – правильним вибором допусків розмірів, що входять в складальні розмірні ланцюги завдяки правильному вибору методу досягнення точності замикаючої ланки (рис. 5.49).

Правильне функціонування TS і її складників забезпечуються насамперед існуючим відносним положенням чи рухом виконавчих поверхонь, які описуються рядом геометричних характеристик, такими як розміри, відносні повороти (паралельність, перпендикулярність) і відносне розташування поверхонь чи їх елементів (співвісність, симетричність тощо). У складеному виробі деталі перебувають у взаємозв'язку і взаємозалежності. Відхилення розмірів, форми й розташування

осей чи поверхонь будь-якої із деталей викликають відхилення форм чи відхилення в розташуванні інших деталей складальної одиниці. Ці відхилення, складаючись певним чином, впливають на якісні характеристики виробу.

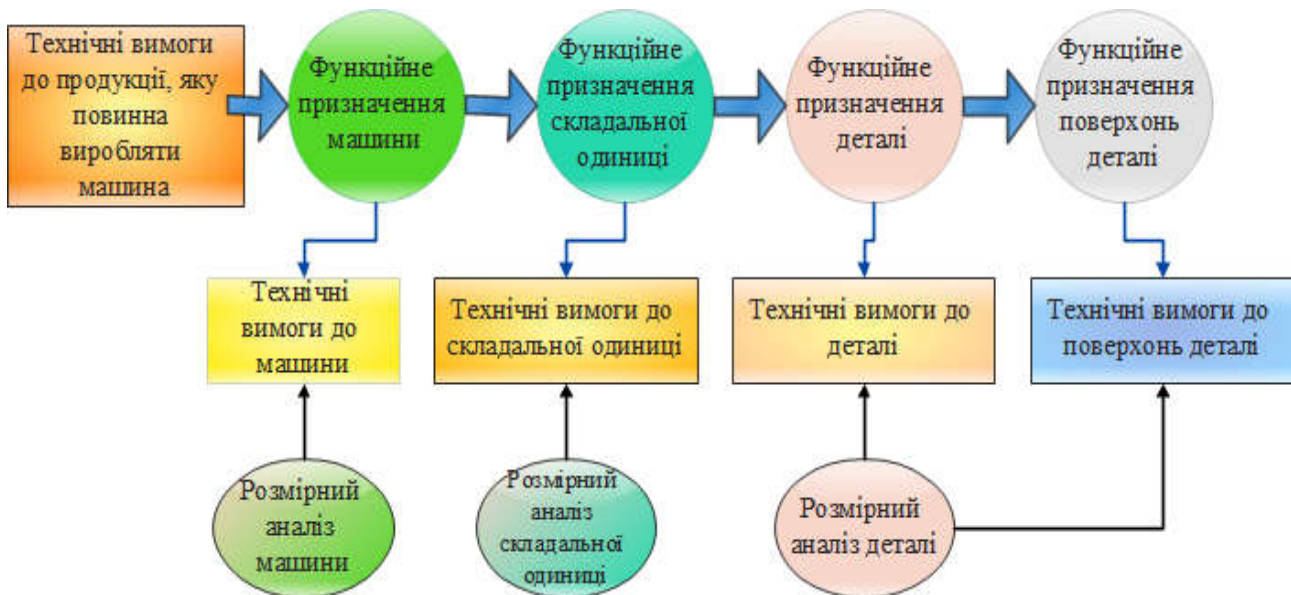


Рис. 5.49. Схема формування технічних вимог до деталі

Оскільки якість і трудомісткість виробів в значній мірі визначається якістю розмірного відпрацювання конструкції, розмірний аналіз є важливою частиною і обов'язковим етапом технічного підготовки виробництва, який сприяє підвищенню якості, забезпеченню взаємозамінності, зменшенню трудомісткості виробів, а також скороченню загального часу підготовки виробництва.

### 5.3.4.2 Визначення точності розмірних зв'язків

Забезпечення потрібної точності зв'язків виконавчих поверхонь машини полягає в переході від допусків на параметри точності з'єднуючих ВП ланок до допусків на параметри точності складників цих зв'язків.

Системність підходу до розв'язання таких завдань дозволяє використувувати його до любого виду зв'язку.

Машина, складальна одиниця, деталь є тривимірними просторовими об'єктами, які характеризуються системою просторових розмірних зв'язків.

Під час складання кожен цей комплекс елементів машини взаємодіє з розмірними зв'язками інших з'єднаних елементів. Це приводить до утворення просторової системи розмірних зв'язків машини, що проявляються у вигляді просторових розмірних ланцюгів, розв'язанням яких встановлюють геометричну точність машини і її складників.

**Просторовий розмірний ланцюг** – замкнутий контур сукупності радіус-векторів, що поєднує початки систем координат і геометричних елементів, переміщення і повороти яких беруть безпосередню участь у розв'язанні поставленого завдання.

Під ланкою просторового розмірного ланцюга розуміють радіус-вектор і матрицю поворотів, які визначають положення одного геометричного елемента відносно іншого.

