

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# Організація та управління хімічними підприємствами

У ДВОХ ЧАСТИНАХ

## *Частина 1*

*Рекомендовано вченою радою Київського національного університету  
будівництва і архітектури як навчальний посібник  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія»  
за ОПП «Новітні технології стінових  
і оздоблювальних матеріалів»*

Київ 2025

УДК 331.015.+65 : 691+624.01 (0 75.8)

О-72

Автори: А.А. Майстренко, канд. техн. наук, доцент;  
Н.О. Амеліна, канд. техн. наук, доцент;  
О.Ю. Бердник, канд. техн. наук, доцент;  
Є.М.Петрикова, канд. техн. наук, доцент.

Рецензенти: Л.О. Шейніч, д-р техн. наук, професор, ДП  
«ДНДІБМ»;

Ю.В. Цапко, д-р техн. наук, професор, КНУБА;

І.І. Руденко д-р техн. наук, професор;

ТОВ «Сервіс технологій плюс»

*Затверджено на засіданні вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 6 від 27 березня 2025 року.*

О-72 **Організація** і управління хімічними підприємствами: навчальний посібник у двох частинах – Ч.1. / А.А. Майстренко та ін. – Київ : КНУБА, 2025. – 182 с.

ISBN 978-966-624-283-9

Викладено наукові основи організації виробничих процесів і управління підприємствами хімічної галузі, методологію пошуку та прийняття рішень для управління такими підприємствами. Значну увагу приділено питанням організації виробничих процесів у часі і просторі, основам функціонування сучасних систем виробничої інфраструктури та інші проблеми виробничої діяльності підприємств хімічної галузі.

Призначений для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія», практичних фахівців підприємств, а також для всіх, хто бажає здобути систематизовані знання з організації виробництва самостійно.

УДК 331.015.+65 : 691+624.01 (0 75.8)

© А.А. Майстренко, Н.О. Амеліна,  
О.Ю. Бердник, Є.М. Петрикова 2025

© КНУБА, 2025

ISBN 978-966-624-283-9

## Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА .....	6
1.1. ВИРОБНИЧА СИСТЕМА .....	6
1.2. ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС .....	15
1.3. ОРГАНІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ .....	39
1.4. ОРГАНІЗАЦІЯ ТРУДОВИХ ПРОЦЕСІВ.....	65
Контрольні запитання .....	85
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ .....	87
2.1. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ .....	87
2.2. МЕТОДОЛОГІЯ ПОШУКУ Й ВИБОРУ РІШЕНЬ.....	93
2.3. МЕТОДИ Й МОДЕЛІ РІШЕННЯ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКИХ ЗАДАЧ.....	105
2.4. ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	134
Контрольні запитання .....	140
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ .....	141
3.1. ВИРОБНИЧА СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА.....	141
3.2. ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ .....	143
3.3. ВИРОБНИЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІДПРИЄМСТВА .....	147
Контрольні запитання .....	156
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА.....	157
4.1. ЗАВДАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА .....	157
4.2. ОРГАНІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ЗБУТУ .....	160
4.3. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНОЇ СЛУЖБИ ПІДПРИЄМСТВ .....	163
4.4. ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	166
4.5. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	168
4.6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	171
4.7. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА. ....	176
Контрольні запитання .....	179
Список літератури .....	180

## ВСТУП

Навчальна компонента «Організація і управління хімічними підприємствами» орієнтована на засвоєння наукових основ організації виробничих систем і процесів в цих системах у сфері виготовлення продукції хімічної галузі. Основну увагу приділено принципам, методам і засобам створення доцільних за структурою і здатних ефективно функціонувати.

*Завданням дисципліни є набуття здобувачами*

- знань з теорії організації виробничих процесів; принципів і методів організації виробничих процесів в основних, допоміжних і обслуговчих підрозділах підприємств; методології дослідження і проектування виробничих процесів і систем;
- умінь з використання основних положень теорії організації виробничих процесів для аналізу і синтезу виробничих систем; організації виробничих процесів на робочих місцях, технологічних лініях, виробничих ділянках, в цехах основного і допоміжного виробництва; дослідження і проектування виробничих процесів і систем.

Навчальна компонента є базовою в професійноорієнтованій підготовці фахівців з хімічної технології та інженерії.

Виробництво як цілеспрямований процес перетворення ресурсів у продукцію потребує розв'язання низки проблем:

- розміщення підприємств;
- вибір устаткування, його експлуатація, ремонт і заміна;
- проектування виробничого процесу, його здійснення, контроль за його перебігом;
- розподіл ресурсів, послідовність їхнього використання, політика матеріальних запасів.

Ці та багато інших проблем слід розглядати в межах системи, яка охоплює «витрати – перетворення – результат». Для ефективного функціонування таких систем потрібна організація як засіб інтеграції і інтенсивного використання виробничих ресурсів. Вона дає змогу поділяти, переміщувати, групувати, упорядковувати й об'єднувати компоненти виробничої системи з метою досягнення її ефективності.

Головна мета організації виробництва та управління підприємством полягає у досягненні результатів, вищих за показники функціонування окремих складників виробничої системи.

Значення організації виробництва як фактора інтенсифікації об'єктивно зумовлене:

- ускладненням виробничо-господарських процесів і явищ;
- зростанням темпів оновлення виробництва;
- підвищенням ролі соціальних питань.

*Основні фактори розвитку виробництва такі:*

- прогресивна технологія;
- механізація і автоматизація;
- організація виробництва.

*Прогресивна технологія* забезпечує перетворення матеріалів і енергії в продукцію заданого обсягу, комплектності і якості за мінімальних витрат виробничих ресурсів шляхом використання:

- технологічних процесів малоопераційного характеру на основі об'єднання операцій з метою підвищення інтенсивності як умови ефективної автоматизації;
- маловідходних або безвідходних процесів, що разом з економічним ефектом запобігає забрудненню навколишнього середовища і дає суттєвий соціальний ефект;
- зрощення з електронікою, що сприяє формуванню нової якості технологічних систем – вони стають автоматизованими;
- виконання технологічних процесів на основі фундаментальних досліджень і наукових досягнень, що стосуються мікроструктури речовин.

*Механізація і автоматизація* спрямовані на надання машинам, механізмам, апаратам, приладам виробничих функцій за ефективного використання всіх видів енергії і праці, що матеріалізуються у технічних системах.

*Організація виробництва* на підприємстві – це створення доцільної за структурою і чітко функціональної виробничої системи. У структурному відношенні організація розглядає сутність, складові компоненти, будову і властивості виробничої системи (організація – структура). У функціональному відношенні організація полягає в

переході виробничої системи з одного стану в інший (організація – процес).

Відповідно до мети і завдання навчальної компоненти її викладення ґрунтується на таких навчально-методичних засадах:

- системний підхід до побудови навчальної компоненти на підставі системних концепцій у розгляді виробничих процесів на підприємствах;
- першочерговий розгляд загальних наукових понять відповідно до загальних природничих і суспільно-економічних теорій як основи викладання понять про структури, функції, процеси, форми, методи і засоби організації виробництва;
- логічно упорядковане викладання навчального матеріалу за схемою: принципи – методи – засоби;
- орієнтація на відповідні вимоги освітньо-кваліфікаційної характеристики фахівця.

## РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

### 1.1. Виробнича система

**Система «ресурси – продукція».** Виробництво як процес перетворення ресурсів в продукцію можна визначити як трикомпонентну систему: «ресурси – виробничий процес – продукція» (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Виробництво як система

*Ресурси:* матеріали, енергія, робітники, інформація, кошти.

*Виробничий процес:* речовинно-енергетичні перетворення, устаткування, виробничі споруди.

*Продукція:* вироби і послуги.

Виробнича система – це сукупність працівників, які цілеспрямовано використовують матеріально-технічні засоби та інформацію для створення продукції під керівництвом органу управління.

Виробничу систему можна розглядати в різних аспектах: фізичному, кібернетичному й соціально-економічному (рис. 1.2).

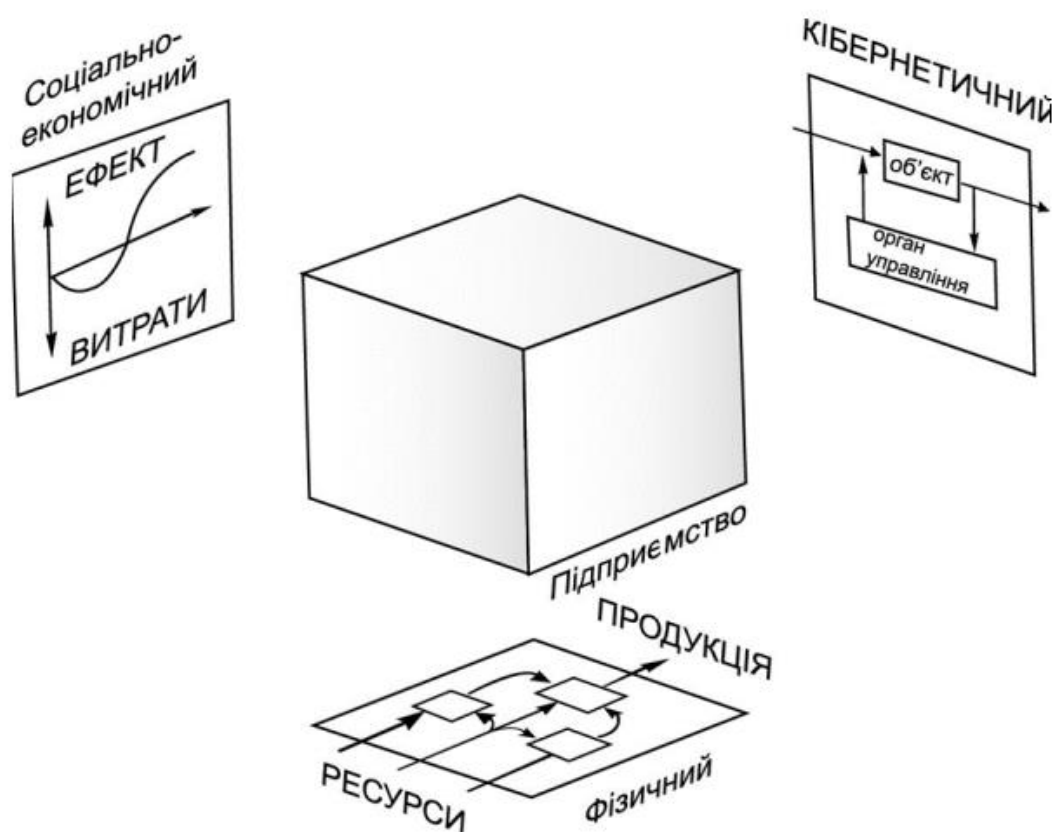


Рис. 1.2. Аспекти виробничої системи

Виробнича система у *фізичному аспекті* перетворює вхідні потоки матеріалів і енергії в продукцію. Таку систему характеризують матеріальні й енергетичні зв'язки.

Як *кібернетична* виробнича система характеризується інформаційними зв'язками, на підставі яких відбувається управління нею.

Як *соціально-економічна* виробнича система будується на суспільних, колективних й особистих інтересах та їхньому задоволенні.

**Продукція.** У процесі виробничої діяльності людина взаємодіє з певними засобами виробництва і створює конкретні матеріальні блага – продукцію. Матеріальні блага – продукти праці, що мають споживчу вартість, яку люди за допомогою знарядь праці пристосовують для задоволення своїх потреб. Результат праці, матеріалізований у вигляді закінченого виду продукції, що здатна задовольнити певні потреби людини та має певну вартість, називають виробом.

Виробництво починається із з'ясування бажаного виду і складу продукції. Вплив ринкових умов і фінансових можливостей, що потребує пошуку напрямків діяльності, тісно пов'язується з організацією виробництва певної продукції.

Продукція виробництва – матеріальний кінцевий результат виробничої діяльності.

Для виготовлення продукції у процесі виробництва потрібна матеріальна субстанція, тобто ресурси у вигляді сировини, добутих корисних копалин тощо, вироблена з них матеріальна субстанція та ін., що їх використовують у виробництві продукції і наданні послуг.

Виготовлювана протягом певного часу продукція проходить різні стадії технологічного процесу і з огляду на це може бути результатом незавершеного виробництва, напівфабрикатом чи готовим до споживання продуктом (виробом).

У промисловому виробництві результатом праці є продукція. Усі предмети праці, що підлягають обробці в процесі виробництва, змінюють свою форму, перетворюються на продукти праці, які поділяються на засоби виробництва та предмети споживання.

Засоби виробництва підприємств хімічної технології та інженерії поділяються на засоби праці та предмети праці, а предмети споживання на товари різного виробничого призначення. Такий поділ продукції характеризує її за ознакою економічного та виробничого призначення.

В результаті для загальної характеристики продукції (роботи, послуги) практичне значення має застосування системи вимірювання її обсягу.

Міру задоволення потреб споживачів (ринку) можна визначити, виходячи насамперед із показників обсягу продукції певної номенклатури та асортименту в натуральному вигляді. Номенклатура продукції – це перелік найменувань виробів, обсяги випуску яких визначені планом виробництва продукції. Асортимент – це сукупність різновидів продукції кожного найменування, що відрізняються техніко-економічними показниками та функціональним призначенням (потужністю, продуктивністю, конструктивно-технологічними характеристиками тощо).

Вимірювальними показниками обсягу продукції у натуральному вираженні є конкретні фізичні одиниці – штуки, тонни, метри, метри квадратні, кубічні тощо. Обсяг продукції (особливо різноманітної за номенклатурою та асортиментом) у вартісному вираженні на більшості підприємств виробничої сфери зумовлено показниками товарної, валової чистої продукції, порядок визначення яких вивчається спеціальними економічними науками.

Продукцією масового споживання підприємств хімічної технології та інженерії є вироби і матеріали широкої номенклатури. Така продукція поділяється за певними ознаками:

- характером споживання і визначення потреб;
- умовами зберігання до споживання;
- різноманітністю конструктивно-технологічних характеристик;
- масовістю і стабільністю виробництва.

Кінцевою продукцією підприємств хімічної технології та інженерії у будівельній сфері – об'єктами будівництва є будівлі та споруди, які утворюються з будівельних матеріалів та виробів.

**Процес.** За природою виробничі процеси можуть бути аналітичними або синтетичними, що суттєво впливає на їхню організацію.

В аналітичних виробничих процесах з одного матеріалу (сировини) шляхом перетворень отримують проміжну продукцію (напівфабрикати) і фінішну продукцію (конструкції, вироби, матеріали), наприклад, заповнювач або керамічна цегла.

Синтетичні процеси призначені для отримання певної кінцевої продукції шляхом перетворень різних вихідних матеріалів, комплектувальних деталей і напівфабрикатів, наприклад, залізобетонні вироби, оздоблювальні полімерні матеріали, герметизувальні суміші тощо.

Більшість виробничих процесів містять й аналітичні, і синтетичні складники, але ці процеси відрізняються між собою тим, що є переважно аналітичними або синтетичними.

*Основні класи перетворень ресурсів у виробничих процесах:*

- перетворення якості;
- перетворення кількості;
- перетворення порядку;
- перетворення місця.

Перетворення основних видів ресурсів залежать від природи цих ресурсів.

Для матеріалів характерними є такі перетворення: зміна хімічного складу та/або фізичних властивостей; зміна розміру; об'єднання, роз'єднання, змішування, відокремлення, сортування, переміщення.

Для різних видів енергії перетворення спрямовується на зміну їхніх видів, енергетичних параметрів і розділення (об'єднання) енергетичних потоків; передавання енергії.

Перетворення інформації охоплюють перетворення даних; підсилення (послаблення) сигналів і добір, сортування даних; передавання сигналів.

Перетворення речовин, енергії й інформації зводяться до *поділу* (механічного, фізичного, хімічного), *з'єднання* (механічного, фізичного, хімічного), *переміщення* (у часі та просторі) та їхнього об'єднання. Будь-який процес поділу досягається процесами переміщення речовин, енергії та інформації: переміщуються матеріали, напівфабрикати, продукція, передається електрична і теплова енергія, сигналами або документами передається інформація. Зберігання являє собою комбінацію процесів переміщення у часі з поділом у просторі, чим досягають ізоляції речовин, енергії, інформації, які зберігають. Складання виробу, наприклад, просторового арматурного каркаса, – це транспортування

матеріалів, енергії та інформації відповідними каналами з подальшим з'єднанням й утриманням у потрібному стані.

