

629.73
Б72/

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМ. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО

"Харківський авіаційний інститут"

Ю.О. Боборикін,
В.Т. Сікульський

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІТАКОБУДУВАННЯ

КНИГА 1

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЙ

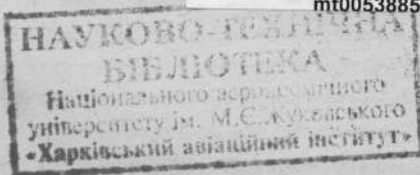
Навчальний посібник

ПЕРЕОБЛ

Научно-техническая
библиотека
"ХАИ"



mt0053885



Харків "ХАІ" 2000

ББК 39.53

УДК [629.735.33.002 + 629.735.45.002] (075.8)

Основи технології літакобудування. Кн. 1. Загальні принципи побудови технологій / Ю.О. Боборикін, В.Т. Сікульський. – Навч. посібник. – Харків: Держ. аерокосмічний ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2000. – 116 с.

Викладено першу частину конспекту лекцій "Загальні принципи побудови технологій" згідно з програмою вивчення дисципліни "Теоретичні основи технології літако- та вертольотобудування". Описано детальні методологічні принципи побудови технологій, їх зв'язок з науково-технічним прогресом. Наведено поняття "перетворення" і "технологічні системи", основи створення ресурсозберігаючих технологій і сучасні форми практичної реалізації технологічних систем при виробництві літаків та іншої складної техніки.

Для студентів спеціальностей 7.090.259, 7101.101 "Технологія літако- та вертольотобудування".

Іл. 27. Табл. 9. Бібліогр.: 40 назв.

Рецензенти: кафедра техніки і технології Харк. держ. економ. ун-ту;
лауреат Державної премії України, канд. техн. наук І.В. Павлов

© Державний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут", 2000 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА	7
1.1. Визначення поняття "технологія"	7
1.2. Науково-технічний прогрес як основа підвищення ефективності виробництва	9
1.3. Україна та деякі особливості соціального й економічного розвитку сучасної цивілізації	13
1.4. Напрямки розвитку та характеристики технологій на сучасному етапі	20
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу	23
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ. ПРОГРЕСИВНА ФОРМА СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА	23
2.1. Зміст поняття "технологічна система"	23
2.2. Перетворення. Послідовність перетворень як форма подання технологічного процесу	30
2.3. Організація технологічних систем і структур	33
2.4. Модель технологічного процесу	36
2.5. Структура технологічного процесу	40
2.6. Форма подання технологічних процесів	45
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу	46
3. ФОРМИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЛІТАКІВ І ВЕРТОЛЬОТІВ	46
3.1. Особливості структурної організації машинобудування і авіабудування як систем	46
3.2. Види виробництва промислового підприємства	48
3.3. Структури виробничого та технологічного процесів	50
3.4. Технологічна характеристика типів виробництва	54
3.5. Гнучкі виробництва та тенденції їх розвитку	57
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу	59

4. ОСНОВИ СТВОРЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ І БЕЗВІДХІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	59
4.1. Місце та роль матеріальних ресурсів у життєдіяльності людства.....	59
4.2. Основні шляхи ресурсозбереження у промисловості.....	63
4.3. Оцінки використання матеріальних ресурсів.....	66
4.4. Нормування витрат ресурсів та їх економія.....	70
4.5. Основні фактори та напрямки економії ресурсів.....	74
4.6. Місце технологій у ресурсозбереженні.....	82
4.7. Інженерні методи економії ресурсів (проекткування).....	87
4.8. Основні принципи створення маловідхідних та безвідхідних технологій.....	93
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу.....	96
5. ОЦІНКА ДОСКОНАЛОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	97
5.1. Фактори, що визначають ефективність варіантів нової техніки та технології.....	97
5.2. Види та складові ефекту від використання нової техніки і технології.....	99
5.3. Загальна оцінка технологічних систем і процесів.....	101
5.4. Бізнес-оцінка впливу технологій на господарську діяльність.....	103
5.5. Економічні показники технологічного процесу.....	104
5.6. Оцінка конструктивно-технологічних рішень у літакобудуванні за витратами.....	109
5.7. Оцінка технологічних і технічних систем за допомогою функціонально-вартісного аналізу.....	111
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу.....	115

ПЕРЕДМОВА

Для вивчення дисципліни "Теоретичні основи технології літакобудування" кафедра технології літакобудування Державного аерокосмічного університету "ХАІ" має намір видати серію навчальних посібників.

Перший з них – "Загальні принципи побудови технологій" – містить необхідні поняття про предмет вивчення – технологію виробництва та закономірності створення технологій.

Необхідність видання цієї серії пов'язана з такими обставинами:

1. Особливості соціального та економічного розвитку України на сучасному етапі істотно впливають на стан і розвиток усіх галузей економіки, зокрема, на таку динамічну і наукоємну галузь, як літакобудування. Цій галузі властиві високі темпи розвитку і зміни конструктивного виконання виробу при порівняно невеликих обсягах та обмеженому терміні виконання замовлень.

Порівняно довгі терміни проектування та виробництва нового літака (від п'яти до восьми років) потребують значних капіталовкладень, що, на відміну від інших галузей, зумовлює специфічні методи та засоби підготовки виробництва, які забезпечують випуск конкурентоспроможної продукції високої надійності.

Як самостійна держава Україна повинна вирішувати проблему створення, виробництва та збуту літаків, конкуруючи на зовнішньому та внутрішньому ринках з провідними фірмами Америки, Європи, Росії. Особливого значення набуває виробництво авіаційних матеріалів, обладнання, приладів, проблема підвищення ефективності використання палива.

Ці обставини та жорсткі вимоги до використання ресурсів усіх видів змінюють традиційні принципи та методологічні основи проектування та розробки конкретних технологій літакобудівного виробництва.

2. На цей час підручники або навчальні посібники, які б забезпечили якісну підготовку спеціалістів авіаційного профілю, відсутні. Раніше видачі підручники, наприклад, М. Н. Горбунов. "Основы производства самолетов", М., Машиностроение, 1976; "Технология самолетостроения", А.А. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др., 2-е изд., М., Машиностроение, 1982, застаріли і потребують доповнення.

Українською мовою подібні підручники та навчальні посібники, на жаль, не видавались.

3. При підготовці матеріалів, які ввійшли у цей посібник, враховувалось, що конкретні питання технології викладаються у таких курсах дисципліни «Технологія літакобудування», як «Технологія виробництва деталей методами холодного штампування», «Технологія механічної обробки», «Технологія складально-монтажних робіт» та ін.

4. При створенні видання в основу покладено матеріали лекцій однойменного курсу, що викладався авторами для студентів літакобудівного факультету Харківського авіаційного інституту.

Автори висловлюють глибоку подяку колективу кафедри №104 ХАІ за допомогу при підготовці рукопису та рецензентам за цінні зауваження, що поліпшили його зміст.

1. Прогресивні технології як важливий фактор економічного та соціального розвитку суспільства

1.1. Визначення поняття "технологія"

Історія розвитку діяльності людини тісно пов'язана з удосконалюванням способів виробництва матеріальних благ. За багато тисячоліть свого існування людство пройшло шлях від створення цих способів на основі рефлекторних дій та прямої взаємодії з навколишнім середовищем до способів, що реалізуються на основі складних і взаємозв'язаних технологічних систем.

Слово "технологія" походить від грецького слова *techné* – мистецтво, майстерність, вміння, а також від грецького *logos* – слово, вчення, знання, тобто переклад можна трактувати як вчення про майстерність, вміння виробляти або як мистецтво знання.

Під поняттям "технологія" також розуміють:

- сукупність прийомів і способів одержання та обробки сировини, матеріалів і напівфабрикатів, що використовуються у різних галузях промисловості;
- наукову дисципліну, що розробляє та вдосконалює такі способи і прийоми переробки;
- операції добування, обробки, переробки, виготовлення, транспортування, складання, зберігання, які є основними частинами виробничого процесу;
- опис указаних процесів та їх частин, інструкції до їх виконання, картки, графіки та ін.;
- прийоми та способи одержання і обробки інформації у технічній, економічній, політичній та побутовій діяльності людини.

Таким чином, [поняття «технологія» безпосередньо пов'язано з уявленням процесу створення або виробництва чогось згідно з поставленою метою забезпечення потреби.]

[У результаті технологічної операції відбувається якісна зміна (перетворення) об'єкта, що обробляється (операнда), шляхом надання йому інших якостей (форми, складу або стану), яких він раніше не мав.]

[Предметом дії технологій можуть бути матеріали (речовини), енергія, природні об'єкти (включаючи біологічні), інформація, простір і час, частини всесвіту,] наприклад, технологія одержання металів із сировини, що

переробляється на основі різних хімічних і фізичних процесів. Так, технологія механічної обробки пов'язана зі зміною форми шляхом зняття зайвого матеріалу різанням; технологія фізико-хімічних методів обробки вирішує ту ж задачу оплавленням, випарюванням, ерозією. Технологія складання пов'язана зі зміною складу та стану компонентів, що утворюють предмет складання, технологія контролю - зі способами та прийомами одержання й оцінки інформації про об'єкт, що контролюється.

Таким чином, можна виділити базові технології та їх рішення у вигляді часткових технологій. Під базовою технологією будемо розуміти принципові правила або прийоми застосування об'єктивних законів природи для вирішення поставленої практичної мети перетворення об'єктів матеріального світу. Часткові технології - це реалізація базових на основі конкретних прийомів і технічних рішень.

Технологія як прикладна наука аналізує та виявляє фізичні, хімічні, механічні та інформаційні закономірності з метою використання їх для створення найефективніших процесів виробництва нової продукції, підвищення її якості, властивостей, економії ресурсів, а також поліпшення природозбереження.

Предметом технології як науки є базові та часткові технології, закономірності їх функціонування, правила синтезу та форм організації їх використання залежно від поставленої мети.

Залежно від галузі використання базових технологій, орієнтованих на певні споріднені об'єкти перетворення, та їх проявлення у вигляді конкретного продукту їх можна класифікувати за сферами використання, наприклад за галузями виробництва.

Так, предметом технології машинобудування та її галузі - літакобудування - є вчення про виготовлення машин згідно з потребою користувача (рівень якості, кількість і термін постачання) при прийнятих нормах живої та уречевленої праці. Відповідно базовим технологіям конкретний предмет технології літакобудування - проектування процесів і вибір способів механічної обробки, складання та випробування об'єктів, а також основ конструювання оснащення і засобів автоматизації та механізації процесів, тобто засобів, які забезпечують реалізацію процесу виробництва.

Технологію літакобудування орієнтовано на процеси виробництва літальних апаратів різних видів з жорсткими вимогами до якості та масових

(вагових) характеристик, що сприяє більшій різноманітності створених конструктивних рішень, оснований на базових технологіях.

Загальним для технологій всіх видів є те, що вони - продукт розумної діяльності людини. Слід відмітити, що в природі також протікають процеси, які без втручання людини приводять до якісних змін об'єктів. Як тільки людина повільніше або прискорює такі процеси для здобуття раніше запланованого результату, то це вже - технологія, а не стихійний процес.

Таким чином, технологія - це сукупність цілеспрямованих інструментальних дій, фізичних, хімічних або біологічних процесів і засобів їх здійснення, спеціально організованих для досягнення заздалегідь накресленої мети.)

Цією метою у широкій діяльності людини є продукт технології у вигляді матеріальних об'єктів, енергії, інформації, суспільно-політичних результатів.)

Вид продукту технологій визначається сферою суспільно-економічної діяльності людини, яка свідомо визначає накреслений результат. Наприклад, технологія зв'язку між двома абонентами має незалежно від використаних засобів одну й ту ж мету - передачу інформації. Вдосконалення системи зв'язку скорочує час її передачі, а рівень технології суттєво змінює техніко-економічні характеристики, тобто досягається мета більш високого рівня (рангу). Те ж саме можна сказати про транспортування вантажів у певне місце за відведений на це час. Спосіб доставки (фрахт) визначає споживач з урахуванням жорсткої умови економії коштів. У свою чергу, виконавець переслідує таку ж мету. В результаті формуються економічні вимоги до системи "споживач - технологія доставки - виробник (виконавець)". Технологія доставки вдосконалюється шляхом зменшення загальних витрат. Цю потребу, як правило, орієнтовано на більш дешеві або більш ефективні технології.

Рівень досконалості або прогресивності застосованих технологій визначається базовою технологією, яку покладено в основу, і технологічними засобами їх реалізації, що залежить від загального науково-технічного потенціалу країни.

1.2. Науково-технічний прогрес як основа підвищення ефективності виробництва

Поняття про рівень технології, як і оцінка будь-якого об'єкта або

процесу, є відносним, воно пов'язано з соціально-економічними потребами суспільства і станом науки і техніки у даний момент у межах середовища спілкування, тобто зі станом і доступністю інформації про предмет оцінки.

[На цей час можна відзначити такі технології (за рівнями):

- примітивні – на основі найпростіших знарядь;
- прості послідовні – на основі найпростіших механізмів або пристроїв з ручним приводом;
 - машинні (рутинні) – на основі верстатів і машин із зовнішнім джерелом енергії або її перетворювачем;
- прогресивні, які забезпечують значне зростання продуктивності виробництва та якості продукції на основі машин із зовнішнім керуванням і складних технологічних систем;
 - високі, наприклад, синтез речовин з властивостями, що не зустрічаються у природі;
 - тонкі, що найчастіше застосовуються у хімії, забезпечують одержання особливо чистих речовин і з'єднань на молекулярному рівні відповідно до вимог виробництва.]

[Таким чином, рівень технологій оцінено:

- продуктивністю виробів при однакових їх властивостях;
- якісними властивостями при однаковій продуктивності;
- одержанням нового матеріалу або ефекту.]

Поняття «техніка» охоплює широке коло інструментальних засобів для здійснення перетворень і правила (способи) користування ними.

[З практичної діяльності відомо, що рівень досконалості використання прийомів і технічних засобів (тобто техніки) залежить від фізичних принципів, які використовуються для одержання потрібного результату. Ці принципи визначаються фундаментальними знаннями, тобто станом науки. Якщо нові знання сприяють появі техніки більш високого рівня, то можна говорити про науково-технічний прогрес (НТП).]

У свою чергу, процес задоволення соціально-економічних потреб людини є багатоланковим. Наприклад, у період використання найпростіших технологій потреби задовольняються дією безпосередньо на природні ресурси механічним або тепловим способом (рис.1.1). Перехід на більш високій рівень споживання потребує більш досконалої переробки природних ресурсів, і цей процес також складається з багатьох етапів. Виробництво якісно розширюється завдяки досвіду та знанням про процеси, що виникають

при перетворенні. Вивчення всесвіту дає людині фундаментальні знання про об'єктивні закони природи, які потім вона використовує у базових технологіях.

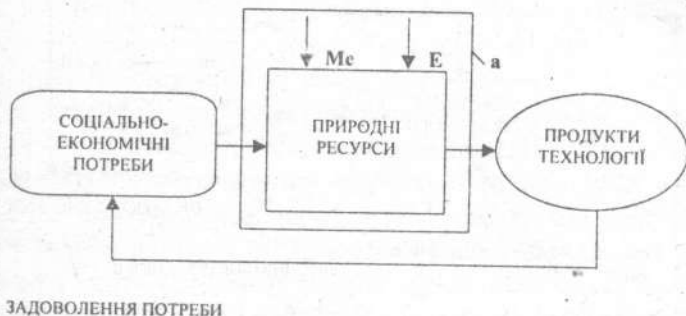


Рис. 1.1. Схема задоволення потреб суспільства при використанні примітивних або найпростіших технологій: **а** – первісна технологічна система, **Me** – людина, **E** – енергія

Розробка базових технологій здійснюється у сфері прикладних наук, наприклад, перехід від фундаментальних наук аерогідродинаміки до формування аеродинамічного конструювання літака виконують за правилами його аеромеханіки. Знання з галузі фізики металів покладено в основу теорії пластичної деформації та обробки тиском.

У свою чергу, на основі базових технологій (принципових прийомів використання об'єктивних законів природи для вирішення практичних задач перетворення об'єктів матеріального світу) розробляються конкретні рішення щодо виробництва – часткові технології. Якість цих рішень залежить від загального стану техніки як засобу реалізації цих технологій.

Схема, яку зображено на рис 1.2, реалізується у суспільному виробництві. Поява технологій більш високого рівня потребує суттєвих досягнень у галузі фундаментальних і прикладних наук при значному підвищенні витрат, які подвоюються або потроюються при переході на один ступінь (ранг) від нижчого рівня до вищого.

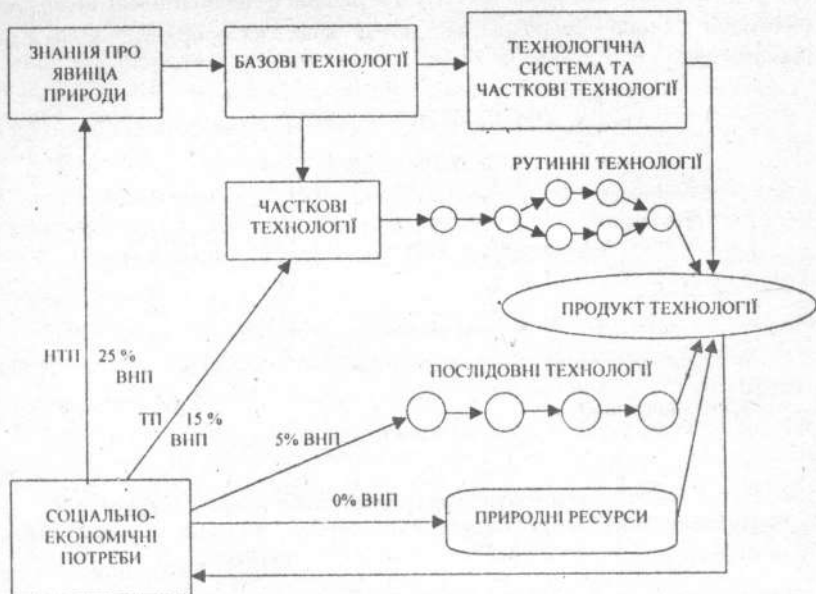


Рис. 1.2. Ступені розвитку технологій

Примітивна технологія зумовлює найменші витрати, тому потреби задовольняються за рахунок «тиражування» вже відомих технологій. В цьому випадку нарощування інвестицій (звичайно в межах 5% від валового національного продукту (ВВП)) не приводить до підвищення продуктивності праці. Така економіка одержала назву «екстенсивна». [Удосконалення відомих базових технологій і створення нових конструкцій техніки на відомих фізичних принципах дозволяє підвищити продуктивність праці у 1,2 - 1,5 разу. Витрати зростають більш ніж у два рази (10% ВВП). Такий шлях відповідає розвитку на основі технічного прогресу (ТП). Це пов'язано з надмірними витратами ресурсів в умовах зростання їх вартості. Вказаний стан вступає у протиріччя зі зростаючими витратами на задоволення соціально-економічних потреб суспільства.

Для суттєвих якісних змін необхідно використовувати технології більш високого рівня на основі нових фундаментальних знань. Одержаний у цьому разі продукт є результатом науково-технічного прогресу. Здійснити такий перехід можливо при витратах не менше 15 - 20% ВВП, що завжди

реалізується при виробництві всіх видів необхідної продукції.)

Таким чином, однією з основ реалізації НТП є інвестиційна цільова політика, тобто держава, якщо вона хоче залишитися на передових економічних рубежах і мати високий життєвий рівень, повинна прийняти НТП як вирішальний шлях та розв'язати проблему збільшення частини ВВП, що використовується на накопичення.)

Ці обставини визначили особливості та механізм соціального і економічного розвитку країн сучасної цивілізації.) Проблему фінансування НТП у цих країнах вирішували по-різному протягом 10-12 років. Вона визначила структурно-інвестиційну політику та способи господарювання. Способи одержання долі ВВП на накопичення визначаються структурою розподілу, тобто прийнятою суспільно-політичною системою. Одним з відомих шляхів є державне керування НТП за рахунок встановлення пріоритетних напрямків розвитку технологій, прийняття загальнодержавних програм. Проблема ускладнюється збільшенням невиробничих витрат на відносини між виробниками, виробниками та споживачами, а також зростаючою частиною перетворень зовнішнього середовища, не зв'язаних з прийнятими базовими технологіями.

Одночасно економічна глобалізація (МВФ, держав «сімки») позбавляє окремі країни та їх уряди можливості контролювати свої економіки та підриває суверенітет цих держав.

Рішення про інвестиції та потоки капіталу, приймають наднаціональні концерни без урахування національних інтересів. В результаті цього загострюється конкурентна боротьба між індустріальними державами і все менше можливостей залишається для вирішення соціальних та економічних проблем.

1.3. Україна та деякі особливості соціального й економічного розвитку сучасної цивілізації

У зв'язку з важливістю проблеми визначення шляхів розподілу ВВП для створення нових технологій і загальної концепції розвитку окремої країни як частини світової системи доцільно розглянути особливості сучасного індустріального розвитку людства.

Згідно із запропонованою моделлю (рис.1.2) та шляхами формування технологій можна відмітити три стадії розвитку індустріальних цивілізацій.

Перша стадія характеризувалась переходом від примітивних і простіших до технологій на основі машин із зовнішнім джерелом енергії (індустріальні технології). Вона розпочалась з промислової революції XVIII ст. і продовжувалась до кінця 30-х років XX ст. Характерним було накопичення капіталу, розширення обсягу виробництва при сталому зниженні витрат і цін.

Друга стадія розвитку охопила період 1950-1970-х років і відзначилась післявоєнною науково-технічною революцією, що зумовило необхідність і можливість удосконалювання засобів виробництва, підвищення їх якості при інтенсивній реалізації значних проектів, нарощення обсягу виробництва і, як наслідок, матеріальних благ. У цей період будуються атомні станції, починається освоєння світового океану, створюються нові види реактивного транспорту, електронно-обчислювальна техніка, формулюються принципи біотехнологій та генної інженерії. Ці досягнення привели до необхідності формування великих технологічних систем.

Зростання кількості нових та оригінальних рішень на базі досягнень фундаментальних наук прирело збільшення витрат, тому тенденція зменшення цін змінилась їх прискореним зростанням. Збільшення витрат на виробництво у першу чергу пов'язано з подорожчанням обладнання.

Вартість робочих місць практично в усіх галузях промислового та сільськогосподарського виробництва зросла у 50 і більше разів. Наприклад, в автомобілебудуванні США вартість робочого місця у 1980 році була \$20 тис., в електронній промисловості - \$12 тис., нафтогазовій - більш ніж \$200 тис. Загострилась проблема збуту товарів через нарощування їх обсягу та технічне ускладнення, а також завдяки необхідності збільшення невиробничих витрат на реалізацію (до 10% їх вартості). Цикл оновлювання товарів скоротився до трьох-чотирьох років замість 8-12 у 40-60-х роках. Це також зумовило підвищення капіталовкладень у реконструкцію виробництва та розробку нових товарів. Збільшення загальних витрат при відокремлюванні частини коштів на гонку озброєнь призвело до сповільнення темпів росту національного прибутку, а зростання вартості робочої сили – до зниження продуктивності праці.

Інтенсифікація виробництва, побудованого на витратних технологіях, та колосальні масштаби його обсягу загострили проблему дефіциту природних ресурсів разом з енергетичними.

Наслідком цього у 70-х роках стали глобальні кризи (енергетична,

сировинна, продовольча), які охопили все світове господарство. Різко зменшилась продуктивність праці. Прискорились та посилились практично в усіх країнах вільного ринку процеси інфляції та спаду виробництва. В країнах з плановою економікою (соціалістичний табір) у 70-х роках цього вдалося уникнути завдяки концентрації керування витратами ресурсів, однак темпи приросту ВВП уповільнились до критичних.

Таким чином, можливості індустріального розвитку шляхом удосконалювання традиційних технологій були цілком вичерпані.

В основу розглянутих перших двох стадій закладено один і той же принцип: більш високий результат функціонування досягається нарощуванням економічного потенціалу, тобто за рахунок додаткових виробничих фондів і трудових ресурсів. Такий витратний (або екстенсивний) шлях в економіці веде до скорочення темпів приросту ВВП, а також до порушення балансу у природокористуванні і, таким чином, ставить питання про існування людства взагалі.

Третя стадія індустріального розвитку характеризується принциповими змінами у формуванні технологічного укладу, що забезпечує прискорене оновлення продукції, зростання її якісних параметрів і послідовне зниження витрат на виробництво. Така ситуація у розвитку продуктивних сил відповідає сучасній фазі науково-технічної революції. Водночас гігантські масштаби виробництва і прогрес у розвитку техніки потребують нових умов природокористування. Врахування впливу зовнішнього середовища стає вирішальним при орієнтації на довготривале економічне зростання.

Введення природних комплексів як довготривалих структурних елементів технологічних систем стало жорсткою необхідністю, тому що потенціал самовідновлювання систем недостатній і будувати незамкнуті технологічні системи вже неможливо. Антропогенне навантаження (кількість населення, рівень технологій, що використовуються), не повинно перевищувати потенціал самовідновлювання природної системи. Тому в умовах глобальної цивілізації, що вийшла на межі природних систем, вперше в історії людства особливого значення набуває забезпечення найвищого рівня матеріальної культури – рівноважного природокористування. Це означає, що суспільство повинно відмовитись від безрозсудної експлуатації природних ресурсів і виділити для цільового страхового фонду значну частину національного продукту (близько 5% ВВП). Це єдиний шлях до

вирішення проблеми збереження людством свого середовища проживання.

Другою суттєвою особливістю сучасного періоду є зміна у характеристиці людського фактору. Сьогодні у цивілізованому суспільстві різко зросла плата за працю, сформувався певний стереотип споживання, якість споживчих благ у країні порівнюється із світовим рівнем (перевагу віддано високоякісним товарам), проте підвищились зустрічні вимоги до якісних характеристик праці та кваліфікації виконавця, до його відповідальності, ініціативності, надійності.

У сучасних умовах забезпечення економічної незалежності країни реалізація соціальних програм і збереження повноцінного середовища проживання можливі тільки на основі переходу до нового ступеня індустріалізації (реіндустріалізації). Для здійснення цього переходу необхідні кошти, що перевищують зазначений вище рівень – 20% ВВП.

Джерелами необхідних коштів можуть бути такі:

- бюджетні асигнування, які в умовах спаду виробництва або невисоких темпів зростання національного прибутку – незначні;
- накопичення у споживчих галузях господарства та легкій промисловості, але вони практично вичерпані;
- зовнішні кредити, які через високі кредитні ставки (до 30%, світові – від 5 до 15%) – обмежені.

Тому одним із доцільних шляхів є самоінвестування, основане на приватизації державної власності.

Ефективність способу залежить від глибини, темпів та охопленості об'єктів приватизації під час її проведення. Цей шлях було використано у більшості капіталістичних країн з уже сформованим укладом приватної власності (від 60 до 80%), тому проблеми інтенсифікації людського фактору (при рівні безробіття 8-10%) не виникло. Слід відмітити, що пріоритетні державні програми фінансувалися за рахунок федерального бюджету на 80%, і цей рівень жорстко витримувався.

Відомо, що чим більша частка ВВП використовується державою на накопичення, тим більше вона має можливостей (у технічному, соціальному та економічному відношеннях) для вирішення головної задачі - підвищення продуктивності праці та якості продукції, а на цій основі – для зростання матеріального добробуту.

Сучасний НТП потребує значних витрат, тому не випадково, що його високі темпи характерні для країн з великою нормою накопичення у

національному прибутку, тобто із значним обсягом ВВП. Наприклад, доля ВВП на накопичення у 1985-90 рр. становила у Великобританії - 14%; США - 17%; ФРН - 28,5%; Японії - 30,4%, що узгоджується з досягнутим ними рівнем науково-технічного розвитку.

Потенційні можливості України як самостійної держави можна оцінити аналізуючи її економіку у складі СРСР і зміну цього стану після 1991 року. Розглянемо особливості формування внутрішніх ресурсів України. ВВП - це різниця між валовим суспільним продуктом (ВСП) і витратами, пов'язаними з виробництвом, які складають близько 30% ВСП. Більше 60% лишку йде на потреби в цивільних сферах, 25% - на утримання армії, близько 16% використовується на накопичення за таким розкладом:

- наука та прикладні дослідження - 6,8%;
- освіта та підготовка кадрів - 6%;
- реалізація програм НТП - 3%.