**Вихідна ланка** просторового розмірного ланцюга – ланка, яка пов’язує два геометричних елементи (поверхні, лінії, точки), відносно положення яких потрібно забезпечувати або визначити в поставленому завданні.

Поняття збільшуючих і зменшуючих ланок втрачає сенс, оскільки будь-яка складова ланка просторового ланцюга залежно від зміни кожного з шести параметрів може збільшувати й одночасно зменшувати значення різних параметрів замикаючої ланки.

Поняття лінійного, кутового і плоского розмірних ланцюгів також втрачає свій зміст.

Потрібну точність зв’язків установлюють:

- відповідними розрахунками;
- експериментально, на основі випробувань дослідних зразків;
- з досвіду експлуатації машин аналогічного типу;
- на основі досвіду конструктора.

Поширена методика розрахунку просторових розмірних ланцюгів полягає в їх розкладанні на три лінійні ланцюги проєкціюванням на три взаємно перпендикулярні напрямки, один з яких суміщається з напрямком замикаючої ланки.

За трьома координатними напрямками  $X$ ,  $Y$  і  $Z$  визначаються проєкції номінальних значень ланок  $A_{\Delta X}$ ,  $A_{\Delta Y}$ ,  $A_{\Delta Z}$ , допусків  $T_{\Delta X}$ ,  $T_{\Delta Y}$ ,  $T_{\Delta Z}$  і координат середин полів допусків  $A_{0\Delta X(Y,Z)}$ .

Визначаються загальне номінальне значення, допуск та координата середини поля допуску замикаючої ланки:

$$A_{\Delta} = \sqrt{A_{\Delta X}^2 + A_{\Delta Y}^2 + A_{\Delta Z}^2}; \quad T_{\Delta} = \sqrt{T_{\Delta X}^2 + T_{\Delta Y}^2 + T_{\Delta Z}^2};$$
$$A_{0\Delta} = \sqrt{A_{0\Delta X}^2 + A_{0\Delta Y}^2 + A_{0\Delta Z}^2}.$$

Якщо номінальне значення замикаючої ланки  $A_{\Delta}$  суттєво перевищує допуск  $T_{\Delta}$ , то можна обмежитись розрахунком одного розмірного ланцюга, який повинен складатися із проєкцій усіх складових ланок на напрямок замикаючої ланки. Таке спрощення завдання можливе завдяки тому, що приростом  $q$  замикаючої ланки  $A_{\Delta}$  з урахуванням проєкцій приросту на перпендикулярні осі при деяких відношеннях параметрів  $A_{\Delta}$  та  $T_{\Delta}$  можна знехтувати. Величину  $q$  наближено можна визначити з виразу

$$q = \frac{T_{\Delta\Pi}^2}{A_{\Delta}},$$

де  $T_{\Delta\Pi}^2$  – проєкція поля допуску замикаючої ланки на напрямок, перпендикулярний до неї.

Наприклад, при  $A_{\Delta\Pi} = 0,2$  мм та різних значеннях величини  $A_{\Delta}$  вона змінюється в таких межах (табл. 5.4):

Таблиця 5.4 – Значення приросту  $q$  залежно від величини  $A_{\Delta}$

$A_{\Delta}$ , мм	100	10	1
$q$ , мкм	0,4	4	40

Звідси помітно, що навіть при  $A_{\Delta} = 1$  мм точне значення ланки відрізняється від наближеного лише на 40 мкм. Отже, знаючи величини  $A_{\Delta}$  і  $T_{\Delta}$ , можна визначити параметр  $q$  та на основі цього визначити, яку кількість ланок необхідно розрахувати.

Якщо номінальне значення замикаючої ланки більше за його поля допуску в 10 разів, то можливо в будь-якому випадку розрахувати лише один ланцюг, проєкціюючи його складові ланки на напрямок замикаючої ланки. Однак якщо замикаюча ланка цього розмірного ланцюга є складовою ланкою іншого ланцюга і знаходиться під кутом до його замикаючої ланки, то при розрахунку останнього слід враховувати відхилення замикаючої ланки першого ланцюга за всіма координатами.

Просторовий ланцюг із кутовими ланками розділяється на два плоских ланцюги проєкціюваннями на дві взаємоперпендикулярні площини. При цьому одна координатна площина збігається з напрямком замикаючої ланки. За двома координатними напрямками визначаються номінальні значення  $\beta_x, \beta_y$  кутів (там, де це необхідно), допуски  $T_{\beta_x}, T_{\beta_y}$  та координати середин полів допусків  $\Delta_{0\beta_x}, \Delta_{0\beta_y}$ . Потім визначаються параметри  $\beta_{\Delta}, T_{\beta_{\Delta}}, \Delta_{0\beta_{\Delta}}$ .

Для встановлення норм геометричної точності машини, що відповідають її функційному призначенню, необхідно обмежити допусками параметри відносного положення і напрямку руху її виконавчих поверхонь.