**Ресурси.** Ресурси складаються, перш за все, з матеріалів, енергії і робочої сили. Поточне регулювання випуску продукції здійснюється переважно за допомогою ресурсів, які вводять у виробничий процес. Вносити зміни безпосередньо у виробничому процесі дещо важче, оскільки він має більшу інерцію, ніж ресурси.

У загальному вигляді ресурси поділяють на непоновлювані і поновлювані.

Непоновлювані ресурси витрачають під час виробництва, вони змінюють свою матеріальну форму, їхнє повторне використання є неможливим (ресурси типу матеріалів, енергії).

Поновлюваних ресурсів під час виробництва не витрачають, натомість їх використовують для утворення певного витратного фактора (людино-години, машино-зміни тощо), їх не складують, а їхнє недовикористання призводить до втрати певної кількості витратного фактора (ресурси типу потужностей).

*Матеріальні ресурси розрізняють за кількома ознаками:*

- походження;
- постачання;
- зберігання;
- вживання.

*Виокремлюють такі енергетичні ресурси:*

- електроенергія;
- пара;
- стиснене повітря;
- газ;
- вода.

Найбільш виразною тенденцією розвитку сучасного виробництва є його інтенсифікація шляхом:

- ефективного використання наявного виробничого потенціалу;
- своєчасного оновлення основних виробничих фондів;
- ефективного використання ресурсів – ресурсоощадність.

Збереження 1 т палива або сировини у 2-3 рази дешевше за їхнє добування.

*Ресурсоощадність охоплює:*

- економію сировини, матеріалів, енергії, робочого часу;
- використання вторинної сировини, відходів виробництва і споживання;
- створення безвідходних технологій;
- використання ресурсоощадної техніки;
- випуск продукції високої якості.

Ощадливе використання сировини, матеріалів, енергії, робочого часу сприяє отриманню додаткової продукції, до того ж дешевшої ніж та, для виготовлення якої залучено нові ресурси.

Широке використання вторинної сировини, відходів виробництва і споживання суттєво зменшує загальні витрати.

Створення принципово нових технологій з використанням ресурсоощадних технологій дає змогу інтенсифікувати виробництво, збільшити випуск продукції на тих самих виробничих площах, підвищити надійність виробничого процесу, разом із економією ресурсів запобігти забрудненню навколишнього середовища.

Підвищення якості продукції дає змогу зменшити додаткові витрати під час її використання.

**Ефективність.** У виробничій системі відбувається перетворення одного набору ресурсів в інший. Ресурси, використовувані в процесі виробництва, являють собою витрати (В), а ресурси, отримувані на виході, становлять результат (Р).

Ефективність і результативність виробничої системи визначають доцільність її побудови і функціонування.

Ефективність побудови виробничої системи можна виміряти принаймні такими показниками:

- витрати на систему;
- якість виробленої продукції;
- виробнича потужність;
- гнучкість системи в разі потреби пристосувати її до зміненої виробничої ситуації;
- цінність системи з суспільного погляду.

Ці показники взаємопов'язані між собою і можуть протидіяти один одному, тому потребують пошуку оптимуму: максимальної загальної корисності функціонування виробничої системи.

Наприклад, у виборі стратегії спеціалізації виробничої системи треба знайти компроміс – певну рівновагу між витратами і вирашем.

Можна визначити економічну і функціональну ефективність виробничої системи.

*Економічна* ефективність характеризується співвідношенням витрат і результатів, сполучення яких зумовлює різні аспекти ефективності:

$\frac{P}{B} \rightarrow \max$  – показник результату, отримуваний з одиниці витрат;

$\frac{B}{P} \rightarrow \min$  – показник питомих витрат;

$P - B \rightarrow \max$  – показник абсолютного ефекту;

$\frac{P - B}{B} \rightarrow \max$  – показник відносного ефекту;

$\frac{P - B}{P} \rightarrow \max$  – показник питомого ефекту.

Поняття витрат і результатів можуть мати різний конкретний зміст і визначити різні аспекти ефективності (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

### Поняття про витрати і результати

Зміст $P$ і $B$	Зміст показників
$P_1$ - обсяг виробленої продукції	$P_1 / B_1$ - продуктивність праці
$P_2$ - обсяг реалізованої продукції	$B_1 / P_1$ - трудомісткість продукції
$B_1$ - витрати праці	$B_2 / P_1$ - матеріаломісткість продукції
$B_2$ - витрати матеріалів	$B_3 / P_1$ - енергомісткість продукції
$B_3$ - витрати енергії	$B_4 / P_1$ - капіталомісткість продукції
$B_4$ - капітальні витрати	$P_2 - B_5$ - прибуток
$B_5$ - експлуатаційні витрати	$\frac{P_2 - B_5}{B_5}$ - рентабельність

*Функціональна* ефективність характеризує здатність виробничої системи виконувати свої функції у заданих умовах використання і визначається її потужністю, надійністю, ергономічністю, ресурсомісткістю, маловідходністю, екологічністю, безпечністю.

*Потужність* визначає швидкість виконання системою її основної функції. Можна виділити такі види потужності:

$M_o$  – теоретичну (потенційну);

$M_n$  – проектну;

$M_\phi$  – робочу.

Співвідношення цих показників відображає рівень досконалості проектної рішення  $\eta = \frac{M_n}{M_o} \leq 1$  і досконалість управління системою  $\varepsilon = \frac{M_\phi}{M_n} \leq 1$ .

*Надійність* виробничої системи визначається її здатністю зберігати в часі у встановлених межах значення параметрів функціонування. Відмова в простих системах одного з елементів призводить до відмови всієї системи. У виробничих системах відмова одного або декількох елементів зазвичай призводить тільки до зниження її ефективності. Підвищення надійності виробничої системи можна досягти як підвищенням надійності її елементів, так і їхнім резервуванням.

*Ергономічність* виробничої системи визначається пристосованістю до участі людини у функціонуванні системи, впливом на людину, від якого змінюється величина технічного ефекту під час функціонування системи.

*Ресурсомісткість* виробничої системи залежить від пристосованості до ефективного використання ресурсів.

*Екологічність* виробничої системи визначається рівнем шкідливого впливу на навколишнє середовище в процесі її функціонування.

*Безпечність* виробничої системи залежить від безпечності праці на всіх режимах її функціонування.

Зміну ефективності виробничої системи на різних стадіях її життєвого циклу відображено на рис. 1.3. На горизонтальній осі відкладаємо час розвитку системи, на вертикальній – вартісні характеристики: витрати на створення і експлуатацію системи (зі знаком «мінус») й економічний ефект (зі знаком «плюс»).

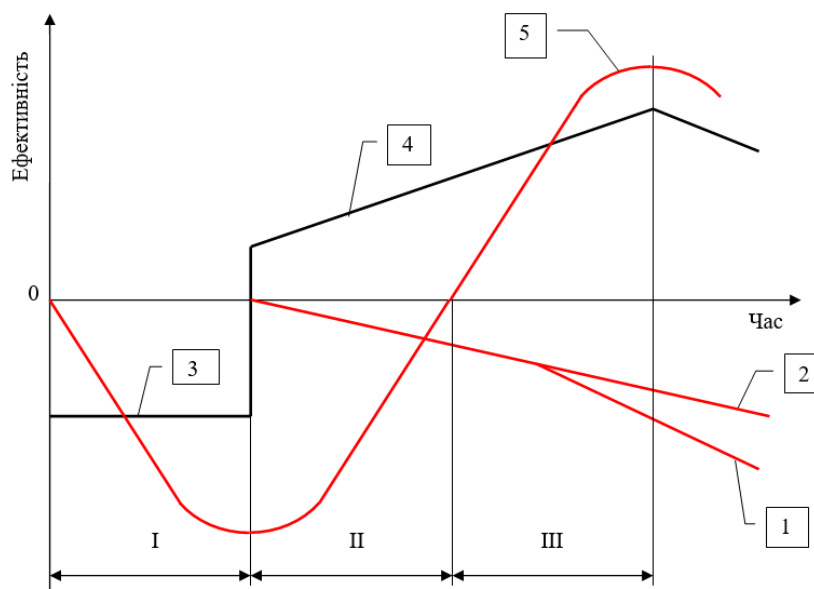


Рис. 1.3. Зміна ефективності виробничої системи на матеріальному етапі її життєвого циклу: I, II, III – відповідно періоди будівництва, окупності, другого напрацювання на вкладання; 1 – витрати на модернізацію і ремонт; 2 – експлуатаційні витрати; 3 – витрати на будівництво і освоєння; 4 – надходження від реалізації продукції; 5 – інтегральний економічний ефект

На матеріальному етапі життєвого циклу системи можна виділити чотири періоди. Перший період характеризується збільшенням витрат на створення системи. Після введення системи в експлуатацію будівельні витрати змінюються експлуатаційними, до яких пізніше додаються витрати на ремонт, оновлення, заміну елементів виробничої системи. Після закінчення другого періоду, коли крива інтегрального економічного ефекту перетинає вісь часу, виробнича система починає приносити кошти понад повернуті затрати. Система вступає до третього періоду, під час якого вона вдруге повертає кошти, які були в неї вкладені. Після закінчення третього періоду настає період поступового падіння ефективності виробничої системи, який закінчується її ліквідацією.

Усунення втрат на усіх стадіях життєвого циклу виробничої системи – це і є використання резервів ефективності.

## 1.2. Виробничий процес

**Склад і структура виробничого процесу.** Виробничий процес являє собою сукупність всіх дій людей і знарядь праці, використовуваних для виготовлення продукції.

Загальний виробничий процес поділяється на три функціональні напрями виконання операцій залежно від їхньої ролі у виготовленні продукції, він охоплює (рис. 1.4):

- *основні процеси*, що спрямовані на зміну основних предметів праці і надання їм властивостей готової продукції (наприклад, приготування бетонних сумішей, виготовлення арматурних елементів, виготовлення будівельних виробів тощо);
- *допоміжні процеси*, що створюють умови для нормального перебігу основних процесів (наприклад, виготовлення форм, ремонт устаткування, будівель і споруд, виробництво і передавання всіх видів енергії тощо); продукція допоміжних виробничих процесів споживається усередині підприємства;
- *обслуговчі процеси*, метою яких є переміщення, зберігання, контроль об'єктів виробництва, забезпечення матеріально-технічними ресурсами тощо; ці процеси продукції не створюють, а надають виробничі послуги.

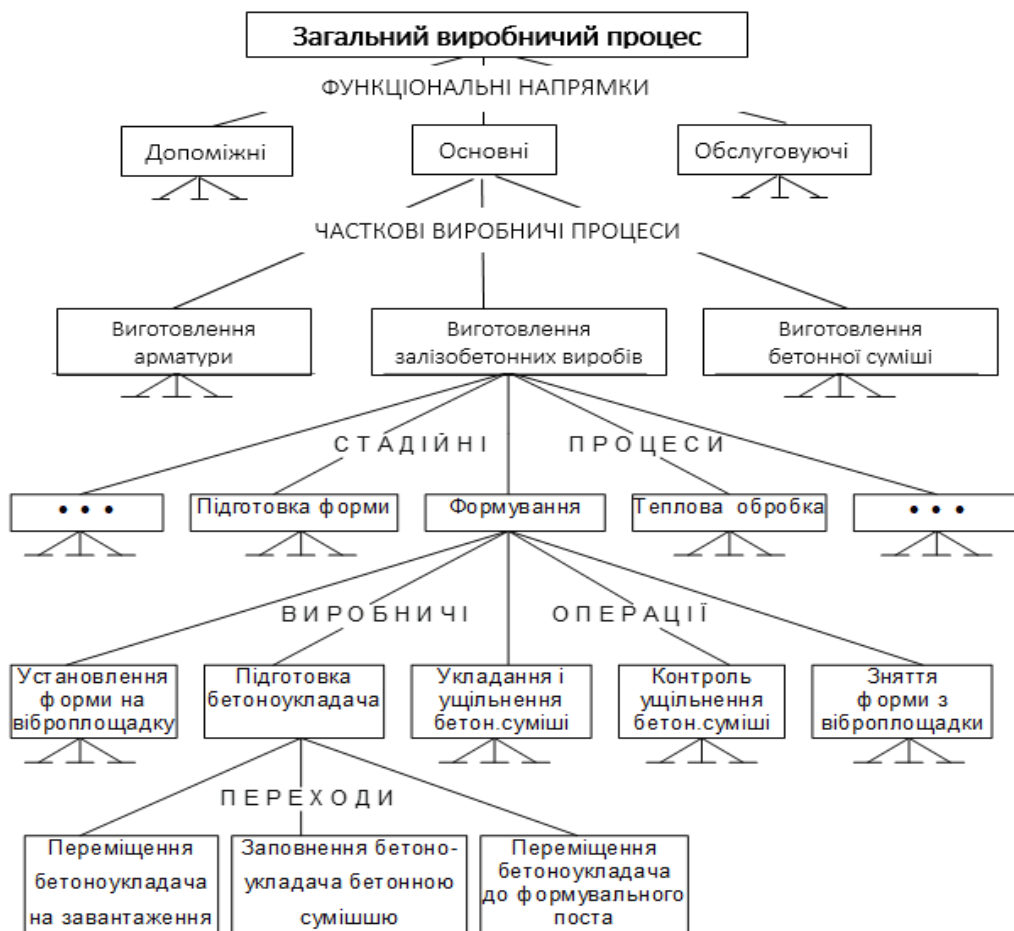


Рис. 1.4. Структура загального виробничого процесу

Будь-який функціональний напрям має в своєму складі часткові процеси. Частковий процес є *функціонально й організаційно відокремленою* частиною процесу виробництва, яка виконується у відповідному цеху чи на ділянці.

Кожний частковий процес складається з сукупності стадійних процесів; наприклад, підготовка форм, формування, теплова обробка, доведення тощо.

Стадійні процеси складаються з *виробничих операцій* – частин стадійних процесів, в яких відбувається перетворення (розділення, з'єднання, переміщення тощо) предметів праці з одного стану в інший, наприклад, укладання й ущільнення бетонної суміші, встановлення форми на віброплощадку тощо).

Ознаки виробничої операції:

- організаційна неподільність (виконується на одному робочому місті);
- функціональна однорідність;
- безперервність виконання;
- постійний склад та інтенсивність споживання ресурсів.

Закінчена частина виробничої операції, яка складається з дій людини або устаткування, об'єднаних одним цільовим призначенням і пов'язаних з обробкою або підготовкою до обробки предметів праці, становить *перехід*. Наприклад, переходами операції «підготовка бетоноукладача» є переміщення бетоноукладача до місця завантаження бетонною сумішшю, заповнення бункера, переміщення бетоноукладача до формувального поста.

Найпростішою частиною процесу є *дія* людини або устаткування, наприклад, вмикання, вимикання, рух, підймання, опускання тощо.

Відповідно до ролі *виробничі операції* поділяють так:

- *технологічні*, призначені для зміни геометричної форми, розміру і фізико-хімічних властивостей об'єкта виробництва;
- *переміщення*, пов'язані з переміщенням об'єкта виробництва (вантажу) у просторі за допомогою механізмів або вручну;
- *контрольні*, що охоплюють переходи (дії) для перевірки однієї або декількох ознак об'єктів контролю.

Частина виробничого процесу, в якій безпосередньо відбуваються дії, спрямовані на зміну та (або) визначення стану предметів праці, називається *технологічним процесом*.

Залежно від характеру впливу на предмет праці виокремлюють такі цілі *технологічних операцій*:

- зміна *форми* під впливом зовнішніх силових дій (наприклад, різання, згинання, зварювання, формування тощо);
- зміна *макроструктури* матеріалу внаслідок впливу зовнішніх сил на його компоненти (наприклад, змішування або ущільнення бетонної суміші);
- зміна *мікроструктури* матеріалу під впливом різноманітних фізико-хімічних дій (наприклад, гідратація, полімеризація, висушування тощо);
- виконання комбінованих дій, що змінюють властивості предметів праці (наприклад, віброштампування, формування розігрітих сумішей тощо).