При цьому виробіток на одиницю населення становить близько \$8360, водночас у США - \$18200, тобто продуктивність праці є вищою в 2,5 раза. Отже, загальна маса ВВП у 12,5 раза більша. Це свідчить про те, що в Україні дефіцит інвестицій у матеріальне виробництво був закладений з самого початку будівництва держави.

Для сучасного етапу характерним є зниження темпів виробництва на 2,5% до 1990 року, що призвело до глибокого його спаду (40% ВВП).

За станом виробництва Україну було відкинуто до рівня 1960 року з одночасним загостренням дефіциту сировинних ресурсів і розладом складених десятиріччями в СРСР ринків збуту продукції промислових підприємств (до 80% загального обсягу). Це погіршує умови накопичення необхідних коштів з урахуванням того, що близько третини ВВП належить зараз лише 3% населення, до того ж не зацікавленого в капіталовкладеннях у вітчизняну промисловість. З 1986 року почався інтенсивний відплив капіталу з України, що триває й зараз. У підсумку ускладнилася проблема реалізації соціальних програм, загострився дефіцит державного бюджету, різко зросла заборгованість по зовнішніх кредитах.

У таких умовах доцільно визначити орієнтацію економічного розвитку держави. Незалежно від потенціалу виробництва важливими є кількість створеного кінцевого продукту, його якість і ціна.

Орієнтація структурної перебудови на Захід не є доцільною, оскільки ринки збуту промислової продукції, що випускає Україна, зайняті а у

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА

БІБЛІОТЕКА

Національного державного
університету ім. М. П. Драгоманського

Української академії наук і мистецтв

країнах-імпортерах рівень виробництва також знижується.

У цих умовах доцільно зберегти та закріпити свої позиції на традиційних ринках, тим більше що такі дії не потребують суттєвої структурної перебудови.

Вирішення проблеми накопичення коштів може йти кількома шляхами:

- економія всіх видів ресурсів, включаючи витрати на оплату праці та на оборону;

- інтенсифікація праці за рахунок підвищення зацікавленості в результатах (оренда, фермерство, приватна власність);

- використання внутрішніх кредитів національного банку;

- використання коштів комерційних банків і структур.

Частина шляхів не потребує початкових витрат і відноситься до організаційно-економічних. Це – державна зовнішня політика, приватизація, використання внутрішнього та зовнішнього кредитувань.

Реалізація шляхів економії всіх видів ресурсів визначається прийнятою концепцією розвитку та технологіями, що використовуються. Очевидно, що будь-яка програма розвитку повинна додержуватись раціональної енергетичної політики. Це особливо важливо для України з її обмеженими паливно-енергетичними і сировинними ресурсами. Після розпаду СРСР і розриву господарчих зв'язків проблема енергоносіїв стала для України головною. Енергетичний потенціал України складається з вугілля, що добувається на Волині та в Донбасі (приблизно 137 млн. т), що разом з нафтою та газом дає близько 183 млн. т умовного палива. Однак річна потреба в паливі тільки для виробництва харчових продуктів становить 340 млн. т, або 53% від усієї кількості необхідних енергоресурсів. До цього ж, видобування вугілля та нафти все більш ускладнюється і внаслідок значної глибини залягання стає занадто енергоємним.

Тому слід прийняти концепцію розвитку, що передбачає зниження витрат енергоносіїв у народному господарстві завдяки принципово новим ресурсозберігаючим технологіям, що означає необхідність структурної перебудови всіх галузей економіки України (не в плані власності, а у плані виробів, техніки та технології).

Другим напрямком (із збереженням профілю виробництва) є визначення і використання нових джерел енергії та способів переробки традиційних енергетичних ресурсів (в першу чергу – вугілля). Поширення атомної енергетики (АЕС зараз виробляють більш ніж 10% електроенергії) зростає,

незважаючи на більшу вартість капітального будівництва (у п'ять - шість разів), ціну на природний уран, який є в Україні, а також на загострення проблеми безпеки АЕС. Є достатньо підстав розглядати атомну енергетику як друге покоління енергоресурсів, що переходить до третього ступеня - чистих джерел енергії (сонце, вода, теплова та кінетична енергія моря, термальна енергія землі).

Найпривабливішим для України є використання сонця та термальної енергії землі. Незважаючи на обмежену потужність генераторів, саме завдяки цим джерелам можна вирішити проблему побутової енергетики (третина всього споживання). Наприклад, в Австрії протягом року більш ніж 60% потреби у гарячій воді покривається за рахунок сонячних батарей, США планують до 2000 року 20% енергоспоживання задовольнити використанням сонячного тепла та реверсивних джерел (що можуть бути відновлені); необхідні для досягнення цієї мети кошти не перевищують витрат на розвиток ядерної енергетики.

Створення технологічних систем, що забезпечують зниження витрат енергії на одиницю продукції, оцінюється багатьма спеціалістами як найефективніший шлях вирішення енергетичної проблеми в Україні. Зниження питомої енергоємності ВВП, наприклад, вдвічі (це відповідає власному рівню забезпечення енергоносіями) має бути прийняте як концептуальне. Реально це необхідно і здійснюватиметься як національна програма. За останні 10 років США знизили питому енергоємність ВВП на 30%, Японія - на 42%.

Для збереження державності та незалежності економіки в Україні ресурсозбереження повинно стати загальнодержавною політикою. На жаль, в Україні первісне накопичення капіталу приватними і комерційними структурами спрямовано на вилучення ресурсів з обороту та продаж їх за бросовими цінами за рубіж. У результаті близько третини нафтопродуктів і половина високоенергоємніших видів сировини та напівфабрикатів продано за 7 млрд. доларів, що осіли у зарубіжних банках. Ця обставина підкреслює необхідність прийняття загальнонаціональної політики керування рухом енерго- та інших видів ресурсів на рівні підприємств. Сировинна проблема повинна вирішуватися на загальнонаціональному рівні. Тут можна визначити два доступних напрямки:

- розвиток регенераційного виробництва;
- розробка нових конструкційних матеріалів.

Повторне використання відходів дозволяє знешкодити дефіцит ресурсів сировини з одночасним зниженням енерговитрат. Так, виробництво алюмінію, сталі, паперу з повторної сировини заощаджує відповідно 25, 60 та 70% енергії порівняно з первісним виробництвом, тому на таку сировину досить високі ціни.

Відсутність власних джерел сировини для випуску алюмінію, міді, цинку, олова, целюлози та інших матеріалів також потребує жорсткого державного втручання та тотальних дій, спрямованих на збирання та переробку відходів.

Організація та державні пріоритети у галузі регенераційного виробництва можуть забезпечити близько 25% приросту національного прибутку. Аналіз аналогічних світових процесів показує, що відходи становлять все більш суттєву частину національних ресурсів, а їх використання стає однією з важливих задач.

Пріоритетного значення набуває розробка і вдосконалювання композиційних матеріалів (КМ), оскільки тут відкривається широка перспектива для вирішення сировинної проблеми. Достатньо згадати про злободенне для України питання про деревину. Більше 80% житлового фонду, що будується, не має так званої «столярки». Отже, використання КМ у цій та інших галузях можна вважати доцільним.

1.4. Напрямки розвитку та характеристики технологій на сучасному етапі

Жорсткі вимоги до якості продукту технології при її частій зміні, до економії всіх видів ресурсів, забезпечення рівноважного природокористування, а також зростаюче значення людського фактору (з урахуванням можливостей нової техніки) визначають основні напрямки й особливості розвитку сучасних технологій.

Прогресивність технології оцінюється за підсумковим результатом: менші питомі витрати ресурсів на рівноцінний або більш якісний продукт.

Загальні риси сучасних технологій:

1. Малоопераційність, або побудова їх найкоротшим шляхом. Технологія виробництва продукту – це послідовність зв'язаних між собою часткових технологій. Чим ближче кожна часткова технологія до базової, тим менше треба переділів об'єкта праці і, відповідно, робочих місць.

Перехід до одноступеневого процесу стає можливим завдяки об'єднанню декількох операцій в одну загальну або об'єднанню цих операцій за часом виконання без зміни змісту та призначення процесу. Наприклад, перехід від механічної обробки до прецизійного литва полягас у заміні базових технологій. Аналогічно, але з меншою кількістю переділів металу можна одержати розміри деталей методом пластичної деформації або за допомогою порошкової металургії. Інтегрування в одному агрегаті багатьох робочих приладів здійснюється у поточній лінії або оброблювальному центрі. Засобом, який забезпечує концентрацію різних операцій є, в ряді випадків, підвищення параметрів робочого процесу: тиску, температури, швидкості. Змінювання цих параметрів приводить до принципівих якісних змін. Наприклад, це нагрів поверхні деталі СВЧ або лазерним променем, що забезпечує одноопераційний процес загартування поверхні деталі штампування у режимі ПП і ДЗ, коли в одному процесі поєднуються формоутворення та складання просторової конструкції; високотемпературний самореагуючий синтез (ВТРС), що забезпечує одержання керамічного виробу за одну операцію без спікання, імпульсне штампування магнітним полем та ін. Позитивною якістю малоопераційних технологій в умовах автоматизації є підвищення стабільності та зменшення вірогідності перебоїв, що набуває вирішального значення при автоматизації процесу виробництва.

2. Маловідхідність і безвідхідність нових технологій є логічною вимогою у сучасних умовах, коли масштаби виробництва стали грандіозними. Безумовна економія всіх видів ресурсів, зменшення їх частки в продукті виробництва має виключне значення для забезпечення економічної незалежності окремого підприємства, галузі, держави. Зростання національного прибутку завдяки економії ресурсів поєднується з проблемами рівноважного природокористування, збереженням природних ресурсів, що не відновлюються; зберіганням середовища мешкання. До маловідхідних технологій відносять технології з відходами не більше 10%, до безвідхідних - не більше 1,5%. При подальшому технічному прогресі ці граничні величини будуть зменшуватись. Прикладом маловідхідної технології може бути виготовлення деталей машин з періодичного прокату або вальцюванням, безвідхідної - виготовлення методом порошкової металургії, прецизійним або вакуумним литтям.

3. Зрощування технологій з мікроелектронікою. Складність сучасних

технологічних комплексів і технічних систем потребує оперативного управління, внаслідок чого до технологічного комплексу вводять системи автоматичного управління (САУ) на основі мікропроцесорів, тобто електронно-обчислювальної техніки. [Таке сполучення технологій, техніки і електроніки забезпечує нову якість - збільшення глибини управління процесами і гнучкості всієї технологічної системи.] Відбувається універсалізація засобів проведення технологічного процесу і управління ними залежно від перебігу процесу. Економічна вигідність такого стану безумовна. Приміром можуть бути гнучкі виробничі комплекси або системи з повною автоматизацією циклу оброблювальних або складальних процесів.

4. Наукоємність сучасних технологій. Для забезпечення зростання якості продукції при зниженні витрат необхідна реалізація такої схеми НТП: наука - нові базові технології - часткові технології - продукт. [Витрати на фундаментальні дослідження зростають у зв'язку з необхідністю поглибленого вивчення об'єктивних законів світу. З метою досягнення практичних результатів на їх основі розробляються базові та часткові технології. Незважаючи на колосальні витрати, кількість упроваджених результатів наукових досліджень порівняно незначна (від 3 до 8%). Внаслідок цього для одержання суттєвих результатів наукоємність нових технологій значно зростає, тому нові наукові досягнення, нові технології стають досяжними тільки для країн з високим науково-технічним потенціалом.] [Одним із шляхів зменшення витрат є придбання ліцензій на використання прогресивних технологій.] Однак це обмежено умовами жорсткої конкуренції між державами, і нове ніхто не продас. Згідно з оцінкою американських спеціалістів лише 10% патентів виправдовують витрачені на науковий пошук і патентування кошти і тільки 2-3% є високорентабельними. Залежно від галузі промисловості та глибини проблеми в розвинутих країнах від 50 до 70% всіх досліджень безрезультатні, а близько 80% невдач виникають на кінцевій стадії організації збуту нових товарів.

5. Формування технологічних систем. Проблема зниження витрат знайшла своє рішення у створенні технологічних систем, де різноманітні технологічні процеси та засоби для їх реалізації об'єднуються в єдиний комплекс для досягнення загальної мети - одержання потрібного продукту або ефекту в жорстких рамках зовнішніх умов. [Наприклад, технологічні системи авіаперевезень об'єднують не тільки техніку та засоби

безпосередньо для перевезення вантажів повітряним шляхом, але й системи забезпечення польоту, інфраструктури обробки вантажів, доставку їх споживачеві, ремонт та обслуговування авіатехніки, підготовку персоналу авіазагонів. Водночас технологічна система, яка підлягає цільовому керуванню, забезпечує максимальну гнучкість при зміні мети. Розвинуті технологічні системи охоплюють не тільки окремі підприємства, а й цілі галузі, промислові райони країни, економічні зони та ін.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу

1. Абибов М.Н., Бирюков Н.И., Бойцов В.В. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. Амиров Ю.Д. Научно-техническая подготовка производства. – М.: Экономика, 1989. – 415 с.
3. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 1982. Кн. 2. – 367 с.
4. Белянин П.Н. Производство широкофюзеляжных самолетов. – М.: Машиностроение, 1979. – 360 с.
5. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 270 с.
6. Итоги науки и техники. Сер. Авиастроение. 1976. Т. 6. – 120 с.
7. Итоги науки и техники. Сер. Авиастроение. 1989. Т. 10 – 115 с.
8. Итоги науки и техники. Сер. Авиастроение. 1991. Т. 12 – 118 с.
9. Масталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990. – 283 с.
10. Половинкин А.Н. Основы инженерного творчества. Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1979. – 345 с.

2. Технологічні системи. Прогресивна форма сучасного виробництва

2.1. Зміст поняття "технологічна система"

Прискорення темпів зростання НТП у світі відбилося в інтенсифікації

всіх сфер виробництва і, як наслідок, – у формуванні цілісних технологічних систем високої ефективності на основі нової техніки. У такій системі конкретне виробництво охоплюється комплексною прогресивною технологією, об'єднуючи в єдине ціле основні та допоміжні роботи, що реалізуються єдиною низкою машин, засобів керування, обслуговуючих і залежних виробництв.

Головною метою створення таких систем є випуск продукту потрібної якості при мінімальних витратах ресурсів.

Структурними складовими технологічної системи є не тільки елементи і частини системи, що безпосередньо пов'язані з виробництвом продукту, але й ті, що виробляють або перетворюють енергію; об'єкти переробки, матеріали, засоби управління й оброблення інформації, люди, що беруть участь у процесі, а також кінцевий продукт. Ця система не ізольована, вона взаємодіє з навколишнім середовищем (гео-, біо-, атмосферою) та іншими зовнішніми системами.

На перших етапах індустріалізації в умовах планового господарювання технологічні системи було сформовано у вигляді галузей народного господарства (рис. 2.1). Це було необхідно в умовах обмеження ресурсів і коштів і відповідало цільовому призначенню галузі.

Завдяки концентрації ресурсів, скороченню часу виробництва, підвищенню продуктивності праці шляхом спеціалізації було забезпечено досягнення головної мети – функціонування всього господарства, що постачає або вживає однорідний продукт. Відповідно було утворено паливно-енергетичний комплекс, галузі сировини, будівельних матеріалів зі спеціалізованими виробництвами, що входять до цих галузей і випускають продукцію для споживачів.

При розширенні зв'язків усередині будь-якої галузі складаються значні технологічні системи. Наприклад, авіапромисловість містить в собі не тільки підгалузь, що безпосередньо випускає літаки, але й підгалузі, що виробляють двигуни, авіаматеріали, напівфабрикати, обладнання, системи та прилади.

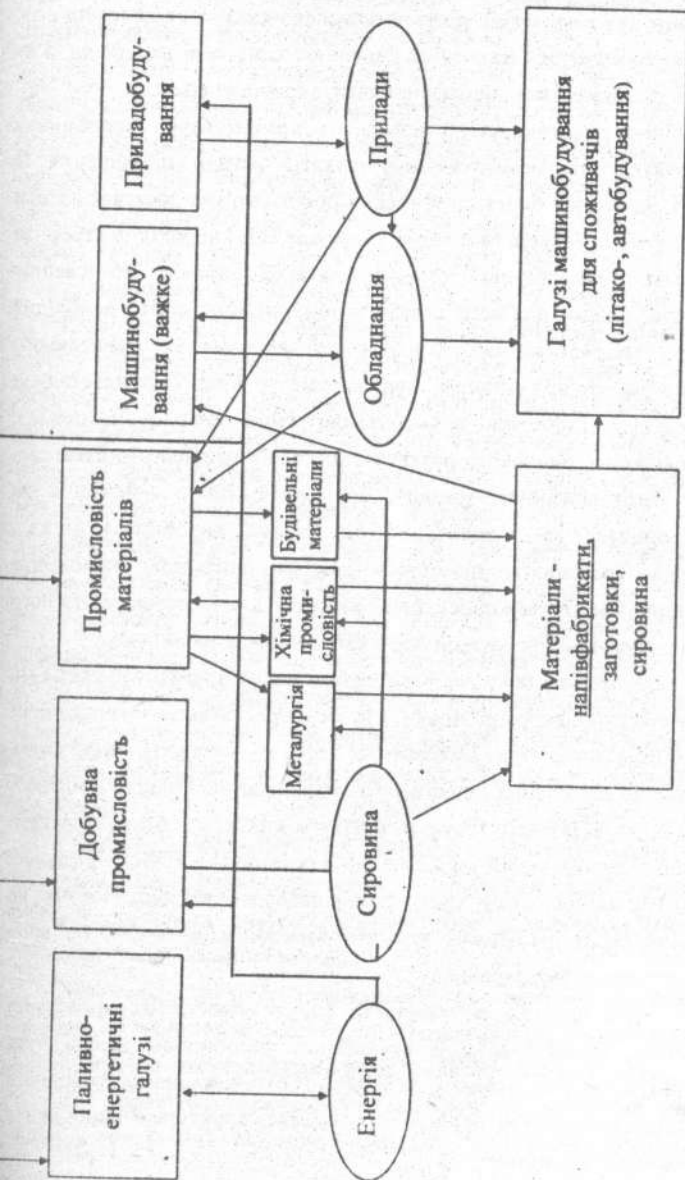


Рис. 2.1. Структура та взаємозв'язок галузей промисловості

Це було викликано специфікою використання продуктів і вимогами до їх якості. Загальним для комплексів галузей промисловості та споживачів є те, що на входи базових галузей надходять сировина, початкові матеріали, а на виходах є необхідні матеріали, напівфабрикати, вироби, енергія.

Для зростання ефективності різноманітна номенклатура виробничих елементів і зв'язків між ними змушує шукати методи підвищення їх продуктивності. За основу береться кінцевий результат, що досягається при мінімальних витратах ресурсів всіх видів. В умовах НТП необхідно створити сукупність гнучких виробничих структур, яка б сприяла досягненню поставленої мети, єдиної для всієї галузі та підприємств, тобто необхідно мати справу з упорядкуванням структур, механізмом їх ефективного функціонування та з об'єктивним керуванням з боку суспільства їх розвитком. У цьому відношенні використання різних методів, наприклад, планового або вільного ринкового розвитку, має свої позитивні та негативні сторони. Для капіталістичного укладу, що вже склався, орієнтація на приватизацію привела до концентрації однорідних виробництв у колі обмеженої групи власників, що ховаються за ширмами «народних» акціонерних підприємств, до концентрації капіталу для їх розвитку та його поповнення за рахунок монополізації постачання товарів на ринок.

Керування процесом з боку держави на базі плану розвитку суспільства вирішує проблему концентрації цілей, але не справляється з керуванням розвитком окремих підприємств. Загострення дефіциту бюджету не дозволяє вирішити проблему державних інвестицій у господарство. Цілком ймовірно, що в Україні шлях НТП триватиме у зв'язку з необхідністю сформуванню капіталістичний індустріальний уклад, на що в розвинутих країнах пішло не менш ніж 80-100 років. Тому ідею самофінансування, зорієнтовану на приватизацію як засіб, не можна вважати ідеальним виходом, бо вона містить в собі соціальні загострення.

В умовах, коли часу на створення та випуск конкурентоспроможної продукції обмаль, проектування й організація виробництв мають бути підпорядковані системно-цільовому підходу, тобто вирішення головного завдання повинно забезпечуватись взаємозв'язаною структурою виробництв у вигляді технологічних систем.

Впорядкована сукупність обмеженої кількості елементів, зв'язаних між собою відповідними відносинами, що виконуються для здійснення загальної мети, одержала назву "система".

Відносини між структурними складовими визначаються метою, яка досягається за допомогою системи, тобто результатом її дії у вигляді об'єкта (предмета), енергії, інформації або зміни їх стану. Мета, відображає бажаний стан об'єкта, до формування якого слід прагнути. Опис мети містить інформацію про початковий та кінцевий стани об'єкта, що змінюються, а також умови такої зміни. Ця обставина заздалегідь визначає *інструментальне* призначення системи як засобу створення продукту.

Оскільки під технологічним процесом розуміють процес досягнення чогось наперед запланованого, то цьому повинна відповідати певна виробнича система, яку будемо називати *технологічною*. Це пов'язано з тим, що під поняттям «процес» розуміють зміну стану елемента об'єктивного світу на досліджуваному напрямку (часі, шляху, кількості присутніх об'єктів), що вказує на наявність функціонального (безпосереднього або дискретного) зв'язку результату й аргументу. Другою суттєвою характеристикою системи є її стан або поведінка при функціонуванні. Стан можна описати, якщо відомо, що робиться з кожним елементом системи. Для цього використовують поняття "*структура*" системи $S=[E, R]$, де $E=(e, e...e)$; $R=(R, R...R)$, тобто існує кінцева множина елементів системи $e \in E$ та множина відносин між елементами $R_i \in R$. Поняття "структура" означає функціонування системи. Для реалізації мети можна використовувати різні структури.

Структурні елементи, що входять у систему, самі можуть бути системами. Тому поняття "система" і "елемент системи" відносні. Внаслідок цього розрізняють системи неоднакового ускладнення, що пов'язано з поняттям "*навколишня система*".

Наприклад, поняття "*оточення*", "*навколишнє середовище*" містять усе, що не ввійшло в систему, що розглядається. "Оточення" обмежують тільки тим, що має хоча б один вихід у систему або оточення.

Для характеристики відносин середовище – система використовують поняття «вхід» (I_n). Залежно від виду системи вхідна величина може бути

відношенням R , дією або параметром стану об'єкта дії. Сукупність всіх входів складає "узагальнений вхід", що описується вектором вхідних величин або входів $In(i)$.

Вихід (O_u) характеризує відносини системи з оточенням. Вихідні величини залежно від виду системи також можуть бути параметром, дією або відносинами.

Виходи системи не можуть бути входами в її елементи. В технологічних системах, зв'язаних з матеріальними об'єктами, під входом можна розуміти те, що обробляється в системі, під виходом – що одержано внаслідок функціонування.

Оскільки технологічна система призначена для інструментальних операцій, то можливості системи можна описати її *властивостями*, що є *суттєвими ознаками* системи з точки зору можливості функціонування або станом як сукупністю властивостей.

Наприклад, для виготовлення дуги шпангоута 0424-12 з пресованого профілю Д16Т Пр 102 ОСТ 190113-74 необхідно мати:

- напівфабрикат (профіль із сортаменту алюмінієвих сплавів);
- оснащення (штамп, формблок або шаблон) – TS31;
- обладнання, наприклад, ПГР-8 або ПГ-4;
- агрегат ЕТА-6 або ЕТА-8 для обробки матеріалу Д16Т перед деформуванням;
- лінію анодування;
- лінію фарбування та сушіння;
- робочі місця контролю якості;
- енергію, технічну воду, розчини сірчаної кислоти та хромпіку для анодування, фарби, лаки тощо;
- технічну документацію;
- робітників з відповідною кваліфікацією.

Технологічний процес виготовлення дуги шпангоута можна уявити собі у вигляді послідовного ланцюжка процесів і засобів обробки (рис. 2.2).

За взаємовідносинами елементи виробництва – технологічні системи (TSi) зі своїми процесами, наприклад, загартуванням, покриттям, формуванням, обтяжкою тощо. Характерним є те, що вихід попереднього є входом у наступний елемент. Така система називається лінійною з послідовним зв'язком. Елементи системи розподіляються на зовнішні та незалежні.

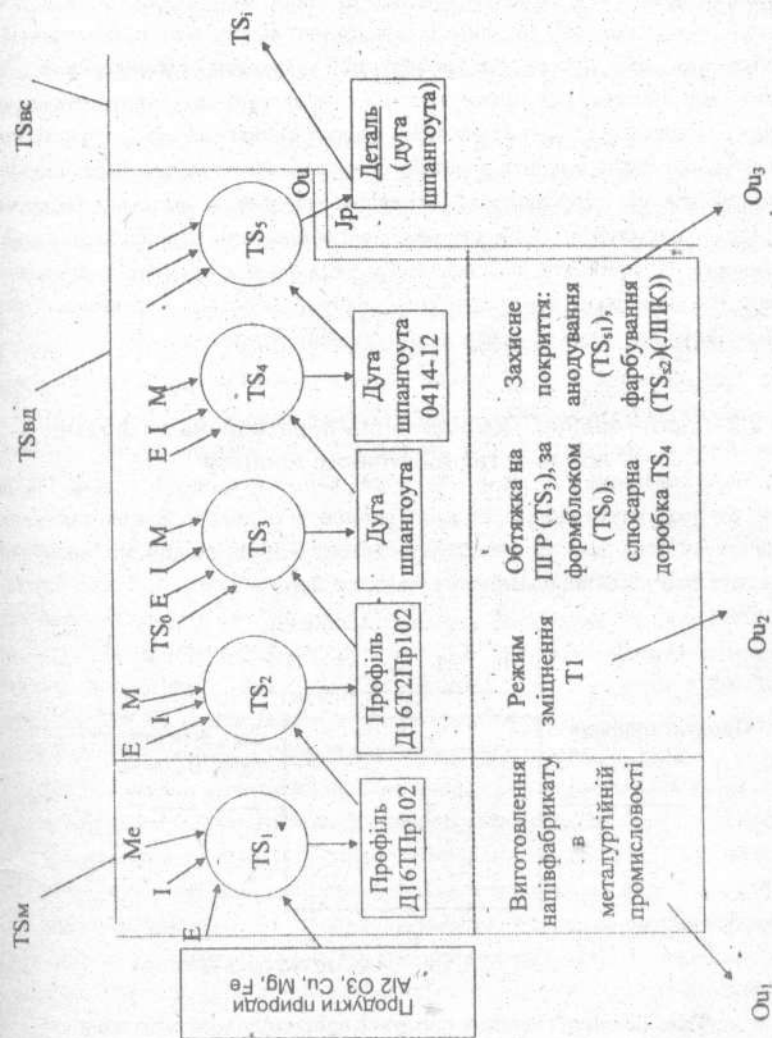


Рис. 2.2. Технологічна послідовність виготовлення дуги шпангоута № 0424-12

Таким чином, особливості одержаної системи – це наявність структурних елементів TS_i у вигляді незалежних підсистем, а також елементів, що є продуктом цих систем. Вихідні параметри більш високі, ніж початкові. Така зміна свідчить про перебіг процесу обробки об'єкта при переході від одної TS_i до іншої. Така зміна якості має назву процесу перетворення, або просто "*перетворення*". *Процеси перетворення*, на відміну від систем, що виконують дії, характерні для *технологічних систем*. Наприклад, штампувальний прес складений із структурних елементів, що функціонують з метою створення зусилля для переміщення частин об'єкта, що обробляється. Такі *обмежено-цільові* системи називають технічними системами. Вони *не можуть змінювати* свої функціональні властивості. Їх прийнято позначати TS_i . Прикладом технічних систем є обладнання, пристрої, комплекси, що використовуються у різноманітних технологічних системах як складові (структурні) частини.