У загальному випадку зв'язок допуску  $T_{\Pi_i}$  параметра  $\Pi_i$  з допусками  $T_{x_i}$  аргументів  $x_i$  виражають залежністю:

$$T_{\Pi_i} \geq \sqrt{\left(\frac{\partial \Pi_i}{\partial x_1}\right)^2 T_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial \Pi_i}{\partial x_2}\right)^2 T_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial \Pi_i}{\partial x_n}\right)^2 T_{x_n}^2}.$$

Як і визначення номіналів підбір значень допусків  $T_{x_i}$  і координат їх середини  $\Delta_{0x_i}$  є єдиним шляхом розв'язання завдання.

Знайдені значення допусків показників точності відносного положення і руху виконавчих поверхонь машини поділяють на дві частини: допуск на спрацювання під час експлуатації  $T_{сп}$  і допуск на виготовлення  $T_{виг}$  (рис. 5.50).

При поділі допуску на дві частини виникає суперечність між споживачем і виробником машини через бажання отримати більшу частину загального поля допуску.

Якщо  $T_{сп} \gg T_{виг}$  – довговічність машини буде вищою, але вартість її виготовлення збільшиться.

Якщо  $T_{виг} \gg T_{сп}$  – то імовірно після нетривалої експлуатації машина досягне гранично допустимого значення параметра, хоча вартість її виготовлення буде низькою.

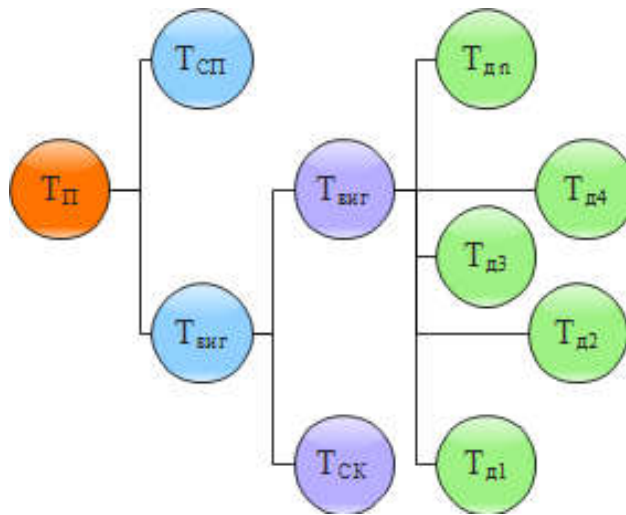


Рис. 5.50. Схема розподілу допусків показників якості

Раціональне подолання суперечності можливе лише в результаті відповідного техніко-економічного розрахунку. Частини допусків на виготовлення також доводиться ділити на дві частки: на складання і регулювання машини  $T_{СК}$  та на виготовлення деталей  $T_{Виг д}$ .

Цей розподіл допусків потрібно здійснювати, виходячи з найменшої собівартості виготовлення машини.

Зв'язки між точністю розмірів,  $T_i$  за координатами, точністю відносних поворотів і точністю геометричної форми можна виразити залежностями:

$$T_{Lx} = T_A + y T_\phi + z T_\psi + h_x;$$

$$T_{Ly} = T_B + x T_\psi + z T_\theta + h_y;$$

$$T_{Lz} = T_B + x T_\theta + y T_\phi + h_z;$$

де  $T_A, T_B, T_B$  – допуски координат початку системи допоміжних баз  $O_i x_i y_i z_i$  в системі координат основних баз  $OXYZ$ ;

$T_\phi, T_\psi, T_\theta$  – допуски відносних поворотів допоміжних баз;

$h_x, h_y, h_z$  – граничні відхилення форми поверхонь;

$x, y, z$  – координати крайових точок.

Принципова відмінність розрахунку просторового розмірного ланцюга від лінійного і кутового полягає в тому, що номінали й допуски лінійних ( $x, y, z$ ) і кутових ( $\phi, \psi, \theta$ ) параметрів розглядаються як взаємопов'язані величини.

У загальному вигляді рівнянні розмірних зв'язків можна представити як систему рівнянь:

$$\begin{cases} \bar{R} = \sum_{i=1}^m M_j \bar{R}_j \\ M_j = \prod_{i=1}^i M'_{j-j+1}, i = 1, 2, \dots, m' \end{cases}$$

де  $\bar{R}$  – радіус-вектор замикаючої ланки розмірного просторового ланцюга;

$\bar{R}_j$  – радіуси-вектори складових ланок;

$M_j$  – матриця повороту  $i$ -тої координатної системи;

$M_{j-j+1}$  – матриця повороту  $(i-j+1)$ -ї координатної системи відносно спряженої  $(i-j)$ -тої координатної системи;

$m$  – кількість складових ланок просторового розмірного ланцюга.

Як видно із системи рівнянь, лінійний розмір замикаючої ланки просторового ланцюга залежить від лінійних і кутових розмірів складових ланок, а кутовий розмір – лише від кутових розмірів.