Види *операцій переміщення*:

- *транспортування* – переміщення вантажів за визначеними маршрутами від місць навантаження до місць розвантаження або перевантаження;
- *комплектування* – переміщення вантажів з метою відбору з різних місць зберігання, доставлення та об'єднання для створення комплекту, який потрібен для виробництва або для відпуску споживачам;
- *накопичення* – зосередження під час переміщення в одному місці потрібної кількості одноманітних вантажів відповідно до вимог виробництва;
- *пакування* – укрупнення вантажної одиниці укладанням дрібніших одиниць на загальний піддон або у тару більшого розміру в чітко визначеній послідовності з певною просторовою орієнтацією;
- *складування* – розміщення вантажів у визначеному порядку для зберігання або тимчасового накопичення;
- *навантаження* – переміщення вантажів з місця постійного зберігання або тимчасового накопичення на транспортні засоби;
- *розвантаження* – переміщення вантажів з транспортних засобів на місця постійного зберігання або тимчасового накопичення;
- *перевантаження* – переміщення вантажів з одного транспортного засобу на інший або з одного місця зберігання на інше.

*Операції контролю* залежно від об'єктів контролю:

- *контроль технологічного процесу* – перевірка режимів, характеристик параметрів технологічного процесу;

- *контроль якості продукції* – контроль кількісних і якісних характеристик властивостей продукції;
- *контроль засобів технічного оснащення* – перевірка стану технологічного устаткування, форм, контрольно-вимірвальних засобів тощо;
- *контроль технічної документації*.

За рівнем технічного оснащення процесів виробничі операції поділяють так:

- *ручні* – виконувані без використання машин, механізмів і механічного інструменту;
- *машинно-ручні* – виконувані за допомогою машини і механізмів з обов'язковою участю робітника;
- *машинні* – виконувані за допомогою машин і механізмів за обмеженої участі робітника;
- *автоматизовані* – виконувані машинами, автоматами під контролем і керуванням робітника;
- *апаратурні* – автоматизовані операції, виконувані в спеціальних агрегатах (камерах, автоклавах тощо).

Операції переміщення і контролю можуть поєднуватись з технологічними, що забезпечує автоматичний контроль та безперервне переміщення предметів праці і дає змогу досягти високої якості продукції та ефективності її виробництва.

Виробничий процес як об'єкт системної природи характеризується структурою процесу і структурою ресурсів.

Ієрархічна структура виробничого процесу (рис. 1.5) містить в загальному випадку шість рівнів:

- 0-й рівень – виробничий процес загалом;
- 1-й рівень – часткові (основні, допоміжні й обслуговчі) виробничі процеси;
- 2-й рівень – стадійні процеси;
- 3-й рівень – виробничі операції;
- 4-й рівень – переходи;
- 5-й рівень – дії.

Склад і розгалуженість ієрархічних рівнів пов'язані з об'єктами (продукцією) і використаними засобами виробництва (устаткуванням, оснащенням, інструментом).

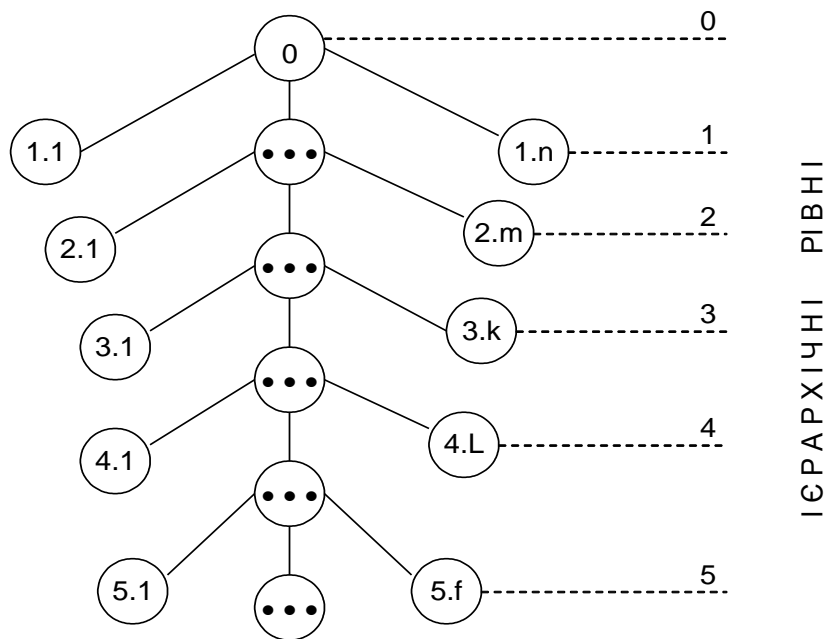


Рис. 1.5. Принципова структура виробничого процесу

Якісно відмінними частинами виробничого процесу є ті, в яких відбуваються різні за фізико-хімічною природою перетворення вихідних матеріалів у продукцію (наприклад, зварювання арматурних каркасів, приготування бетонної суміші, теплова обробка виробів тощо).

Кількісні характеристики частин виробничого процесу стосуються обсягів використаних ресурсів і обсягів виконаних в процесі робіт (перетворень).

Сумісність частин виробничого процесу визначає їхнє взаємне розміщення з огляду на можливе і припустиме технологічне й технічне суміщення в одному процесі.

Зі структурою процесу тісно пов'язана структура ресурсів, яка характеризується такими параметрами:

- технічними (технічні характеристики устаткування);
- технологічними (технологічні режими);
- функціонування (витрати ресурсів).

У загальному вигляді на будь-якому системному рівні виробничий процес можна подати у вигляді графа (рис. 1.6), вершини якого визначають стан предметів праці в процесі, а дуги – переходи з одного стану в інший. Тобто дуги визначають відповідні функції процесу і потрібні для їхнього виконання ресурси.

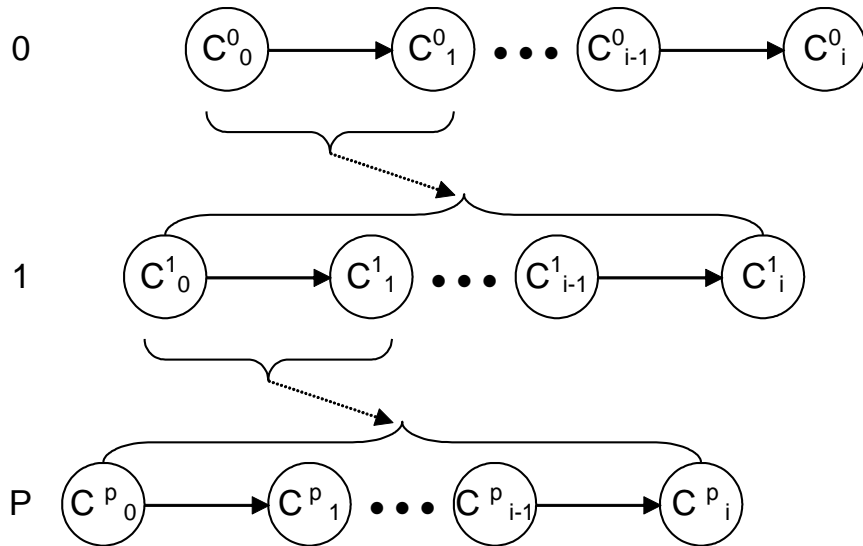


Рис. 1.6. Граф структури виробничого процесу

Модель процесу на будь-якому ( $p$ -му) рівні може бути подана у такому вигляді:

$$\Pi^P = \{F_i^P = C_{i-1}^P \rightarrow C_i^P\} ; \Gamma^P(C, \bar{C}); \quad (1.1)$$

$$\{Z_i^P = (Z_{Ti}^P) \cup (Z_{Txi}^P) \cup (Z_{\phi i}^P)\} ,$$

де  $F_i^P$  –  $i$ -та функція на  $p$ -му системному рівні з переведення предметів праці зі стану  $C_{i-1}^P$  в стан  $C_i^P$  ;

$\Gamma^P(C, \bar{C})$  – граф структури виробничого процесу на  $p$ -му системному рівні ( $C$  – стани предметів праці,  $\bar{C}$  – переходи) ;

$Z_i^P$  – ресурси, які потрібні для виконання  $i$ -функції на  $p$ -му системному рівні;

$Z_{Ti}^P, Z_{Txi}^P, Z_{\phi i}^P$  – відповідно параметри технічні, технологічні і функціонування.

**Принципи організації виробничого процесу.** Завдання з організації виробничого процесу на робочому місці охоплюють сполучення елементів трудового процесу, створення сприятливих і безпечних умов праці, інтенсивне та вичерпне використання всіх виробничих ресурсів.

*Внутрішньоцехові завдання* з організації виробничого процесу охоплюють виробничий процес у часі і просторі, який відбувається на одній або декількох технологічних лініях і виробничих ділянках в межах цеху і від якого залежить узгодженість і безперервність виробництва.

*Міжцехові завдання* з організації виробничого процесу – це сполучення в часі і просторі основних, допоміжних й обслуговчих процесів, спрямоване на досягнення пропорційності, ритмічності, паралельності і безперервності всіх частин виробничого процесу.

Пропорційність, ритмічність, паралельність і безперервність – це і є основні принципи організації виробничих процесів.

*Пропорційність процесів* – це узгодженість всіх частин процесу за пропускнуою спроможністю, яка характеризується тим, що за певний проміжок часу в усіх частинах процесу обробляється однакова кількість виробів.

Графік процесу (рис. 1.7) показує, що протягом часу 6-7 на кожній стадії виконується обсяг робіт, потрібних для виготовлення одного виробу (наприклад,  $B_1$ ).



Рис. 1.7. Графік процесу

Порушення принципу пропорційності спричиняє диспропорції, виникнення «вузьких місць», недовикористання виробничих потужностей, збільшення виробничих запасів та тривалості виробничого циклу.

Принцип пропорційності визначає ефективність побудови всього виробничого процесу. Пропорційності процесів досягають в проектуванні виробничих процесів і підтримують оперативно-календарним плануванням, технічним розвитком виробництва.

*Ритмічність* процесів полягає у виконанні однакових обсягів робіт за однакові проміжки часу з однаковими витратами часу на виробництво кожної одиниці продукції, тобто в повторюваності процесів через певний проміжок часу.

На графіку (рис. 1.7) видно, що кожна стадія процесу для чергових виробів повторюється через однакові інтервали часу.

Ритмічності основних процесів досягають, узгоджуючи з тактом основного виробництва організацію допоміжних й обслуговуваних процесів.

*Паралельність* процесів, що проявляється в одночасному виконанні всіх стадійних процесів над різними виробами, є наслідком пропорційної побудови і ритмічного повторювання частин виробничих процесів.

Паралельність процесів може виявлятися під час виконання суміжних операцій, стадійних процесів, основних, допоміжних та обслуговуваних часткових процесів.

*Безперервність* процесів відбивається у безперервному перебігу (без простоювання устаткування і робітників) кожної частини процесу і безперервному проходженні (без очікування на обробку) кожним виробом усіх стадій обробки.

Безперервність дискретних процесів проявляється в усуненні або доведенні до мінімуму всіх видів перерв у виробництві – міжопераційних, міжстадійних, міжцехових.

Об'єктивною умовою безперервності процесів є дотримання принципу пропорційності, тобто однакова пропускна спроможність суміжних частин процесів усуває очікування на обробку.

Розглянуті принципи організації виробничих процесів взаємопов'язані, їхнє неухильне дотримання дає змогу досягнути безперервного і рівномірного здійснення процесів, а також ефективного використання виробничих ресурсів.

**Структура витрат часу у виробничому процесі.** На організацію виробничих процесів істотно впливає структура витрат часу у виробничому циклі.

*Виробничий цикл* – це проміжок часу від початку до кінця виробничого процесу виготовлення одного виробу або партії виробів (продукції) в межах одного часткового процесу.

До складу виробничого циклу входять час виробництва і час перерв:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^n (T_{cj} + \tau_{cj}) \quad (1.2)$$

де  $T_{cj}$  – тривалість  $j$ -го стадійного циклу;  $\tau_{cj}$  – тривалість перерв  $j$ -го стадійного циклу;  $n$  – кількість стадійних циклів.

*Час виробництва* охоплює час:

- виконання технологічних операцій;
- виконання операцій переміщення;
- виконання операцій контролю.

*Час перерв* складається з часу:

- міжопераційних перерв;
- міжциклових перерв;
- режимних перерв.

*Міжопераційні перерви* виникають під час передавання і обробки виробів на робочих місцях партіями, через що кожний виріб перебуває в очікуванні обробки всієї партії. Окрім того, перерви очікування трапляються через диспропорції в продуктивності суміжних операцій.

*Міжциклові перерви*, що проявляються внаслідок переходів від однієї стадії обробки до іншої, відображають час, потрібний для утворення відповідних комплектів.

*Режимні перерви* визначаються режимом праці підприємства, цехів і ділянок, вони охоплюють обідні перерви, перерви між змінами, неробочі зміни та дні.

Тривалість виробничого циклу залежить від конструктивно-технологічних, організаційних й економічних факторів.

Складність конструкції виробу і технологічного процесу, організація руху предметів праці в процесі, рівень механізації й

автоматизації, розмір виробничої партії, нормативи виробництва та інші чинники впливають на структуру витрат часу у виробничому циклі. В безперервному виробництві найбільшу питому вагу у виробничому циклі має час виробництва. В дискретному виробництві час перерв може сягати  $\frac{3}{4}$  загальної тривалості виробничого циклу. Час міжопераційних перерв можна скоротити, використовуючи операції з близькою пропускнуою здатністю і за поштучної передачі виробів за операціями. Тривалість міжциклових перерв зменшують завдяки оперативно-календарному плануванню на основі створення комплектних запасів.

Виробничий цикл охоплює стадійні цикли і час перерв. Стадійний цикл являє собою інтервал календарного часу від початку до кінця стадійного процесу, який періодично повторюється. Частина допоміжних операцій (переміщення і контролю) можуть суміщатись з технологічними. Так, на графіку виконання операцій (рис. 1.8) допоміжні операції  $t_{02}$  і  $t_{04}$  суміщаються з іншими операціями стадійного процесу.



Рис. 1.8. Графік виконання операцій

Тривалість стадійного циклу визначається сумою витрат часу на виконання несуміщених операцій стадійного процесу:

$$T_c = \sum_{i=1}^m t_{oi}, \text{ для } i \in \{\text{н.с.}\}, \quad (1.3)$$

де  $t_{oi}$  – тривалість  $i$ -ї операції, що належить множині несуміщених у часі операцій стадійного процесу ( $\{\text{н.с.}\}$ ).

Тривалість операцій встановлюється за нормами часу (трудомісткості). Норма часу складається з витрат часу на виконання основних і допоміжних переходів, які утворюють оперативний час, на обслуговування робочого місця, відпочинок й особисті потреби, перерви, які неможливо усунути (зумовлені технологією й організацією виробництва) і підготовчо-завершальний час.

За нормою трудомісткості  $H_{oi}$  тривалість ручної операції становить

$$t_{oi} = \frac{H_{oi}}{P_{oi}}, \quad (1.4)$$

де  $P_{oi}$  – кількість робітників, залучених до виконанні  $i$ -ї операції.

Час виконання операції (за одного й того самого способу її виконання) залежить від кількості робітників, яка може змінюватися від мінімально потрібного (достатнього для якісного виконання роботи) до максимально допустимого (відповідно до фронту робіт, який є на робочому місці).

Тривалість механізованої операції залежить від технічних характеристик використовуваного обладнання

$$t_{\mu} = (L / v) \cdot a + t, \quad (1.5)$$

де  $L$  – довжина дії машини,  $v$  – розрахункова швидкість,  $a$  – кількість проходів машини для виконання операції,  $t$  – режимний час обробки (наприклад, час вібрації віброплощадки).

Тривалість циклу часткового процесу ( $T_{\mu}$ ) визначається кількістю ( $j$ ) і тривалістю циклів стадійних процесів ( $T_{c_j}$ ), розміром передатної партії ( $n$ ) (кількості виробів, які одночасно передаються з однієї стадії процесу до іншої) і послідовністю обробки (видом переміщень) виробів (рис. 1.9).