2.2. Перетворення. Послідовність перетворень як форма подання технологічного процесу

Якщо розглянути процес, поданий раніше, безвідносно до використаних технічних систем, то побачимо деяку систему TS_0 зі входом In (продукти природи) і виходом Ou (дуга шпангоута) (рис. 2.3).

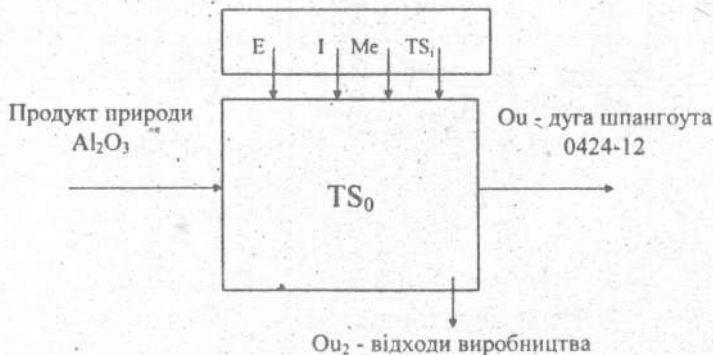


Рис. 2.3. Перетворення продукту природи у деталь літака в технологічній системі TS_0

Перехід об'єкта з одного стану в інший за допомогою дій $\Pi = \text{Od1} \rightarrow \text{Od2}$ називається *перетворенням*. Об'єкт, що перетворюється, називається *операндом*, а засоби, якими здійснюють перетворення, – *операторами*. Очевидно, перетворення у загальному випадку – це наслідок певних дій на основі фізичних, хімічних, біологічних, інформаційних явищ і законів Всесвіту, що здійснюються за певними правилами (алгоритмом), тобто за базовою технологією.

Якщо система перетворень відома, можна визначити технологічний процес одержання потрібного продукту. Процеси перетворення, закономірності, що визначають їх побудову, залежно від мети, операнда та засобів описують за правилами відповідної галузі знань (механіки, термодинаміки, технології виробництва).

Зміст перетворення викладено у вигляді технологічного ланцюжка^o, складеного у напрямку перебігу процесу (за вектором зміни властивостей). У цьому випадку процес перетворення може бути визначено як зміну властивостей операнда при переході від одного засобу перетворення до іншого. Взагалі модель перетворення зображують як деякий набір операторів, що змінюють вхідну величину $Oi0$ на $O20$ (кінцевий стан) (див. рис. 2.3).

Бажане перетворення операнда досягається цілеспрямованими діями матеріального (М), енергетичного (Е) або інформаційного (І, Ме) типів, для чого використовуються відповідні оператори. Загальну схему технологічного процесу одержання продукту показано на рис. 2.4. *Цілеспрямовані дії* визначаються потребою, яка задовольняється кінцевим продуктом перетворення. Саме перетворення виконується на основі технології, поданої у вигляді впорядкованої сукупності часткових перетворень.

Технологічна система як оператор системи перетворень являє собою підмножину технічних систем, що виконують необхідні перетворення.

Оператор – реальне оточення, яке охоплює всі джерела зовнішніх дій. Для технічних і технологічних систем важливе значення має геосфера, без якої вони не функціонують, наприклад, повітряне середовище для аероплана. Гео-, біо- і атмосфера становлять екосистему для своїх мешканців. Тому очевидно, що будь-який незрівноважений стан є небажаним для екосистеми.

Процеси, що відбуваються при виготовленні деталей, містять в собі перетворення форми, властивостей в масі та на поверхні деталей, а також зміну стану або положення об'єкта.

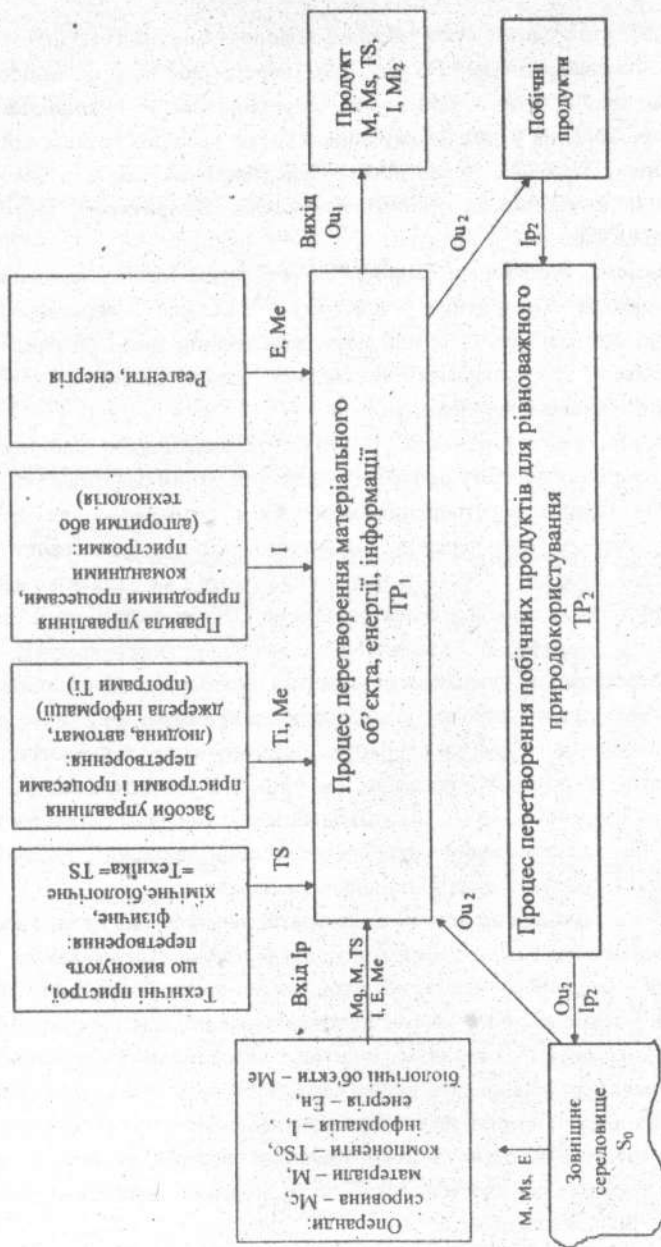


Рис. 2.4. Схема процесу одержання продукту споживання

Указані зміни можна здійснити на основі *базових перетворень*, наприклад, зняття зайвого або нарощування додаткового матеріалу, перетворення операнда без зміни його об'єму. В свою чергу, кожне з базових перетворень може бути реалізоване з використанням конкретних способів (базових технологій) та засобів, що їх реалізують (часткових технологій).

Так, зміна форми об'єкта може здійснюватись механічним зняттям матеріалу (різанням) або фізичним (оплавлянням, ерозією, випаровуванням).

Ці способи реалізуються на конкретному обладнанні, наприклад, токарних, фрезерувальних, електроерозійних та інших верстатах. Різноманітність видів заготовок (прокат, штамповка і т. п.) зумовлює множинну часткових технологій, які у підсумку складають послідовну відповідну технологію.

2.3. Організація технологічних систем і структур

Перетворення як процес характеризується здійсненням послідовних або лінійних *часткових перетворень і зв'язком між ними* при виготовленні об'єктів, а також тим, що залежно від зв'язків між окремими елементами системи у деяких випадках *операнд на виході є початковим на вході того ж самого або іншого елемента*. З практики відомо, що з метою економії можна зменшити кількість структурних елементів, багаторазово використовуючи один і той же елемент. Для цього в систему *вводять елемент, що не здійснює головне перетворення, а оцінює властивості продукту* (компаратор), і *керуючий елемент*, що направляє продукт на повторну обробку або перетворення (селектор). Таким чином, *в систему повинні входити елементи, які одержують інформацію про якість попередніх перетворень* (рис. 2.5).

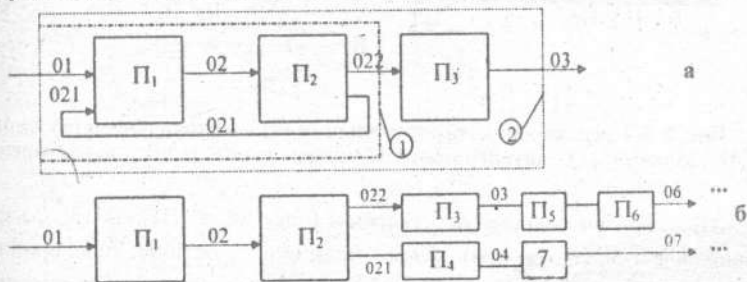


Рис. 2.5. Перетворення з циклом (а) і з паралельною гілкою (б) для поділу продукту за властивостями: 1 – межа першої системи; 2 – межа другої системи

Наведені варіанти організації структур з циклами відомі як структури із зворотним зв'язком, якщо інформація на її виході перетворюється одним з попередніх елементів, або системи з багаторазовою цикловою обробкою, якщо бажаний стан потребує відновлення однієї з початкових властивостей операнда (наприклад, багаторазове пластичне деформування з проміжним відпуском).

При виборі організаційної структури перетворення важливе місце посідає тип перетворення – горизонтальний або вертикальний (рис. 2.6).

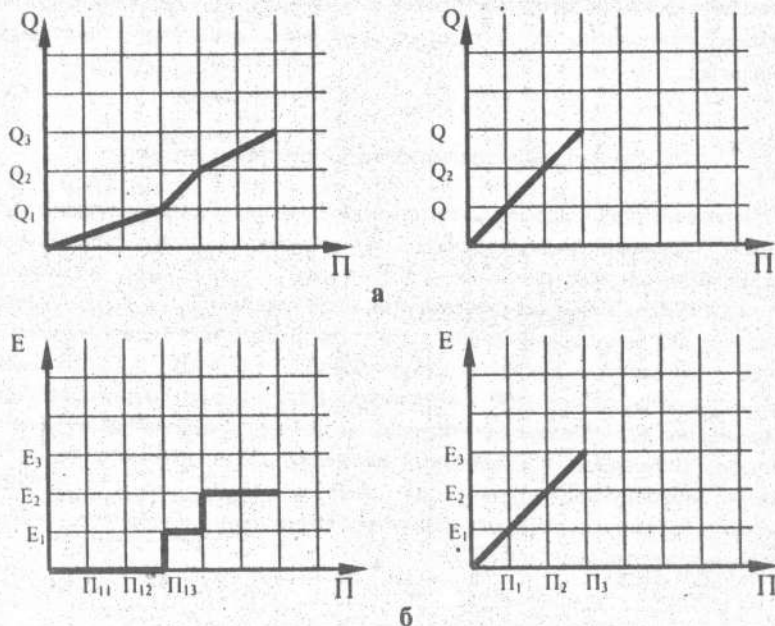


Рис. 2.6. Перетворення горизонтального (а) і вертикального (б) типів: Π – кількість, Q – інтенсивність, E – рівень якості за цикл перетворення

При горизонтальному перетворенні (рис. 2.6, а) $\Pi_1 \rightarrow \Pi_2 \rightarrow \Pi_3 \dots$, нарощування властивості (якості) dQ/dn практично постійне для прийнятого базового перетворення і потрібно "n" перетворень для досягнення мети (Π_n). При вертикальному перетворенні кількість часткових перетворень – одне

або менше n : $1 \leq \Pi_{ik} < \Pi_n$. Для одержання потрібного стану необхідно мати меншу кількість елементів, наприклад, робочих місць, технічних або технологічних підсистем.

Якщо прийняти, що витрати енергії та ресурсів пропорційні $\Pi^{**3/2}$, то очевидна доцільність організації перетворення за вертикальним типом. Слід відмітити, що перетворення цього типу можуть базуватися на більш наукоємних технологіях, тому первинна вартість робочого місця буде значно більшою. В цьому разі враховують обсяг виробництва. Так, наприклад, можна використати центр IP-500 при обробці тієї ж самої деталі замість групи спеціалізованих верстатів, якщо уявити технологічний процес як послідовність перетворень властивостей кожного операнда окремо; можливо визначити й інші суттєві моменти в організації структур. Наприклад, для обробки деталей необхідно підвести енергію. Визначаючи її як операнд (псевдооперанд), можна простежити зміну потоку енергії протягом основного перетворення (енергоємність перетворень).

За наявності джерела можлива утилізація енергії, тобто введення у технологічну систему операторів для утилізації або обернення її та подача на вхід одного з елементів структури (рис. 2.7).

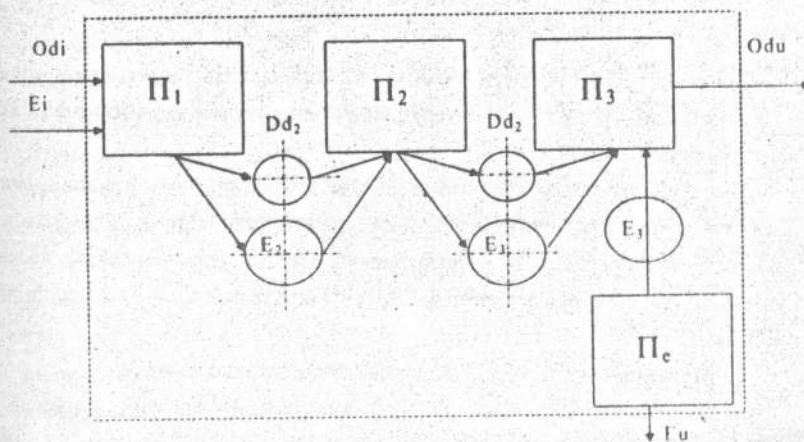


Рис. 2.7. Перетворення з циклом псевдооперанда E (енергія)

Таким чином, *кількість входів і виходів* системи може бути *більше* кількості операндів на подвоєне число зовнішніх операторів, які також можуть перетворюватись, правлячи за псевдооператорів при реалізації основного перетворення.

Термін "псевдооперанд" припустимий, оскільки технологічна система у цілому не призначена для витрат ресурсів, але містить у собі технології, передбачені для їх перетворення. Розгляд основних і допоміжних перетворень, які здійснюються у технологічній системі, дозволяє сформулювати вимоги до структури цієї системи, тобто спроектувати її.

Один із методів проектування системи – *функціонально-вартісний аналіз* (ФВА). Умовою стійкості функціонування технологічної системи є баланс властивостей операндів всіх видів на вході та виході. Прогресивними є системи з позитивним балансом властивостей псевдооперандів при безумовному виконанні цільової функції та потрібних вихідних властивостей операнда (продукту).

Прикладом позитивного балансу є економія, наприклад, палива або енергії, досягнута при доставці вантажів або виготовленні деталі.

2.4. Модель технологічного процесу

Усі технологічні процеси повинні задовольняти будь-які потреби людей у продуктах цього процесу: матеріального, енергетичного, інформаційного або біологічного видів.

Потреби зводяться до зміни існуючого стану на бажаний, який досягається шляхом інструментальних перетворень, що здійснюються в технологічних процесах за участю людей. Модель технологічного процесу будується на стосунках перетворень, що відбуваються у технологічній системі.

Опитування технологічного процесу повинно відображати:

- що або хто є операндом (Od), які його початковий, кінцевий та проміжний стани;
- за допомогою яких перетворень (базових технологій) досягається сукупне перетворення "початковий стан операнда → кінцевий стан операнда" (Od1 → Od2);

– якими діями реалізуються часткові перетворення (матеріального, енергетичного, інформаційного типу) за заданих умов;

– які оператори використано для цих цілей.

Стан операнда і умови, в яких відбувається це перетворення, визначають зміст перетворень, бо *технологія завжди є конкретною*.

Оскільки у технологічних системах перетворення здійснюються за допомогою техніки, то базовим перетворенням повинні відповідати *принципові шляхи* зміни властивостей операнда без вказівки на конкретні способи набуття цих властивостей, наприклад, зміна форми заготовки, що більша, ніж деталь, за об'ємом, не перевищує її або менша. Кожному з таких початкових станів відповідатиме базова технологія одержання форми деталі:

- зняттям зайвого матеріалу різанням, травленням або оплавленням;
- пластичним деформуванням;
- наплавленням або запиленням.

Відповідно заданій геометричній формі деталі, яка має бути одержана як сукупність кінцевих властивостей або стану операнда, визначаються часткові перетворення і відповідні їм методи, наприклад, для деталей – тіл обертання – ротаційне обточування, для деталей іншої форми – фрезерування (шпонковий паз, плоскі поверхні). Оскільки реалізація часткових перетворень і технологій залежить від стану матеріалу, у послідовності однорідних часткових перетворень можлива перерва для виконання іншого базового перетворення, наприклад, зміни стану матеріалу термічною обробкою. Саме перетворення є наслідком і констатує ситуацію "було - стало". Причина визначається базовими та частковими технологіями.

Визначення технологічних рішень відбувається в такій послідовності: вимога до кінцевого стану продукту (операнда) від початкового; необхідні базові перетворення (що змінюється і до якої межі без зазначення способів); базова технологія (прийнятий принципний спосіб зміни стану); часткові перетворення, що впливають з прийнятого способу, а для конкретного операнда – відповідні часткові технології (дії як, чим), тобто необхідні оператори.

Для повноти опису процесу необхідно визначити послідовність виконання перетворень і результат кожного часткового перетворення згідно з

поставленою метою, тобто кінцевим результатом. Таким чином, модель технологічного процесу можна уявити як послідовність перетворень. У табл. 2.1 наведено приклад моделі технологічного процесу механічної обробки циліндричного валика діаметром $\varnothing_{\text{дет}}$ із заготовки з $\varnothing_{\text{заг.}} > \varnothing_{\text{дет.}}$. Перетворення операнда містять зміну його стану за різними базовими технологіями відповідно до поставленої мети: ТБ1 – зміна форми зняттям зайвого матеріалу різанням при ротаційній обробці, ТБ2 – зміна стану заготовки чи деталі за місцем знаходження (транспортування), ТБ3 – визначення інформації про фактичний стан геометричних розмірів кінцевими вимірами.

Таблиця 2.1

Модель технологічного процесу виготовлення циліндричного валика

Операнд та його стан		Перетворення П $O_1 \rightarrow O_k$	ТБ _і , ТБ _{ік} – базова, часткова технологія або дії	Оператори		
На вході	На виході			М	Е	І
Заготовка $\varnothing_{\text{заг.}}$	Деталь $\varnothing_{\text{дет}}$	$\varnothing_{\text{заг.}} \rightarrow \varnothing_{\text{дет}}$	ТБ ₁ - токарна обробка ТБ ₂ - взяти та закріпити заготовку у патроні верстата	TS ₁	Me	Me
Заготовка $\varnothing_{\text{заг.}}$	Заготовка $\varnothing_{\text{дет1}}$	$\varnothing_{\text{заг.}} \rightarrow \varnothing_{\text{дет1}}$	ТБ ₁₂ - увімкнути верстат ТБ ₁₃ - проточити до розміру $\varnothing_{\text{дет}}$	TS ₂	Me	TS ₂ + Me
Деталь $\varnothing_{\text{дет1}}$	Деталь $\varnothing_{\text{дет2}}$	$\varnothing_{\text{заг1}} \rightarrow \varnothing_{\text{дет2}}$	ТБ ₁₄ - вимкнути верстат ТБ ₃ - виміряти розмір деталі $\varnothing_{\text{дет}}$			
$\varnothing_{\text{дет2}}$	$\varnothing_{\text{дет3}}$	$\varnothing_{\text{заг1}} \rightarrow \varnothing_{\text{дет2}}$	ТБ ₁₃ - зняти заготовку ТБ ₂₂ - покласти на стелаж	TS ₃	Me	Me

У цій таблиці наведено такі позначення: TS₁ - токарний верстат, TS₂ - вимірний інструмент, TS₃ – стелаж, Me - робітник, оператор, Е - джерело енергії, І - джерело інформації.

Деталізацію процесу можна розширити або звужити залежно від бажаної глибини відображення. Структурну модель процесу зображено на рис. 2.8.

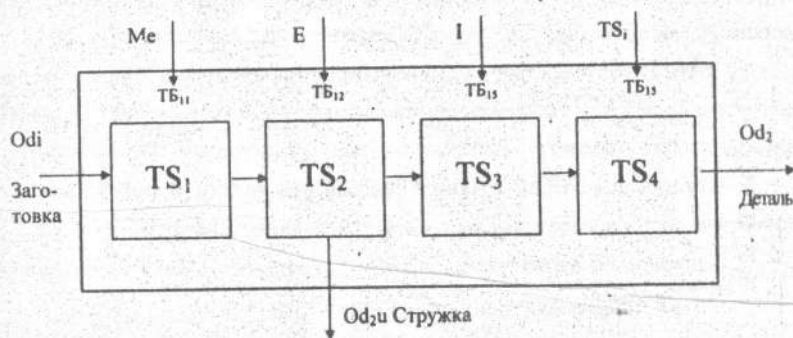


Рис. 2.8. Модель перетворень при виготовленні деталі (див. табл. 2.1)

Загальні принципи розробки конкретного технологічного процесу:

1. Базова технологія визначається операндами, стан яких необхідно змінити. Опис стану має бути достатнім для визначення умов перетворення, а послідовні входи та виходи технологічного процесу для одної базової технології – однорідними, тому що розглядається зміна стану одного й того ж операнда.
2. Вихід формується з тих змінюваних властивостей, які надходять на вхід (входи). Перелік операндів має бути повним, включаючи основні псевдооперанди (енергію, інформацію, матеріали).
3. Технологічний процес охоплює тільки операції з операторами за всіма базовими та частковими перетвореннями, в тому числі й неоднорідними. Це дозволяє врахувати у процесі допоміжні операції.
4. Модель процесу або його частини поряд з частковими перетвореннями містить в собі супутні побічні процеси, які можуть виконуватись зовні підсистемами, що розглядаються, наприклад, постачання та доставка у цех заготовок, керування процесом, налагодження верстатів, ремонт тощо.
5. Деталізуючи, процес можна уточнити за входами матеріальних, енергетичних, інформаційних потоків, необхідних для реалізації перетворень

(псевдооперанди).

6. Кожний процес або його частина при неоднорідних часткових перетвореннях має підготовчу, основну та заключну частини (див. табл. 2.1).

7. Повинні враховуватися умови розміщення процесу в просторі та часі, тобто накладаються обмеження часу, зумовлюються місце виконання процесу та стан параметрів цього місця (тиск, температура, потужність).

8. Ступінь деталізації вхідних перетворень (опису процесу) має бути однаковим, якщо в бібліотеці даних відсутні стандартні описи.

9. Контроль та визначення ступеня відповідності одержаного процесу здійснюються, аналізуючи відповіді на запитання:

- чи всі властивості операнда враховано?
- чи достатньо операцій для формування цих властивостей?
- чи можлива заміна операцій на інші?
- чи є доцільним розділення або об'єднання операцій, тобто горизонтальний або вертикальний типи перетворення?

10. Текстовий опис мусить відображати ступені деталізації процесу. При описі дій використовують дієслово, що означає необхідну дію й об'єкт перетворення, наприклад: "увімкнути верстат", "точити деталь", "виміряти діаметр Ø1" та ін. Формулювання опису не повинно бути загальним, а мусить відповідати частковим перетворенням, рівню деталізації (для порівняння: «зробити деталь» і «точити деталь»).

11. Для визначення порядку та часу виконання операцій використовується схема послідовних перетворень із зазначенням проміжного стану операндів.

2.5. Структура технологічного процесу

Особливістю технологічних процесів є цілеспрямований та кінцевий результати, визначені потребою, задоволення якої здійснюється в результаті переходу операнда внаслідок перетворень різного виду з початкового стану в кінцевий (табл. 2.2).

Основні види узагальнених процесів

Операнд	Перетворення				
	Структура	Форма	Стан	Положення	
				У просторі	У часі
Матеріал (М)	Переробити: $Al_2O_3 \rightarrow D16T + Cu$	Обробити: заготовка \rightarrow \rightarrow деталь	Змінити, з'єднати, загартувати, встановити	Перевезти: склад - робоче місце	Зберігати
Енергія (Е)	Перетворити: вугілля \rightarrow \rightarrow електрика	Трансформувати: 5kV-220V	Перетворити: змінний - сталій	Транспортувати: генератор- споживач	Накопити: у мережі в акумуляторі
Інформація (І)	Перетворення: усна мова \rightarrow \rightarrow лист	Зміна форми: англ.-рос.	Перетворити: повна, неповна, стисла, розгорнута	Передати, накопити	Накопити
Людина (Ме)	Змінити - суттєвість: Дитина \rightarrow дід	Замінити форму: хворий \rightarrow \rightarrow здоровий	—	Транспортувати: Україна - Канада	Чекання

Очевидно, що неоднорідні базові та часткові перетворення потребують операторів, які виконують необхідні дії згідно з поточним проміжним етапом операнда. Таким чином, *структура технологічного процесу буде визначатися початковим, кінцевим та проміжним станами операндів.*

Наприклад, при виготовленні деталі редуктора – вала необхідно здійснити перетворення: «заготовка з прокату, більша масою, ніж деталь, – деталь згідно з кресленням». Цьому перетворенню форми відповідає базова технологія одержання потрібної форми – зняття зайвого матеріалу. Конкретна форма та бажаний стан поверхонь деталі визначають конкретні часткові перетворення за допомогою механічної обробки різанням та шліфуванням (після загартування матеріалу деталі). Форма шпонкового паза також відповідає тій же базовій технології зняття зайвого металу фрезеруванням. Указані дії по перетворенню здійснюються різними операторами над одним і тим же операндом (заготовкою). Частина процесу загального перетворення, що виконується одним або кількома операторами як часткове і безперервне за часом однорідне перетворення, *одержала назву "операція"*. За допомогою операції досягається бажана зміна однієї з

властивостей деталі або її частини. Наприклад, обточуванням або круговим шліфуванням можна одержати форму обертового тіла, фрезеруванням – шпонковий паз, загартуванням – необхідну твердість.

Практично структура механічного процесу не тільки відображає структуру необхідних перетворень, але містить також у собі потрібне оснащення, необхідне для реального здійснення процесів перетворення за часом, тобто технологічний процес відображає порядок перетворювальних дій, включаючи дії, зумовлені використанням конкретних операторів.

На рис. 2.9 наведено приклад технологічного процесу, що складається з чотирьох операцій (T1–T4) зі зміною двох властивостей E1, E2. Властивості змінюються під час виконання операції.

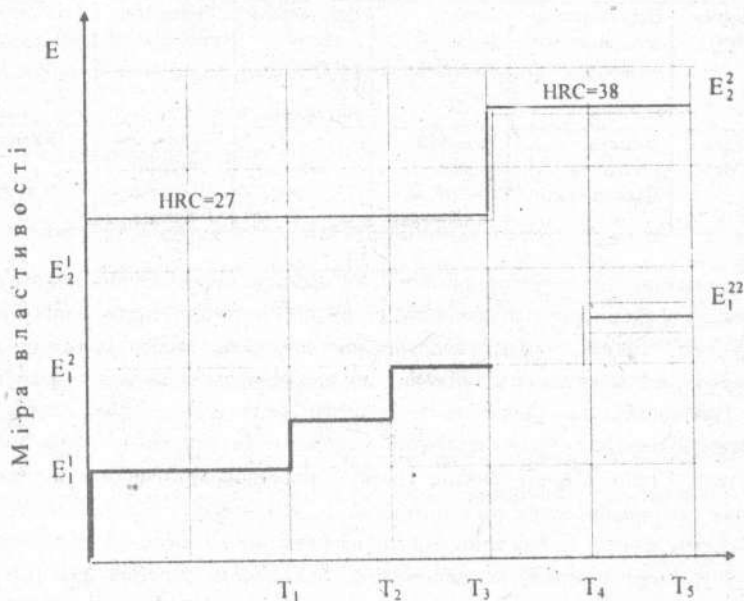


Рис. 2.9. Відображення технологічного процесу як "властивості - час":
 T₁ - обточування вала, T₂ - фрезерування паза, T₃ - свердлення отворів,
 T₄ - загартування, T₅ - шліфування, E₁¹ - розміри, E₂¹ - твердість

Властивість E2 при виконанні операцій T1, T2 не змінюється, її зміна відбувається в процесі загартування (T3). Властивість E1 нарощується ступенями, згідно з частковими однорідними технологіями механічної

обробки – обточуванням, свердленням, фрезеруванням – і переривається у зв'язку із загартуванням. До обробки поверхонь на токарному, свердлильному та фрезерному верстатах операцію загартування ($HRC > 36$) за технологічними обмеженнями виконувати недоцільно, так само, як і операцію шліфування до загартування, бо неможливо досягти заданої шорсткості поверхні та якості. Це означає, що послідовність і структура технологічного процесу може бути зображена як орієнтований граф (рис. 2.10).