Рівняння для розрахунку допусків кутових розмірів:

$$T_{j,k} = \sum_{n=1}^i C_n (|T_{\varphi_{i-n+1}}| + |T_{\psi_{i-n+1}}| + |T_{\theta_{i-n+1}}|),$$

де  $C_n = \prod_{j=1}^n \|M'_{n-j+1}\|$ ;

$T_{\varphi_{i-n+1}}; T_{\psi_{i-n+1}}; T_{\theta_{i-n+1}}$  – похибки кутів послідовних поворотів  $(i-n+1)$ -ї координатної системи відносно спряженої базової  $(i-n)$ -ї координатної системи.

Якщо  $i = m$ , то конструкторський допуск кутових розмірів замикаючої ланки визначають з рівняння:

$$T_{\Delta,k} = \sum_{n=1}^m C_n T_{n,k},$$

де  $T_{n,k}$  – конструкторський допуск кутових розмірів усіх складових ланок просторового розмірного ланцюга.

Існують програми для розрахунку просторових розмірних зв'язків, побудовані за різними методиками (наприклад, на векторному представленні розмірної інформації, на основі нейронних мереж тощо).

Розмірний аналіз трудомісткий процес, який вимагає часу, і дуже складно виконати без використання засобів автоматизації. Так, для вирішення одного ланцюга необхідно застосувати 10-18 залежностей. Крім того, розрахунок виконується багато разів, оскільки передбачити коректне рішення в першому варіанті, зазвичай, не вдається.

Існуючі та практично вживані нині безмашинні аналітичні та імовірнісні методи розрахунку дуже трудомісткі та приводять до значних виробничих витрат, оскільки їхні результати можуть містити помилки або неоптимальні рішення, що усуваються лише у процесі виробництва експериментальних зразків і установчих партій виробів.

Враховуючи складність процесу аналізу, для його реалізації розробляються спеціальні програми, які використовуються автономно або в комплексі з іншими програмними засобами автоматизації розмірного аналізу.

Використання комп'ютера для розмірного аналізу дозволяє звільнити фахівця від трудомісткої роботи з виявлення та розрахунку розмірних ланцюгів, залишаючи за ним лише підготовку вихідних даних і аналіз результатів виконаних розрахунків.

TS (машина, складальна одиниця, деталь) є тривимірними просторовими об'єктами, які характеризуються системою просторових розмірних зв'язків.

Під час складання кожен цей комплекс елементів TS взаємодіє з розмірними зв'язками інших з'єднувальних елементів. Це приводить до утворення просторової системи розмірних зв'язків, що проявляються у вигляді просторових розмірних ланцюгів, розв'язанням яких встановлюють геометричну точність машини та її складників.

**Просторовий розмірний ланцюг** – замкнутий контур сукупності радіус-векторів, що поєднує початки систем координат і геометричних елементів, переміщення і повороти яких беруть безпосередню участь у розв'язанні поставленого завдання.

Технічну систему (СО машину) можна представити як сукупність координатних систем, побудованих на базах деталей із накладеними на них розмірними зв'язками.

Процес з'єднання деталей виконується через суміщення основних баз приєднуваної деталі і допоміжних баз деталі чи деталей, до яких вона приєднується. Іншими словами, з'єднання деталей можна розглядати як суміщення координатних систем основних і допоміжних баз.

Відносне положення двох деталей (вузлів) визначається шістьма геометричними характеристиками: три лінійних координати (А,В,С) початку відліку системи координат хуз основних баз приєднуваної деталі в системі XYZ основних баз базової деталі (вузла) і три кути (φ,γ,θ) поворотів системи хуз навколо трьох координатних осей XYZ. Відповідно, положення деталі (вузла) в системі координат XYZ в загальному вигляді може бути визначене радіус-вектором R і матрицею M поворотів:

$$R = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}; \quad M = M_{(x,\varphi)} \cdot M_{(y,\gamma)} \cdot M_{(z,\theta)},$$

де А, В, С – координати початку системи координат приєднуваної деталі в системі базової деталі;

$M_{(x,\varphi)}$ ,  $M_{(y,\gamma)}$ ,  $M_{(z,\theta)}$  – матриці поворотів системи координат приєднуваної деталі відповідно на кут φ навколо осі ОХ, на кут γ навколо осі ОУ, на кут θ навколо осі ОZ системи координат базової деталі.

Правильне виявлення поверхонь, які є конструкторськими базами, особливо важливе під час розроблення складальних і робочих креслеників, оскільки точність розмірів цих поверхонь, точність їх відносного розташування, величини відхилень від правильної геометричної форми, а також показники шорсткості безпосередньо впливають на точність і сталість просторового розташування деталей у механізмі чи машині і, відповідно, суттєво впливають на якість виконання механізмом чи машиною свого функційного призначення.

Для правильного базування деталі у складальній одиниці необхідно, розробляючи робочий кресленик кожної деталі, забезпечувати правильне розташування (геометричний взаємозв'язок) її конструкторських основних і допоміжних, баз передбачаючи відповідні вимоги до їх розташування.