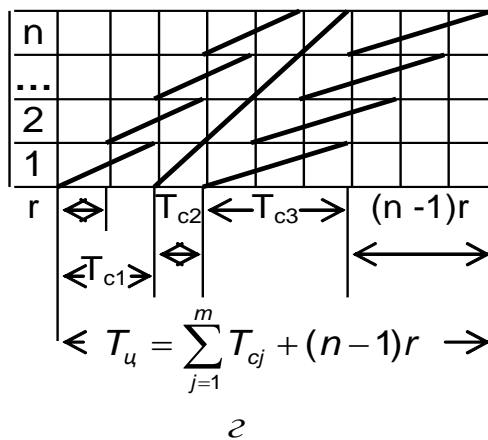
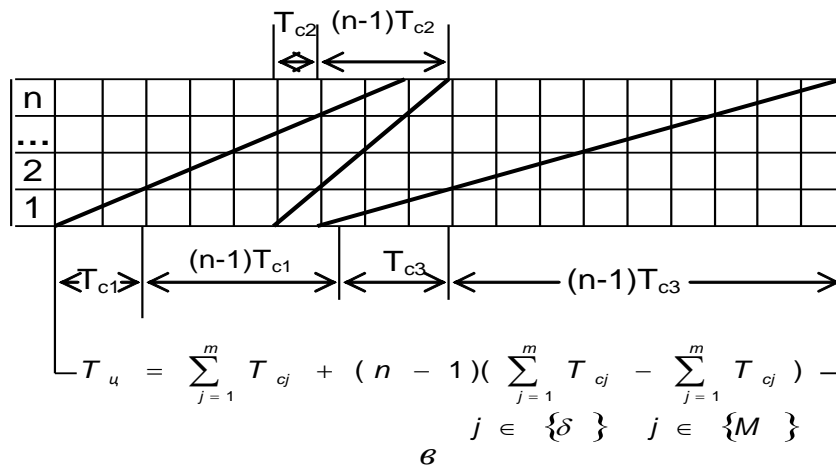
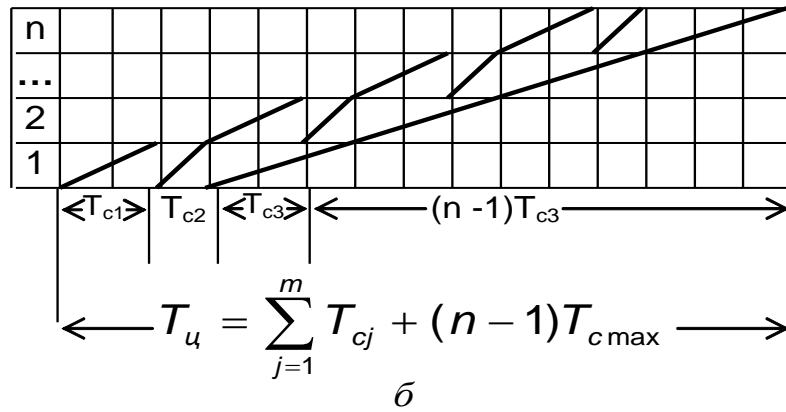
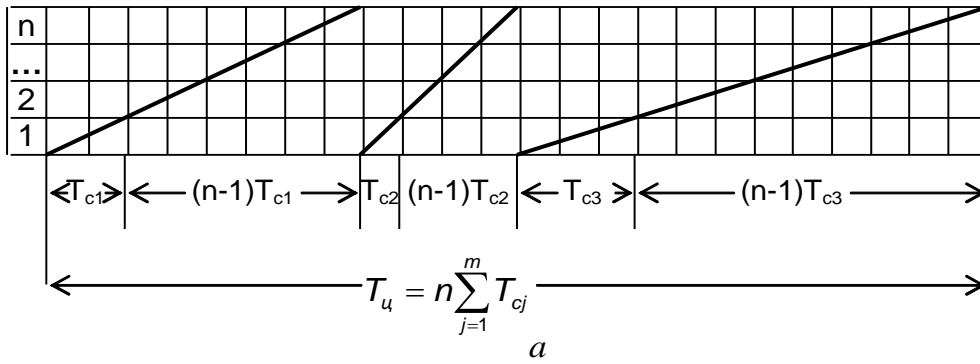


Рис. 1.9. Види руху предметів праці в процесі:  
*a* – послідовний; *б* – паралельний;  
*в* – паралельно-послідовний; *г* – синхронний

Для *послідовного виду* переміщень предметів праці в процесі тривалість циклу становить:

$$T_{\text{ц}} = n \sum_{j=1}^m T_{\text{cj}}, \quad (1.6)$$

де  $n$  – кількість виробів в передатній партії;

$j$  – кількість стадійних процесів.

Тривалість циклу пропорційна передатній партії, за значної кількості виробів виникають великі перерви в обробці окремих виробів.

Тривалість циклу для *паралельного виду* переміщень:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^m T_{\text{cj}} + (n-1)T_{\text{c}_{\text{max}}}, \quad (1.7)$$

де  $T_{\text{c}_{\text{max}}}$  – час виконання найбільш тривалого стадійного процесу.

Паралельний вид переміщень предметів праці в процесі характеризується тим, що перехід з попередньої стадії на наступну відбувається негайно, але через різну тривалість суміжних стадійних циклів виникають простоя обладнання.

Тривалість циклу для *паралельно-послідовного* виду переміщень:

$$T_{\text{ц}} = n \sum_{j=1}^m T_{\text{cj}} + (n-1) \left( \sum_{j \in \{\delta\}} T_{\text{cj}} - \sum_{j \in \{M\}} T_{\text{cj}} \right), \quad (1.8)$$

де  $\{\delta\}$  і  $\{M\}$  – множина стадійних процесів відповідно з більшою і меншою тривалістю стадійних циклів.

Паралельно-послідовний вид переміщень означає безперервну обробку всієї партії виробів на кожній стадії і поштучну або частиною партії передавання виробів. За такої організації процесу також не досягають цілковитої безперервності, оскільки для більшості виробів виникають простоя між стадіями обробки, тобто перерви між стадійними процесами.

*Послідовний вид*

Наприклад, обробка партії виробів (рис. 1.9) за послідовного виду переміщень тристадійного процесу  $T_{\text{c1}} = 2$ ;  $T_{\text{c2}} = 1$ ;  $T_{\text{c3}} = 3$ :

$$T_{\text{ц}} = n \sum_{j=1}^m T_{\text{cj}} = 4(2 + 1 + 3) = 24. \quad (1.9)$$

*Паралельний вид*

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^m T_{cj} + (n-1)T_{c_{\text{max}}} = (2+1+3) + (4-1)5 = 45. \quad (1.10)$$

*Паралельно-послідовний вид*

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^m T_{cj} + (n-1) \left( \sum_{j=1}^m T_{cj} - \sum_{j=1}^m T_{cj} \right) = (2+1+3) + (4-1)$$

$$j \in \{\delta\} \quad j \in \{M\}$$

$$\{(2+3) - (1)\} = 18.$$

(1.11)

Цілковитої безперервності переміщень предметів праці в процесі досягають в процесах з однаковою або кратною тривалістю стадійних циклів, що характерно для синхронного виду переміщень. Тривалість циклу для *синхронного виду* переміщень:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^m T_{cj} + (n-1)r; \quad (1.12)$$

де  $r$  – такт процесу.

Аналізуючи графіки різних видів переміщень предметів праці в процесі, доходимо висновку, що за високого рівня синхронізації стадійних процесів (рівності або кратності тривалості стадійних циклів) можна досягти високого ступеня безперервності, паралельності і ритмічності процесів, що означає мінімальну тривалість виробничого циклу.

**Показники виробничих процесів.** Забезпечення випуску в плановому обсязі і в заданий термін є можливим за повторюваності всіх стадій виробничого процесу з певною періодичністю.

Середній інтервал часу, за який періодично відбувається випуск одиниці продукції, називається *тактом випуску продукції*, що визначається відношенням планового фонду робочого часу в періоді, що планують  $B_p$ , год, хв, до планового обсягу продукції в той самий плановий період  $N$ , шт:

$$\bar{R} = \frac{B_p}{N} \text{ (год/шт або хв/шт)}. \quad (1.13)$$

*Ритмом випуску продукції* називають кількість продукції за одиницю часу. Ритм випуску – величина, обернена такту випуску:

$$R = \frac{N}{B_p} = \frac{1}{\bar{R}}. \quad (1.14)$$

Такт випуску, відображаючи вимоги плану, зумовлює організацію виробничого процесу. Тривалість стадійних циклів характеризує можливості окремих частин виробничого процесу. Завдання з організації часткових процесів полягає в узгодженні вимог виробничої програми з можливостями наявних засобів обробки.

Умовою ефективної організації часткових процесів є рівність або кратність кожного стадійного циклу такту випуску:

$$T_{cj} = \alpha_{cj} \bar{R}, \quad (1.15)$$

де  $\alpha_{cj}$  – ціле число, яке виражає рівність (за  $\alpha_{cj} = 1$ ) або кратність (за  $\alpha_{cj} > 1$ )  $T_{cj}$  такту випуску.

*Показник кратності*  $\alpha_{cj}$  означає, скільки робочих місць повинно паралельно працювати, щоби досягти виготовлення заданого обсягу продукції:

$$\alpha_{cj} = [T_{cj} / \bar{R}]. \quad (1.16)$$

Квадратні дужки означають, що якщо частка від ділення  $T_{cj}$  на  $\bar{R}$  не ціле число, а дробове, то слід округляти його до цілого в бік збільшення.

Але досягти умови рівності або кратності кожного стадійного циклу такту випуску у всіх стадійних процесах практично не вдається. Тому в загальному вигляді зв'язок між  $T_{cj}$  і  $\bar{R}$  виражають залежністю

$$T_{cj} + \tau_{cj} = \alpha_{cj} \bar{R}, \quad (1.17)$$

де  $\tau_{cj}$  – тривалість перерви, зумовленої некратністю стадійного циклу і такту випуску ( $0 \geq T_{cj} \leq \bar{R}$ ).

Ступінь узгодженості стадійного циклу з тактом випуску можна охарактеризувати показниками пропорційності і ритмічності.

Показник пропорційності стадійного процесу виражає рівність або кратність (пропорційність) стадійного циклу і такту випуску:

$$\beta_{cj} = T_{cj} / \bar{R}, \quad (1.18)$$

Якщо  $\tau_{cj} = 0$ , справедливими є рівності  $T_{cj} = \bar{R}$  або  $T_{cj} = \alpha_{cj} \bar{R}$ , показник пропорційності в такому разі  $\beta_{cj} = \alpha_{cj}$ . За  $\tau_{cj} > 0$  показник пропорційності буде дробовим числом ( $\beta_{cj} > \alpha_{cj}$ ).

Інтервал часу, через який повторюється обробка чергових виробів в  $j$ -му стадійному процесі, називають тактом стадійного процесу, або робочим тактом  $r_{cj}$ , який може набувати значення  $r_{cj} = T_{cj}$  або  $r_{cj} = T_{cj} + \tau = \alpha_{cj} \cdot \bar{R}$ .

Відповідність такту стадійного процесу або робочого такту випуску  $r_{cj}$  такту випуску  $\bar{R}$  характеризується показником *ритмічності* стадійного процесу:

$$\gamma_{cj} = r_{cj} / \alpha_{cj} \cdot \bar{R}. \quad (1.19)$$

Якщо  $\gamma_{cj} = 1$ , стадійний процес є рівноритмічним ( $\alpha_{cj} = 1$ ) або кратно-ритмічним ( $\alpha_{cj} > 1$ ). Якщо  $\gamma_{cj} < 1$ , стадійний процес є різноритмічним.

**Організація виробничого процесу у часі.** Залежно від співвідношення  $\bar{R}$ ,  $T_c$  і  $r_c$  стадійні процеси мають різні типи структури стадійних процесів (рис. 1.10):

- *пропорційну рівно - або кратноритмічну*, за якої досягається безперервна ( $\tau_{cj} = 0$ ) і рівномірна робота, відповідна до такту випуску;
- *непропорційну рівно- або кратноритмічну*, коли виникають перерви ( $\tau_{cj} > 0$ ), але такт стадійного процесу є відповідним такту випуску;
- *непропорційну різноритмічну*, яка вирізняється тим, що перерви концентруються пропорційно кількості виробів у партії в одну велику перерву ( $n\tau_{cj}$ ), тим самим утворюючи сприятливі умови для завантаження робітників; при цьому такт стадійного процесу відрізняється від такту випуску.

Тип структури стадійного процесу		№ виробу	ГРАФІК СТАДІЙНОГО ПРОЦЕСУ				$\alpha_{cj}$	$\beta_{cj}$	$\gamma_{cj}$	
			$\bar{R}$	$2\bar{R}$	$3\bar{R}$	$4\bar{R}$				
ПРОПОРЦІЙНА	РІВНО - РИТМІЧНИЙ	n					1	$=\alpha_{cj}$	1	
		...								
		2								
	КРАТНО - РИТМІЧНИЙ	n					>1	$=\alpha_{cj}$	1	
		...								
		2								
НЕПРОПОРЦІЙНА	РІВНО - РИТМІЧНИЙ	n					1	< $\alpha_{cj}$	1	
		...								
		2								
	КРАТНО - РИТМІЧНИЙ	n					>1	< $\alpha_{cj}$	1	
		...								
		2								
	РІЗНО - РИТМІЧНИЙ	n	n					1	< $\alpha_{cj}$	< 1
			...							
			2							
		1	n					>1	< $\alpha_{cj}$	< 1
			...							
			2							

Рис. 1.10. Типи структур стадійних процесів

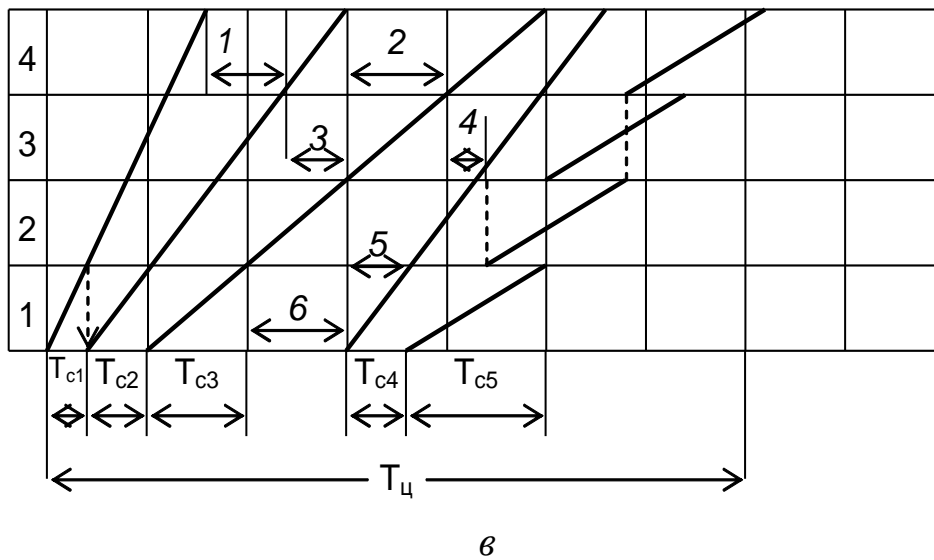
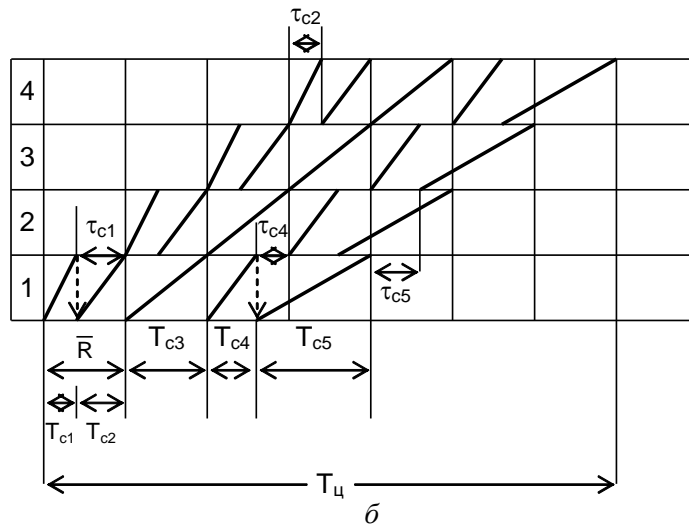
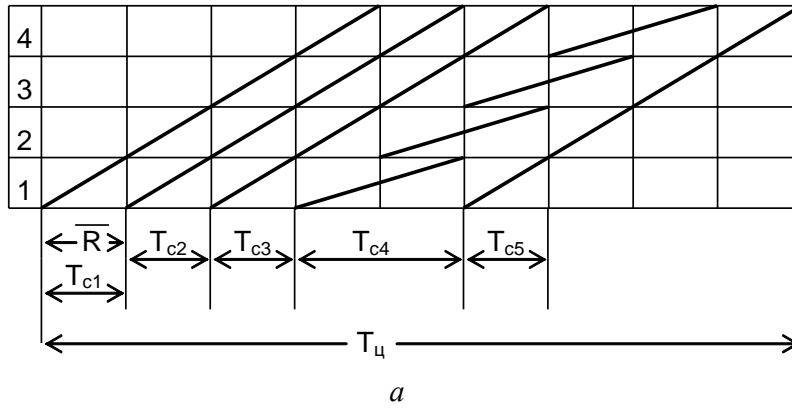
Сполучення стадійних процесів з різними типами структур визначають форму організації часткових процесів.