Технологічний процес

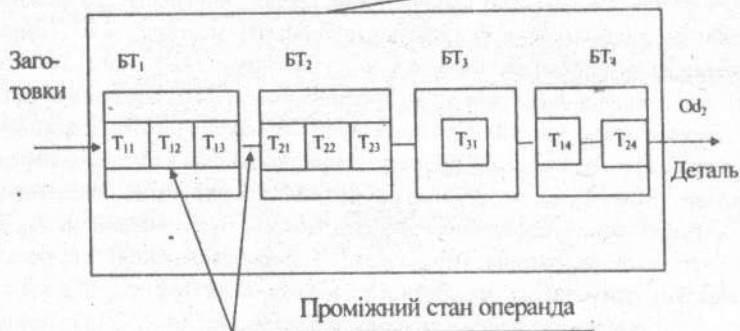


Рис. 2.10. Структура технологічного процесу виготовлення деталі:

BT₁, BT₄ - зміна форми зняттям зайвого матеріалу; BT₂ - зміна властивостей матеріалу; BT₃ - визначення інформації про стан деталі операнда

До складу елементів технологічного процесу (згідно з ієрархією) входять базові технологічні процеси (BT_i), часткові технологічні процеси (T_{ik}). У свою чергу, часткові процеси, що виконуються за допомогою своїх операторів, можуть бути поділені на операції і т.д.

Поняття процесу перетворення як зміна стану об'єкта може поширюватися не тільки на операнд, перетворений системою, але й на оператори, що входять до цієї системи та підлягають дії інших операторів.

Наприклад, для здійснення технологічного процесу «фрезерувати паз» треба на фрезерний верстат (оператор першого рангу) встановити необхідний прилад (оператор другого рангу) для фрезерування пазу, ввімкнути верстат, подачу, вимкнути верстат і т.д.

Ці дії, пов'язані з забезпеченням функціонування операторів і технологічного процесу за допомогою псевдооперандів, вхід і вихід для яких

змикається в самій системі, називаються *допоміжними*.

До них відносяться:

- операції обслуговування робочого місця (змазування, вилучення відходів, стружки);
- підготовчі операції (закріплення деталей для обробки, заміна інструменту);
- операції утворення та регулювання процесу (вибір обертів, швидкості подач, налагодження обладнання).

Поряд з основними операндами, для перетворення яких призначено технологічну систему або технологічний процес, здійснення дій можливо тоді, коли на вхід системи будуть подані енергія; мастила, інші технологічні матеріали, а на виходах з'являються відхідні продукти реакції. Такі вхідні та вихідні операнди одержали назви побічних входів (N_{ip}) і виходів (N_{ou}). Вплив на перебіг процесу та вихід до природного оточення примушує враховувати ці фактори при моделюванні процесу, а при реальному здійсненні передбачати складні технічні системи регенерації та захисту зовнішнього середовища.

Вище зазначено, що операторами можуть бути інформація (I), енергія (E), системи операторів управління і матеріально-технічного постачання; соціальні, психологічні, екологічні умови оточення (U).

Такі оператори одержали назву *узагальнених* (рис. 2.11). Вони також входять як структурні елементи в систему.

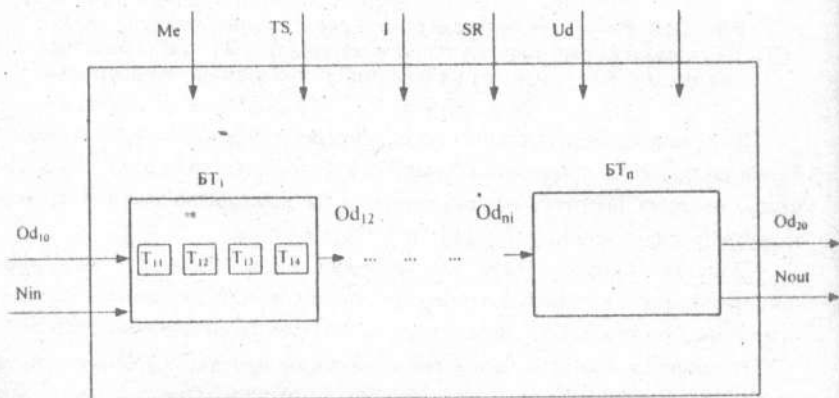


Рис. 2.11. Оператори та їх складові, що діють на операнд при перетворенні:
 Me - людина; TS - технічна система, засоби та оснащення виробництва;
 I - спеціальна інформація; Ud - фактори зовнішнього оточення;
 N_{in} , N_{out} - побічні входи і виходи

Узагальнені оператори відображають зовнішні умови, що визначають характер і напрямок технологічного процесу, стан суспільства, науково-технічний рівень, економічний стан виробника. Всі ці фактори впливають на кінцевий результат – вихідний продукт.

2.6. Форма подання технологічних процесів

Форма подання зумовлюється призначенням інформації про технологічний процес, способами її відтворення споживачем і можливістю практичного використання. В усіх випадках подається не сам процес, а його відображення в тій чи іншій моделі та формі опису цієї моделі. Відомі такі основні моделі подання технологічного процесу:

- фізична, або функціональна;
- економічна, або ресурсна;
- геометрична, або структурно-орієнтована;
- математична, логічна або часткова;
- логіко-структурна.

Відповідно цим моделям або їх комбінаціям у практиці застосовуються такі способи подання:

1. Структурний – у вигляді блок-схем різних рівнів деталізації. Процес зображують фігурою бажаної форми, наприклад прямокутником, з пояснювальним написом про суть процесу. Глибину деталізації доведено до виділення окремих структурних елементів, що здійснюють перетворення “приводить до”.

2. Подання у вигляді орієнтованого графа. Наприклад, ребра графа визначають процес, вузли – стан операнда (див. рис. 2.8). У значних проектах вони відомі як мережні графіки “стан + час”.

3. Часові діаграми або циклові лінійні графіки перебігу процесів та їх взаємозв'язок за часом. Діаграми використовуються як інформація для управління процесом – порівнюються плановий та фактичний стани,

4. Програмний опис, що застосовується в усіх перелічених моделях.

5. Аналітичний опис технологічного процесу у вигляді набору рішень.

6. Текстовий опис для приватного користування. Спосіб не дає повної уяви та однозначності і використовується людиною при управлінні процесом за його фактичним станом.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу

1. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 270 с.
2. Руденко П.Д. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учеб. пособие для вузов. – К.: Вища шк., 1985. – 225 с.
3. Ершов В.И., Павлов В.В., Каширин В.Ф. Технология сборки самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1986. – 456 с.
4. Амиров Ю.Д. Основы конструирования: Творчество – Стандартизация – Экономика: Справ. пособие. – Изд-во стандартов, 1991. – 392 с.
5. Грувер М., Зиммерфорс Э. САПР и автоматизация производства / Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 521 с.

3. Форми практичної реалізації технологічних систем і процесів при виробництві літаків і вертольотів

3.1. Особливості структурної організації машинобудування і авіабудування як систем

Номенклатура видів продукції, що виготовляється для задоволення соціально-економічних і культурних потреб, перевищує десятки мільйонів. Кількість видів, які виробляються за допомогою однорідних базових технологічних процесів, трохи менша. Сучасні вимоги до якісних властивостей продукту технологій та обсяг цього набору потребують для їх одержання застосовувати сукупність різних базових і відповідних до них часткових технологій. Збільшення глибини переробки початкової сировини та матеріалів розширює спектр напрямків функціонування технологічної системи і сприяє її зростанню. Розвиток системи обмежується оточенням, яке визначає її раціональні розміри та ефективність функціонування. Великого значення набуває спільність функціонування різномірних базових технологій. Ці обставини ще з давніх часів приводили до розподілу виконання технологій у часі і просторі, обмеженню номенклатури продукту, що виробляється. Такий процес одержав назву спеціалізації і на перших етапах проявляється у розподілі праці за участю людини як основного оператора. Одночасно рівень науки, і, зокрема, механіки такий, що

утворення технологічних систем з широким діапазоном функціонування також обмежується з причин зниження надійності роботи та її ефективності.

Можливим є стан, коли витрати на забезпечення функціонування системи перевищують вартість продукту. Суттєвим є взаємовплив природи і технологічної системи. В підсумку на різних стадіях індустріального розвитку формувались технологічні системи різного рівня спеціалізації й ефективності.

Сукупність технологічних систем послідовних перетворень для одержання потрібного продукту, організаційно об'єднані в одну систему, називають виробництвом цього продукту.

Часто термін "виробництво" тлумачать як сукупний технологічний процес виробництва продукту або ще ширше, відмічаючи ознаки системи. Іноді під виробництвом розуміють сукупність технологічних процесів, засобів їх реалізації та предметів перетворення, тобто термін "виробництво" означає як сам процес, так і системи, пов'язані зі створенням продукту.

Виробництва залежно від предмета дослідження або проблеми, яка вирішується, можуть бути класифіковані за видами продукції, що випускається (сировина, матеріали, машини), базовими технологіями, покладеними в їх основи (гаряче, холодне штампування), властивостями та діями на зовнішнє середовище (природу, економіку країни, людей тощо).

Суть виробництва та його структуру найповніше відображає продукт, для випуску якого воно призначене.

Специфіка виробництва різних продуктів і фактори, що визначають спеціалізацію, дозволяють виділити такі сукупності виробництв: для споживачів; вироблення засобів виробництва (машин, обладнання, приладів); для випуску необхідної сировини, матеріалів, напівфабрикатів, енергії.

Однією з організаційних форм функціонування систем, об'єднаних за ознакою спільності призначення, є галузева організація виробництва, що при обмеженому обсязі ресурсів і часу створення галузевих виробництв не викликає сумнівів, а централізоване керування та планування роботи поглиблює структуру спеціалізації за галузями.

Таким шляхом за відсутності вільного капіталу в країні формувалась індустрія виробництва громадського продукту.

Рациональність цієї форми підтверджується практикою всесвітнього розвитку, що здійснюється концентрацією виробництва та капіталу.

У суспільному виробництві суттєве місце посідають галузі

машинобудування для споживачів: важке, енергетичне і загальне машинобудування, літакобудування, автомобільна промисловість та інші. У свою чергу, ці галузі можна поділити на окремі спеціалізовані виробництва з організаційною формою у вигляді підприємств або їх об'єднань, наприклад, підприємства для виробництва пасажирських літаків для середніх та місцевих авіаліній, спортивних вертольотів і повітроплавних апаратів.

Специфіка конструкції, застосованих матеріалів, а також виробництва у цілому потребує виділення спеціалізованих підприємств для виробництва авіадвигунів, систем управління та їх елементів, озброєння, шасі, коліс, нормалей, приладів та обладнання, різного за призначенням і принципом дії. Споживачі продукції цих підприємств – це конкретні літакобудівні заводи однієї великої галузі – авіаційної промисловості.

Поява того чи іншого виробництва на рівні галузі або міжгалузевому рівні зумовлюється прийнятими при створенні літака технічно новими, прогресивними конструкціями.

Виробництво, чий продукт потрібен безпосередньо основному виробництву у вигляді, наприклад, комплектуючих виробів, напівфабрикатів або металевого сортаменту, одержало назву спряженого.

3.2. Види виробництв промислового підприємства

Виробництво конкретного виду продукції визначається як сукупність процесів для одержання заданої кількості продукту (виробу) потрібної якості.

Залежно від поставлених цілей на одному підприємстві можуть здійснюватись кілька сукупних процесів і виробництв як для виготовлення різних товарних виробів, що відправляються за межі підприємства, так і для власних потреб.

Виробництво, безпосередньо пов'язане з товарною продукцією, одержало назву основного. Наприклад, для виготовлення нервюри холодним штампуванням з листа потрібно мати штамп або формблок, а також спеціальне обладнання, тобто для організації процесу необхідні предмет праці (операнд) і засоби виробництва (оператори).*

Специфіка організації та розподіл праці такі, що оснащення, інструмент можна або придбати, або виготовити на підприємстві. У першому випадку штамп або формблок для підприємства, що їх випускає, є товарними виробами, а виробництво має назву суміжного, у другому - допоміжного - для власних потреб у межах свого підприємства, виробничої системи.

Водночас для функціонування основного та допоміжного виробництва у структурі підприємства є виробництва, що забезпечують їх енергією, створюють соціально-побутові умови для працюючих, виконують транспортування виробів тощо. Такий вид виробництв одержав назву обслуговуючого.

Взаємозв'язок виробництв, матеріальних та енергетичних потоків зображено на рис. 3.1



Рис. 3.1. Структура підприємства за видами виробів та їх призначенням

Спряжене виробництво (воно також може бути допоміжним і обслуговуючим) організується на самому підприємстві або за його межами. Його створення зумовлено принциповою необхідністю для функціонування основного виробництва або процесу. Наприклад, використання пневмоінструменту автоматично пов'язано з проблемою виробництва стислого повітря. Комплекс споруд у вигляді компресорної станції ресиверів, магістралей з арматурою, градирень, підстанцій є спряженим виробництвом

спеціального енергоносія – стислого повітря.

3.3. Структури виробничого та технологічного процесів

Зміст і кінцевий результат виробництва визначаються його структурою (рис. 3.2). Спеціально організований процес одержання виробу А називається виробничим процесом продукту А (П : А). За наявності інших процесів процес П : А характеризується цільовим призначенням і організаційною єдністю. У свою чергу, цей процес може здійснюватись шляхом перетворень на основі різних фізичних принципів, тобто базових технологій, наприклад, одержання виробів механічною обробкою, зміцнення або загартування матеріалу деталі.

Ступінь структури	Ознаки	Структурний елемент	Структурне зображення
1	Цільове призначення, організаційна єдність	Виробничий процес виготовлення виробу "А"	
2	Фізичні принципи перетворення	Базові технологічні процеси (БТ) <i>Технологічні процеси</i> T_1, T_2, T_3	
3	Засоби перетворення першого рангу (робоче місце)	Часткові технологічні процеси <i>Операції технологічних процесів</i>	
4	Засоби перетворення другого рангу (інструмент, режими обробки поверхні)	Переходи, операції $O_{111}, O_{211}, O_{1kε}$ $Π_{1kε0}$	

Рис. 3.2. Елементи структури виробничого процесу П виготовлення виробу "А"

Частина виробничого процесу, що містить цілеспрямовані дії для зміни чи визначення властивостей або стану предмета праці (ГОСТ 31.101-82), називається технологічним процесом. В основу визначення складу його структурних елементів закладено фізичні принципи однорідності перетворень. Наприклад, БТ₁ відповідає технологічному процесу механічної обробки, БТ₂ - термічної. Оскільки реалізація базових технологій і процесів характеризуються конкретними діями і засобами, то структурний склад процесів, віднесених до однієї базової технології, буде неоднорідним за цими ознаками.

Наприклад, механічну обробку деталей можна здійснювати на різних верстатах залежно від виду поверхні, що обробляється. Такий процес названо частковим. У свою чергу, частковий технологічний процес, який виконується у часі та просторі, може виконуватись на різних робочих місцях (різними операторами).

Частина або весь технологічний процес, що виконується на одному робочому місці, має назву «операція». Цьому відповідає конкретне часткове перетворення, що здійснюється конкретним оператором.

Зміна оператора або частини операції характеризує розподіл технологічного процесу на його складові частини, тобто порушення принципу незмінності операторів може порушити організаційну єдність, наприклад, через різноманітність верстатів за типорозміром застосованого інструменту.

Перерва у виконанні роботи на одному робочому місці в зв'язку з переходом на інше свідчить про закінчення операції.

Неоднорідність використаних операторів, режимів обробки дозволяють поділити операції за цією ознакою на складові частини - переходи. Наприклад, проточування зовнішньої поверхні, розточування внутрішньої, свердлення отвору на одному й тому ж токарному верстаті відповідають одній частковій технології механічної обробки в межах великої кількості часткових перетворень, оскільки вони відображають становище "було - стало". Таким чином, часткові перетворення, пов'язані зі станом операнда, динамічні за часом і місцем.

Таким чином, поняття «перетворення» стосується стану до і після здійснення дій, а «технологія» - змісту та послідовності цих дій.

Операціям і переходам відповідають (загалом) один частковий технологічний процес і різні частини перетворення, що залежать від рівня

деталізації опису поточного стану операнда. Найширше поняття «операція», «перехід» і «прохід» використовуються при описі процесів механічної обробки. Наприклад, при обробці на токарному верстаті деталі типу ступінчастої втулки (рис. 3.3) використовується п'ять різних інструментів (операторів), стільки ж змін поверхонь, які обробляються, та режимів обробки (обертів - n_i , подач - S_i).

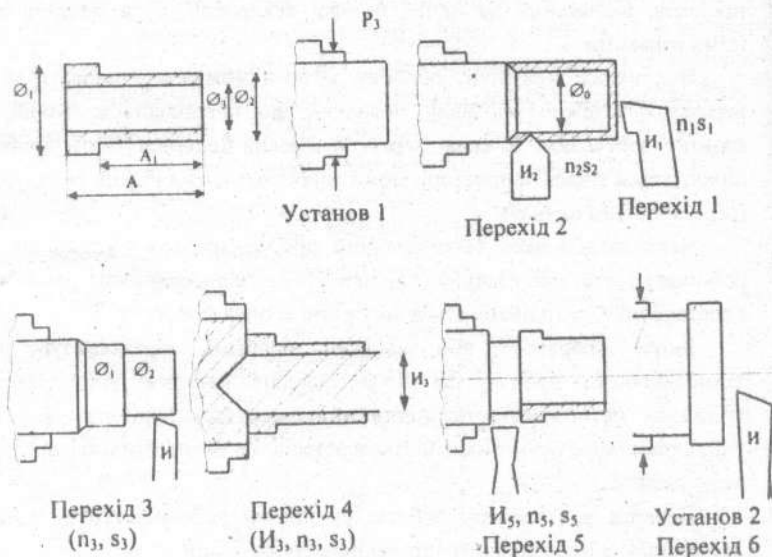


Рис. 3.3. Послідовність виготовлення деталі-втулки на токарному верстаті

Організаційне об'єднання кількох технологічних процесів в один у різній формі (цех, ділянка, лінія, робоче місце) реалізує виробничий процес.

В автоматичних лініях, гнучких автоматизованих виробництвах (ГАВ) під робочим місцем розуміють весь комплекс обладнання, різноманітного за фізичними принципами дії (базові технології) і способом дії (часткові технології). Згідно з визначенням операції у цьому випадку всю множину здійснюваних перетворень на основі сукупності технологічних переходів можна також назвати операцією. Таким чином, під поняттям «операція» розуміється інтегрування значно ширших процесів. Формально «операція» -

безперервне виконання лінією або ГАВ деталі з моменту її входу до моменту виходу з лінії або ГАВ.

Технологічна операція за змістом і значущістю відображує організаційно-облікову сторону процесу виготовлення та приймається як планово-облікова одиниця. Зміст операції зумовлює кваліфікацію виконавця, працевитрати, необхідний типаж обладнання, верстатів. Операції, безпосередньо пов'язані зі зміною і станом операнда, називають основними, а операції, що забезпечують виконання основних, – допоміжними, або підготовчими, наприклад, транспортування, зберігання, налагодження.

При механічній обробці, а також при складанні прийнято такі елементи операцій та їх ознаки:

- **установ** – частина операції, що виконується при незмінному закріпленні заготовки або складової одиниці;

- **позиція** – частина установу, яка характеризується фіксованим положенням заготовки або складальної одиниці, що обробляються, відносно інструмента;

- **перехід** – закінчена частина технологічної операції, яка характеризується незмінністю інструмента, режимів і поверхонь, що обробляються або з'єднуються при складанні;

- **робочий хід** – частина технологічного переходу, тобто однократне переміщення інструмента, пов'язане зі зміною форми, розмірів і шорсткості поверхні або властивостей відносно заготовки;

- **допоміжний хід** – закінчена частина технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструмента відносно заготовки, не пов'язаного зі зміною стану та властивостей заготовки, але необхідного для виконання робочого ходу.

У верстатах з ЧПУ зміна режимів (обертів, подач) здійснюється в процесі виконання технологічного переходу, тобто частина операції не залишається незакінченою. Це виправляється введенням поняття «елементарний перехід», коли обробка однієї ділянки поверхні відбувається протягом одного робочого ходу одним і тим же інструментом при тих же режимах обробки. Наприклад, при строчному фрезеруванні початок нового циклу пов'язаний зі зміною глибини різання на ділянці врізання (перший елементарний прохід) і фрезерування повздовж стрічки при постійній глибині фрезерування (другий елементарний прохід) і т.д.

3.4. Технологічна характеристика типів виробництв

Структура технологічної системи та технологічного процесу визначається низкою технічних, економічних та організаційних факторів. У підсумку мають бути забезпечені технічні вимоги до виробу за умови найменших витрат трудових і матеріальних ресурсів в обсязі виробничої програми. Виробнича програма випуску виробів – це перелік найменувань (номенклатура) виробів, що виготовляються або ремонтуються, із зазначенням обсягу їх випуску (кількості) і термінів виконання для кожного найменування. Обсяг випуску охоплює кількість виробів, випущених протягом часового інтервалу: шт./рік, шт./місяць і т.д.

У прямій залежності від обсягу випуску та широти номенклатури (різноманітності) знаходяться організаційні форми виробництва (типи виробництв). Тип виробництва – його класифікаційну характеристику – виділено за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску, тобто визначено ступінь спеціалізації виробництва та використання нових технологій і обладнання. Так, для обробки корпусу підйомника закрилка можна використати:

6Н17 - універсальний верстат вартістю \$ 4.5 тис.;

ФП17М - фрезерний верстат з ЧПУ вартістю \$ 45 тис.;

ИР-500 - обробляючий багатопозиційний центр вартістю \$ 140 тис.

Вибір потрібного верстата зумовлюється обсягом випуску деталей.

Наприклад, для обробки десяти корпусів потрібен один верстат 6Н17 при роботі в три зміни. Використання верстатів інших типів пов'язано з високими витратами на амортизацію. Якщо виникає необхідність дублювання робочих місць, то слід оцінити доцільність застосування більш продуктивної, але більш дорогої техніки згідно з обсягом виробництва (критична межа випуску). Тому тип виробництва характеризують за такими ознаками:

- обсяг;
- номенклатура;
- ступінь уніфікації обладнання робочого місця;
- організаційні форми;
- кваліфікація робітників;
- рівень взаємозамінності компонентів при складанні виробу.

Ці ознаки досить повно описують "реакцію" виробництва на зміну програм і номенклатури, тобто його організаційну та технічну гнучкість. Відомі такі типи виробництв: одиничне, серійне, масове, гнучке. Одиничне виробництво характеризується:

- мінливою номенклатурою, малим обсягом випуску;
- закріпленням за робочим місцем операцій широкої номенклатури;
- широкоуніверсальним обладнанням;
- організацією виробництва за технологічним принципом, тобто за групами однорідного обладнання;
- складанням, виконанням з підгонкою компонентів і регулюванням їх параметрів;
- високою кваліфікацією робітників;
- технічною і технологічною документацією, спрощеною до рівня планкарт або технологічних маршрутів.

Серійне виробництво відрізняється практично сталою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодичними партіями з порівняно великим обсягом випуску. Залежно від кількості виробів в партії, що одночасно знаходяться у роботі, або розмірів серій (кількість виробів, що виготовляються за єдиною конструкторською документацією) змінюються завантаження обладнання і повтор операцій, визначаються ступінь спеціалізації робочого місця і кількість закріплених за ним операцій. Як показник використовують коефіцієнт закріплення операцій (КЗО). Відповідно до цього виробництва додатково поділяють на малосерійне з (КЗО=20...40), серійне, що має КЗО=10...20, багатосерійне з КЗО=1...10. Прийнятий розподіл пов'язаний з використанням універсального та спеціального обладнання з неавтоматизованим управлінням.

Збільшення питомої ваги верстатів з ЧПУ веде до зростання кількості закріплених за ними операцій.

У сучасний період серійне виробництво практично в усіх галузях є домінуючим. Більш ніж 70 % продукції виготовляється на підприємствах цього типу. На авіапідприємствах обсяг виробництва коливається від десяти до сотні літаків, кількох сотень або тисяч агрегатів, великих вузлів. При виробництві використовують універсальне та спеціальне обладнання з ЧПУ, гнучкі виробничі модулі (ГВМ), гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПУ з транспортними засобами, що керуються ЕОМ.

Застосовуються також поточні лінії, а для виробництва великих серій – переналагоджувані автоматичні лінії із жорсткою програмою управління. Обладнання розміщується за порядком виконання технологічного процесу з утворенням предметно-замкнутих (спеціалізованих) ділянок, з технологічними групами обладнання для мобільного його використання при зміні програми

(елемент гнучкості). Технологічна оснастка – універсальна (можна переналагодити), а для крупних серій – спеціальна. Специфіка формування розмірів листових деталей та складальних одиниць обмежує її універсальність рівнем уніфікованих елементів. Наприклад, універсально-складовий пристрій (УСП) для механічної обробки складають з окремих стандартних елементів. Кваліфікація працюючих нижча, ніж при одиничному виробництві. Розширене використання систем з ЧПУ змінює структуру професій і збільшує кількість наладників високої кваліфікації при загальному зменшенні кількості працюючих. При складанні забезпечують повну взаємозамінність компонентів з частковою підгонкою деяких вузлів та агрегатів. Технологічна документація - на рівні маршрутної або маршрутно-операційної.

Масове виробництво в авіабудуванні практично не зустрічається. Це зумовлено специфікою сучасного стану економіки, техніки та розміром серій.

Обсяг виробництва та величина серій скорочуються на користь зростання якості продукції.

Сферу використання різних типів виробництва в координатах кількість – номенклатура зображено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Сфера використання типів виробництв і засобів виробництва: ГМ - гнучкі модулі; ГАВ - гнучке автоматизоване виробництво

Межі використання універсального та спеціального обладнання зменшено за рахунок систем з ЧПУ.

3.5. Гнучкі виробництва та тенденції їх розвитку

Специфіку авіаційного виробництва, зниження витрат при зростанні якості виробів зумовлюють тенденції виключення фізичної праці людини. Це основна особливість сучасного етапу розвитку виробництва та вирішення проблеми за рахунок гнучких і значно ширших можливостей інтелектуальних форм праці за допомогою електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ).

В умовах збільшення частоти зміни виробів внаслідок скорочення тривалості їх життєвого циклу при безмежності модифікацій виробництво повинно мати підвищену гнучкість. З одного боку, обсяг виробництва спадає при збільшенні кількості оригінальних виконань, а з іншого – виробництво не може стати на природний шлях реконструкції через надто високу вартість обладнання.

У таких умовах використання традиційних форм організації одиничного або дрібносерійного виробництва недоцільне (див. рис. 3.4). Реакція на попит ринку споживачів зумовлює використання таких виробничих структур і форм, які, зберігаючи переваги універсального обладнання при скороченні обсягу, мали б універсальну настройку на виготовлення будь-яких об'єктів виробництва. Такі властивості має обладнання з ЧПУ у вигляді автоматичних оброблювальних систем: оброблювальні центри (багатоопераційні автоматичні агрегати з ЧПУ), гнучкі виробничі модулі (ГВМ) і системи (ГВС), гнучкі автоматичні комплекси (ГАК) і виробництва (ГАВ).

Відмінною особливістю гнучкого автоматизованого виробництва або окремих його елементів є висока вартість, що перевищує у 5-10 разів вартість традиційного обладнання з ЧПУ.

Ця обставина вимагає, щоб продуктивність праці на одного працюючого при використанні систем гнучкого виробництва перевищувала традиційну не менш ніж на 30 %. На жаль, на сучасному етапі бажаного скорочення чисельності працівників досягти не вдається, однак використання ГВС дозволяє скоротити терміни освоєння нових виробів з півроку до декількох тижнів (30 - 40 діб), тобто у п'ять-шість разів, і завдяки цьому забезпечити збільшення прибутків.

Поняття «гнучкість» виробничої системи багатопланове і визначається поставленою перед виробництвом метою.