Оскільки деталь – просторове тіло, положення допоміжних баз відносно основних баз можна визначити вектором  $R$

$$R=(A,B,C,\varphi,\psi,\theta),$$

де  $A_i, B_i, C_i$  – три параметри зміщення початку системи координат  $O_iX_iY_iZ_i$  допоміжної бази відносно системи  $OXYZ$  і основної бази деталі;

$\varphi, \psi, \theta$  – три кути повороту координатної системи  $O_iX_iY_iZ_i$  відносно системи  $OXYZ$ .

Під автоматизованим розмірним аналізом розуміють систематично застосування комп'ютерів у процесі розв'язання завдань з обґрунтованим розподілом функцій між людиною і комп'ютером. Вона реалізується в людино-комп'ютерних системах.

Існуючі програмні засоби, які дозволяють автоматизувати розмірні розрахунки, умовно поділяють на три групи:

- засоби першої групи – автоматично виявляють (синтезують) розмірний ланцюг за тривимірною моделлю і заданою замикаючою ланкою

- засоби другої групи – ланцюг виявляється вручну за креслеником чи 3D моделлю, а подальші дії автоматизовані.

- засоби третьої групи – розмірний ланцюг задається вручну разом із замикаючою ланкою без зв'язку із креслеником.

Програмні продукти різних груп мають різні можливості як за продуктивністю і зручністю використання, так і за методологією. В більшості систем реалізацію основних функцій розмірного аналізу здійснює людина.

#### 5.4. Ефективність розробок

На стадії ПКПВ виконують комплекс робіт, зв'язаних з оцінкою ефективності впровадження нових розробок у виробництво.

Під ефективністю нової TS розуміють співвідношення ефекту використання у сфері експлуатації і витрат, необхідних на її створення.

Вирізняють три основні різновиди корисного ефекту: технічний, економічний і соціальний.

**Технічний ефект** – це технічна користь TS відповідно до її функційного призначення. Визначається в технічних одиницях вимірювання: кг, т, шт./год, кН, мм тощо.

Показниками технічного ефекту є експлуатаційні й конструктивні показники. Перші характеризують споживчі властивості TS, можливість і міру їх реалізації (наприклад, зростання продуктивності). Другі характеризують склад, структуру і габарити TS, технологічність її виконання, новизну і складність конструкції, вплив прийнятих технічних рішень на скорочення терміну розробки і технологічного підготовки виробництва.



**Економічний ефект** – це економія, яка досягається впровадженням результатів розробки за призначенням і вимірюється в грошових одиницях.

Види показників економічного ефекту залежить від характеру його функційного проявлення, джерел економії та інших чинників.

Зазвичай, виділяють експлуатаційні, конструктивно-технологічні показники та соціальний ефект.

**Експлуатаційні показники** характеризують економію, яка досягається через покращення експлуатаційних показників, покращення соціальних умов і життєдіяльності людей.

**Конструктивно-технологічні показники** характеризують економію, яка досягається технологічністю, матеріаломісткістю, енергоємністю, трудомісткістю конструкції ТS, в умовах виробництва, експлуатації і ремонту.

**Соціальний ефект** характеризує соціальну користь ТS і визначається якісними показниками. Він проявляється в сферах праці і життєдіяльності людей і оцінюється за мірою задоволення їх соціальних потреб.

Рівень ринкової і технічної новизни ТS визначають експертним методом, зазвичай, за п'ятибальною шкалою (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Оцінка рівня новизни ТS

Ринкова новизна		Технічна новизна	
Показник	Бали	Коефіцієнт відносного порівняння показників якості	Бали
Наявність відповідного аналогу	5	1,00 – 1,20	1
Відсутність аналогу	4	1,21 – 1,40	2
Функційний аналог	3	1,41 – 1,60	3
Конструктивний аналог	2	1,61 – 1,80	4
Функційно-конструктивний аналог	1	1,81 і більше	5

Для оцінки технічної новизни використовують комплексний показник якості ТS, розрахований за спеціальною методикою, який порівнюють з аналогом. За відсутності аналогу порівнюють із можливим досягнутим (існуючим) рівнем.

Діапазон і зміст робіт, які виконуються на всіх стадіях конструкторського підготовки виробництва, може відрізнятись для кожного підприємства залежно від типу виробництва, для якого проектується виріб, від складності продукції, ступеня її уніфікації та інших чинників. Наприклад, в умовах одиничного типу виробництва не провадять робіт, пов'язаних із виготовленням та випробуванням дослідних зразків, а ескізний проєкт часто об'єднують з технічним проєктом. Але зміст і суть конструкторського підготовки виробництва всіх типів виробництва залишаються єдиними і неминуче знаходять своє продовження в інші фазі технічного підготовки виробництва.