Розрізняють такі форми організації виробничих процесів:

- безперервнопотокова (рис. 1.11, а);
- перервнопотокова (рис. 1.11, б);
- прямопотокова (рис. 1.11, в).

У *безперервнопотоковій* формі організації виробничих процесів відбувається безперервна обробка кожного виробу в усіх стадіях і безперервна обробка всієї партії виробів у кожній стадії, тобто вид переміщення предметів праці – синхронний.

Така форма організації можлива лише тоді, коли всі стадійні процеси мають пропорційну рівно- або кратноритмічну структуру.



1 -  $\tau_{c_1-c_2}^4$ ; 2 -  $\tau_{c_2-c_3}^4$ ; 3 -  $\tau_{c_2-c_3}^3$ ; 4 -  $\tau_{c_3-c_4}^3$ ; 5 -  $\tau_{c_3-c_4}^2$ ; 6 -  $\tau_{c_3-c_4}^1$

Рис. 1.11. Форми організації виробничого процесу (див. також с. 34)  
*a* – безперервнопотокова; *б* – перервнопотокова; *в* – прямоотокова;  
 $\tau_{c1}$ ,  $\tau_{c2}$ ,  $\tau_{c3}$ ,  $\tau_{c4}$ ,  $\tau_{c5}$  – відповідно перерви в 1, 2, 3, 4 та 5 стадіях

У *перервнопотоковій* формі організації обробка кожного виробу відбувається безперервно, але не досягається безперервність роботи на робочих місцях в стадійних процесах, тобто вид переміщення – паралельний.

Перервнопотокова форма організації має місце тоді, коли хоча б один з стадійних процесів має непропорційну рівно- або кратноритмічну структуру.

У *прямотоковій* формі організації обробка всієї партії виробів в кожному стадійному процесі відбувається безперервно, але виникають перерви в обробці виробів між стадійними процесами:

1 – перерва між першим та другим стадійними процесами під час обробки четвертого виробу;

2 – перерва між другим та третім стадійними процесами під час обробки четвертого виробу;

3 – перерва між другим та третім стадійними процесами під час обробки третього виробу;

4 – перерва між третім та четвертим стадійними процесами під час обробки третього виробу;

5 – перерва між третім та четвертим стадійними процесами під час обробки другого виробу;

6 – перерва між третім та четвертим стадійними процесами під час обробки першого виробу,

тобто вид переміщення предметів праці – паралельно-послідовний.

До прямотокової форми організації вдаються тоді, коли серед стадійних процесів є хоча б один, який має непропорційну різноритмічну структуру.

*Процеси, тривалість яких дорівнює або кратна такту випуску продукції, називають технологічно синхронізованими.*

Прийоми, які дають змогу досягти технологічної синхронізації стадійних процесів:

- об'єднання двох або декількох стадійних процесів в один, сумарна тривалість якого краще узгоджується з тактом випуску продукції;
- розділення одного стадійного процесу на декілька;
- зміна оснащення постів машинами і механізмами;
- зміна кількості робітників в стадійному процесі;
- передавання окремих операцій в суміжний стадійний процес.

У випадках, коли не вдається досягти повної технологічної синхронізації стадійних процесів або завантаження робітників в них дуже низьке, переходять до прийомів організаційної синхронізації стадійних процесів.

*Організаційно синхронізованими називають стадійні процеси, в яких досягнуто рівномірного або повного завантаження робітників.*

Прийоми, які дають змогу досягти організаційної синхронізації стадійних процесів:

- зміна часу або послідовності виконання окремих операцій в межах такту випуску продукції;
- суміщення професій;
- передавання робіт робітникам високої кваліфікації від робітників нижчої кваліфікації.

**Організація виробничого процесу в просторі.** Переміщення матеріалів, устаткування і працівників у виробничому процесі наведено на рис. 1.12, 1.13.

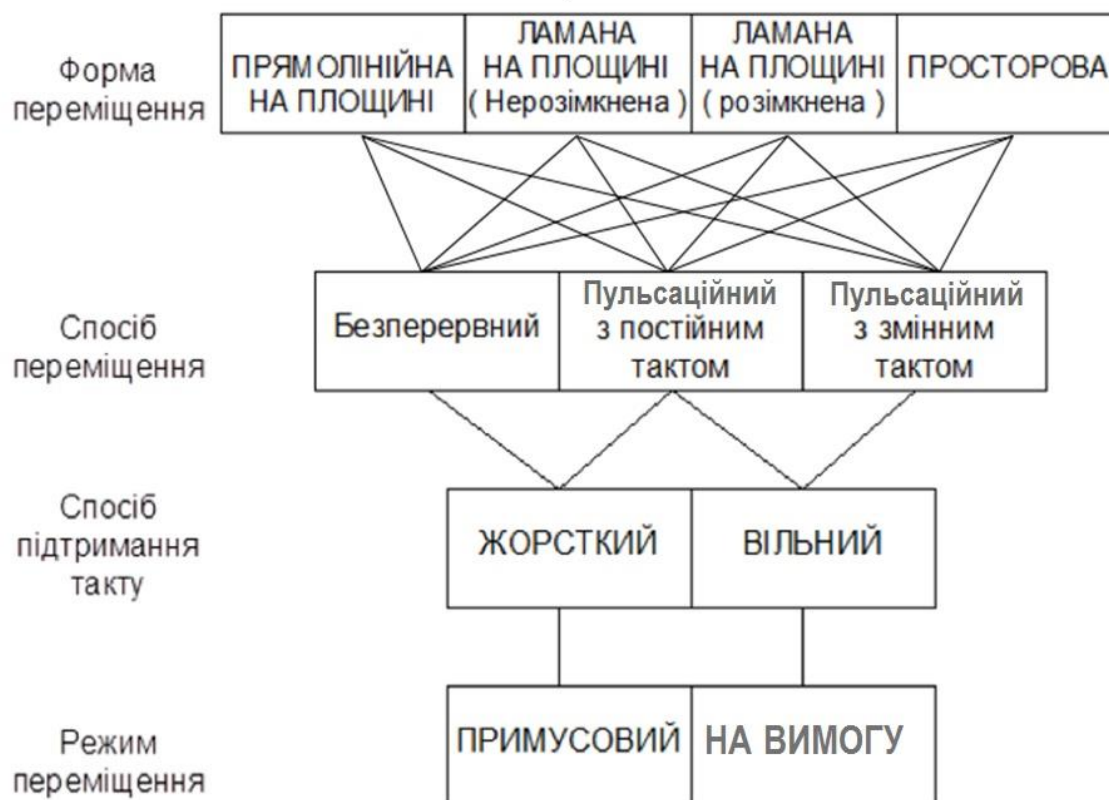


Рис. 1.12. Переміщення основних частин у виробничому процесі



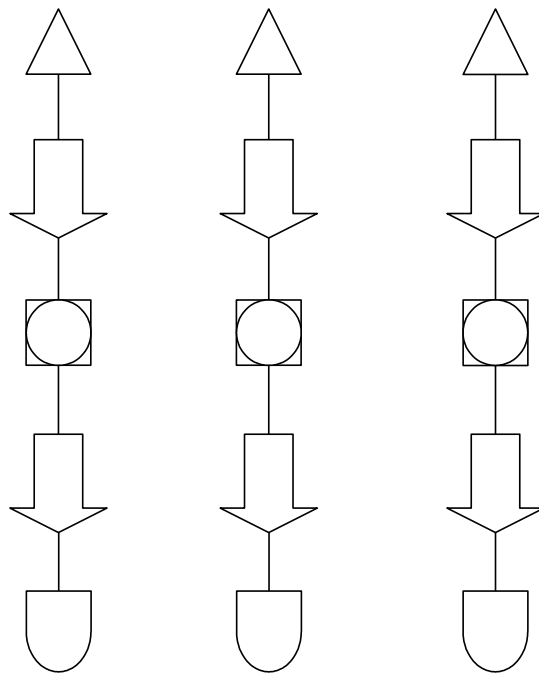


Рис. 1.14. Поопераційно-функціональний тип планувального рішення виробничого процесу

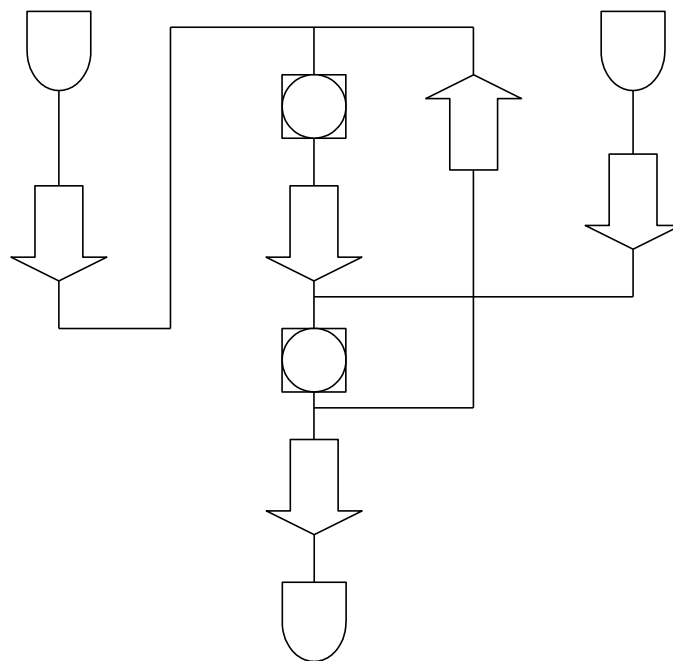


Рис. 1.15. Лінійно-потоківий тип планувального рішення виробничого процесу

Лінійно-потоківий тип є найхарактернішим для конвеєрних, агрегатних ліній.

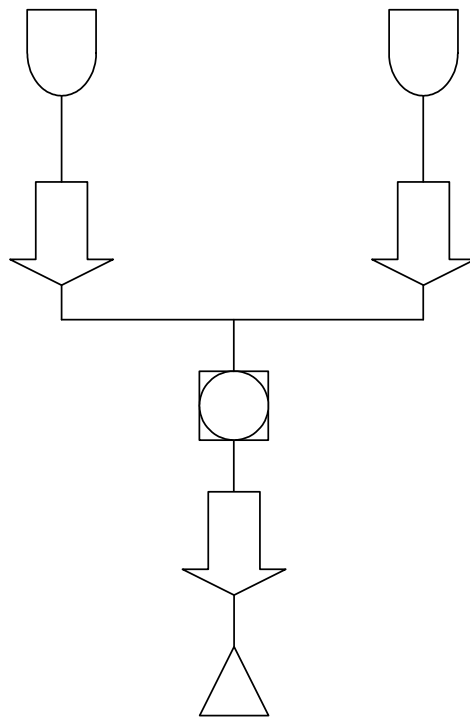


Рис. 1.16. Фіксовано-позиційний тип  
планувального рішення виробничого процесу

Умовні позначення, використані на схемах, наведено на рис. 1.17:

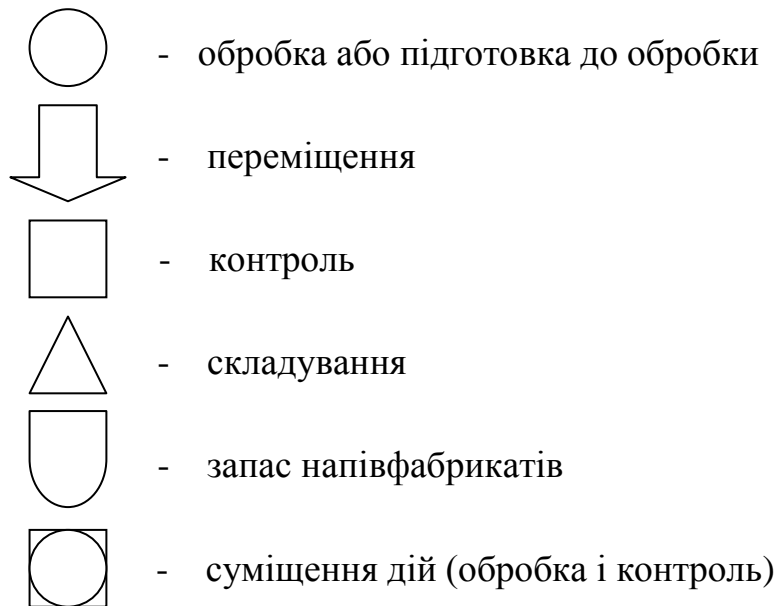


Рис. 1.17. Умовні позначення, які використовують на схемах  
типів планувального рішення виробничого процесу

На організацію виробничого процесу у просторі, крім форми переміщення, суттєво впливає розподіл його по робочих місцях (технологічна спеціалізація постів). За невисокої спеціалізації постів (більше процесів відбувається на одному робочому місці) предмети праці залишаються нерухомими, а переміщується обладнання і робітники. За найбільшої спеціалізації постів суттєво збільшується переміщення предметів праці, а обладнання і робітники закріплені за робочими місцями.

### **1.3. Організація основних виробничих процесів**

**Конструктивно-технологічний аналіз продукції.** Конструктивно-технологічний аналіз продукції означає виявлення основних показників, які характеризують продукцію підприємства.

Наприклад, для підприємств хімічної технології та інженерії з виготовлення будівельних конструкцій, виробів і матеріалів застосовують таку конструктивно-технологічну класифікацію:

- за функціональним призначенням (панелі внутрішніх стін, панелі зовнішніх стін, плити перекриття, блоки фундаментні, цегла стінова, камені лицьові тощо);
- за конструктивними характеристиками (одношарові, багатошарові, трубчасті, пустотні тощо);
- за складом матеріалів (важкий бетон, легкий бетон, полімер-бетон, кераміка тощо);
- за складністю виготовлення (отвори, прорізи, фігурні щілини тощо).

Конструктивно-технологічна класифікація продукції починається з розподілу функціональних типів (виробів, спільних за функціональним призначенням) продукції за технологічними класами. До одного технологічного класу належать вироби, які мають спільність в функціональному призначенні (панелі зовнішніх стін, перекриттів тощо), конструктивних ознаках (суцільні панелі перекриттів, багатопустотні одношарові, багатошарові тощо), які можуть бути виготовлені із застосуванням одного технологічного процесу, на одній технологічній лінії.

Технологічні класи поділяються на технологічні групи, в них об'єднано вироби, що їх можна виготовити в одній формі, яку є змога переналадити. *Ознаки для об'єднання в одну технологічну групу:* однакова товщина виробу, наявність або відсутність прорізів, отворів, фігурних щілин тощо.

Технологічні групи підрозділяють на укрупнені марки, до складу яких належать марки виробів, що відрізняються один від одного ознаками, які не перешкоджають їхньому виготовленню в одній формі без її переналагоджування (наприклад, якщо марки відрізняються положенням закладних деталей, які закріплюють на арматурі і які не потребують перебудови фіксаторів).

*Основними розрахунковими представниками продукції є такі:* номенклатура (типи, типорозміри, марки), габаритні розміри виробів, номенклатура і витрати матеріалів, напівфабрикатів і комплектувальних виробів.