(Гнучкість має такі види:

- машинна у вигляді простоти переналагодження технологічного обладнання ГАВ для виробництва деталей;
- технологічна у вигляді здатності виробляти задану велику кількість типів деталей;
- структурна, що дозволяє змінювати розміри системи за рахунок введення нових технологічних модулів;
- виробничо-організаційна, яка забезпечує повне завантаження при технологічному розташуванні обладнання та зменшенні обсягу кількості готових виробів на складі.)

(Структуру гнучкого автоматизаційного комплексу утворює сукупність гнучких виробничих комплексів (ГВК), систем і служб, що забезпечують взаємодію і керування всією структурою та її функціонуванням, націленим на випуск широкої номенклатури виробів, що безперервно відновлюється. Структура гнучко реагує на вплив зовнішнього оточення (споживачів та конкурентів).)

(ГВК – самостійний виробничо-технічний структурний підрозділ (цехового рівня) ГАВ. Він складається з ГВС, служби інженерно-технічної та інструментальної підготовки для оперативного забезпечення виробництва, технічного обслуговування і планово-попереджувального ремонту технічних засобів (ТОР), системи комп'ютерного керування), яка забезпечує оперативне планування, підготовку та хід виробництва.

(ГВС містить один або кілька гнучких технічних транспортно-складових компонентів, об'єднаних єдиним керуючим диспетчерським комплексом (КДК), що автоматично функціонує при заданій чисельності обслуговуючого персоналу та має властивість автоматично переналагоджуватись при виробництві продукції.

(До складу ГВС входять гнучкі механізовані комплекси, що складаються з однорідних за технологічними можливостями обробляючих модулів або комірок, які об'єднані єдиною транспортно-складовою системою та загальною системою комп'ютерного керування.)

(Гнучка обробна клітинка (ГОК), яка автоматично функціонує під час обробки партії однорідних виробів, – одиниця обладнання з ЧПУ, оздоблена автоматичним пристроєм для завантаження заготовок, знімання оброблених деталей та накопичування.) ГОК має можливість автоматично переналагоджуватись на виробу обмеженого класу конструктивного

виконання.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу

1. Абибов М.Н., Бирюков Н.И., Бойцов В.В. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. Амиров Ю.Д. Научно-техническая подготовка производства. – М.: Экономика, 1989. – 415 с.
3. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 1982. Кн. 2. – 367 с.
4. Белявин П.Н. Производство широкофюзеляжных самолетов. – М.: Машиностроение, 1979. – 360 с.
5. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 270 с.
6. Итоги науки и техники. Сер. Авиационное. 1976. Т. 6. – 120 с.
7. Итоги науки и техники. Сер. Авиационное. 1989. Т. 10 – 115 с.
8. Итоги науки и техники. Сер. Авиационное. 1991. Т. 12 – 118 с.
9. Масталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990. – 283 с.
10. Половинкин А.Н. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1979. – 345 с.

4. Основи створення ресурсозберігаючих і безвідхідних технологій

4.1. Місце та роль матеріальних ресурсів у життєдіяльності людства

Процес виробництва потрібного продукту здійснюється у результаті взаємодії трьох його складових: робочої сили, предметів праці (сировина, матеріали, комплектуючі, енергоносії, інформація) та засобів праці (обладнання, промислові споруди, машини тощо).

Засоби та предмети праці складають речовий, матеріальний зміст виробництва. Комплекс робочої сили, предметів і засобів праці у даному

виробництві створює його виробничі ресурси, без яких виробничий процес не здійснюється. У свою чергу, розрізняють матеріальні, сировинні, енергетичні ресурси та ресурси робочої сили. У загальному випадку матеріальні ресурси являють собою комплекс речових елементів, енергії, інформації, призначених для обробки в процесі виробництва за допомогою знарядь праці. Вони складаються з матеріалів, безпосередньо одержаних із зовнішнього середовища, а також матеріалів, що пройшли попередню обробку (сировина та сировинні матеріали).

До сировини відносять предмети праці, на видобуток і виробництво яких затрачено працю і які у процесі переробки змінюють свою натуральну форму, одержуючи нові якісні властивості. Традиційно це результати роботи сировинодобувних галузей.

Під матеріалом прийнято розуміти предмети праці, що пройшли переробку в обробних галузях (наприклад, чавун, титанові сплави, бензин тощо). Природні продукти (вода, мінерали, земля, повітря), які можуть бути використані у виробництві, створюють природні ресурси.

Відсутність або обмеження наявності будь-якого з перелічених ресурсів створює загальнонаціональну або глобальну проблему, пов'язану з економічною незалежністю держави та нації.

У прямій залежності від стану та розміру використання наявних ресурсів (потенціалу) знаходиться вирішення економічних, соціальних, політичних проблем і задач суспільства, умов і перспектив його розвитку. Дефіцит матеріальних ресурсів важко покрити без можливості втрати національних та державних пріоритетів. Наприклад, Україна не має достатнього сировинного і енергетичного потенціалу, що гарантував би їй незалежний від країн СНД або інших розвиток економіки. Так, для забезпечення тільки продуктами харчування за мінімальними біологічними нормами (близько 3000 ккал) необхідно 340 млн. тонн умовного палива на рік при власному потенціалі (за рахунок вугілля, нафти та газу) лише 190 млн. тонн. Для техногенної держави, якою є Україна, енергетична проблема та ефективність використання енергії стають головними і життєво визначальними. Специфіка сучасної стадії розвитку цивілізації (див. підрозд. 1.2.) проявляється у зростанні обсягу випуску продукції при зниженні витрат і визначає необхідність підвищення ефективності використання ресурсів, базуючись на ресурсозберігаючих та безвідхідних технологіях.

Суть проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва

полягає у тому, щоб на кожну одиницю трудових, матеріальних і фінансових витрат одержати якомога більшу кількість національного прибутку. Одержаний національний прибуток - це різниця між валовим національним продуктом (ВНП) і витратами на його виробництво, перевезення, складування, зберігання і обіг. За натурально-речовою формою суспільний продукт складається з маси засобів виробництва, предметів споживання, допоміжних виробництв, матеріальних і невиробничих витрат, створених резервів і запасів.

Підвищення ефективності виробництва проявляється також в зростанні національного прибутку на одиницю супутніх витрат. Підвищення цього показника свідчить про покращання використання національного багатства країни. В структурі національного продукту заново створені цінності (чиста продукція) складають 10-30%, матеріали та сировина -30%, енергія всіх видів - до 20%, витрати на обладнання - до 20%.

Особливістю нашого часу є збільшення витрат за всіма складовими, зумовлене зростанням впливу людського фактора, вичерпанням запасів сировини та матеріалів, а також копалин, які відносно легко добуваються. Наприклад, незважаючи на значні запаси вугілля в Україні, його видобування доводиться вести у середньому на глибині до 1200 м, а видобування нафти і газу - у регіонах шельфу Чорного моря. Внаслідок цього витрати збільшуються у 10 - 18 разів. Обмеженість територіального розповсюдження матеріальної сировини та нерівномірність її використання впливає на світовий баланс багатьох видів сировини. Гігантські масштаби споживання традиційних видів сировини і корисних копалин, які в більшості випадків не відновлюються, ускладнюють проблему. У споживанні найбільш критичними за розвіданими запасами є нафта (її вистачить до 2020 року), олово, цинк, вольфрам, мідь (до 2050 року), нікель, молібден (до 2070 року), якщо темпи їх видобування і використання будуть на рівні 1985 року. Ці обставини ставлять людство перед необхідністю вирішення двох проблем:

1. Пошук технологій, що виключать або зменшать потребу у цих ресурсах.

2. Створення природовідновлювальних технологій.

Порушення господарсько-технологічних зв'язків між регіонами колишнього СРСР лише загострюють ресурсні та екологічні проблеми. Це призвело до збільшення терміну виходу з економічної, енергетичної та сировинної криз приблизно у два-три рази та зростання витрат у чотири рази.

Для України така ситуація робить життєво необхідним вирішення проблеми раціонального використання ресурсів у режимі жорсткої економії та зберігання.

Досліджуючи різницю між вхідними та вихідними потоками в одиницю часу (витрата), можна оцінити кількість маси того чи іншого ресурсу в системі (рис 4.1). За позначенням коефіцієнти її можуть бути функціями часу t або змінних X, Y .



Рис. 4.1. Модель потоків матеріалів у системі: виробництво (I) – споживач (C) – зовнішнє середовище (E): M_i^E - маса матеріалу у зовнішньому середовищі; M_i^I - маса матеріалу у виробництві; M_i^C - маса матеріалу у сфері споживача; A_{ij} - маса сировини на одиницю продукції; B_{ij} - маса матеріалу у зовнішньому середовищі; D_{ij} - маса одиниці продукції у споживача; C_{ij} - маса відходів від споживача на одиницю маси матеріалу у споживача (на звалище); E_{ij} - маса вторинних матеріалів, направлених у виробництво, на одиницю маси матеріалу у споживача; X_{ij} - число одиниць продукції k -го типу, вироблених в одиницю часу; Y_{ij} - число одиниць продукції k -го типу, що знаходиться у споживача в одиницю часу

Рівняння балансу для кожної сфери E, I, C мають вигляд:
зміна маси i -го продукту у зовнішньому середовищі

$$\frac{dM_i^E}{dt} = -\sum A_{ij} X_j + \sum B_{ij} X_i + \sum C_{ij} M_j^c; \quad (4.1)$$

у сфері виробництва j -го виробу

$$\frac{dM_j^I}{dt} = \sum A_{ij} X_j - \sum D_{ij} Y_i + \sum E_{ij} M_j^c - \sum B_{ij} X_i; \quad (4.2)$$

у сфері споживача

$$\frac{dM_j^C}{dt} = \sum D_{ij} Y_i - \sum E_{ij} M_j^c - \sum C_{ij} M_j^c. \quad (4.3)$$

Якщо зміна маси у кожній сфері не відбувається, тобто додержується

зрівноважений стан за умови $\frac{dM^c}{dt} = \frac{dM_j^c}{dt} = 0$, то рівняння (1.1) і (1.2)

можна записати таким чином:

$$\sum A_{ij}X_j = \sum B_{ij}X_i + \sum C_{ij}M_j^c; \quad (4.4)$$

$$\sum A_{ij}X_j = \sum B_{ij}X_i + \sum D_{ij}Y_i - \sum E_{ij}M_j^c. \quad (4.5)$$

4.2. Основні шляхи ресурсозбереження у промисловості

Кожну ступінь виробництва у загальному випадку можна подати у вигляді моделей (див. рис. 4.1), зв'язаних між собою, споживача (С) кінцевого продукту, виробника (І) та постачальника (Е) початкової сировини. Ця тріада, властива всім технологічним системам та їх підсистемам, відображає схему "операнд – оператор – операнд" і дозволяє простежити за змінами, пов'язаними з використанням ресурсів протягом усього життєвого циклу виробу.

Це необхідно, оскільки, наприклад, економія ресурсу в основному виробництві може привести до зміни характеристик виробу при експлуатації, викликати збільшення витрат ресурсів у допоміжному виробництві. Тому ресурсозбереження як система заходів, спрямованих на абсолютне та відносне зменшення витрат ресурсів, повинно охоплювати весь життєвий цикл виробу. Для визначення стану, подібного змістом до якогось заданого ресурсу (витрата, перевитрата, накопичення), розглянемо рівняння балансу ресурсів у системах виробництва та зв'язаних з ним споживача і джерела надходження (зовнішнє середовище).

З рівнянь (4.4) і (4.5) випливає, що для збереження рівноваги у зовнішньому середовищі маса витрат ресурсу повинна відновлюватись за рахунок відходів, що надходять зі сфери виробництва та від споживача. Це забезпечує зрівноважене природокористування.

Для скорочення витрат ресурсів необхідно:

- зменшити споживання, тобто Y_i , наприклад, за рахунок збільшення довговічності (якості);
- знизити розміри відходів (B_{ij} , C_{ij}) за рахунок технічних і технологічних рішень;

- збільшити повернення вторинних ресурсів (E_{ij});
- зменшити масу виробів (D_{ij}) за рахунок удосконалення конструкції.

Умови мінімальних витрат ресурсів встановлюють такі шляхи ресурсозбереження :

- забезпечення економії всіх видів ресурсів на етапі вибору проектних рішень, що враховують умови виробництва, експлуатації, обслуговування та ремонту; протиріччя вимог визначає вибір узагальнюючих критеріїв оптимізації або мінімум витрат гостродефіцитного ресурсу у речовому виразі;

- використання комплексних і безвідхідних технологій;
- введення в обіг вторинних ресурсів як основного, так і допоміжного виробництв;

- підвищення ефективності використання традиційних матеріалів як за рахунок раціональності конструкції, так і більш доцільного використання їх якостей при виробництві;

- створення нових матеріалів – замінників;
- використання системи нормування витрат ресурсів.

Практикою проектування та виготовлення виробів встановлено найефективніші методи і заходи зниження витрат. Наприклад, стандартом на підготовку виробництва (ЕСТПП, ГОСТ 14.201-83) для зниження працевитрат на виготовлення, ремонт виробів та його складових частин передбачено:

- збільшення серійності за рахунок стандартизації, уніфікації, підвищення конструктивної подібності при одночасному додержанні принципу "симпліфікації", тобто обмеження номенклатури рішень;

- використання вже освоєних конструктивних рішень (конструктивне наслідування);

- застосування стандартного технологічного оснащення, оптимального рівня автоматизації та механізації виробництва;

- використання конструктивних рішень, які забезпечують зниження витрат часу при експлуатації та ремонті.

Для зниження матеріалоємності, тобто витрат матеріалів на одиницю продукції, передбачено:

- використання раціональних сортamentів і марок матеріалів, раціональних способів одержання заготовок, методів і режимів зміцнення деталей;

- опрацювання та використання прогресивних рішень, що дозволяють підвищити ресурс виробів, а також використати маловідхідні та безвідхідні технологічні процеси;

- розробку раціонального компоунування виробу, яке забезпечує скорочення витрат матеріалів при монтажі поза підприємством виробника;

- використання науково обґрунтованих запасів міцності, нових методів обчислення і випробування виробів.

Таким чином, вже на рівні державних стандартів передбачається необхідний комплекс рішень для забезпечення ресурсозберігання на стадії проектування.

Раціонально спроектована з позиції економії витрати ресурсів конструкція охоплює власне конструкцію машини як інженерну споруду, оптимізовану за критерієм максимального ефекту на одиницю витраченого одного чи кількох ресурсів.

Наприклад, у літальному апараті, мінімальному за питомою масою з високими терміном довічності та рівнем надійності мають бути пов'язані суперечливі вимоги з позиції маси (перерізів) і використовуваних матеріалів.

Застосування ключових методів – спеціального поверхневого зміцнювання традиційних і використання нових матеріалів, наприклад композиційних, є одним із шляхів зменшення витрат матеріальних ресурсів.

Головними проектними і виробничими рішеннями з точки зору економії ресурсів є такі, що забезпечують зростання показників якості, розширення багатофункціональності, використання продукції, підвищення довічності термінів міжремонтних періодів, ремонтпридатності. Основним джерелом економії ресурсів, яку дає підвищення якості промислової продукції, є зниження потреби в обладнанні та машинах, скорочення простоїв техніки, зменшення обсягу матеріальних витрат на виробництво і експлуатацію, ремонт, транспортування, охорону, зберігання, а також зменшення витрат праці у галузях, де виробляють кінцевий продукт, і т.п. Покращання якості дозволяє на кінцевій стадії виготовити більш високопродуктивний виріб більшої надійності та меншої маси.

Для зниження витрат енергоресурсів має значення освоєння енергозберігаючих технологій, тобто створення технологічних систем, що забезпечують зменшення витрат енергії у розрахунку на одиницю продукції. Наприклад, в Японії за рахунок цього досягнуто подвоєння ВВП при зростанні споживання енергії на 10%, у 80-85 роках у США – знижено

енергоємність ВВП на 30%, у колишньому СРСР – на 7-8%.

У галузі сировинних ресурсів в умовах значного зростання вартості продукції за останні десятиріччя (нафти – у 10 разів, вугілля – у 4,5 разу, залізної руди – у 3 рази) потрібні виключно високі витрати.

Тому більш привабливими є два напрямки вирішення проблеми:

1. Розвиток регенераційного виробництва для повторного використання відходів при одночасному вирішенні проблеми складування. Так, виробництво паперу із вторинної сировини зберігає 75-95% енергії. В цей час у світі з вторинної сировини добувається 50% нікелю та срібла, 40% міді, сталі, 45% паперу. Аналіз процесів, що відбуваються у світі, а також і в Україні, показує, що відходи стають все більш суттєвою частиною національних ресурсів. Реальною є ситуація: відходи стають одним з головних джерел сировини матеріалів, а природні ресурси відіграють роль резервного джерела.

2. Розробка нових і вдосконалення існуючих конструкційних матеріалів. У дослідно-наукових програмах провідних держав витрати з цією метою досягають 4% національного прибутку. Цей напрямок більш вагомий, ніж розширення пошуку корисних копалин. Особливе значення мають композиційні та керамічні матеріали, що замінюють дефіцитні алюміній, титан, нікель. Таким чином, вирішення проблеми ресурсозбереження повинно тісно пов'язуватися з проблемою зрівноваженого, збалансованого природокористування.

4.3. Оцінки використання матеріальних ресурсів

Якість використання витрачених праці, коштів, матеріалів та інших видів ресурсів оцінюється за величиною досягнутого ефекту. Для співвідношення корисності використання даного виду ресурсу в різних галузях, технологічних процесах або виробах використовують поняття "ефективності" даного ресурсу.

Для цього знаходять значення досягнутого ефекту P на одиницю витрат ресурсу B_{ij} , тобто

$$\eta = \frac{P}{B_{ij}} \quad (4.6)$$

Цей показник відображає, скільки одержано на витрачену одиницю

ресурсу. Щоб установити величину ефективності використання вкладених у виробництво ресурсів, наприклад, основних фондів, матеріальних і трудових ресурсів, необхідно мати показник приросту національного прибутку, чистої продукції або іншого результату нарізно відносно приросту основних виробничих фондів, матеріальних оборотних фондів, оборотних коштів, фонду оплати праці робітників сфери матеріального виробництва (наприклад виробничих робочих). Показник ефективності визначають зіставленням двох значень економічного ефекту та витрат на досягнення цього ефекту.

Для розрахунку ефективності та окремих її складових користуються диференціальними показниками ефективності – трудо-, матеріало-, фондо- та капіталомісткістю виробничого продукту або одержаного ефекту.

Трудомісткість – це величина витрат живої праці на одиницю національного прибутку, чистої, товарної продукції або продукції у натуральному виразі. Наприклад, час, витрачений робітником на виготовлення деталей або складання вузла з деталей, і є трудомісткістю виготовлення або складання і враховується в годинах (хвилинах) на одну штуку. У виробництвах з незалежним циклом, наприклад, у сільському господарстві, продуктивність можна виразити кількістю продукції, виробленої за певний час (центнерів/рік, центнерів/трудодень). При оцінці досконалості конструкції авіатехніки та технології її виготовлення використовують поняття питомої трудомісткості, наприклад, на 1 кг маси конструкції. Так, трудомісткість складеного шпангоута дорівнює 10, монолітного фрезерованого – 8, ливарно-монолітного – 3, а шпангоута з КМ – 4 год/кг. Це дозволяє порівняти між собою різні конструкції та одержати загальну міру для оцінки.

Матеріаломісткість дорівнює кількості матеріалу, витраченій на одиницю продукції або одержаного ефекту, і відображає ефективність використання витрачених предметів праці (основних і допоміжних матеріалів, сировини, палива і енергії). Величину матеріаломісткості встановлюють, поділивши обсяг матеріальних витрат на обсяг продукції в її натуральному обчисленні (кг/шт., кг/кг, кг палива/т*км). Обернена величина матеріаломісткості називається **матеріаловіддачею** та характеризує вихід продукції на одиницю матеріальних витрат. Частковим показником матеріаломісткості є **енергомісткість**. **Енергомісткість** продукції розраховується як відношення супутніх річних витрат паливно-енергетичних ресурсів (перераховуються у тонни умовного палива) до обсягу виробництва

чи національного прибутку країни або до валового продукту галузі, підприємства.

Фондомісткість характеризує ефективність використання виробничих фондів (основних та оборотних), її розраховують як відношення їх величин за звітний рік до обсягу виробництва. Обернена величина характеризує фондovіддачу, її розраховують як частку вартості продукції (прибутку) на гривню, долар, карбованець тощо. Наприклад, легка промисловість забезпечує \$1.25, авіаційна – \$10-12 на кожний витрачений долар, ХТЗ – 1,20 крб./крб. Ці показники відображають організаційний та економічний стани галузі або підприємства.

Капіталомісткість продукції - це відношення обсягу капіталу, який вкладено у виробництво, до приросту обсягу продукції, викликаного цим вкладенням. Обернене значення - капіталовіддача. Наприклад, вартість одного робочого місця у радіопромисловості у 1991 році складала близько \$120 тис., у літакобудуванні – близько \$80 тис. Використання диференціальних показників дозволяє оцінити стан за даним видом ресурсу і намітити шлях удосконалення техніки та технології. Наприклад, зниження матеріаломісткості національного прибутку України на 5-6% еквівалентне економії 3 млн. тонн сталі, зменшення енергомісткості на 8% – близько 40 млн. тонн умовного палива. Таким чином, чим нижче трудомісткість та матеріаломісткість і вище продуктивність праці та більше випуск продукції на одиницю ресурсу, тим ефективніше виробництво, окрема машина або конкретна технологія.

Питома вага матеріальних витрат (без амортизації) в обсязі промислової продукції становить близько 50% при запланованих темпах зниження 0,5-0,8% за рік. У структурі витрат на виробництво у машинобудівній промисловості матеріальні витрати трохи більші (66% всіх витрат), у тому числі на сировину і матеріали – 58,7, допоміжні матеріали – 4, паливо – 1,3, енергію – 2%.

Залежно від часу дії розрізняють фактичну (звітну) матеріаломісткість, очікувану (розрахункову на період/рік) та планову (на рік). Підприємства встановлюють початкові показники матеріаловитрат у вигляді ліміту на одну грошову одиницю товарної продукції.

Залежно від ступеня укрупнення продукції розрізняють:

– матеріаломісткість конкретних виробів, або індивідуальну і-го виду продукції:

$$M_{ei} = M_i / C_i, \quad (4.7)$$

де M_i – всі витрати матеріального ресурсу "і" на даний вид продукції, C_i – оптова ціна продукції або її інший речовий показник (кількість у штуках, часах);

– групову (середньозважену) матеріаломісткість для однотипних видів продукції:

$$M_{ei} = \sum_1^p M_{ej} \cdot d_i,$$

де p – кількість типів у даній групі виробів, d_i – доля i -го типу в групі, $d_i < 1$, але $\sum d_i = 1$.

За характером формування матеріальних витрат розрізняють:

1. Виробничу матеріаломісткість продукції $M_{ев}$ (відношення матеріальних витрат при виробництві до її обсягу у вартісному чи натуральному виразі або до обсягу виконаної за допомогою цієї техніки роботи).

2. Експлуатаційну матеріаломісткість (відношення супутніх витрат матеріальних ресурсів за весь період експлуатації або нормований час до обсягу виконаної за цей час роботи у натуральному або вартісному виразі), наприклад, витрати пального на крісло – або тонно-кілометр. В експлуатаційній матеріаломісткості враховуються вартість запасних частин, інші матеріальні витрати для підтримання техніки в експлуатаційному стані, витрати паливно-енергетичних ресурсів, мастил, прямо пов'язаних з виконанням роботи цією технікою. У вартісному виразі, наприклад, це частина прямих експлуатаційних витрат (ПЕВ).

Складовою частиною експлуатаційної матеріаломісткості є ремонтна матеріаломісткість. Це відношення витрат на ремонт техніки до початкової її вартості або вартостей одиниць роботи до ремонту техніки і після нього, тобто

$$M_{eE} = ME/A,$$

де ME – матеріальні витрати на експлуатацію, A – обсяг роботи, наприклад у тонно-кілометрах, або наліт у годинах. Для комплексної оцінки матеріальних витрат приймають матеріаломісткість життєвого циклу

$$M_{eo} = \frac{M_{ев} + M_{eE}}{A}$$

Відповідно до розглянутих показників розмірність показників матеріаломісткості при вартісному виразі буде гривня/гривня продукції, при натурально-вартісному – грн./шт., грн./комплект, кг/грн.

Натуральні показники, як правило, характеризують витрати ресурсів у натуральному виразі на одиницю конкретної продукції у натуральному або конкретному стані, матеріального ресурсу на одиницю продукції або її основної властивості (роботи): металомісткість – кг/шт., кг/кВ·год, кг/т/км; енергомісткість – кВ·год/т, кВ·год/вириб.

Пряму матеріаломісткість розраховують за матеріальними витратами відповідно до статей витрат:

- сировина і основні матеріали;
- допоміжні матеріали;
- напівфабрикати та комплектуючі, що заготовляються;
- паливо ;
- енергія;
- послуги виробничого характеру сторонніх організацій.

Для кількісної оцінки матеріаломісткості та забезпечення реальної економії суттєвого значення набувають нормування витрат матеріальних ресурсів і використання прогресивних норм.

4.4. Нормування витрат ресурсів та їх економія

До матеріальних ресурсів відноситься комплекс речових елементів, призначених для обробки у процесі виробництва за допомогою засобів праці. Комплекс складається з матеріалів, які безпосередньо видобувають з навколишнього природного середовища і перетворюють у продукт і матеріали, що підлягають попередній обробці (сировина, матеріали, напівфабрикати, комплектуючі). Матеріальні ресурси – це реально існуюча маса.

Економія матеріальних ресурсів означає зменшення їх витрат. Вона забезпечує економію праці у добувних галузях, сільському господарстві, енергетиці, а також машинобудуванні. Економія ресурсу - це реальна кількість сировини та матеріалів, звільнених за рахунок їх раціонального використання, впровадження досягнень НТП, передових методів організації праці.

Фактичну економію визначають як різницю між припущеною та фактично витраченою кількістю ресурсу:

$$E = M_n \cdot K - M_{\text{ф}}$$

де M_n – норма витрати ресурсу на запланований обсяг роботи; K – індекс зміни обсягу; $M_{\text{ф}}$ – фактичні витрати ресурсу.

Директивно встановлену кількість ресурсу на одиницю продукції називають нормою, або нормативом.

У сучасних умовах, коли процес виробництва супроводжується споживанням значної кількості сировини, матеріалів, палива, енергії при обмежених джерелах їх оновлення, життєвого значення набуває режим економії матеріальних ресурсів. Під режимом економії розуміють систему технічних, економічних, організаційних мір, спрямованих на збереження та більш ефективне використання матеріальних, трудових, грошових ресурсів і природних багатств держави.

Щорічно маса готової продукції, що виготовляється в Україні, становить близько 0,8 - 1 млрд. тонн. Необхідні для її виробництва витрати природних ресурсів – води, мінеральної сировини, палива, біомаси, атмосферного кисню – у 60-100 разів більше. Одним із рішень проблеми скорочення витрат ресурсів є здійснення режиму економії, використання механізму нормування витрат ресурсів і прогресивних технологічних рішень. Основою визначення потреби у сировині, матеріалах, паливі, енергії для досягнення запланованого обсягу виробництва є норма їх витрат - допустима кількість цих ресурсів для виготовлення одиниці продукції або здійснення запланованої роботи (ГОСТ 5250-80).

Норма відображає рівень витрат сировини, матеріалів, палива, енергії на всіх етапах життєвого циклу виробу (виробництво, експлуатація та ремонт). Вона охоплює весь виробничий комплекс – техніку, технологію, організацію виробництва, і тому за величиною норми або матеріаломісткості продукції можна об'єктивно оцінити стан (рівень) прогресивності технічних (технологічних) рішень конструкції, технології, організації виробництва.

Розмір економії матеріальних ресурсів прямо пов'язаний з факторами, які впливають на норму їх витрат. Нормуванням охоплюються всі види використаних ресурсів, воно відображає максимальну мобілізацію внутрішніх резервів на виконання плану, тобто досягнення НТП.