## **Підсумки**

1. *Проектування – це багатоваріантний ітераційний процес створення в заданих умовах ще неіснуючого об'єкта та алгоритму його функціонування відповідно до його функційного призначення.*
2. *Вирізняють функційне і технічне проектування.*
3. *Проектно-конструкторська робота складається з певних стадій.*
4. *Технічне завдання – це повний перелік усіх технічних, експлуатаційних та виробничих вимог і обмежень, яким має задовольняти створюваний виріб, тобто його функційне (службове) призначення.*
5. *Функційне призначення виробу – максимально уточнений і чітко сформульований комплекс функцій, для виконання якого призначений виріб.*
6. *Функційне призначення складається із загальної частини (головної функції) і уточнень, які максимально її уточнюють і конкретизують числовими значеннями показників з допустимими відхиленнями.*
7. *Технічна пропозиція – це сукупність конструкторських документів на виріб, яка містить техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки виробу.*
8. *Ескізний проєкт містить принципові конструкторські рішення, дає уявлення про конструкцію і принципи роботи виробу та параметри, що визначають його відповідність функційному призначенню.*
9. *Технічний проєкт містить кінцеві технічні рішення, що дають повну уяву про конструкцію і принцип роботи проєктованого виробу.*
10. *Щоб впевнитись у безпеці та ефективності роботи виробу здійснюють випробування дослідних зразків.*
11. *Робочий проєкт включає повний комплект конструкторської документації на виріб.*
12. *Функційне проектування – це процес створення принципу дії технічного об'єкта як системи взаємопов'язаних простих функцій. Функціонування технічної системи є реалізацією функції, яка відповідає умовам конкретної ситуації.*
13. *Формування функцій виконується за певними правилами і потребує розділення об'єкта на самостійні елементи – матеріальні носії функцій.*
14. *Процес переходу від функційного до технічного опису об'єкта називають технічним проектуванням.*
15. *Кожна TS (машина) – це сукупність елементів деталей, з'єднань, механізмів і вузлів, пов'язаних різними видами зв'язків.*
16. *Забезпечення геометричних зв'язків складників TS потребує відповідної їх відносної координації – базування.*
17. *Сукупність конструктивних елементів об'єкта, які використовують для його базування, називають базами.*

18. База об'єкта, відносно якої визначають на кресленнику положення інших об'єктів чи їх елементів називають конструкторською базою.

19. Конструкторські бази різноманітні за функційним призначенням, позбавленими ступенями волі та характером проявлення.

20. У з'єднаннях деталей з зазором під дією робочих сил виникає невизначеність базування, тобто одинична або багаторазова зміна положення деталі відносно вибраної системи координат

21. Усі види зв'язків закладаються в TS у процесі її створення у вигляді розмірних зв'язків.

22. Комплекс розрахунково-аналітичних процедур із виявлення та побудови схем розмірних зв'язків TS або її частини називають розмірним аналізом, який має широкорозвинену функційну структуру.

23. TS можна представити як сукупність координатних схем, побудованих на основних і допоміжних базах деталей з накладеними на них розмірними зв'язками.

24. Розмірні зв'язки TS і її складників утворюють систему просторових розмірних ланцюгів.

25. Відмінність розрахунку просторового розмірного ланцюга полягає в тому, що лінійні і кутові параметри розглядаються як взаємопов'язані величини.

26. Будь-яка задана функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

27. Чим складніша службова функція, тим складніша TS.

28. Головне завдання проектування – знаходження найдешевшого способу виконання комплексу заданих функцій TS.

29. Геометричну структуру TS утворюють сукупність геометричних елементів і певна система відношень між ними, виражена їх формою та розмірами.

30. Розмірні зв'язки, реалізуючі службові функції TS, формують систему конструкторських розмірів, які є вихідними ланками конструкторських розмірних ланцюгів і утворюються в результаті виготовлення як замикаючі ланки складальних розмірних ланцюгів.

31. Формування розмірних зв'язків виконують переходом від параметрів функційного призначення до параметрів розмірних зв'язків.

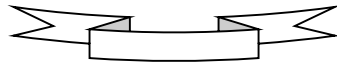
32. Розмірний аналіз конструкції дозволяє обґрунтовано задавати розмірноточнісні характеристики складників машини й економічно забезпечувати потрібну якість технічних систем.

33. Розмірний аналіз наявний на всіх етапах життєвого циклу машин під час розв'язання різноманітних технічних завдань і є важливою їхньою частиною та обов'язковим складником.

*34. Машина, складальна одиниця, деталь як тривимірні просторові об'єкти характеризуються системою просторових розмірних ланцюгів, розрахунок яких слід вести за програмами CALS-технологій.*

*35. Ефективність розробок характеризують технічний, економічний і соціальний ефект.*

*36. Шляхом підвищення якості проєктів, зменшення матеріальних витрат, скорочення термінів проєктування та підвищення праці розробників нових TS є використання комп'ютерної техніки та інформаційних технологій.*



## Післямова

Розробляючи чи удосконалюючи різні вироби, мають справу з технічними об'єктами. Незважаючи на велику багатоманітність, їх об'єднує спільна властивість: наявність складників взаємопов'язаних певним чином, тобто вони є технічними системами.

Тому у практичній діяльності інженера-механіка дедалі більше необхідною складовою є системний підхід і комплексне розв'язання завдань зі створення чи модернізації виробів, обґрунтування вибору варіанта, визначення перспективності розвитку і застосування.

В умовах повного електронного визначення виробу змінюються методи розв'язання проєктних завдань на основі CLAS-технологій і PDM-рішень.