**Розроблення транспортно-технологічної схеми.** Виробничі операції для виготовлення розрахункової номенклатури продукції аналізують за такими ознаками:

- призначення (технологічні, переміщення, контроль);
- структура (склад переходів і ступінь розподілу);
- використане устаткування.

Класифікація устаткування основана на виділенні класів устаткування за функціональним призначенням залежно від виконуваних виробничих операцій:

- транспортне;
- для підготовки форм;
- для формування;
- для теплової обробки;
- для оздоблення;
- приготування бетонних, керамічних та інших видів сумішей.

Технологічний процес складається з основних, неподільних в організаційному відношенні частин – операцій, взаємозв'язок і сполучення яких визначають послідовність обробки, зміст і тривалість стадійних процесів, трудомісткість і ресурси. Послідовністю і взаємозв'язком основних і допоміжних виробничих операцій характеризується організаційна структура процесу: можливе групування

операцій в стадійні процеси і встановлення провідних стадійних процесів. Наприклад, у виробництві залізобетону і керамічних каменів провідними стадійними процесами звичайно є формування, тривалістю яких визначається потужність технологічних ліній. Найбільш тривалим є процес теплової обробки або сушіння і випалювання, але його не вважають головним, тому що до нього не залучені основні робітники й обладнання.

Мета розробки транспортно-технологічної схеми процесу – принципове вирішення процесу; відповідно до конструктивно-технологічних особливостей продукції, заданого обсягу її виробництва і техніко-економічних характеристик наявних типів ліній встановлюють операційну структуру процесу (зміст, склад і послідовність операцій), обирають основні технологічні методи і режим обробки, типи машин, обладнання і пристроїв.

Операційна структура процесу слугує основою для вибору способів обробки й основного устаткування. Для наочного представлення змісту виробничих операцій та їхнього взаємозв'язку використовують функціональні транспортно-технологічні схеми (рис. 1.18). За допомогою спеціальних символів на схемі виділяють окремі операції згідно з їхнім функціональним призначенням. Вертикальні лінії сполучають символи, позначають напрямки основних потоків, горизонтальні – поставки матеріалів і напівфабрикатів.

Вибір обладнання визначається насамперед можливістю дотримати технічних вимог до виготовлення виробів. Якщо такі вимоги задовольняють декілька типів машин (агрегатів), то розглядають відповідність основних параметрів машин конструктивним характеристикам виробів (наприклад, вантажопідйомність і маса), можливість якнайповнішого використання продуктивності машин або досягнення найменших витрат на обробку (вартість обробки й експлуатаційні витрати), рівень технологічності виробництва.

Доцільності використання ресурсів досягають за допомогою функціонально-вартісного підходу до проектування виробничого процесу.

На рис. 1.18 наведено такі позначення:

- 1.1 – встановлення форми на пост розпалублення;
- 1.2 – передавання напруження на бетон;
- 1.3 – знімання (вилучення) виробу з форми;
- 1.4 – чищення, змащення форми;
- 2.1 – встановлення форми на пост армування;
- 2.2 – укладання стержнів в установку для електронагрівання;
- 2.3 – нагрівання стержнів;
- 2.4 – укладання стержнів в упори форми;
- 3.1 – встановлення форми на віброплощадку;
- 3.2 – завантаження бетонної суміші в бункер бетоноукладача;
- 3.3 – введення пустотоутворювачів;
- 3.4 – укладання першого шару бетонної суміші;
- 3.5 – укладання арматурних сіток;
- 3.6 – укладання другого шару бетонної суміші;
- 3.7 – ущільнення;
- 3.8 – ущільнення з навантаженням;
- 3.8.1 – встановлення привантажувального щита;
- 3.8.2 – зняття привантажувального щита;
- 3.9 – вилучення пустотоутворювачів;
- 3.10 – очищення форми;
- 3.11 – знімання форми з віброплощадки;
- 4.1 – встановлення форми в камеру теплової обробки;
- 4.2 – закривання кришки камери;
- 4.3 – теплова обробка;
- 4.4 – підняття кришки камери;
- 4.5 – вилучення форми з камери;
- 5.1 – контроль і маркування виробу;
- 5.2 – доводка;
- 5.3 – встановлення виробу на вивізний візок;
- 5.4. – охолодження виробу.

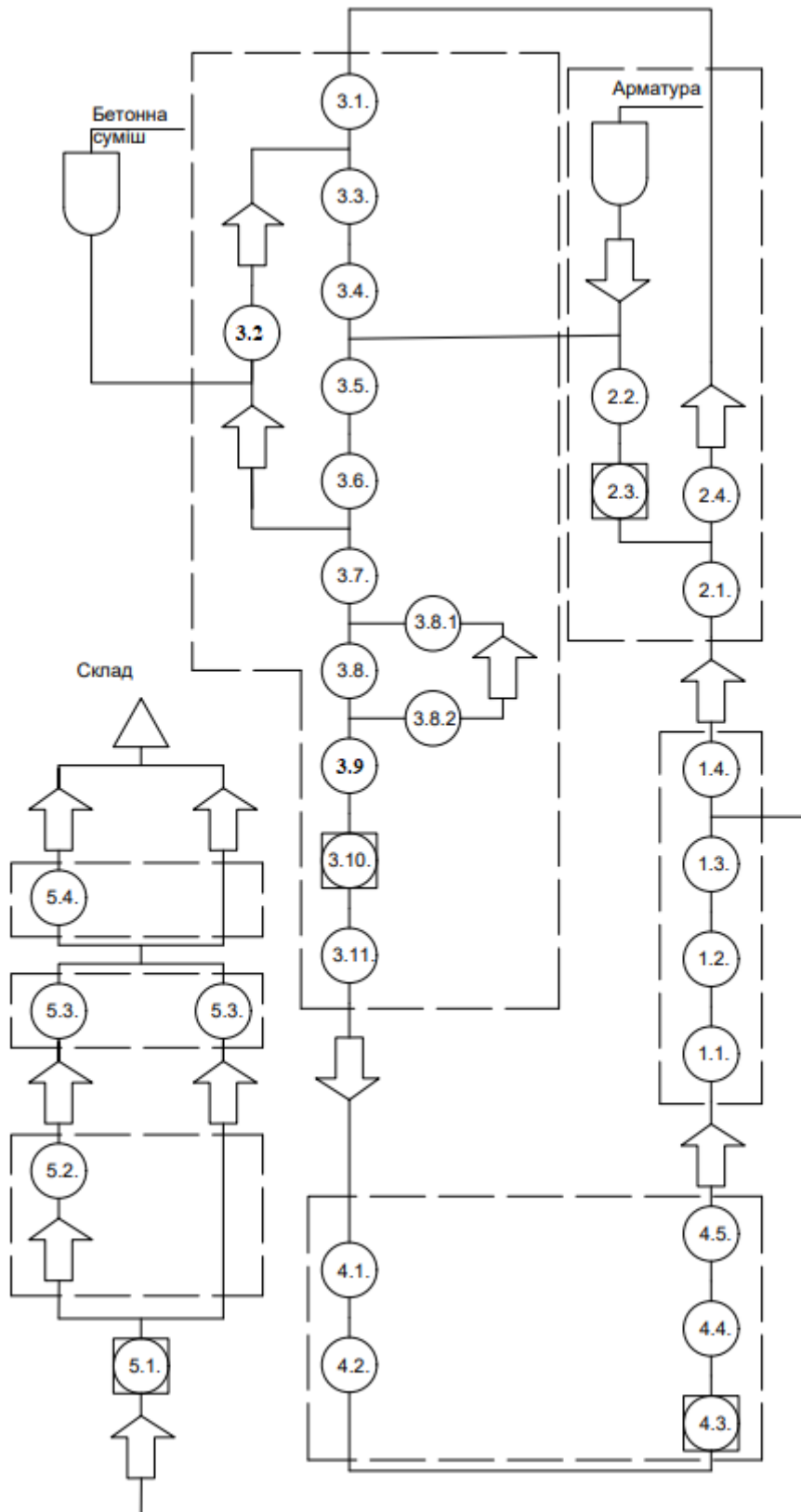


Рис. 1.18. Транспортно-технологічна схема процесу

**Проектування виробничих процесів.** Загальна характеристика проектування виробничих процесів. Проектування виробничих процесів можна розглядати як моделювання процесу виробництва, а сам проект – як модель процесу. Виробничий процес як процес перетворення вихідних матеріалів у продукцію є системним об'єктом, а його проектування виконують відповідно до методології проектування системних об'єктів.

Основні випадки проектування виробничих процесів: проектування нового підприємства, реконструкція, технічне переозброєння або модернізація устаткування на підприємстві, проектування типових виробничих систем (підприємств, ліній, агрегатів тощо).

У кожному з названих випадків можливі такі завдання з проектування виробничих процесів: вибір процесів для конструктивно однотипної й технологічно однорідної продукції з наявних типових; проектування індивідуальних процесів на основі типових рішень; проектування індивідуальних процесів на основі принципово нових рішень.

Метою проектування виробничих процесів є визначення технологічних, технічних й організаційно-економічних умов випуску продукції за оптимального використання всіх видів ресурсів. Підвищення рівня механізації й автоматизації виробництва, спрямоване насамперед на зниження трудомісткості й поліпшення умов праці, підвищує значення організації виробничих процесів, покликаної забезпечити оптимальну взаємодію машин за їхнього найефективнішого використання й оптимального взаємозв'язку машинних, машинно-ручних і ручних процесів за умови зведення до мінімуму втрат робочого часу.

*Проектування процесів виконують за три етапи:* на першому етапі розробляють техніко-економічні передумови для визначення можливих методів виготовлення продукції; другий етап містить вирішення виробничого процесу в часі та просторі; на третьому етапі аналізують розроблені рішення й дають техніко-економічну оцінку процесу.

Завдання з проектування виробничих процесів на будь-якому системному рівні (на 0-му – виробничого процесу в цілому; 1-му – часткових процесів; 2-му – стадійних процесів; 3-му – виробничих

операцій; 4-му – переходів; 5-му – дій) зводяться до встановлення структур процесів і ресурсів.

Залежно від авансованих витрат завдання з проєктування виробничих процесів поділяються на два типи:

- за обмежених ресурсів знаходять таке рішення, коли витрати є найменшими:

$$\sum_{i=1}^n Z_i^k \rightarrow \min \quad (1.20)$$

- за виділених (обмежених) ресурсів ( $Z_i$ ) знаходять таке рішення, щоб витрати їх не перевищили:

$$\sum_{i=1}^n Z_i^k \leq \bar{Z}_i \quad (1.21)$$

Процес проєктування поділяють на ряд ітерацій відповідно до декомпозиції виробничого процесу. На рис. 1.19 наведено логічну схему вибору рішень у проєктуванні виробничих процесів.

Основні процедури функціонально-вартісного аналізу (ФВА) виробничого процесу:

- побудова структурної моделі процесу;
- виявлення й аналіз функцій процесу;
- побудова функціонально-вартісної моделі процесу;
- вибір оптимального варіанта.

Виробничий процес тим ефективніший, чим доцільніше використовуються ресурси. Одним з показників ефективності рішення вважають витрати. В загальному випадку витрати на виконання процесу складаються з обов'язкових (корисних) та зайвих.

Зайві витрати виникають з таких причин:

- розгляд процесу ізольовано від системи, до якої він належить;
- фіксація уваги на першому (найбільш відомому) варіанті рішення;
- недостатня увага до вартості використання ресурсів;
- перевага предметного (матеріально-речовинного) підходу над функціональним.

Для усунення цих недоліків потрібні:

- системний розгляд процесу;
- функціональний підхід до процесу і його компонентів, згідно з яким виділяють насамперед не конкретну форму, а комплекс функцій, які повинен виконувати процес;
- ієрархічна послідовність аналізу від вищого до нижчих системних рівнів, починаючи з рівня, на якому процес є підсистемою;
- колективний творчий пошук рішень з використанням всіх відомих досягнень науки і техніки;
- орієнтація на вартісну оцінку функцій, які здійснюються процесом.



Рис. 1.19. Логічна схема ітераційного процесу вибору рішень

Основні процедури функціонально-вартісного аналізу (ФВА) виробничого процесу такі:

- побудова структурної моделі процесу;
- виявлення й аналіз функцій процесу;
- побудова функціонально-вартісної моделі процесу;
- вибір оптимального варіанта.

Розглянемо особливості виконання процедур ФВА на прикладі завдання з вибору оптимального варіанта схеми виробничого процесу. Схема виробничого процесу відображає принципове рішення щодо перетворення виробничих ресурсів в продукцію певного призначення. Схема процесу встановлює склад, взаємозв'язок, методи і засоби виконання частин процесу і слугує основою для розроблення детального рішення.

Відповідно до предметно-технологічного змісту виробничий процес являє собою набір часткових і стадійних процесів, які складаються з відповідних технологічних, транспортних і контрольних операцій. Технологічно допустимі і технічно впроваджені варіанти виконання виробничих операцій визначають множину можливих рішень, з-поміж яких потрібно обирати оптимальне. Структурна модель виробничого процесу може бути представлена у вигляді графа. На рис. 1.20 наведено модель виробничого процесу на третьому системному рівні (рівні операцій). Розглядається частковий процес, який складається з трьох стадійних процесів. (рис. 1.20, *a*). Перший стадійний процес містить дві операції, які відбуваються паралельно, другий – дві послідовні операції, третій складається з паралельно-послідовних операцій. Кожна операція має відповідну функцію процесу і потребує ресурсів для виконання цієї функції.

Виявлення функцій виробничого процесу ґрунтується на таких правилах:

- точність формулювання функції;
- абстрагованість функції від її матеріально-речовинної реалізації;
- лаконізм формулювання функції (бажано двома словами – дієсловом й іменником);
- кількісна характеристика функції.

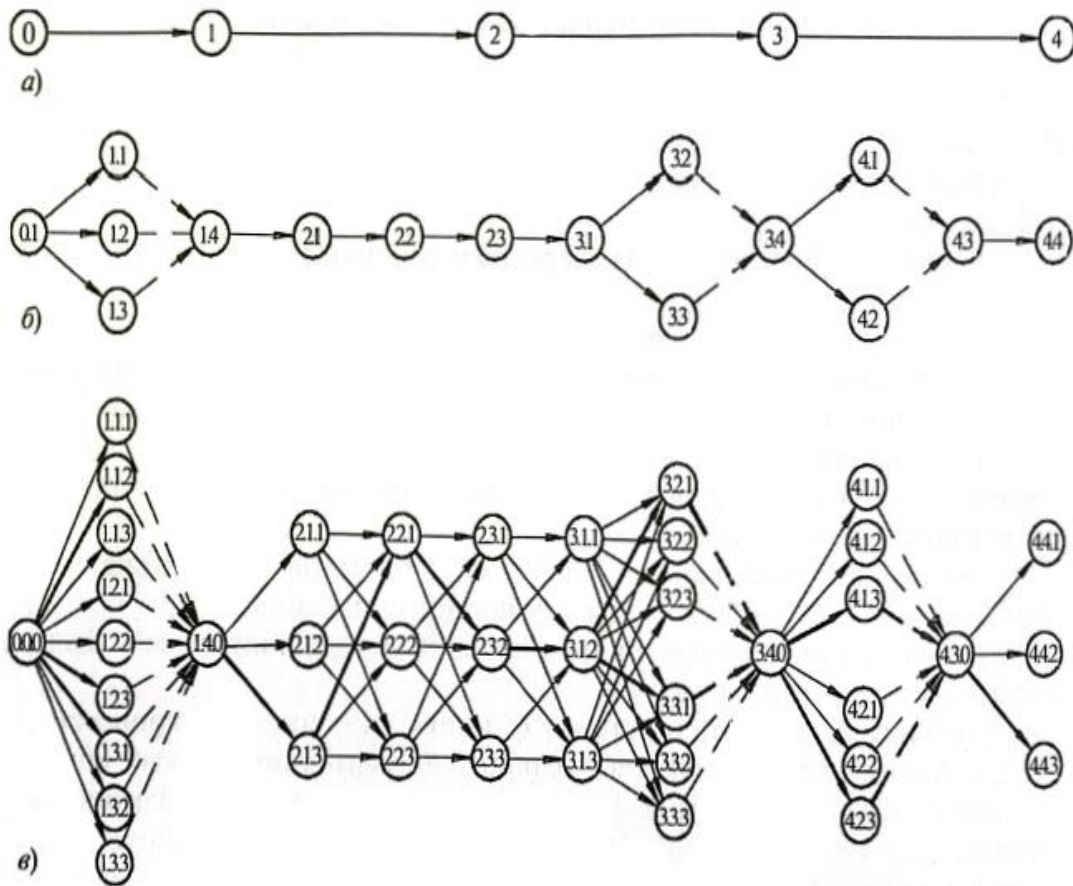


Рис. 1.20 Граф виробничого процесу: *а* – рівень стадійних процесів; *б* – рівень операцій; *в* – граф варіантів виконання операцій

Точне виявлення функцій дає змогу знайти нові можливості, раніше не використовувані в проектуванні процесів. Визначення функцій пов'язане з їхньою класифікацією за сферою прояву, роллю і ступенем корисності (рис. 1.21).