Норма матеріальних витрат складається з трьох нормотвірних

елементів:

- корисної витрати ресурсу;
- технологічних відходів, зумовлених технологією та вимогами виробництва;

- неминучих втрат ресурсів.

До корисних витрат матеріального ресурсу на одиницю продукції відносять ту його кількість (сировини, матеріалів, комплектуючих виробів), яку враховано у продукції, виробках, що випускаються, а паливно-енергетичні ресурси (теплова, електрична енергії, стисле повітря, пара, кисень, газ і т. д.) і окремі види допоміжних матеріалів (хімікати, електроліти, рідини) безпосередньо використовуються у технології.

До технологічних відходів відносять ту частину матеріальних ресурсів, яка не ввійшла у масу або склад виробу, але витрачена на виробництво, і її можна утилізувати окремо (наприклад, відходи металу, мастильних рідин). До складу технологічних відходів відносять і ті, які використовують як вхідні ресурси при виробництві продукції на даному підприємстві або іншому, а також ті, що можна продати як вторинну сировину.

Втрати – це частина матеріальних ресурсів, що втрачаються безповоротно у процесі реалізації технології. До них відносять:

- втрати, викликані відхиленням від технологічного процесу, порушеннями режиму, рецептури, різними неполадками в організації виробництва і постачання;

- втрати, спричинені відхиленнями від передбачених у технічній документації сортаментів, порушеннями вимог стандартів якості сировини та матеріалів, що використовуються;

- втрати сировини та матеріалів, пов'язані з браком продукції, випробуваннями, ремонтом обладнання, виготовленням інструменту, оснащення, та інші втрати, які не відносяться до виробництва продукції.

Ці обставини дозволяють стверджувати, що економити необхідно, у першу чергу, за рахунок зменшення втрат і відходів, використовуючи вторинні матеріальні ресурси, а також завдяки комплексній переробці сировини, використуванню мало- і безвідхідних технологій. Норми витрат матеріальних ресурсів технічно і економічно обґрунтовуються для даних умов, систематично (не менше ніж раз на рік) переглядаються з урахуванням змін та їх тенденцій. Ці умови можуть бути внутрішніми, виробничими та

зовнішніми, пов'язаними з конкурентоспроможністю продукції або зміною стану ринків сировини.

За основу пожорсткості норм витрат матеріалів енергії необхідно брати і прогнозувати вимоги НТП, тенденції розвитку техніки і технології. У машинобудуванні при визначенні матеріаломісткості продукції використовують індивідуальні та групові норми.

Індивідуальні норми призначають для конкретного виду продукції (деталі, машини) або роботи.

Групові норми приймають як середньозважене значення індивідуальних норм для всіх однойменних видів продукції. Розрізняють також специфіковані та зведені норми витрат конкретних видів сировини та матеріалів на одиницю або групу виробів.

Для розрахунку норм використовують нормативи (поелементні складові норм). Їх вимірюють у натуральних одиницях або відносних, наприклад, відсоткових долях, і характеризують витрати матеріалів на одиницю площі, маси, довжини. У технологічних процесах складання, штампувальних, ливарних, гальванічних, лакофарбових та інших регламентують (як нормативний) розмір відходів і витрат сировини, матеріалів за видами технологічних процесів, а також втрат комплектуючих при виробництві одиниці продукції.

Для оцінки використання матеріалів для споріднених процесів і деталей застосовують коефіцієнти:

- використання матеріалу (КВМ), який показує повноту використання маси заготовки,

$$КВМ = G_{деталі} / G_{матеріалу} = G_{деталі} / G_{заготовки};$$

- розкряю листового матеріалу, що свідчить про корисне заповнення площі стандартного листа площиною деталей або заготовок для них:

$$K_p = \frac{S_{деталі}}{S_{заготовки}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{i\text{ деталі}}}{S_{листа}};$$

- виходу придатного матеріалу:

$$K_{\partial} = \frac{G_{деталі}}{G_{матеріалу}},$$

для ливарних, штампувальних і пресувальних виробництв він

характеризує рівень використання матеріалу.

Для оцінки досконалості технології встановлено крайні значення кількості відходів. Наприклад, для безвідхідних технологій це не більш ніж 1,5, маловідхідних - не більше 10%.

Маючи нормативи для даного виробу, за розрахунковою масою деталей у специфікації можна встановити норму витрат ресурсів. Наприклад, для безвідхідного процесу холодної висадки (заклепки, болти) встановлено рівень відходів не вище 1,6%, тобто для виробництва тонни заклепок необхідно 1016 кг металу, що й затверджується як норма. Якщо є вимоги до якості (сплановано неминучий брак до 10%), то норма збільшується на ці витрати, і тоді норма зростає до 1116 кг.

4.5. Основні фактори та напрямки економії ресурсів

Висока вартість матеріальних ресурсів і обмежені можливості їх оновлення в епоху інтенсифікації та підвищення виробництва визначають один з головних напрямків - всебічну економію та раціональне використання ресурсів.

Основний шлях економії матеріалів, сировини, налива, об'єднаних поняттям "матеріальні ресурси", полягає у розробці та використанні ресурсозберігаючих техніки і технології. Замість технологій на основі переробки моноресурсу, коли не використовують багато корисних властивостей і складових сировини та матеріалів, що переробляються, слід прийняти комплексні безвідхідні технології, розширити ресурсну базу виробництва залученням відходів і вторинних матеріалів, підвищити ефективність використання традиційних матеріалів.

При організації режиму економії беруть до уваги його суттєві сторони, визначаючи цей процес факторами економії, скороченням витрат ресурсів. До основних факторів економії відносять:

- підвищення надійності та довговічності машин для зменшення їх загальної маси та витрат ресурсів на створення дублерів;
- покращання споживчих властивостей продукції з цією ж метою;
- прискорення обігу ресурсів за рахунок зменшення складських запасів та незавершеного виробництва і, як наслідок, - загальної потреби у ресурсах;

- заміну традиційних матеріалів на більш ефективні, які забезпечать зменшення маси машин, а також покращання використання традиційних матеріалів;

- вдосконалення існуючих і використання маловідхідних і ресурсозберігаючих технологій для зменшення фактичної витрати матеріальних ресурсів;

- використання прогресивних норм витрати ресурсів.

Розглянемо ці шляхи економії матеріальних ресурсів окремо.

Підвищення якості та надійності машин. На сучасному етапі об'єктивною необхідністю є покращання якості знарядь праці, підвищення вимог до точності та безперервності роботи обладнання в екстремальних умовах і при високих робочих параметрах, реалізація систем ГАВ на основі мікропроцесорної техніки та роботизації. У цих умовах особливого значення набуває забезпечення надійності машин, тому що зменшується потреба у нових виробах і матеріальних витратах на їх виготовлення. Підвищення безвідмовності деталей та елементів конструкції машин рівноцінно зниженню потреби у запасних частинах, деталях та обладнанні.

Без розв'язання проблеми надійності машин та обладнання вирішення проблеми скорочення витрат праці і використання засобів автоматизації виробництва не буде ефективним. Низька надійність веде до простоїв, великих витрат на ремонт, зростання потреби у запчастинах, збільшення парку машин і приладів, зниження якості робіт, що виконуються.

Ефективність використання матеріальних ресурсів на подальших стадіях життєвого циклу продукції машинобудування залежить від витрат сировини, матеріалів, енергії на одиницю промислової продукції при її виготовленні, а також витрат на ремонт та експлуатацію. Металомісткість ремонтних робіт залежить від якості виготовлення і рівня системи технічного обслуговування та ремонту техніки, циклу ремонтних робіт і ступеня зносу техніки. Наприклад, на виробництво запасних частин у країнах СНД витрачається кожна четверта-п'ята тонна виплавленого металу. Близько 20 % верстатів, машин, приладів знаходяться у ремонті. У свою чергу, система технічного обслуговування (ТО) і ремонту техніки містить засоби та документацію для ТО і ремонту, технічний склад виконавців, тобто також характеризується матеріаломісткістю. ТО - це комплекс операцій для підтримки працездатності та стійкості виробу при використанні за призначенням, транспортуванні та зберіганні. Ресурси,

витрачені на ТО, також мають бути оптимізованими. Загальні кошти на ТО та ремонт в авіації досягають 5-8 величин від початкової вартості літака, двигунів.

Прискорення обігу ресурсів забезпечує підвищення ефективності їх використання і є не тільки додатковим джерелом покриття потреб у ресурсах, але й скорочує витрати на їх виробництво та транспортування, а також капіталовкладення у промисловість виробництва матеріалів. Якщо матеріали, обладнання, сировина лежать без дії на складах, то на цей термін вони виключені з обігу і ніякої користі, крім витрат на оплату за кредити і зберігання, не приносять. Прискорення обігу ресурсів рівноцінне одержанню їх додаткової кількості, яку необхідно було б виготовити.

На кожному підприємстві матеріальні ресурси проходять три стадії :

- виробничі запаси після придбання;
- незавершене виробництво;
- товарна продукція на складі.

Незавершене виробництво - це обсяг сировини та матеріалів, не закінчених обробкою, а також вартість продукції, що знаходиться на проміжних стадіях виробництва, тобто такої, яка ще не стала деталями, складовими одиницями або готовими виробами.

Час знаходження товарно-матеріальних цінностей у вигляді виробничих запасів і незавершеного виробництва відповідає циклу виготовлення виробу або часу виробництва готової продукції.

Час знаходження готової продукції на складі, аеродромі в очікуванні відправлення споживачу складає частку часу обігу та залежить від виробничої діяльності підприємства. Чим скоріше споживач одержить необхідну продукцію, тим ефективнішим буде використання товарно-матеріальних цінностей і коротшим загальний цикл у ланцюжку виробник - споживач.

Ефективність скорочення загального циклу обігу продукції промислового значення тривалістю до восьми тижнів (54 доби), наприклад, тільки на один день дорівнює зменшенню в Україні кількості металу, що вживається, на 90-120 тис. тонн. Відповідно економляться енергія в еквіваленті 600 кВт/год/тонн, виробничі потужності, працевитрати. У середньому кількість заощаджених матеріальних ресурсів відноситься до створеного валового національного продукту як 1:2, тобто на одиницю зекономленого ресурсу витрати знижуються вдвічі.

Вдосконалення структури та поліпшення якості конструкційних

матеріалів дозволяє вже на стадії проектування, виходячи з концепції безумовної економії матеріальних ресурсів, у тому числі конструктивних матеріалів, оптимізувати конструкцію, що створюється. Особливо загострена ця проблема у машинобудуванні, значна якої у чорних та кольорових металах потребує оптимізації структури їх споживання та поліпшення якості металовиробів.

Структура металовиробів визначається видами сортаменту прокату, що застосовується його точністю, тощо, наприклад, біметали, металопрокат з полімерним покриттям, термозагартований прокат, економічні перетини профілів, наближених до контуру виробу (рис. 4.2). Ці рішення дозволяють скоротити до 30% витрати металу, не враховуючи витрат робочого часу та енергії у процесі механічної обробки (рис. 4.3). Характеризуючи зміни у структурі споживання, можна відмітити:

- скорочення обсягу непродуктивних форм ливарних виробів і збільшення використання холоднокатаних профілів;
- зменшення галузевої структури споживання гарячого прокату за рахунок підвищення монолітності конструкцій і скорочення обсягу застосування традиційного профільного прокату відкритих перетинів;
- раціональне використання прокату, що визначається різноманітністю його сортаменту, наприклад, фірми Англії, Німеччини випускають більш ніж 5000 його найменувань, а вітчизняна промисловість – лише 2800.

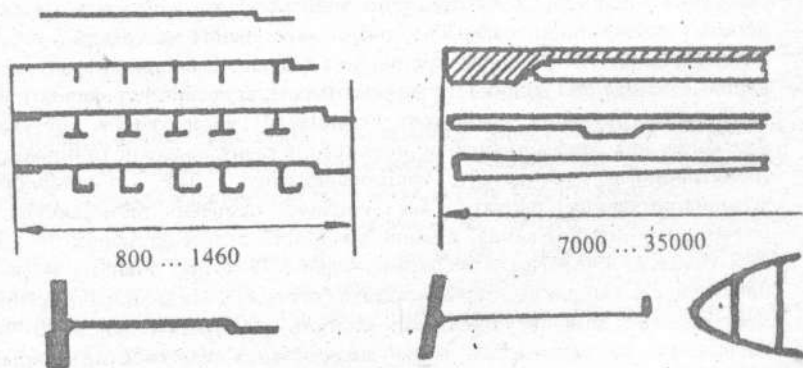


Рис. 4.2. Пресовані профілі з алюмінієвих сплавів, що використовуються у літакобудуванні

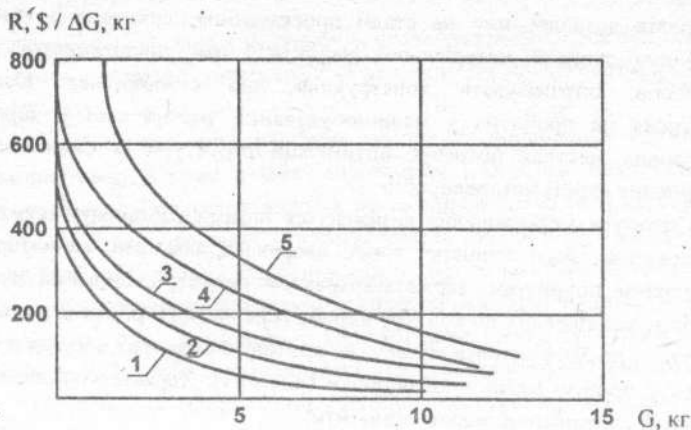


Рис. 4.3. Витрати коштів на обробку різних авіаційних матеріалів:
 1 – Д16Т; 2 – ст45; 3 – 30ХГСА ($\sigma_2 = 110 \text{ кг/мм}^2$); 4 – 1Х18Н9Т; 5 – ВТ20

Використання фасонних профілів у приладобудуванні, електронній промисловості підвищує КВМ з 0.3 - 0.65 до 0.85 - 0.95, скорочуючи обробку різанням. Ефективність використання фасонних профілів зростає при використанні зварювання, наближаючи перетин до заданого конструктором без подальшої обробки.

Необхідність економії паливно-енергетичних ресурсів потребує створення машинобудівної продукції з низькою масомісткістю на основі легких і високоміцних матеріалів, тобто застосування матеріалів з високою питомою міцністю. Водночас поліпшення фізико-механічних характеристик сприяє підвищенню надійності, термостійкості, корозійній тривалості. Тому особливого значення набувають технології нагартування, легування, удосконалення режимів обробки, поліпшення стану поверхні та підвищення геометричної точності напівфабрикатів. Так, використання термонагартування прокату, яке поєднує процеси термообробки та пластичного деформування, підвищує міцність низьколегованих сталей на 20% (близько 490 МПа), а легованих – на 30-35 % при повному зберіганні пластичності. Наприклад, термомеханічна обробка у поєднанні з пластичною деформацією дозволяє одержати міцність на розрив до 2760 МПа. Аналогічно це відноситься й до використання мартенситно старіючих сталей.

Нові аморфні та мікрокристалічні сплави порівняно із звичайними мають міцність у десять разів більшу, а зносостійкість – у три-п'ять разів.

Ефективність економії чорного прокату у машинобудуванні та металообробці шляхом використання прокату підвищеної якості, економічних профілів і виробів подальшої переробки металу можна оцінити коефіцієнтами заміни або ефективності (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Приклади заходів економії прокату

Вид металу	Коефіцієнти економії (<1), заміни (>1)
Прокат поліпшеної якості та економічні профілі:	
прокат низьколегованої сталі без термообробки;	0.2
те ж саме - термонагартований;	0.25
холоднокатаний та рифлений лист;	0.25
сталь у рулоні;	0.05
прокатно-зварні профілі	0.4
Переділ з прокату:	
гнуті профілі;	1.25
сортова холоднокатана сталь;	1.2
фасонні високоточні профілі ;	1.8
метизи холодної або гарячої висадки	2.0
Металеві замітники прокату:	
вироби з металевих порошоків;	2.5
відливки точного лиття виплавлюваним моделям;	1.7
вакуумне литво;	2.65
алюмінієвий прокат	3.00

Впровадження заміників традиційних конструктивних матеріалів викликано необхідністю ліквідувати дефіцит (недостатність) даного виду матеріалу, а також зменшити металомісткість (або вартість) виробів.

Масові характеристики та використання енергії при експлуатації продукції знижуються при більш широкому застосуванні пластмас, металокераміки, виробів порошкової металургії, скла, полімерних композиційних заміників. На долю цього фактора приходиться близько 8-10% всієї їх економії.

При плануванні взаємозамінності матеріалів слід урахувувати витрачання їх не тільки у натуральному виді (кг), а й у вартісному (з урахуванням фактичних цін, які можуть бути значно вищими (рис. 4.4)).



Рис. 4.4. Вартість маси планера літака: 1 - вартість виробництва; 2 - вартість матеріалів; 3 - маса

Значення коефіцієнта заміни традиційних матеріалів ефективним замінником для виробів машинобудування наведено у табл. 4.2, а для важкого літака – на рис. 4.5.

Таблиця 4.2

Приклади ефективності заміни деяких матеріалів

Вид конструктивного матеріалу, який замінюється, та замінник	Коефіцієнт заміни
Прокат чорних металів:	
конструкції з пластмаси (KM);	3.5
вироби з металопорошків;	2.5
алюмінієвий прокат;	2.65
деревопластики, гетіпакол;	3.0
гумові вироби	3.0
Стальні відливки:	
конструкції з пластмаси (KM);	3.5
вироби з металопорошків;	2.6
зварні конструкції;	1.2
катані труби;	1.2
відливки після електрошлакової переплавки (ЕШП);	2.5
заготовки, одержані ЕШП	1.35
Алюмінієвий прокат:	
пластмасові вироби;	2.0
металопорошкові вироби (ВМП);	2.5
точні алюмінієві відливки	1.6

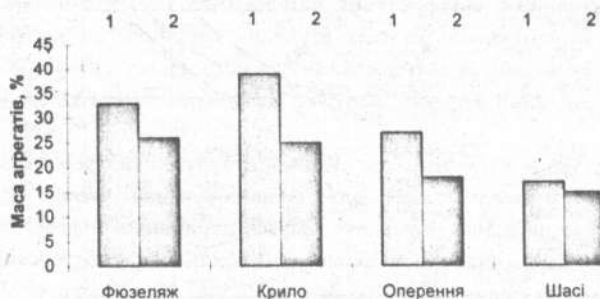


Рис. 4.5. Маса агрегатів транспортного літака (Іл-76 і гіпотетичного з КМ):
1- алюмінієві сплави; 2- ПКМ

Одним із резервів економії ресурсу є використання гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ) на основі типових автоматизованих модулів (ТАМ). У цьому випадку зменшується кількість виробників у шість і більше разів, зростають коефіцієнт завантаження обладнання до 0.9 та коефіцієнт змінності до 2.5 - 2.8, що дозволяє підвищити техніко-економічні показники у випадку виготовлення малих серій до рівня масового виробництва.

Наприклад, використання ГАВ для корпусних деталей підйомників закрилків замість багатоопераційних верстатів скорочує число верстатів у два рази, кількість працюючих – у 2-2,5 рази, обігові кошти – на 30%.

Практика сучасного виробництва показує, що приріст продуктивності праці, зниження металомісткості продукції визначаються технічними нововведеннями, а 1/3 приросту зумовлена використанням ЕОМ і систем з ЧПУ.

Суттєвим є організаційно-економічний фактор, який визначає ефективність вказаних шляхів. Найважливіші з них – науково обгрунтоване нормування витрат ресурсів; керування ефективністю використання матеріальних ресурсів; покращання інфраструктури промислового підприємства.

Нормуванню підлягають всі види сировини та матеріалів. Особливою метою нормування є використання у виробництві та плануванні технічно й економічно обгрунтованих норм витрат ресурсів для їх раціонального і ефективного використання та здійснення режимів економії, яка повинна здійснюватись на всіх рівнях господарчої діяльності. Основні принципи

керування ефективністю використання матеріальних ресурсів полягають у раціональному їх витрачанні на всіх ступенях виробництва, контролі за витратами та станом запасів, матеріальному та моральному стимулюванні за ефективне використання ресурсів, контролі за використанням та економією ресурсів.

Інфраструктура в економіці – це сукупність галузей та сфер діяльності, що створюють загальні умови для функціонування інших галузей господарства (підприємства). Комплекс галузей виробничої інфраструктури відноситься до проміжних ланок економіки; він не бере безпосередньої участі у виробництві продукції, а створює необхідні матеріальні умови для здійснення цього процесу на підприємствах та суспільного виробництва у цілому. В інфраструктурі промислового виробництва важливу роль відіграють матеріально-технічне постачання і транспорт, тобто забезпечення ефективності сфери обігу матеріальних ресурсів, а також підвищення ефективності внаслідок скорочення обсягу матеріально-технічних ресурсів, що знаходяться поза сферою виробництва та споживання.

4.6. Місце технологій у ресурсозбереженні

Використання принципово нових технологічних процесів і засобів праці, створених у результаті НТП, зменшує питомі витрати ресурсів і прискорює перебудову всього процесу виробництва на основі створення технологічних систем, що об'єднують у єдиний комплекс машини, побудовані за принципами автоматизації та безперервності процесів, а також застосування електроніки, тобто побудову гнучких виробництв і технологічних модулів, які можна переналагоджувати.

Прийнятою концепцією розвитку технології є створення малоопераційних технологічно замкнених процесів, що забезпечують комплексне використання сировини, матеріалів та охорону навколишнього середовища при інтенсифікації виробництва на основі досягнень світового НТП. Наприклад, КВМ у прокатній продукції у вітчизняному машинобудуванні становить 0,67 - 0,73, при крайній нормі для прийнятих технологій – близько 0,78.

Повільні темпи зниження витрат ресурсів (0,3% за рік) пояснюються перевагою у структурі машинобудування обробних стружкотвірних процесів та обладнання. Їм відповідають базові технології, за якими для одержання необхідної геометричної форми деталей треба зняти зайвий матеріал,

переважно механічною обробкою. Величина КВМ залежить від виду заготовки, що обробляється: для прокату - 0,65; штампованої деталі - 0,53; точного литва - 0,85, тобто від комплексу технологій, застосованих у технологічній системі. Використання методів обробки тиском, наприклад, прокатних вальцювальних верстатів (ВНДметмаш, ЦНДІТмаш) забезпечує до 30% економії матеріалів, високу точність розмірів відповідальних виробів, таких, як зубчасті колеса, шестерні, лопатки турбін. Пластичне холодне та гаряче видавлювання, застосоване при виробництві масового виробу – кілець підшипників – підвищує КВМ з 0.4 до 0.9. Використання холодної висадки знижує відходи до 0,7 замість 0,35 на токарних автоматах. Виготовлення на ковальському горизонтально-штампувальному пресі (КГШП) замість молотів прямозубих конічних шестерень для задніх мостів автомобілів знижує на 25% металовідходи при одночасному підвищенні стійкості зуб'їв на 30% .

Використання холодного штампування з листа, коли розміри заготовки максимально наближені до готового виробу, порівняно з поковками або штамповками знижує масу деталей на 20-40%, а відходи листа становлять 20-30%. При виготовленні аналогічних деталей з поковок відходи дорівнюють більш ніж 70%. Значний ефект дають операції розклатки, вальцювання, накачування, екструдкування, які забезпечують високу точність заготовок і економію металу від 20 до 40%.

Використання зварно-складових конструкцій замість ливарних знижує витрати сталі на 20-30, а чавуну – до 40%. Заміна клепанних конструкцій на зварні з немагнітних сталей у виробах загального машинобудування дозволяє зменшити масу конструкції та витрати швидкорізального інструмента.

Широке використання зварювання та наплавлення у сполученні з обробкою на верстатах з ЧПУ або електрофізичних методів забезпечує зменшення потреби у металі за рахунок наближення розмірів заготовки до готових виробів, тобто збільшує КВМ до 0,75 - 0,82.

НТП в галузі лиття підвищеної точності в оболонкові форми та плівково-вакуумного забезпечують економію 200 - 300 кг металу на кожному тонну придатного литва. Використання однієї тонни виливків за моделями, що виплавляються, заощаджує дві тонни металопродукату, до 120 кВт електроенергії, знижує капітало- та трудомісткість виготовлення деталей.

Основні ресурсозберігаючі технології, що використовуються у машинобудівних галузях та авіапромисловості, наведено у табл. 4.3.

Основні ресурсозберігаючі технології

Технологічний метод	Методи виготовлення та характерні особливості виготовлених виробів
Виготовлення методами ливарного виробництва	
В оболонкові форми	Відповідальні фасонні виливки зі сталі, титанових і кольорових сплавів у серійному виробництві
За моделями, що виплавляються	Лопатки турбін, різальний інструмент, деталі приладів і літаків із жаростійких сталей
Плівко-вакуумне	Всі деталі із сталей, титанових і легких сплавів зі складною поверхнею, що потребують високочистих поверхонь
У форми з ущільненням під високим тиском	Деталі складної форми з магнієвих, алюмінієвих, свинцево-олов'яних сплавів, сталей (арматура, кронштейни, корпуси та деталі приладів)
Витягуванням з розплаву	Листи, заготовки великого перетину із сталі, кольорових металів, труби великих діаметрів (300-1000 мм), вали, відливки
Рідинна прокатка	Вироби з алюмінієвих сплавів
Видавлюванням з рідкого металу	Крупногабаритні ребристі виливки з магнієвих та алюмінієвих сплавів (відсіки, корпуси ракет, панелі тощо)
Лиття під низьким тиском	Тонкостінні виливки з товщиною стінок більше 2 мм і висотою 500-600 мм (головки блоків, циліндрів, гільзи, поршні)
Виготовлення деталей зміною форми (обробка тиском)	
Гвинтова та клинкова прокатка деталей і заготовок	Вироби масового виробництва відносно високої точності: Заготовки ступінчастих валів, втулок, зірочок, кілець, зубчастих коліс, черв'яків, ходових коліс вантажних кранів, тракторів, ребристих труб, гвинтів свердл
Пресування деталей складного профілю	Високоточні деталі з алюмінієвих, титанових сплавів, сталей, профілі складної конфігурації поперечного перетину
Рідинне штампування	Фасонні деталі кольорових сплавів з глибокими порожнинами (лопатки компресорів, деталі арматури високого тиску)

Продовження табл. 4.3

Технологічний метод	Методи виготовлення та характерні особливості виготовлених виробів
Виготовлення деталей зміною форми (обробка тиском)	
Електровисадка	Деталі підвищеної точності типу обертових тіл зі змінним поперечним перетином
Електрогідравлічне штампування (ЕГШ) і штампування вибухом	Великогабаритні деталі з листа, трубчастих заготовок, одержаних пробивкою, витяжкою, рельєфним формуванням, віджиманням, набором
Штампування з диференціальним нагріванням	Крупні детальні вироби, що мають місцеві виступи, опуклості, фасонні отвори під штемпелі
Обробка вилученням зайвого металу (обробка різанням)	
Точне алмазне обточування	Шорсткість поверхонь підвищеної точності (2-4-го квалітету) ($Ra = 0,04-0,06$ мкм)
Ультразвукова обробка	Деталі з крихких матеріалів: фарфору, скла, кераміки, твердих сплавів, інструментальних, азотованих і цементованих, жаростійких сталей. Одержання гладких і наскрізних отворів
Надшвидкісне різання	Деталі з алюмінієвих сплавів, чавунів ($HB=150-300$), що обробляються фрезеруванням, протягуванням, шліфуванням
Анодно-механічна обробка	Деталі, що обробляються механічним хонінгуванням, поліруванням. Порізка заготовок. Продуктивність зростає у два - три рази
Інші методи	
Плазмове різання	Високопродуктивне різання металів товщиною до 120 мм. Різко знижуються втрати, заощаджується метал
Лазерна обробка	Вироби з надтвердих матеріалів ($HRC>60$): алмази, годинникові камені, скло, фільтри з діаметром відвороту 0.03 мм і глибиною 3-5 мм. Перфоровані панелі для керування пограничним шаром
Гідропорізка струменем високого тиску	Вироби із скло-та вуглепластиків (КМ). Ліквідується надмірна витрата різального інструменту
Фотолітографія. Адуктивний метод	Вироби мікроелектроніки. Вироби малих розмірів високої міцності. Виробництво печатних плат

Технологічний метод	Методи виготовлення та характерні особливості виготовлених виробів
Зварювальне виробництво	
Вакуумне зварювання електронним променем	Високоякісне з'єднання, одержане глибоким проплавленням зі значним відношенням глибини до ширини проплаву. Панелі (крім виготовлених з титанових сплавів), деталі шасі
Імпульсне дугове зварювання	З'єднання тонкостінних деталей за допомогою вертикальних, стельових і горизонтальних швів без деформації шва
Ультразвукове зварювання	Вироби радіоелектроніки, пластмаси
Зварювання світловим променем	З'єднання в мікроелектронних схемах і приладах
Зварювання вибухом	Біметалічні листи, багатошарові металокомпозити, біметалічні труби та ємності
Складальне виробництво	
Поточно-механізоване та роботизоване складання	До базового елемента або технологічного супутника приєднуються вузли, які конструктивно допускають розчленування процесу складання на однакові за тривалістю та однорідні за технологією етапи. Повна взаємозамінність
Блоковий монтаж	Вироби складаються зі значних блоків (агрегатів), що пройшли складання та випробування на індивідуальних складальних виробництвах
Склеювання деталей і компонентів	Складальні одиниці з алюмінієвих сплавів, КМ, конструкції, що легко деформуються
Інші види процесів зміцнення	
Термічна обробка у захисному середовищі	Вироби, конструктивні елементи, які потребують підвищеної міцності та зносостійкості. Забезпечується зниження втрат матеріалів у місцях контакту або взаємодії деталей за рахунок одержання оптимальної структури матеріалу
Вакуумне наплення електронним променем	Деталі з поверхневими плівками бажаних властивостей тугоплавких, корозієстійких, декоративних матеріалів. Металоорганічні з'єднання, на поверхню яких наносять металопокриття

Технологічний метод	Методи виготовлення та характерні особливості виготовлених виробів
Плазмове напилення	Деталі, що потребують зміцнення. Вибіркове або суцільне покриття, наприклад тврдосплавне. Металізація поверхонь будь-яких матеріалів
Зміцнення лазерним променем	Вироби з підвищеною стійкістю робочої поверхні: деталі машин і штампового оснащення, різальний інструмент
Нагартування вібрацією та дробом	Значні за розміром панелі та монолітні деталі планера літака. Локальне нагартування дробом за допомогою механічних або електродинамічних пристроїв

4.7. Інженерні методи економії ресурсів (проекування)

Всякий об'єкт техніки як продукт технології реалізує свої функції завдяки витраченим на його створення матеріальним та паливно-енергетичним ресурсам і після завершення життєвого циклу практично не відновлює взятє з природи, тобто порушує її рівноважний стан.