В умовах ринку для збереження конкурентоспроможності необхідно не частково покращувати процеси діяльності, які вже не дають бажаних результатів, а використовувати нові підходи на основі методів системної технології.

Сукупність проєктних завдань значною мірою має неформальний, творчий характер, що вимагає чіткого уявлення спектра можливих рішень та уміння відібрати з цієї множини найкраще.

Проблеми практичного використання наукових знань, підвищення ефективності наукових досліджень і розробок, ринкова економіка вимагають від інженера-механіка на лише усвідомлення можливостей меж і сутності своєї спеціальності, але й більшої орієнтації на маркетинг, збут, сервісне обслуговування виробів, врахування не лише технічних і конструктивних параметрів майбутнього виробу, а і соціально-економічних чинників та психології споживачів.

Сучасний розвиток інженерної діяльності передбачає системний підхід до розв'язання різноманітних наукових і технічних завдань, використання комплексу соціальних, гуманітарних, природничих та технічних досліджень.

Використовуючи системну технологію створення виробу кожен фахівець може виробити свій професійний метод і стиль вирішення проєктних завдань, спрощувати проблеми, зводити складні проєктні завдання до простих для поетапного досягнення мети діяльності.

## Література

1. Аверченков В. И. Основы математического моделирования технических систем / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – Брянск : БГТУ, 2004. – 271 с.
2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высшая школа, 2004. – 416 с.
3. Бирбраер Р. А. Основы инженерного консалтинга: Технология, экономика, организация / Р. А. Бирбраер, И. Г. Альтшулер. – 2-е изд. перераб. доп. – Х. : Депо, 2007. – 232 с.
4. Бондаренко С. Г. Організація технологічних ресурсів : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко. – К. : Кондор, 2015. – 244 с.
5. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : Навчальний посібник / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006, 2007. – 500 с.
6. Бондаренко С. Г. Основи технологічного менеджменту / С. Г. Бондаренко. – Чернігів : ПП «Агрос», 2001. – 255 с.
7. Бондаренко С. Г. Розмірні зв'язки конструкцій і технологічних процесів : монографія / С. Г. Бондаренко, О. М. Чередніков ; за заг. ред. С. Г. Бондаренка. – Чернігів : Чернігів. держ. технол. ун-т, 2013. – 527 с.
8. Бондаренко С. Г. Системні принципи технології машиноскладального виробництва : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко. – Чернігів : ЧДТУ, 2003. – 216 с.
9. Василенко В. О. Виробничий (операційний) менеджмент : навчальний посібник / В. О. Василенко, Т. І. Ткаченко ; за ред. В. О. Василенка. – К. : ЦУЛ, 2003. – 532 с.
10. Власова А. М. Інноваційний менеджмент / А. М. Власова, Н. В. Краснокутська. – К. : КНЕУ, 1997. – 92 с.
11. Внешнеэкономический торговый словарь. – М. : ИНФРА-М, Термика. И. П. Фаминский. 2001.
12. Войнаренко М. П. Механізми адаптації кластерних моделей до політико-економічних реалій України / М. П. Войнаренко // Світовий та вітчизняний досвід запровадження нових виробничих систем (кластерів) для забезпечення економічного розвитку територій : матеріали конференції 1-2 листопада 2001 р. – К. : Спілка економістів України, 2001. – С. 25-33.
13. Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов : учебное пособие / Л. И. Волчкевич. – 2-е изд., стер. – М. : Машиностроение, 2007. – 380 с.
14. Гевко І. Б. Операційний менеджмент : навчальний посібник / І. Б. Гевко. – К. : Кондор, 2005. – 228 с.
15. Гибкие производственные системы Японии / под ред. Л. Ю. Лещенского. – М. : Машиностроение, 1997. – 232 с.

16. Гиссин В. И. Управление качеством / В. И. Гиссин. – 2-е изд. – М. : ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ», 2003. – 400 с.
17. Глущенко В. В. Менеджмент. Системні основи / В. В. Глущенко. – К. : НПП «Крылья», 1998. – 224 с.
18. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління : підручник / Л. С. Ямпольский, П. П. Мельничук, Б. Б. Самотокін, М. М. Поліщук та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 680 с.
19. Государственный обозревательное учреждение [Электронный ресурс]. – 2008. Режим доступа: [krsu.edu.kg/vestnik/v3/a15.html](http://krsu.edu.kg/vestnik/v3/a15.html).
20. Дихтль Е. Практический маркетинг / Е. Дихтль, Х. Хершген. – М. : Высшая школа, 1995. 51 с.
21. Дмитров В. И. CALS стандарты [Текст] / В. И. Дмитров, Ю. М. Макаре-нков // Автоматизация проектирования. – 1997. – № 2. – С. 44-56.
22. Ильенкова С. Д. Инновационный менеджмент / С. Д. Ильенкова. – М. : Банки и биржи, 1997. – 327 с.
23. Инновационный менеджмент. Часть 1. – К. : Изд-во концерн «Рамо», 1991. – 112 с.
24. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения / И. М. Ибрагимов, А. Д. Никифоров, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. – К. : Academia, 2007. – 304 с.
25. Интернет ресурс. Режим доступа: [sme.gov.ua](http://sme.gov.ua)
26. Капустин Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н. М. Капустин. – М. : Высшая школа, 2004. – 415 с.
27. Кашуба Л. А. Параллельное проектирование средствами CAE/CAD/CAM в жизненном цикле изделий машиностроения / Л. А. Кашуба // Програмные продукты и системы. – 1998. – № 3. – С. 1-11.
28. Компьютерно-интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении : учеб. пособие / Т. А. Альперович, В. В. Баранов, А. Н. Давыдов и др. ; под ред. Б. И. Черпакова. – М. : ГУП «ВИМИ», 1999. – 512 с.
29. Кузнецов Ю. М. Прогнозування розвитку технічних систем : Навч. посіб. / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Складов. – К. : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. – 323 с.
30. Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Н. Ельцина. Режим доступа: [www.krsu.edu.kg/vestnik/v3/a15.html](http://www.krsu.edu.kg/vestnik/v3/a15.html).
31. Математичне моделювання систем і процесів : [навч. посіб.] / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Чередніков, В. В. Трейтяк. – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2015. – 424 с.
32. Некрасов Е. Н. Компьютерные технологии в машиностроении / Е. Н. Некрасов. – Одесса : Наука и техника, 2005. – 164 с.