Якщо кожній дузі графа приписати певну функцію (рис. 1.20), то отримаємо функціональну модель процесу.

За допомогою морфологічного аналізу виявляють максимально можливу кількість варіантів втілення кожної функції (рис. 1.22) і будують граф варіантів виконання виробничого процесу (рис. 1.20, *в*). На цьому графі відображено технологічно допустимі і технологічно здійсненні варіанти виробничих операцій. Наприклад, операція з переведення предмета праці зі стану 0.0 в стан 1.1, (рис. 1.20, *б*) може бути виконана в трьох варіантах: 0.0.0 – 1.1.1, 0.0.0 – 1.1.2, 0.0.0 – 1.1.3 (рис. 1.20, *в*). Аналогічно виконують варіанти всіх виробничих операцій.

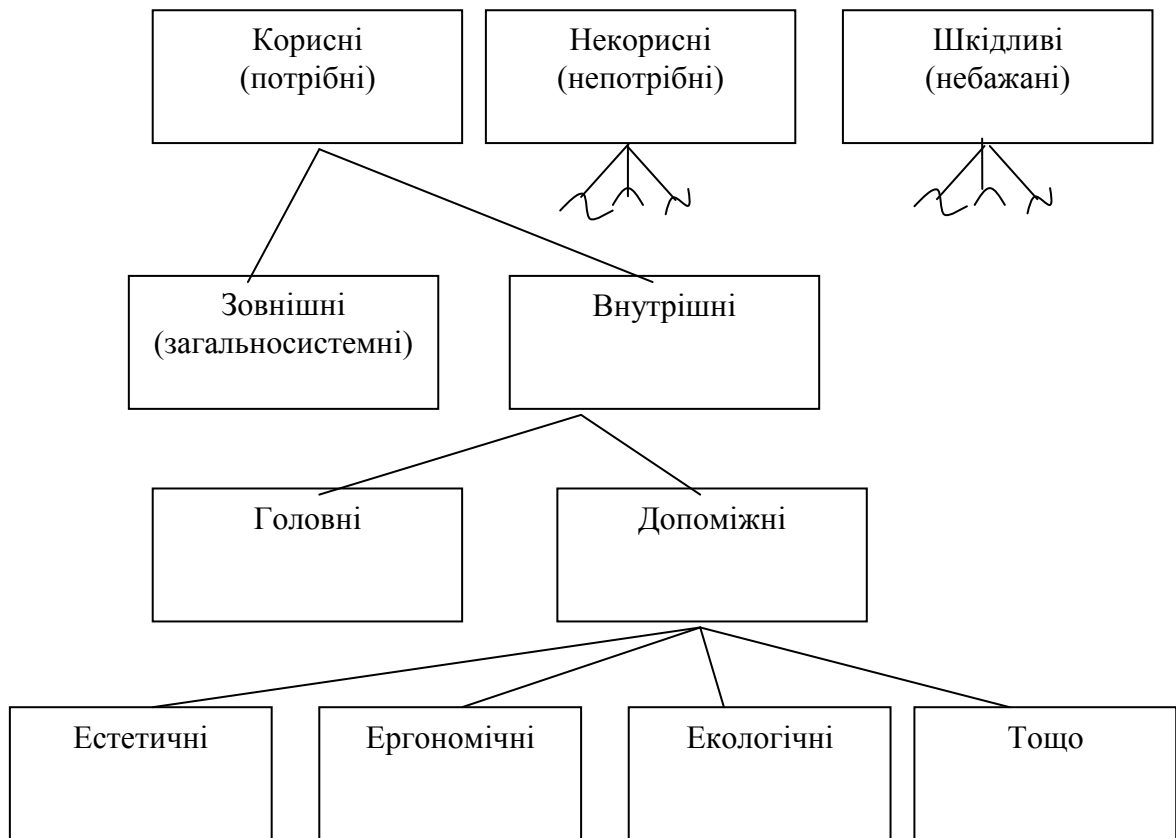


Рис. 1.21. Загальна класифікація функцій

Функції	Варіанти реалізації			
F <sub>1</sub>	Π <sub>11</sub>	Π <sub>12</sub>	-	-
F <sub>2</sub>	-	-	Π <sub>2(n-1)</sub>	Π <sub>2n</sub>
...				
F <sub>K</sub>	Π <sub>k1</sub>	Π <sub>k1</sub>	-	Π <sub>kn</sub>

Рис. 1.22. Морфологічна матриця реалізації функцій

Кожний варіант реалізації функцій потребує функціональних витрат. Загальні функціонально потрібні витрати на виконання основної функції виробничого процесу:

$$S = \sum_{i=1}^k S_i, \quad i = \overline{1, K}, \quad (1.22)$$

де  $K$  – кількість основних функцій процесу;

$S_i$  – витрати на  $i$ -му основну функцію;

$$S_i = \sum_{j=1}^m S_{ij}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (1.23)$$

де  $S_{ij}$  – витрати на  $j$ -му допоміжну функцію  $i$ -му основну функцію.

Якщо кожній дузі графа приписати відповідні функціонально потрібні витрати, одержимо функціонально вартісну модель виробничого процесу. Із множини допустимих варіантів виконання виробничого процесу знаходимо оптимальний, якому властиві мінімальні загальні функціонально потрібні витрати і (або) який задовольняє обмеження щодо виділених ресурсів (матеріальних, енергетичних, трудових, основних фондів). На рис. 1.20, в граф з  $S_{\min}$  виділений грубими лініями. Такий граф і визначає оптимальну схему виробничого процесу:

$$S_i = \sum_{j=1}^m S_{ij} \rightarrow \min \quad j = \overline{1, m}, \quad (1.24)$$

### **Проектування виробничих операцій виробничого процесу**

Вихідними даними для проектування операцій є такі:

- технологічна схема процесу;
- технічні умови на виготовлення виробів;
- способи обробки матеріалів і напівфабрикатів;
- режими технологічних операцій і процесів;
- обладнання.

Проектуючи операції, уточнюють їхній зміст, визначений під час розроблення транспортно-технологічної схеми процесу, чітко встановлюють технологічні умови виконання окремих елементів операцій, в яких відображають параметри технологічних режимів, допустимі межі їхніх відхилень.

Зміст операції й оптимальні умови її виконання відображають в операційних нормалях, які містять, зокрема, таке:

- схему організації робочого місця з розміщенням обладнання, матеріалів і робітників;

- технічні умови на виконання операцій, які містять дані про технологічні режими і допустимі межі їхнього відхилення;
- умови безпеки праці під час виконання операцій;
- послідовність виконання і зміст елементів операцій;
- трудомісткість операцій;
- достатній склад робітників;
- обладнання, інструменти, пристосовання для виконання операцій;
- завдання, технічні засоби і періодичність поопераційного контролю.

Операційні нормалі (табл. 1.2) є нормативною базою для технологічних розрахунків, визначення потрібних ресурсів у процесі планування й управління роботою ліній.

Трудомісткість операції визначають так:

- знаходять обсяг робіт, який залежить від конструктивно-технологічних характеристик виробу та характеристик застосовуваного обладнання;
- щодо кожного елементу операції визначають трудомісткість за операційними нормалями або типовими нормативами;
- визначають сумарні трудові витрати на кожний елемент операції і операцію загалом;
- визначають трудомісткість операцій для різних розрядів та професій робітників.

Трудомісткість операції виробничого процесу:

$$H = \sum_{k=1}^n H_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (1.25)$$

де  $H_k$  – трудомісткість елементів операції, люд.·хв;  $k$  – кількість елементів операції;

тоді

$$H_k = P_k \cdot T_k, \quad (1.26)$$

де  $P_k$  – чисельність робітників, залучених до виконання елементу операції, люд.;  $T_k$  – тривалість елементу операції, хв.

## Приклад операційної нормалі

Назва операції: змащення форми						
Схема організації робочого місця				Технічні умови		
	<p>Мастила наносять на поверхні, які стикаються з бетоном і на шарнірні з'єднання.</p> <p>Мастила треба наносити на старанно очищену поверхню рівномірним шаром завтовшки 0,2-0,3 мм.</p> <p>Струмień з вудки-розпилювача 1 має бути спрямований під кутом 90° до змащуваної поверхні 2</p>					
	Умови безпеки праці					
	<p>Робітники повинні працювати в окулярах і рукавицях. Не можна ставати на борт форми, ходити по змащеній поверхні і вести роботи під час руху конвеєра</p>					
Елементи операції	Виконавці			Трудо-місткість, люд. хв	Обладнання і інструменти	Контроль
	Люд.	Професія	Розряд			
<p>1. Перевірити кріплення шланга до форсунки</p> <p>2. Піднести вудку-розпилювач до форми і ввімкнути подавання змазки</p> <p>3. Змастити поздовжні і поперечні борти</p> <p>4. Змастити піддон і шарнірні з'єднання</p>	2	Формувальник	III	4	Вудка-розпилювач	<p>Контролює правильність змащування майстер 1-2 рази за зміну, контролер ВТК – 1 раз за зміну, бригадир – кожну форму</p>

Склад працівників, залучених до операції:

$$P = \sum_{k=1}^n P_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (1.27)$$

де  $P_k$  – склад працівників-виконавців елементів операції, люд.

$$P_k = \frac{H_k}{T_k}. \quad (1.28)$$

**Визначення параметрів виробничих процесів.** Вихідною інформацією для проектування виробничих процесів є класифікатори продукції, виробничих операцій, устаткування, нормативи проектування, вартісні дані, потрібні для оцінювання і вибору рішень.

Класифікують продукцію підприємств будівельних матеріалів і конструкцій за функціональним призначенням, конструктивними характеристиками, основним матеріалом, особливостями комплектації.

Виробничі операції класифікують за функціональним призначенням (технологічні, переміщення, контролю), за структурою (склад переходів і ступінь розподілу) за використаним устаткуванням. Основними розрахунковими даними операцій є вид виробу, вид обладнання, розрахункова тривалість, трудомісткість, мінімально потрібна і максимально допустима кількість робітників на виконання операції, енергомісткості, можливості розділення і виконання на декількох робочих місцях.

Класифікація устаткування основана на виділенні класів устаткування за функціональним призначенням залежно від виконуваних виробничих операцій (транспортні, для підготовки форм, укладання й ущільнення бетонних сумішей, теплової обробки, оздоблення виробів, виготовлення бетонних сумішей).

Основними розрахунковими величинами виробничих процесів є тривалість стадійних і виробничих циклів. Тривалість стадійних циклів складається з тривалості несуміщених (у часі) операцій. Суміщення операцій дає змогу скоротити тривалість стадійного циклу, але може призвести до підвищення нерівномірності використання виробничих ресурсів і їхніх втрат. Отже, суміщення повинно здійснюватись в розрахунку на ефективне використання ресурсів, в першу чергу – праці робітників.

У проектуванні процесів виконують такі завдання:

I – проектування процесу, від якого залежить випуск продукції заданого обсягу (фіксована, обмежена величина  $N$ ) за мінімальних затрат виробничих ресурсів:

$$[N] \rightarrow P_{\min}. \quad (1.29)$$

II – проектування процесу, який за наявних виробничих ресурсів (фіксована, обмежена величина  $P$ ) забезпечує максимально можливий випуск продукції:

$$[P] \rightarrow N_{\max}. \quad (1.30)$$

У задачах I типу основну увагу приділяють досягненню технологічної синхронізації стадійних процесів з метою зведення тривалості перерв  $\tau_{cj}$  до нуля і досягнення рівності або кратності величин  $T_{cj}$  і  $\bar{R}$ . Технологічної синхронізації стадійних процесів досягають завдяки включенню окремих операцій до складу суміжних стадійних процесів; об'єднанню декількох стадійних процесів в один; зміні технологічного оснащення постів; зміні чисельності робітників.

Якщо досягти технологічної синхронізації не вдається або завантаження робітників в стадійних процесах виявляється низьким, виконують організаційну синхронізацію, спрямовану на досягнення повного завантаження робітників в стадійному процесі і під час робочої зміни.

Завантаження робітників в стадійному процесі:

$$\eta_{cij} = \frac{t_{ij}}{r_{ci}}, \quad (1.31)$$

де  $\eta_{cij}$  – завантаження робітників  $j$ -ї професії в  $i$ -му стадійному процесі ( $\eta_{cij} \leq 1$ );  $t_{ij}$  – зайнятість робітників  $j$ -ї професії в  $i$ -му стадійному процесі, хв;  $r_{ci}$  – такт  $i$ -го стадійного процесу, хв.

Завантаження робітників протягом робочої зміни:

$$\eta_{зmj} = \frac{1}{T_{зm}} \sum_{i=1}^m t_{ij}, \quad (1.32)$$

де  $\eta_{зmj}$  – завантаження робітників  $j$ -ї професії протягом зміни ( $\eta_{зmj} \leq 1$ );  $m$  – чисельність  $i$ -х стадійних процесів протягом робочої зміни;  $T_{зm}$  – змінний фонд робочого часу, хв.

Для технологічної та організаційної синхронізації стадійних процесів використовують графоаналітичні методи моделювання на основі поопераційних графіків і циклограм роботи машин. Розробляючи поопераційні графіки, їх слід оптимізувати, наприклад, для скорочення витрат праці на основі оптимального розподілу ресурсів.

Оптимальний розподіл ресурсів, який мінімізує їх (або втрати), можна проілюструвати на такому прикладі.

До складу стадійного процесу належать сім операцій, їхні логічні взаємозв'язки наведено у табл. 1.3. Відомо: трудомісткості кожної операції  $H_i$ , чисельність робітників, залучених до кожної з них  $P_i$  і такт випуску продукції  $\bar{R}=12$  хв.

Таблиця 1.3

**Вихідні дані до завдання з розподілення ресурсів  
(задачі першого типу)**

Попередні операції	Наступні операції							Трудомісткість $H_i$ , люд.-хв.	Кількість робітників в $P_i$ , люд.
	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$		
$O_1$			+					8	2
$O_2$				+				6	2
$O_3$					+			6	2
$O_4$						+		10	2
$O_5$							+	6	6
$O_6$								2	1
$O_7$								8	4

Запишемо модель задачі.

Цільова функція:

$$\Delta H = H_{\phi} - H \rightarrow \min, \quad (1.33)$$

де  $\Delta H$  – втрати праці через нерівномірне та неповне використання трудових ресурсів, люд.-хв;  $H_{\phi}$  – фактичні витрати праці у стадійному процесі, люд.-хв;  $H$  – трудомісткість операцій, що входять у стадійний процес, люд.-хв.

Фактичні витрати праці у стадійному процесі:

$$H_{\phi} = P^{\max} \cdot T_c \text{ (або } \bar{R}), \quad (1.34)$$

де  $P^{\max}$  – найбільша інтенсивність поточного споживання ресурсів (максимальна чисельність робітників, одночасно залучених до виконання операцій стадійного процесу), люд.;  $T_c$  – тривалість стадійного циклу (або  $\bar{R}$  – такт випуску продукції), хв.

Трудомісткість операцій стадійного процесу:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.35)$$

де  $H_i$  – трудомісткість окремих операцій, люд.-хв.

Обмеження:

1) операції перебувають у такій залежності одна від одної:

$$O_1 \subset O_3; \quad O_2 \subset O_4; \quad O_3 \subset O_5; \quad O_4 \subset O_6; \quad O_5 \subset O_7;$$

(слід читати як  $O_1$  передуює  $O_3$  і т. д.);

2) інтенсивність споживання ресурсів на кожній операції протягом її виконання не змінюється;

3) ресурси, залучені до виконання кожної операції, взаємозамінювані (робочі широкого профілю можуть виконувати будь-яку операцію цього стадійного процесу).