Тому прийняття інженерного проекту (виробу, процесу) повинно супроводитись аналізом витрачених природних ресурсів і маніпуляцією цими витратами в межах заданих кінцевих результатів проектування.

Особливе значення для забезпечення ресурсозбереження має раціональне конструювання, що базується на таких принципах:

1. Поліпшення техніко-економічних параметрів і характеристик виробу за призначенням.

2. Використання прогресивних технологій і матеріалів.

3. Застосування найпрогресивніших методів і засобів конструювання.

4. Забезпечення технологічності конструкції виробу.

Поліпшення техніко-економічних параметрів і характеристик містить в собі підвищення надійності та довговічності виробу, а також питомих показників технічного ефекту від функціонування виробу. Перше зменшує загальну масу витрат ресурсів на відновлення (ремонт), друге - час простой, загальну кількість одночасно працюючих виробів, додаткове резервування і, навпаки, підвищує продуктивність (віддачу корисного ефекту за той же період).

Наприклад, продуктивність транспортного літака

$$Q = G_k \cdot V \cdot T_p \cdot K_{\text{еф}} \cdot K_{\text{зав}}, \quad (4.8)$$

де G_k - середнє комерційне завантаження;

V - швидкість рейсова, км/год;

T_p - ресурс техніки, год.;

$K_{\text{еф}}$ - коефіцієнт безвідмовності; $K_{\text{еф}} = T_{\text{експ}} / T_p < 1$;

$T_{\text{експ}}$ - фактичний час польоту, год.;

$K_{\text{зав}}$ - коефіцієнт повноти завантаження; $K_{\text{зав}} \leq 1$.

З рівняння (4.8) видно, що продуктивність прямо залежить від перелічених параметрів. Наприклад, ресурс транспортного літака за десять років підвищився у 5 разів: з 12000 год (1960 р., Ан-12) до 60000 год (1970 р., Ан-22); швидкість збільшилась вдвічі, відповідно - 475 км/год і 750 км/год; завдяки підвищенню питомого показника - навантаження на одну машину (G_k у 8-25 разів, Ан-12 - 10 т, Ан-22 - 80 т, Ан-124 - 250 т).

Слід відмітити, що продуктивність транспортної авіатехніки визначається також потребою споживача (так звана "ніша" або зона) в координатах "навантаження - дальність" (рис. 4.6) і "собівартість - дальність" (рис. 4.7).

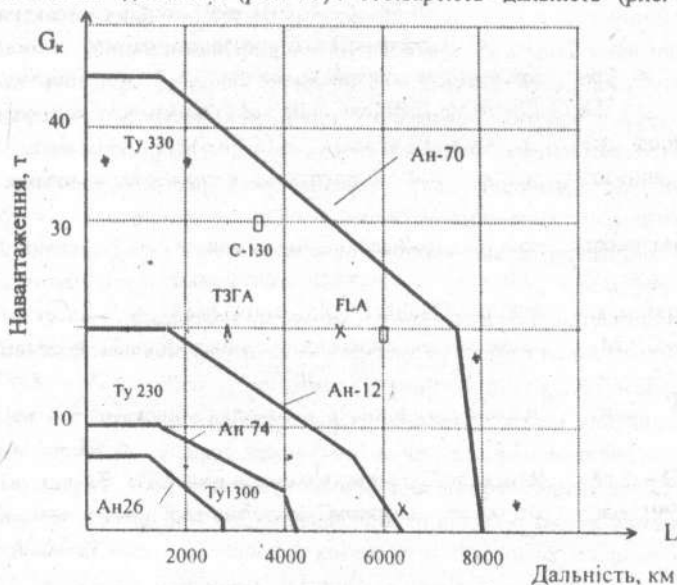


Рис. 4.6. Галузі типового використання транспортних літаків

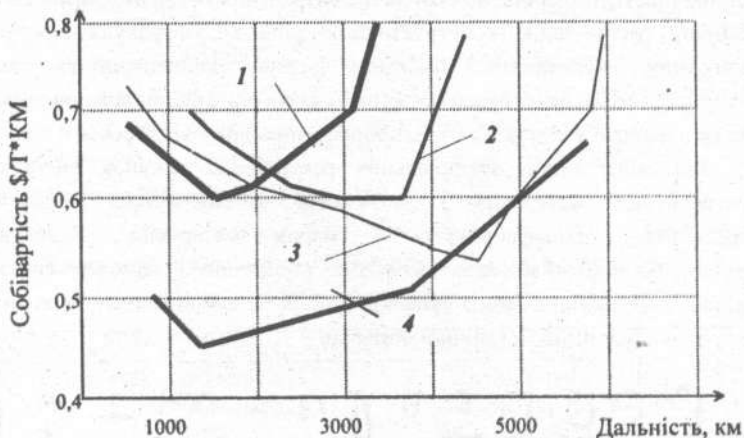


Рис. 4.7. Собівартість (у цінах 1993 року) - дальність:
1 - Ан-12; 2 - Ан-70; 3 - Іл-76; 4 - Ту-330

Вага перевезеного вантажу змінюється пропорційно дальності за рахунок палива, а прибуток залежить від собівартості та виконаного обсягу перевезень у тонно-кілометрах, тобто є оптимальні дальність і завантаження. Положення цієї точки на графіку залежить від економічності двигуна і якості аеродинаміки, що відбивається на питомій витраті пального на одиницю продуктивності (тонно-кілометр, крісло-кілометр). Цей техніко-економічний показник є комплексним і його ефективне значення досягається всіма конструкторсько-виробничими і експлуатаційними заходами.

Серед показників слід відмітити так звану корисну віддачу $g_{кор} = G_{кор}/G_0$ як відношення корисного навантаження до польотної маси, тобто чим менше маса конструкції, тим вище транспортна ефективність.

Відносне зниження ресурсомісткості конструкції виробів можна забезпечити більш глибокими пошуками на стадії ДКР, дослідженнями експлуатаційного навантаження, корозійної стійкості, а також уточненнями несучих характеристик, оптимізацією конструктивних рішень.

Підвищення терміну функціонування виробу еквівалентне відповідній економії матеріалів, енергії, використаних на його виготовлення.

Збільшення ресурсу має бути пов'язано зі строками морального старіння і оновлення, щоб уникнути надмірних запасів або резервів міцності та

довговічності, тобто виключити зайве витрачання ресурсів при виробництві техніки. Оптимізація конструктивних рішень з урахуванням потоків фактичних навантажень, зниження впливу концентраторів напруги, використання високоресурсних з'єднань, стоперів тріщин, виключення появи фретинг-корозії у сполуках сприяє збільшенню довговічності.

Зниження витрат матеріальних ресурсів за рахунок використання прогресивних матеріалів і технологій забезпечується раціональним сортаментом напівфабрикатів і марок матеріалів, застосуванням металозамінників, наближенням форми поперечного перетину сортаменту металу до функціонального профілю (рис. 4.8), яке виключає неоптимальну масу та необхідність механічної обробки.

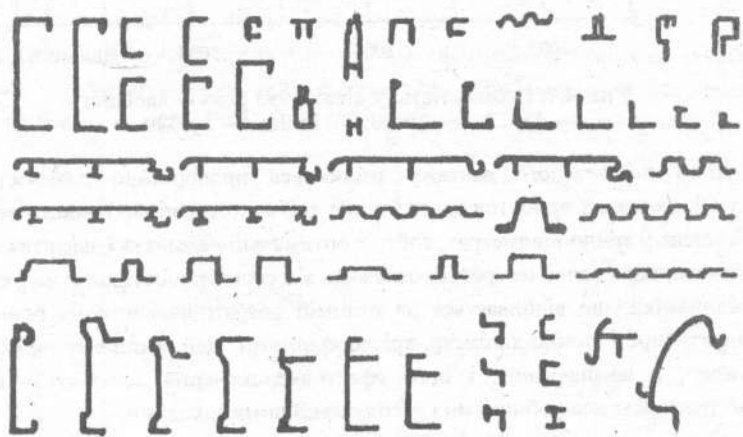


Рис. 4.8. Типові поперечні перетини пресованого сортаменту з алюмінієвих і титанових сплавів для авіабудування

Використання гнутих профілів з листів, інших видів заготовок, що виключають механічну обробку, профілів змінного перетину, наприклад, панелей з гребінкою стику, стрингерів з головкою, листів змінної товщини забезпечує суттєве зниження витрат матеріальних ресурсів. Особливу роль відіграють використані марки матеріалів та їх заміників. Наприклад, використання замість металів пластмас різних видів композиційних та полімерних матеріалів значно скорочує не тільки кількість використаного

матеріалу, але (що більш суттєво для літаків) зменшує масу на 10 - 18% (табл. 4.4.). Композиційні матеріали мають більшу питому міцність, підвищену корозійну стійкість, дозволяють за рахунок зміни напрямку волокон керувати механічними властивостями матеріалу і одержувати міцність, що перебільшує відомі високоміцні сталі та титанові сплави. Внаслідок цього масу планера або окремих його частин можна зменшити на 30% (див. рис. 4.5). Ця обставина особливо важлива для широкофюзеляжних літаків другого та третього покоління.

Таблиця 4.4

Характеристика і області використання металозамінників у машинобудуванні

Тип матеріалу	Характеристики	Область використання
Склопластики	Високі міцність і зносостійкість	Панелі, агрегати, поверхні накалу, керування, побутове обладнання, електроізоляційні вироби
Фенолопласти	Високі антифрикційні властивості, діелектрична та механічна міцність	Деталі укріплення, кришки корпусів, електроарматура
Полівінілхлорид	Висока хімічна та морозостійкість, діелектрик	Ізоляція і оболонки дротів, труб, деталі загального призначення
Поліолефіни	Висока формувальність, міцність, ударна в'язкість	Труби, зубчасті колеса, підшипники, колеса гідротурбін, арматура
Фторопласт	Висока хімічна та тепловологістичність	Ізолятори, електроарматура, ущільнення
Поліформальдегіди	Тепло-, та корозійостійкість, механічна міцність	Зубчасті та черв'ячні колеса, ролики, патрубки
Полікарбонати	Висока механічна міцність, гігроскопічність	Те ж саме, а також оптичні деталі, трубопроводи різних діаметрів і різної форми
Пентапласти	Високі міцність і теплопровідність	Зубчасті та черв'ячні колеса, підшипники, деталі приладів
Поліаміди	Антифрикційні та діелектричні властивості. Корозійна та хімічна стійкість	Вузли та деталі машин, підшипники, шестерні

Можливості ресурсозберігаючих технологій визначаються використаними конструктивними рішеннями виробів і деталей до їх виробництва.

Основними напрямками розвитку метало- і енергоекономічної техніки та технологій є створення нових та удосконалення існуючих видів енергозберігаючої техніки з жорсткими показниками ресурсозбереження, а також створення й використання техніки для реалізації процесів зміцнення.

Перехід до ресурсозберігаючих технологій передбачає економічне використання трудових ресурсів за рахунок мінімізації витрат живої праці та раціонального використання обладнання, а також матеріалів.

Використання технологічних методів зміцнення та нанесення антикорозійних покриттів, передбачених у кресленнях, сприяє зменшенню маси та підвищенню ресурсу виробів. У сучасній промисловості існують такі методи зміцнення:

- плазмове поверхнєве загартування;
- термічна обробка у захисному нейтральному середовищі;
- створення деталей термодифузією, високотемпературним синтезом;
- зміцнення пластичним деформуванням;
- нівелювання мікрорельєфу високотемпературним потоком;
- використання нових методів зварювання.

Для кількісних оцінок варіантів інженерних рішень та їх ресурсомісткості використовують математичні моделі, які відображають взаємозв'язок показників матеріалів, енерго-і трудомісткості з основними параметрами виробу.

Ефективність витрат матеріалів у сферах проектування та виробництва у загальному вигляді можна визначити за рівнянням

$$K_{\text{пит.м}} = \frac{M_{0\text{min}} + \sum_1^l m_i}{\rho \cdot T_e}, \quad (4.9)$$

де $M_{0\text{min}}$ – мінімальна маса виробів, необхідна для виконання своїх функцій;

m_i – маса витрачених матеріалів на етапі виробництва;

ρ – параметр виробу;

T_e – термін служби вибору

$K_{\text{пит.м}}$ – питома матеріаломісткість на одиницю корисного ефекту за

термін використання.

Видно, що зменшення $M_{\text{оmin}}$, m_i , та збільшення T_c поліпшують показник $K_{\text{пит.м}}$, тобто зменшують його. Таким чином, ресурсозбереження зумовлює зменшення необхідної конструктивної маси, збільшення ресурсу та головного показника за призначенням.

4.8. Основні принципи створення маловідхідних та безвідхідних технологій

Гостра кризова ситуація 1993-1997рр. прискорила процес переоцінки потенційних можливостей подальшого розвитку економіки, призвела до серйозних порушень у функціонуванні всього відновлювального механізму країни, до появи глибоких структурних диспропорцій. Це проявилось у виникненні структурних криз практично в усіх галузях промисловості, загальному відставанні сільського господарства та всієї інфраструктури, у розміщенні виробництв, забрудненні навколишнього середовища, збільшенні кількості неплатоспроможних підприємств, зростанні інфляції (прямої та прихованої), а також у виникненні протиріч у товаро-економічних відносинах з зовнішніми та внутрішніми партнерами.

Один із самих глибоких структурних перекосів в економіці України, пов'язаних з виходом із загальної економічної системи колишнього СРСР, а потім країн СНГ, полягає в очевидній невідповідності ресурсного забезпечення країни потребам розгорнутого відновлення, у добровільній відмові від ринків збуту продукції наймогутніших галузей – машинобудування та радіоелектронної промисловості. Три «нафтових шоки» в період 1992–96 років, викликані збільшенням цін на нафтопродукцію та газ, у найбільшій формі відбилися на економіці України та ряду інших країн СНД. Як наслідок вони призвели до сильного сплеску інфляції (880%), значного дефіциту платіжного балансу, спаду виробництва головних галузей України, зробили паливно-енергетичну проблему однією з найдошкульніших в усьому господарському механізмі.

Все це визначило об'єктивну необхідність прийняття помірних "темрів зростання", швидкої кореляції моделі економічного розвитку, переходу з переважно екстенсивного на інтенсивний шлях відновлення, а також визначення місця України у міжнародному розподілі праці, тобто у формуванні ринків збуту заново. Незважаючи на формальне додержання

принципів Гельсінської та інших домовленостей в масштабі Євросоюзу, ринки з їх жорсткою загостреною конкуренцією чинять опір цьому процесу, тому можлива квазіізоляція України від світової економіки. Позитивне рішення мирного характеру зумовлює необхідність структурної перебудови промисловості та пошуку зовнішніх інвестицій, що також пов'язано зі втратою економічної незалежності на довгий (15 і більше років) період. Це проявляється у зростанні контролю за економікою та політикою з боку зарубіжних інвесторів і передачі вагомої частини національного прибутку за рубіж. Наслідком цього є подальше погіршення добробуту населення України і соціальної сфери у цілому. У загальній концепції структурних перетворень головним було прийнято пріоритетний розвиток «системи самофінансування» на основі командного переходу від загальногромадської (державної) власності у промисловості та сільському господарстві до приватної. Такий перехід з одночасно прийнятим законодавством зумовив подальше руйнування сталих економічних структур і зв'язаного з ними оточення у рамках держави, області, міста, села та підприємства, а у підсумку – подальший спад виробництва та продовження відновлення економіки на основі зовнішніх інвестицій внаслідок обмеженості власних державних національних ресурсів. У цих умовах головним є розвиток пріоритетних технологічно складних виробництв і наукоємних галузей на основі наявного потенціалу оборонного комплексу, підприємств важкого машинобудування, верстатобудування з орієнтацією на раніше створені ринки Східної Європи та Азії. В результаті, виходячи з економічних та екологічних умов, життєво необхідною є економія всіх видів ресурсів, згортання та часткове переміщення за рубіж (в Росію, Казахстан та інші держави) енерго-та матеріаломістких виробництв. Прикладом може бути національна програма України щодо енергозбереження, використання та зберігання тих, що дорого коштують, та енергомістких металів (золота, міді, вольфраму, титану).

Виходячи з жорсткої позиції ресурсозбереження при проектуванні та виробництві, основним шляхом скорочення витрат сировини і розширення виробництва додаткової маси матеріалів є **регенераційне** (повторне) використання відходів та розробка нових конструкційних матеріалів.

Для незалежної України це єдиний шлях усунення дефіциту сировинних та енергетичних ресурсів у виробництві алюмінію, міді, цинку, свинцю та сталі. Загальновідомо, що видобування вказаних матеріалів з відходів

потребує менших на 70-80% витрат енергії порівняно з прямим виробництвом. Про ефективність такого шляху свідчить те, що у світі 35% міді, 45% свинцю, 20% алюмінію одержується з промислових і побутових відходів. Включення їх до матеріального балансу виробництва як складової частини є логічним шляхом до вирішення двоєдиної задачі - усунення сировинних та економічних криз.

В організації керування виробництвом повинні об'єднуватись такі головні елементи:

- виняткова увага до всіх форм ресурсозбереження;
- висока якість роботи та продукції, що випускається;
- спеціалізація та кооперування виробництв при підвищеній точності та гнучкості у відносинах головного виробництва з численними середніми та дрібними підприємствами - субпідрядниками, що втягнуті в єдиний процес;
- економічний та політичний поділ країни на регіони зі збільшенням обсягу задач, які фінансуються та вирішуються самостійно;
- забезпечення самостійного інвестування за рахунок власних коштів.

На будь-якій стадії розвитку основою будуть науковий та технічний прогрес на базі нових технологій, а також сформовані цілісні технологічні системи, які об'єднують виробництво різних рівнів та керування власністю.

Не торкаючись широких проблем і напрямків наукових досліджень, що забезпечують розробку нових технологій, сформулюємо як висновок з викладеного, загальні принципи побудови нових технологій:

1. Кількість операцій для створення продукту має бути мінімальною при одночасній умові концентрації операцій на одному робочому місці.

2. Перехід від сировини (напівфабрикату, заготовки) до виробу не повинен мати переділів.

3. Розміри заготовок мусять максимально наблизитись до розмірів деталей, а деталі - до кінцевого виробу (монолітність).

4. Прийнятий процес перетворення енергії або речовини не повинен супроводжуватись додатковим підведенням енергії або технологічний процес мусить здійснюватись без зовнішніх джерел енергії. Перевагу слід надавати процесам, що проходять з виділенням енергії, яку можливо утилізувати для інших процесів.

5. Усі часткові процеси за місцем, часом та виконанням потрібно об'єднати в один комплексний процес з відповідним обладнанням.

6. Витрати на підготовку виробництва, технологічні засоби, споріднені та допоміжні виробництва не повинні перевищувати критичні за обсягом і часом.

7. Процеси мусять забезпечувати рівноважне або природозахисне користування.

В ідеальному ресурсозберігаючому процесі:

- всі операції виконуються автоматично на одному робочому місці;
 - дія відбувається за рахунок внутрішньої енергії з утилізацією її залишків;
 - керування процесом забезпечується саморегулюванням;
 - одна ступінь переходу від початкового стану (сировина, напівфабрикат)
- до продукту, переділ відсутній;
- маса кінцевого продукту (продуктів) відповідає початковому.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу

1. Амиров Ю.Д., Янговський Г.А. Ресурсосбереження и качество продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 96 с.
2. Алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов: Справ. руководство. – М.: Металлургия, 1972. – 408 с.
3. Валуев Н.А. “Рабочие лошади” для грузовых перевозок // Вестн. воздушного флота. 1996. № 3, 4. – С. 62-65.
4. Даждо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 212 с.
5. Колпаков Ю.Д. Топливо-энергетический комплекс в системе народнохозяйственных связей // Эко. 1983. № 4. – С. 18-32.
6. Крысин В.Н., Крысин М.Н. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. – М.: Машиностроение, 1989. – 290 с.
7. Хукьянец Т.И. Экономия материальных ресурсов: Справочник. – К.: Политиздат Украины, 1986, – 253 с.
8. Покараев Г.М., Евдокимов Д.К., Зайцев А.Л. Экономия материальных ресурсов. Планирование, организация, эффективность – М.: Экономика, 1988. – 282 с.
9. Пентл Р. Методы системного анализа окружающей среды. – М.: Мир, 1979. – 395 с.
10. Таусон Л.В. НТР и минеральное сырье // Природа. 1987. № 2. – С. 89-98.
11. Человечество перед выбором. Экология и экономика // Эко. 1992. № 11. – С. 57-72.

5. Оцінка досконалості технологічних систем і технологічних процесів

5.1. Фактори, що визначають ефективність варіантів нової техніки та технології

Впровадження й широке використання результатів НТП у вигляді нової техніки та технологій супроводжується скорим і помітним впливом на економічні, соціальні й технологічні аспекти діяльності людини. Ці процеси в ряді випадків безповоротні. Наприклад, широке використання вуглеводневих природних ресурсів (нафта, газ), деяких інших об'єктів природи призвело до їх безповоротного зменшення або зникнення взагалі. Перехід від монотонної ручної праці до високоавтоматизованого виробництва довів неперестигність першого. Пішло у далеке минуле те, що людину задовольняла будь-яка праця, навіть в умовах, близьких до екстремальних для її існування.

Відомо, що результати НТП проявляються у покращанні якості продукції, зниженні витрат при її виробництві, а також тиражуванні продукції у потрібних для суспільства обсягах, тобто у кількісному задоволенні потреб.

Водночас досягнення більш суттєвих результатів, які відрізняються значним зростанням ефективності суспільної праці, потребують високих витрат на нововведення, що обмежує можливості маневрування при небажаних результатах і веде до прагнення компенсувати невдачу новими витратами.

Однак витрати відтворюються не завжди, особливо коли проблема набуває соціального значення. Тому зараз значні виробничо-технологічні проекти на найраннішій стадії потребують глибокого врахування наслідків з оцінкою ступеня ризику у різних сферах використання.

Наприклад, вирішення проблем автоматизації виробництва пов'язано із значними капітальними витратами та низькою фондовіддачею. Так, промисловий робот (ПР) обходиться приблизно у вартість, створену людиною протягом трьох років (приблизно \$ 18 тис.), ГВС - відповідно \$5-6 млн., або 1000 людино-років і фактично визволяє 15-20 робітників.

Вартість одиниці обладнання зростає у 30 разів, а продуктивність - тільки у 2,5-3 раза. Фондовіддача погіршується в 1,2-1,5 раза. Це означає, що

при традиційній економічній оцінці така автоматизована технологія явно не вигідна. Але водночас автоматизація забезпечує зміни не тільки у виробничому процесі, а й у процесі керування, організації та обробки інформації, завдяки чому більш значною виявляється непряма, побічна економія від зміни організаційних факторів, до яких відносяться:

- зменшення тривалості підготовки та здійснення завдяки ліквідуванню міжопераційних і транспортних затримок;
- покращання якості продукції, її конкурентоспроможності та задоволення попиту на більш високому рівні;
- поліпшення умов праці завдяки автоматизації та вилученню неприємних для людини видів і форм праці;
- підвищення ефективності кооперування у постачанні сировини, матеріалів і готових виробів.

Таким чином корисність технологій може бути оцінена технічним, економічним, організаційним або соціальним ефектами, тобто результатами в різних формах проявлення (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Види корисного ефекту від прийняття нових рішень в техніці та технології

5.2. Види та складові ефекту від використання нової техніки і технології

Найбільшу популярність в офіціальних оцінках промислових новацій, що використовуються, одержав зумовлений прагненням до накопичення капіталу **економічний ефект**, що полягає у прирості національного прибутку за рахунок підвищення продуктивності праці для суспільства в цілому, а для конкретного підприємства – господарський, або **господарсько-розрахунковий ефект**. **Соціальний ефект** від нових технологій характеризується вдосконаленням суспільних відносин, змінами в економічному середовищі, змістом умов праці, всебічним розвитком особи.

Поняття **“технічний ефект”** застосовується для порівняння характеристик варіантів техніки та технології за показниками їх досконалості (наприклад, показники за призначенням, маса виробу, вид заготовки, витрати на паливе, ремонтоздатність тощо). Ці показники не залежать від розмірів виробництва або індивідуальних особливостей підприємства і використовуються для об'єктивного зіставлення вітчизняної та зарубіжної техніки. Технічні показники конкретні, однак не означають безпосередньо витрат суспільної праці.

Організаційний ефект використовують для оцінки можливості виготовлення виробів потрібної якості у призначеній кількості при наявній або тій, що створюється, структурі виробництва підприємства. Організаційний ефект вимірюється у натуральних одиницях: довжина циклу, структура (склад) підприємства або робочих місць, рівень спеціалізації виробництва.

Спеціальний, або стратегічний ефект зумовлюється ліквідацією дефіциту будь-якого ресурсу або має загальнодержавне значення – захист держави та її незалежності.

Види ефекту та їх приблизні складові наведено у табл. 5.1.

5.3. Загальна оцінка технологічних систем і процесів

Звичайна технологічна система характеризується виходом. Якщо всіх властивостей операнда на виході додержано, то меж функціонування системи досягнуто. Водночас технологічна система може бути охарактеризована за якістю узагальнених операторів - якістю технології, досконалістю обладнання, що використовується, та інших засобів виробництва, кваліфікацією виконавців, якістю керування та керуючої інформації, зовнішнім середовищем. Якщо процес виробництва не забезпечує потрібного перетворення операнда, то аналіз цих узагальнених операторів (P, M, TS, I, U) дозволяє виявити причину невідповідності.