33. Норенков И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузьмин. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
34. Ойхман Е. Г. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии / Е. Г. Ойхман, Э. В. Попов. – М. : Финансы и статистика, 1997. – 336 с.
35. Очерedyкo С. А. Глобальная трансформация промышленного бизнеса и новая концепция управления жизненным циклом изделия / С. А. Очерedyкo // Информационные технологии в наукоемком машиностроении: компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. – К. : Техніка, 2001. – С. 626-646.
36. Пальчевский Б. О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) : навчальний посібник / Б. О. Пальчевський. – Львів : Світ, 2001. – 232 с.
37. Пальчевський Б. О. Інформаційні технології проектування технологічного устаткування : монографія / Б. О. Пальчевський. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – 572 с.
38. Пестрецов С. И. CALS-технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах : учеб. пособие / С. И. Пестрецов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 104 с.
39. Петраков Ю. В. Состояние и перспективы развития САМ-систем в машиностроении / Ю. В. Петраков // *Вісник НТУУ «КПІ», Серія машинобудування*. 2013. – № 2(68). – С. 44-54.
40. Петрович И. М. Організування промислового виробництва : підручник / И. М. Петрович. – К. : Знання, 2009. – 328 с.
41. Покропивний С. Ф. Эффективность инновационных процессов в машиностроении / С. Ф. Покропивний, А. В. Савченко, А. А. Сладко. – К. : Техніка, 1998. – 136 с.
42. Проект Європейського Союзу «Проект підтримки малих та середніх підприємств в пріоритетних регіонах»: посібник з кластерного розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [sme.ukraine-inform.org.ua](http://sme.ukraine-inform.org.ua).
43. Санто Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто. – М. : Прогресс, 1990. – 296 с.
44. Стоцько З. А. Моделювання технологічних систем : навч. посіб. / З. А. Стоцько. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 188 с.
45. Сурмин Ю. П. Теорія систем і системний аналіз : навчальний посібник / Ю. П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 268 с.
46. Телемтаев М. М. Системная технология (системная философия деятельности) / М. М. Телемтаев. – Алматы : Издательский дом «СТ-Инфоресвис», 1999. – 336 с.



47. Управление жизненным циклом продукции / А. Ф. Колчин, М. В. Овсянников, А. Ф. Стрекалов, С. В. Сумароков ; под ред. А. Пальчикова. – М. : Анахарсис, 2002. – 304 с.

48. Федоткин И. М. Математическое моделирование: теория технологических процессов и их интенсификация : учеб. пособие / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – К. : АРКТУР-А, 1998. – 416 с.

49. Функционально-стоимостный анализ. Методические рекомендации. – М. : НИИМАШ, 1984. – 80 с.

50. Харрингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях / Дж. Харрингтон. – М. : Экономика, 1990. – 272 с.

51. Яблочников Е. И. Компьютеризация задач подготовки производства в едином информационном пространстве промышленного предприятия / Е. И. Яблочников // *САПР и графика*. – 2001. – № 3. – С. 45-52.

52. Design Structure Matrix (DSM) [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.dsmweb.org>.

Наукове видання

**Бондаренко Станіслав Григорович,  
Космач Олександр Павлович**

# **ОСНОВИ СИСТЕМНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МАШИН**

**МОНОГРАФІЯ**

## **Частина 1. Системність та створення виробу**

Комп'ютерне складання та верстання  
Редактор

Т. М. Колот  
О. С. Смілова

Підписано до друку 29.12.2020. Формат 60×84/16.  
Ум. друк. арк. – 15,23. Тираж 300 пр. Зам. № 544/20.

---

Редакційно-видавничий відділ Національного університету «Чернігівська політехніка»  
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 7128 від 18.08.2020 р.