Корисність процесу створюється досконалими діями та визначається зміною властивостей операнда, а також побічними виходами, які можуть збільшити або зменшити корисність.

Сукупним показником, що дозволяє оцінити та порівняти процес з іншими, є його ефективність, визначена як "вартість корисного ефекту", тобто $n = \text{корисність} / \text{витрати}$.

Витрати на здійснення перетворень охоплюють усі пов'язані з цим витрати незалежно від того, чи є вони операндами, побічними входами або операторами.

Це можуть бути витрати на виконання операцій, на енергію, основні та допоміжні матеріали, заробітну плату, обслуговування, накладні та соціальні відрахування і т.п.

Для однозначної оцінки або характеризування технологічного процесу визначаються показники цінності його результату або властивостей.

Сукупність цих показників (табл. 5.2) може бути розділена на три категорії: технічні, економічні, нормативні або планові. Формально процедура порівняння і оцінки технологічного процесу (у цілому) зводиться до надходження оцінок для кожної властивості у чисельному або якісному виразах. Як приклад у табл. 5.3 наведено порівняння базових процесів передачі енергії за якісними оцінками.

Примірні показники технологічного процесу

Структурний елемент системи	ПОКАЗНИКИ		
	Технічні	Економічні	Нормативні Планові
"Вхід-вихід"	Матеріали, стан ,розміри, форма, якість поверхні, квалітети, тиск, температура тощо	Ціна, витрати	Кількість Терміни постачання
Технологія ПА	Склад операцій ,послідовність, режим обробки	Витрати	Час роботи Оператор Робоче місце
Оператор обладнання TS	Надійність, функціональні, експлуатаційні, ергономічні, маніпуляційні (мобільність) властивості	Ціна витрати експлуатації	Кількість Термін постачання
Керуюча інформація	Тип інформації та її джерела	Витрати	Термін Оператор Робоче місце
Зовнішні умови, оточення	Фізичні: розміщення, потреба простору, температура, шум. Психологічні: робоча атмосфера. Соціальні: побутові, суспільні умови	Витрати, продуктивність праці, економічна ситуація	Термін Оператор Робоче місце

Таблиця 5.3

Оцінка базових процесів передачі енергії *

Показники процесу	Спосіб		
	Механічний	Гідравлічний	Електричний
Велика відстань	-	-	++
Керованість	-	+	+
Безпечність	-	-	-
Економічність	+	-	-
Мобільність	-	+	++
Вартість	-	-	+
Екологічність	+	-	+

*) оцінку наведено за загальними показниками: - - неможливо; + - можливо; ++ - віддається перевага.

5.4. Бізнес-оцінка впливу технологій на господарську діяльність

Для оцінки господарської діяльності та впливу на неї прийнятих технологій використовують поняття про економічну ефективність, що відображає громадські витрати живої та уречевлюваної праці.

На рівні країни використовують поняття ВВП і ВНД. Для конкретної галузі визначають річний економічний ефект як різницю зведених витрат Z_i , що відображають втрачену вигоду та капітал K і прямі витрати C (собівартісті) на виробництво, тобто

$$Z_i = C + E_H \times K,$$

де K, C – необхідні номінальні та поточні витрати, а E_H – нормативний прибуток на одиницю капіталовкладень. Для вже сформованого ринкового господарства норма прибутку $E_H = 0.1 \dots 0.25$ характеризує крайній мінімальний прибуток на капітал. Через те, що випуск і реалізація продукції здійснюються в межах певного часу T , втрачений прибуток можна врахувати як $(1 + E_H)^T$, а за час освоєння капіталовкладень $K_T = K \times (1 + E_H)^T$.

Втрачений прибуток (незавершене виробництво) зменшує загальний ефект пропорційно кількості вкладених капіталів на перших етапах виробництва. Це підтверджує доцільність скорочення циклу підготовки виробництва паралельного запуску у серійне виробництво серійного та дослідного літаків, закупівлі дорогих комплектуючих на останніх стадіях виробництва літака. Водночас для споживача вартість виробів – це його капіталовкладення, тому зміна режиму їх роботи або невикористання через будь-які обставини (відмова внаслідок ненадійності, невідповідності до експлуатації або простій) виявляється у втратах $E_H K$ за рік або $E_H K T_{\text{плл}} / 12$, якщо невикористання менше року. Відношення $T_{\text{плл}} / 12$ характеризує ступінь використання засобів виробництва. У машинобудуванні значення $1 - T_{\text{плл}} / 12$ дорівнює коефіцієнту завантаження або використання техніки.

При економічній оцінці можливих варіантів технологічних процесів виконують порівняння зведених витрат альтернативних варіантів – базового та досліджуваного. При цьому треба додержати умови за терміном, обсягом і видом продукції. Базовий варіант повинен відповідати найпрогресивнішому на даний момент у світовій практиці, тобто подавати найкраще рішення.

Приріст національного прибутку за рік при обсязі продукції A_2 становить

$$\epsilon = (Z_1 - Z_2) = A_2 \times (C_1 - C_2) + E_H \times (K_1 - K_2),$$

а крайній термін окупності капіталовкладень складає

$$T < \frac{1}{E_H} = (K_2 - K_1) / (A_2 \times (C_1 - C_2)) \text{ років.}$$

Звідси можна встановити критичні значення обсягу виробництва A_2^{KP} або продуктивності прийнятої технології:

$$A_2^{KP} = E_H \times (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2).$$

Можливий випадок, коли у споживача при експлуатації виробу (або використанні технології) зростає продуктивність праці, а також збільшується термін використання обладнання. В цьому разі оцінку ведуть з перерахуванням на "еквівалентні" витрати, а прибуток

$$\epsilon = \left[Z_1 \times \frac{B_2}{B_1} \times \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{I_1 - I_2 - E_H \times (K'_2 - K'_1)}{P_2 + E_H} - Z_2 \right] \times \Delta_2,$$

де B_2 / B_1 - підвищення продуктивності;

P_1, P_2 - відрахунки на реновацію (відновлення основних фондів);

I_1, I_2 - витрати виробництва;

K'_1, K'_2 - супутні витрати.

5.5. Економічні показники технологічного процесу

Вибір конкретного технологічного процесу за економічними показниками є одним з основних при прийнятті рішення про його реалізацію.

Для розрахунків приймається поняття «прибуток» $\Pi = \Pi - I_{BP}$, як різниця між ціною Π і витратами виробництва I_{BP} .

У загальному випадку ціна $\Pi = I_{BP} + D$, де D - прибуткова ставка на витрачений капітал.

Річний господарсько-рахунковий ефект дорівнює приросту прибутку, одержаного за рахунок зниження собівартості, кращого використання ресурсів і виробничих потужностей та надбавок за підвищення якості продукції, тобто

$$D = \sum \Delta \Pi_j + E_H \times \Delta K_j,$$

де $\Delta \Pi_j$ - приріст прибутку за j позицію, ΔK_j - зміна капіталовкладень.



Рис. 5.2. Витрати на новації у матеріальній сфері діяльності

Витрати виробництва складаються з матеріальних (рис. 5.2) і нематеріальних, тому

$$I_{BP} = C_{\Phi J} + C_{NB} + \sum P_B + P_P + P_{\Delta \text{ДЧ}} + \dots, \quad (5.1)$$

де $C_{\Phi J}$, C_{NB} - виробничі та невиробничі витрати відповідно;

P_B - оплата банку за кредити; P_P - рентні платежі; $P_{\Delta \text{ДЧ}}$ - виплати за податковим законодавством.

Собівартість виробництва, у свою чергу, складається із структурної собівартості (цехової) - $C_{ЦЕХ}$ та витрат від браку - $C_{БР}$, витрат на освоєння - $C_{ОСВ}$ та загальнофірмових - $C_{ІЗ}$:

$$C_{\Phi J} = C_{ЦЕХ} + C_{БР} + C_{ОСВ} + C_{ІЗ}. \quad (5.2)$$

Тут

$$C_{ЦЕХ} = C_M + C_{ТЕХ}, \quad (5.3)$$

де C_M - вартість матеріалів, а $C_{ТЕХ}$ - технологічна собівартість.

Величина витрат на матеріали визначається з урахуванням коефіцієнта використання матеріалу K_{BM} , ціни матеріалу C_M та ціни відходів $C_{ВІДХ}$:

$$C_M = \sum \frac{G_{дет}}{K_{BM}} \times \{C_M - C_{ВІДХ} \times (1 - K_{BM})\},$$

де $G_{дет}$ – маса деталі.

Якщо прийняти технологічну собівартість за параметр, то запишемо повну (фактичну) собівартість $C_\phi = (1 + H) \times C_T$ яка перевищуватиме технологічну у 5-6 разів (H – накладні витрати). Таким чином, на кожну гривню або долар технологічної собівартості буде накручено 5-6 гривень чи доларів. Тому будь-яке зниження собівартості має виняткове значення.

Для виявлення факторів і шляхів керування технологічною собівартістю розглянемо її структурні складові. До них відносять витрати:

C_3 – на зарплату;

$C_{ОБ}$, $C_{ОСН}$, $C_{ИИ}$ – на обладнання, оснащення та інструмент;

$C_{ЕКСП}$ – експлуатаційні (енергія, приміщення, транспорт тощо);

C_H – невиробничі.

$$\text{Тоді } C_T = C_3 + C_{ОБ} + C_{ОСН} + C_{ИИ} + C_{ЕКСП} + C_H. \quad (5.4)$$

Величина витрат на зарплату

$$C_3 = \sum t_{шт} \times \alpha \times K_1 \times K_2, \quad (5.5)$$

де $\sum t_{шт}$ – трудомісткість;

α – тарифна ставка;

K_1 , K_2 – доплати за кваліфікаційну різницю та доплати за доповнювальні функції (якість, ритмічність).

Витрати на обладнання на одиницю продукції:

$$C_{ОБ} = \sum_i^k \alpha_i \frac{\bar{C}_{ОБ}}{Q_{шт_i}} \times \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}, \quad (5.6)$$

де α_i – амортизаційні відрахування;

$\bar{C}_{ОБ}$ – вартість обладнання;

K_{ij} – коефіцієнт завантаження обладнання j-м видом продукції;

$Q_{шт_i}$ – обсяг виробництва.

При заданому фонді Φ_d

$$K_{ij} = \frac{\sum t_{шт} \times Q_i}{\Phi_0},$$

тобто

$$C_{ОБ} = \bar{C}_{ОБ} \times \frac{\sum t_{шт}}{\Phi_0} \times \alpha_i. \quad (5.7)$$

Звідси випливає, що при збільшенні обладнання вносить у собівартість витрати незалежно від обсягу у $\bar{C}_{ОБ} \times \alpha_i / \Phi_0$ за кожну годину. Ці витрати на одиницю продукції будуть меншими, якщо більшим буде обсяг виробництва (5.6).

Витрати на оснащення

$$C_{ОСН} = \sum \frac{C_{ОСН}}{Q_{шт}} = \frac{\sum C_{ОСН_{ун}} \times \alpha}{Q_{шт}} + \frac{\sum C_{ОСН_{ор}}}{Q_{шт}}, \quad (5.8)$$

де $C_{ОСН_{ор}}$, $C_{ОСН_{ун}}$ – вартість оригінальної та уніфікованої оснастки. Чим вище рівень уніфікації, тим меншою буде ця частина собівартості завдяки повторному використанню уніфікованих частин.

Коефіцієнт амортизації $\alpha = 0,125$.

Витрати на інструмент – $C_{III} = \bar{C}_{III} \times \frac{\tau_{опер}}{\tau_{см}}$. Вони залежать від обсягу обробки $\tau_{опер}$ та стійкості інструменту $\tau_{см}$.

$C_{експл} = \alpha_2 \times F$ – експлуатаційні витрати, пов'язані з реалізацією процесу на виробничій площі F , α_2 – коефіцієнт на одиницю площі.

Аналіз складових технологічної собівартості (5.4) – (5.7) вказує на такі шляхи зниження витрат :

1. Зменшення працевитрат ($t_{шт}$) пропорційно знижує собівартість. Тому технологія з більш високою продуктивністю зумовлюватиме меншу собівартість продукції, але зростатиме доля витрат на обладнання, оснащення та інструмент (постійні витрати).

2. Недовантаження обладнання веде до збільшення витрат на одиницю продукції, а також потребує вирішення проблеми гнучкості та універсальності технологічного обладнання, щоб забезпечити зростання $Q_{шт} \cdot \sum K_{ij} \rightarrow 1$, тобто завантаження обладнання.

3. Аналогічні вимоги стосуються оснащення. Збільшення уніфікованих

виконань суттєво зменшує витрати на оснащення завдяки багаторазовому його використанню та розподілу, вартості на більший обсяг виробів. Оригінальне оснащення при невеликих обсягах виробництва себе не виправдовує.

4. При використанні обладнання трудомісткість складається з часу, витраченого на основну роботу та допоміжну $t_{доп}$, необхідну для приведення технологічної системи до готовності (заміна інструмента, закріплення деталей, підведення інструмента у початкову точку), тобто операційний час

$$t_{оп} = t_o + t_{доп}.$$

Поряд з цим витрачається час на обслуговування робочого місця – $t_{обсл}$, налагодження штампів та інструментів – $t_{пз}$ (підготовчо-заклучний час). Тому загальні витрати характеризуються за штучним $t_{шт}$ або штучно-калькуляційним $t_{шт-кал}$ часом:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{пз} + t_{обсл}, \text{ а для партії деталей } Q \text{ } t_{шт-кал} = t_{оп} + t_{пз} / Q,$$

тобто за рахунок збільшення партії деталей можна зменшити поштучний час.

Наявність автоматичного режиму дозволяє впровадити багатостатне обслуговування для виконання допоміжних дій одночасно з основними. За рахунок цього можна скоротити цикл виготовлення майже до 50 %, тобто підвищити продуктивність удвічі.

Операційний час визначається прийнятими режимами обробки, наприклад, подачею, швидкістю та глибиною різання. За рахунок доцільного вибору цих параметрів можна зменшити трудомісткість і кількість верстатів.

Таким чином, головними економічними показниками, за якими оцінюється рівень технологій, є:

- трудомісткість виконання роботи у людино-годинах;
- собівартість цієї роботи у грошових одиницях;
- обсяг капіталовкладень на організацію та виконання роботи за технологічним процесом;
- тривалість виробничого циклу у годинах;
- час технологічної підготовки виробництва.

Для оцінки ступеня прогресивності технологій використовують також натурні технічні показники :

- продуктивність ;
- універсальність та гнучкість (можливість переналагодження);
- ступінь автоматизації;

- установлена потужність;
- кількість операторів.

Ці показники разом з економічними утворюють систему техніко-економічних показників.

5.6. Оцінка конструктивно-технологічних рішень у літакобудуванні за витратами

Під конструктивно-технологічним рішенням (КТР) розуміють комплексне рішення конструкції літака або його частини та відповідної технології для створення і експлуатації літака із заданими технологічними і економічними показниками. Цю проблему вирішують під час технологічної підготовки виробництва.

Безвідносно до призначення машини, яку створюють, або іншого виробу критерієм прогресивності КТР є зростання продуктивності сукупної праці, яку витрачено на виготовлення та вживання виробу, що відповідає мінімуму

витрат, тобто $\left\{ \sum_i^n Q_i \times C_{\tau_i} \right\}_{min}$, де Q_i - обсяг продукції, C_{τ_i} - вартість

одиниці продукції. При оцінюванні конкретного варіанта в межах однієї галузі це відповідає мінімальним зведеним витратам (5.5).

Для повітряного транспорту споживча вартість (або просто вартість) виконаної корисної роботи або ефекту:

$$R = G_k \times L \times (D - a), \quad (5.9)$$

де G_k - маса комерційного навантаження, т;

L - дальність перевезення за весь час експлуатації, км;

a - собівартість тонно-кілометра (грн., дол.);

D - добутова ставка (грн, дол.).

Оскільки $L = V_{крейс} \times T$, де $V_{крейс} = 0,8 \times V_{крейс}$ - рейсова швидкість (км/год),

T - ресурс літака (год), то $R = G_k V T (D - a)$, де $G_k V$ - продуктивність за годину.

Витрати на використання літака

$$S = \frac{S_{проект}}{N} + S_{вир} \times (1 + \alpha_{рем}) + S_{експл}, \quad (5.10)$$

де $S_{проект}$, $S_{вир}$, $S_{експл}$ - витрати на проектування, виробництво та

експлуатацію відповідно.

Величина $\alpha_{рем}$ враховує витрати на ремонт, заміну двигунів, обладнання, ресурс яких менше ресурсу планера літака.

Розглянувши співвідношення між витратами за життєвий цикл, маємо

$$S = \frac{S_{проект}}{N} : S_{вир} \times (1 + \alpha_{рем}) : S_{експл} = 0.05 : 0.2 : 1, \quad (5.13)$$

що дає можливість оцінити вплив на витрати різних сфер виробництва та експлуатації. Оскільки порівнюються різномірні об'єкти в різних сферах (виробництво та експлуатація), то оцінці підлягають ефективність та життєвий цикл, тобто

$$\eta = \frac{R}{S_{сам}}$$

Так, зменшення початкової вартості вдвічі веде до підвищення ефективності на 15%, а подальше її зниження буде зменшувати відносний приріст ефекту.

Збільшення ресурсу прямо пов'язано з ефективністю і у п'ять разів більше впливає на ефект, ніж початкова вартість літака. Тобто якщо КТР дозволяє, наприклад, збільшити міцність і ресурс (довговічність), а приріст витрат на виробництво не змінюється, то таке КТР винятково прогресивне. Якщо зростає тільки ресурс при одночасному зростанні витрат на виробництво, то рішення вигідне, поки збільшений у п'ять разів відносний приріст витрат не перебільшує відносного приросту довговічності.

Аналогічно враховується вплив зміни маси (чотирикратне збільшення відносних витрат). Покращання якості зовнішньої поверхні, аеродинамічного компонування, тобто зменшення коефіцієнта опору при нульовій підйомній силі, дозволяє 12-15-кратне збільшення відносних витрат на виробництво. Це дає змогу оцінити основні заходи щодо поліпшення ЛТХ літака за рахунок зниження маси, покращання аеродинамічної якості та зростання довговічності (ресурсу).

Наприклад, постановка високоресурсних заклепок збільшує ресурс з 5000 до 20000 год, тобто у чотири рази. Вартість постановки однієї заклепки збільшується з 5 до 15-25 коп.

Допустиме збільшення вартості виробництва

$$\frac{S_{\text{нове}}}{S_{\text{старе}}} = \frac{T_{\text{нове}}}{T_{\text{старе}}} \times 5 = 20.$$

Крайні витрати на одну заклепку:

$$C_{\text{тп}} \times S_{\text{нове}} = 5 \times 20 = 100 \text{ коп} > 25 \text{ коп}.$$

Це свідчить про ефективність цього заходу та сумісність конструкторського та технологічного рішень. Якщо за витратами буде незадовільний результат, треба вдосконалювати наявну технологію або застосовувати більш продуктивну.

Зменшення маси можна досягти за рахунок додаткової механічної обробки, використання нових (з більшою питомою міцністю) матеріалів та ін., тобто заходами, які збільшують початкову вартість літака.

5.7. Оцінка технологічних і технічних систем за допомогою функціонально-вартісного аналізу

Для відповіді на питання про придатність технологічної системи необхідно: визначити її властивості згідно з задачею, що вирішується; встановити заходи для оцінки визначальних властивостей; здійснити якісну або кількісну оцінку виявлених властивостей; за результатами оцінки здійснити вибір за наявності альтернативи.

Залежно від змісту об'єкта оцінки можливі три типи рішень:

1. Для вже реалізованої технологічної системи оцінити властивості порівнянням з еталонними (паспортними або проектними), тобто визначити систему.
2. Для досягнення заданої мети (вимог) серед відомих рішень вибрати потрібне.
3. З набору проектних рішень, що технічно відповідають поставленій задачі, вибрати найкраще.

У процесі оцінки виконуються такі операції:

- визначення виду узагальненого показника, що відповідає поставленій меті;
- вибір критеріїв оцінки (визначення властивостей);
- визначення значень критеріїв;
- перетворення оцінок в узагальнені показники.

Пояснимо деякі поняття і особливості виконання наведених операцій.

Об'єктивна цінність технологічної системи, що приймається, визначається наслідками її використання, тобто результатами у сферах виробництва та застосування.

Візьмемо, наприклад, експлуатацію нових літаків. Тут залежно від області дії цих наслідків цінність зробленого буде різною:

1. **Технічна цінність** – у вигляді сукупності якостей технічних властивостей такої системи: її структурний склад, функціонування (продуктивність, якість продукції), а також забезпечення функціонування (обслуговування, ремонт, ступінь використання ресурсів); для конкретних структурних елементів, технологічних систем, що використовують і виробляють продукт у вигляді машин, автоматичних ліній, – їх технологічність.

2. **Економічна цінність** – сукупність якостей економічних властивостей, які визначають витрати ресурсів і результатів у грошовому вигляді або в еквіваленті.

3. **Споживча цінність** – у вигляді властивостей, що задовольняють потреби людей у даному виді продукції або результаті.

4. **Сукупна цінність** як загальний результат виконання всіх властивостей виробів або технологій.

Відносно конкретного виробу вираз показників може бути абсолютним або відносним, для чого визначається "ідеальний процес" або виріб. Прикладом відносного показника є економічна ефективність.

Пов'язуючи поняття відносної технічної цінності з відотною економічною цінністю, наприклад, у вигляді S-діаграми, можна оцінити ступінь наближення технологічного рішення до бажаного.

Внаслідок множення елементів системи та виявлення властивостей вибір критеріїв, тобто визначальних властивостей, потребує розглянути властивості структурних елементів більш високих рангів. Вибір властивостей виконується з урахуванням можливості їх кількісної оцінки та мети, яку поставлено.

При об'єднанні оцінок різних критеріїв в узагальнений показник важливо використати абсолютні показники через вираз властивостей у різних одиницях. Можна провести оцінку у грошовому виразі (наприклад, при визначенні сукупних витрат) або застосувати оцінку за балами (наприклад, за значущістю – питомою вагою або глибиною реалізації властивостей), наприклад у відсотках.

Узагальнювальну оцінку подають як вектор $P_{\text{сум}}$ у багатовимірному просторі з використанням середнього геометричного, тобто як суму оцінок часткових властивостей P_i . Результат оцінки залежить від об'єктивності прийнятих одиниць вимірювання.

Якщо $P_1 \dots P_n$ – бальні оцінки критеріїв; $g_1 \dots g_n$ – значущість (вага) критеріїв; p_0 – бальна оцінка ідеального варіанта, то

$$P_1 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \text{ – абсолютне середнє арифметичне;}$$

$$\bar{P}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n \times p_0} = \frac{P_1}{P_0} \text{ – відносне середнє арифметичне;}$$

$$P_3 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times g_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \text{ – зважене абсолютне середнє арифметичне;}$$

$$P_4 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times g_i}{\sum_{i=1}^n g_i \times p_0} = \frac{P_3}{P_0} \text{ – зважене відносне середнє арифметичне;}$$

$$P_5 = \sqrt[n]{P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n} \text{ – абсолютне середнє геометричне;}$$

$$P_6 = \frac{P_5}{P_0} \text{ – відносне середнє геометричне;}$$

$$P_{\text{сум}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i^2} \text{ – абсолютний вектор;}$$

$$P_{\text{відн}} = \frac{P_i}{P_0} \text{ – відносне значення.}$$

Уявлення технологічного процесу як послідовності перетворень, здійснених у технологічній системі, дозволяє визначити структурні елементи їхніми (засоби та предмети праці) згідно з їхніми функціями, повноту (достатність або надмірність) цих функцій. При аналізі стану операнда (предмета праці) встановлюється результат (ефект) як на окремих стадіях процесу, так і кінцевого продукту.

Водночас диференційовано визначаються витрати на функціонування та одержання результату.

Метод системного дослідження функцій об'єкта (виробу, машини,

процесу, структури), спрямований при збереженні споживчої цінності об'єкта на зниження витрат ресурсів протягом життєвого циклу, одержав назву функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Найбільшого поширення ФВА набув у електронній промисловості внаслідок об'єктивного відображення зв'язку структури та функцій, що виконуються виробами, а також у машинобудуванні.

Основними наслідками ФВА є :

- попередження виникнення зайвих витрат на етапах формування концепцій і проектування виробу чи процесу;
- скорочення невиправданих витрат і витрат під час виробництва та використання технологічної (технічної) системи;
- досягнення розумного співвідношення між споживчою вартістю (ефектом) і витратами (ціною, собівартістю).

За допомогою методу ФВА вирішуються такі питання :

- зменшення собівартості та підвищення якості продукції;
- зниження матеріаломісткості, трудо- і енергомісткості;
- зменшення експлуатаційних і транспортних витрат;
- заміна дефіцитних або імпорتنних матеріалів;
- скорочення заділів та незавершеного виробництва протягом циклу.

Основні принципи ФВА:

- функціональний підхід (розгляд об'єкта не у конкретній предметній формі, а як комплекс функцій, для яких він призначасться);
- системний підхід (вивчення кожної функції як самостійної підсистеми, що реалізується сукупністю матеріальних елементів та їх стосунків, у тому числі підсистем більш високого рангу);
- оцінка витрат на функції об'єкта (на їх матеріальні носії) на всіх стадіях життєвого циклу (проектування, виробництво, експлуатація);
- відповідність значущості, якості та корисності функцій для споживача витратам на їх реалізацію;
- використання методів оптимізації.

Форми ФВА при оцінці системи відповідають трьом типам задач:

1. **Коректуюча** – для вже створених об'єктів, наприклад, при відпрацюванні виробу на технологічність з метою виявлення зайвих витрат, а

також резервів економії матеріальних ресурсів.

2. **Інверсійна** – для систематизації процесу пошуку сфер використання вже спроектованих об'єктів і забезпечення вибору найефективнішої системи, тобто споживача, в якій відповідно до об'єкта, що використовується, здійснюється пошук шляхів найкращого використання відходів і другорядних продуктів виробництва, а також проведення уніфікації об'єктів.

3. Повна форма ФВА використовується на стадіях НДР і ДКР при проектуванні нових об'єктів, щоб уникнути неефективних рішень.

Під функцією ФВА розуміють виявлення та збереження властивостей об'єкта у визначеній системі стосунків, що проявляються, наприклад, у вигляді дій або станів.

Розрізняють зовнішні функції, які відображають функціональні стосунки системи у цілому із зовнішнім середовищем, та внутрішні функції, що реалізуються елементами системи.

Під час аналізу оцінюється кількість витрат на реалізацію функцій, що досліджуються, на етапі виробництва, або операцій технологічного процесу. Водночас відображається ступінь їх корисності для кінцевого результату.

Некорисні елементи та функції виключаються. Елементи системи, що потребують витрат понад лімітів ресурсів, замінюються. В результаті система, що проектується або поліпшується, наближається до ідеальної. Її оцінка може бути кількісною на основі норм витрат ресурсів, або якісною на базі експертних оцінок.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу

1. Амиров Ю.Д. Основы конструирования. Творчество, стандартизация, экономика: Справ. пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 397 с.
2. Беляков И.Т., Борисов Ю.Д. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
3. Моисеева М.К. Функционально-стоимостный анализ. Теория и практика. Ч.1. Зарубежный опыт. Сер. 9. Экономика и системы управления. – М.: Машиностроение, 1982. – 420 с.
4. Саркисян С.А., Старик Д.Э. Критерии оценки экономической эффективности больших технических систем //Тр. МАИ. М., 1974. Т. 295. С. 68 – 76.

Боборикін Юрій Олександрович
Сікульський Валерій Терентійович
П'янков Андрій Володимирович

Основи технології літакобудування

Книга 1

Загальні принципи побудови технологій

Редактори: В.М. Коваль, Л.О. Кузьменко
Коректор Т.В. Савченко

Зв. план, 2000

Підписано до друку 30.08.2000

Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.

Умовн.-друк. арк. 6,4. Облік.- вид. арк. 7,2. Т. 250 прим.

Замовлення І09 Ціна вільна

Державний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"
61070, Харків – 70, вул.Чкалова, 17
Ротапринт друкарні "ХАІ"
61070, Харків – 70, вул.Чкалова, 17