Схему алгоритму розв'язання завдання наведено на рис 1.23. Використання цього алгоритму дає змогу одержати розв'язок, близький до оптимального.

Вихідний графік стадійного процесу будують, розміщуючи операції відповідно до їхньої послідовності й взаємозв'язків і з огляду на найбільш ранній початок кожної операції (рис. 1.24, а). У цьому прикладі тривалість стадійного циклу дорівнює такту випуску, тому технологічної синхронізації виконувати не потрібно.

Середня розрахункова потреба в робітниках:

$$\bar{P} = \frac{H}{T_c} = \frac{8+6+10+6+2+8}{12} = \frac{48}{12} = 3,83 \approx 4 \text{ люд.} \quad (1.36)$$

За графіком завантаження робітників видно, що в інтервалах 7-8 та 9-10 сумарна потреба в робітниках відрізняється від середньої розрахункової. За такого графіка виконання операцій для того, щоб значення  $T_c$  не збільшувалось, потрібно мати  $P^{\max} = 7$  люд. (див. інтервал 7-8).

Тоді

$$H_{\phi} = P^{\max} \cdot T_c = 5 \cdot 12 = 60 \text{ люд. - хв}; \quad (1.37)$$

$$\Delta H = H_{\phi} - H = 60 - 46 = 14 \text{ люд. - хв}; \quad (1.38)$$

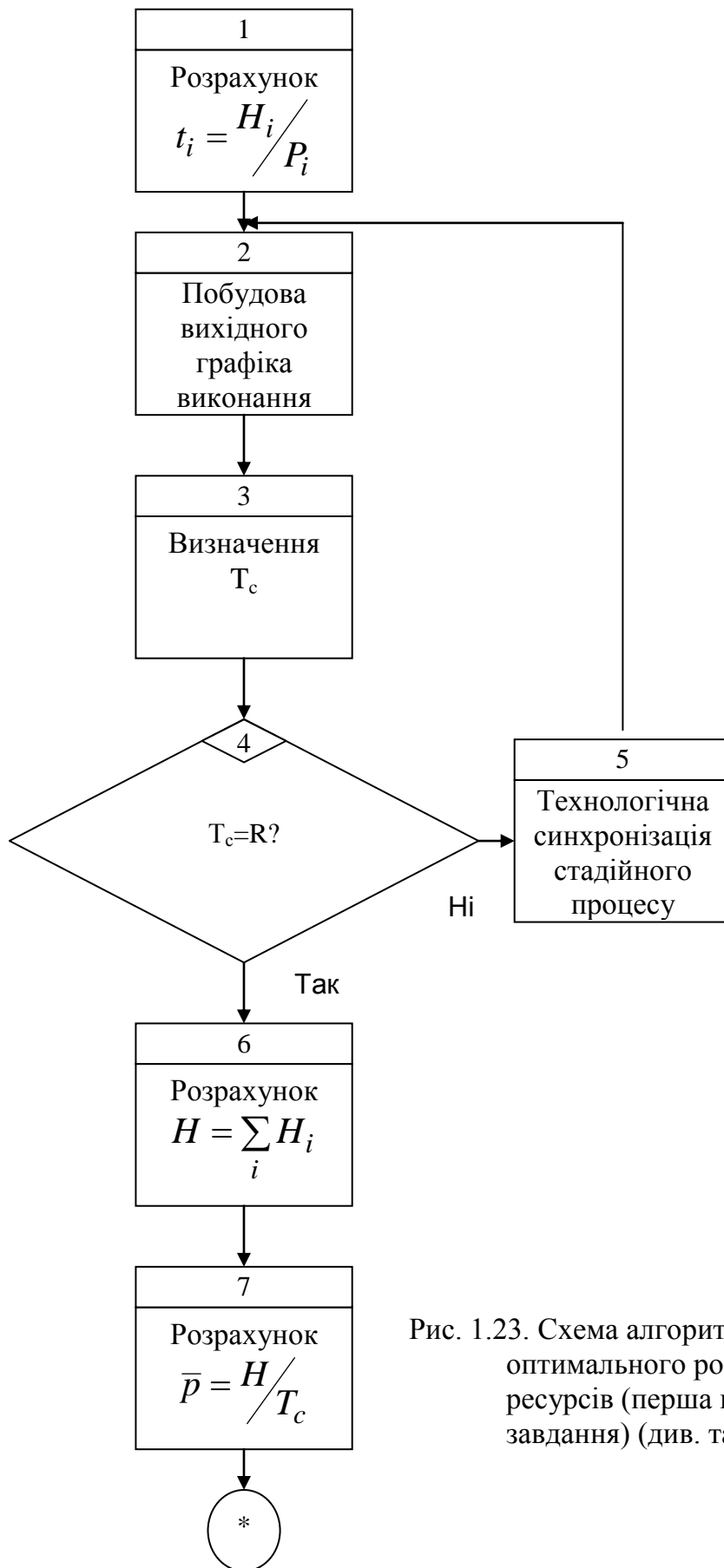


Рис. 1.23. Схема алгоритму оптимального розподілу ресурсів (перша постановка завдання) (див. також с. 58)

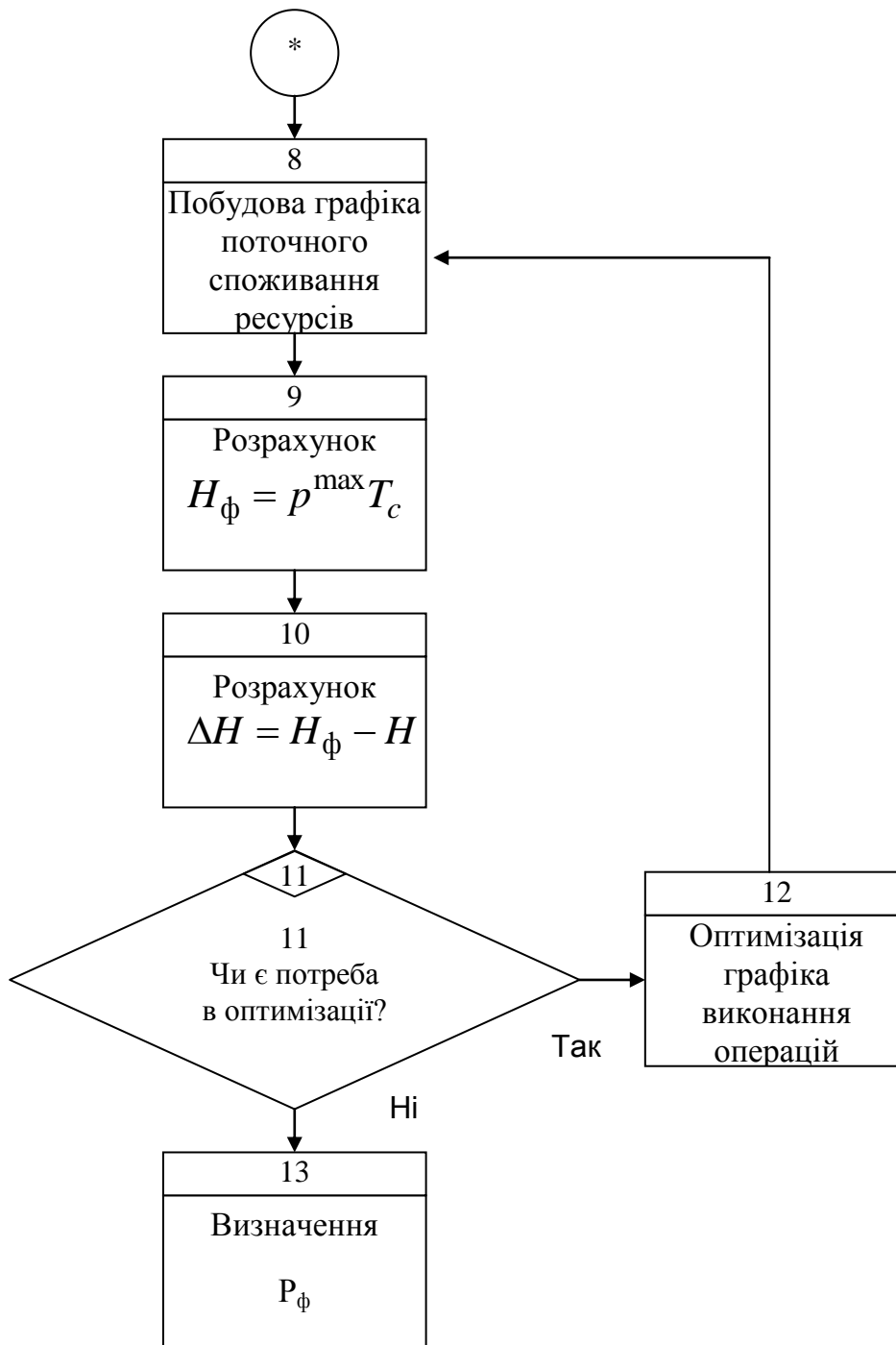


Рис. 1.23. Закінчення

Слід зменшити (або усунути) втрати праці. З аналізу вихідного графіка виділимо операції, які не впливають на тривалість циклу, тобто суміщені, й ті, що мають резерви часу:  $O_1, O_3, O_5$ . Через те що у вихідному графіку всі операції розміщені у крайньому лівому положенні (ранній початок), можна зсувом праворуч деяких із суміщених операцій спробувати знайти таку послідовність їхнього виконання,

яка, задовольняючи поставлені обмеження, дозволила б зменшити втрати праці.

На рис. 1.24, б зображено оптимізований графік стадійного процесу: операції  $O_1, O_3, O_5$  зсунуто праворуч на один інтервал часу, що зменшило  $R_{\max}$  до чотирьох чоловік і відповідно знизило втрати праці:

$$\Delta H_{(1)} = H_{\phi(1)} - H = 4 \cdot 12 - 46 = 2 \text{ люд.} \cdot \text{хв}; \quad (1.39)$$

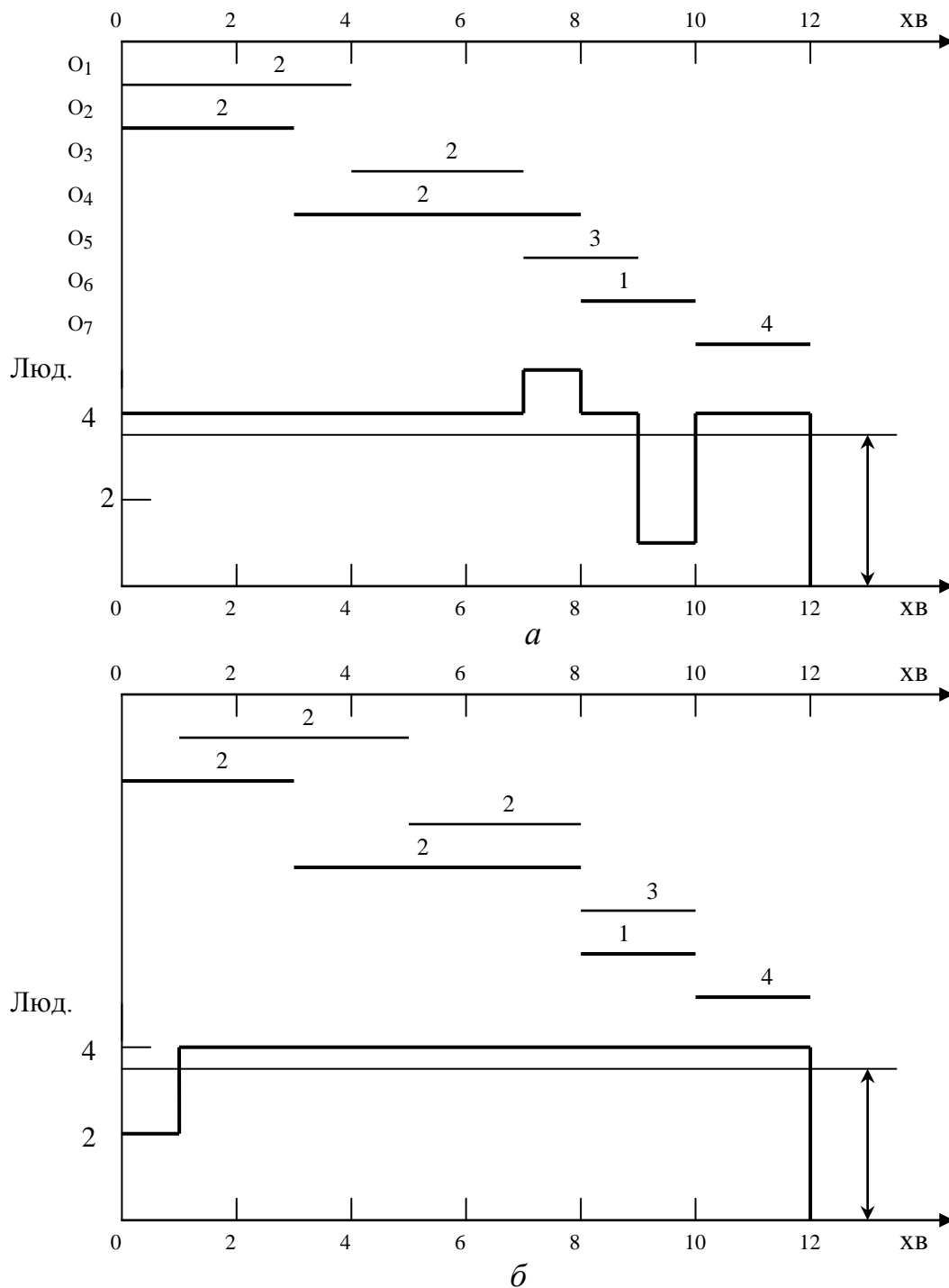


Рис. 1.24. Графік виконання операцій стадійного процесу:  
а – вихідний; б – оптимізований

Подальша оптимізація у розглянутому прикладі неможлива. Отже, одержаний після першого циклу оптимізації графік визначає кількість робітників:  $P_{\phi}=4$  люд., за якої цільова функція сягає мінімального значення. Відповідний розподіл ресурсів (у цьому випадку – робітників) по операціях є оптимальним.

У задачах II типу, коли ресурси обмежені, знаходять найменшу тривалість стадійного циклу, за якою сумарна потреба в ресурсах не перевищує кількості наявних ресурсів.

За участі в процесі декількох машин, робочі зони яких розміщені в одній площині, потрібно домогтися їхньої чіткої взаємодії у часі і просторі. З цією метою використовують графоаналітичний метод, що ґрунтується на побудові циклограм роботи машин, яка відображає послідовність і взаємозв'язок механізованих і ручних операцій у часі та просторі.

На розрахунковій схемі лінії (поста) вказують положення машин і об'єктів виробництва, які переміщуються під час виконання процесу (рис. 1.25). Розраховують тривалість ручних і механізованих операцій. В загальному випадку тривалість механізованої операції (переходу) становить:

$$t_{\text{м}} = \frac{L}{v} a + t, \quad (1.40)$$

де  $L$  – розрахункова довжина (висота) робочого або холостого ходу машини;  $v$  – розрахункова швидкість робочого або холостого ходу машини;  $a$  – розрахункова кількість проходів машини;  $t$  – режимний час, що не збігається з технічним (наприклад, час вібрації, який визначається технологічними режимами ущільнення суміші).

За розрахунковими величинами тривалості операцій будують циклограму роботи машин. На осі абсцис відкладають відстань переміщення обладнання в метрах, а на осі ординат – час у хвилинах. Проекція будь-якої лінії на вісь абсцис вказує на відстань переміщення машини, проекція на вісь ординат – тривалість відповідного переходу або простою. Кут нахилу до осі (у) ординат характеризує швидкість руху машини:

$$\text{tg}\gamma = \frac{L}{t} = v. \quad (1.41)$$

Для побудови циклограми на осях машин (переміщуваних форм, виробів тощо) позначають умовні точки. За розрахунковою схемою визначають положення машин (умовної точки) на початку і в кінці робочого або холостого ходу. На рис. 1.25 показано три положення бетоноукладача: під час завантаження бункера бетонною сумішшю, на початку і в кінці робочого процесу із вкладання бетонної суміші.

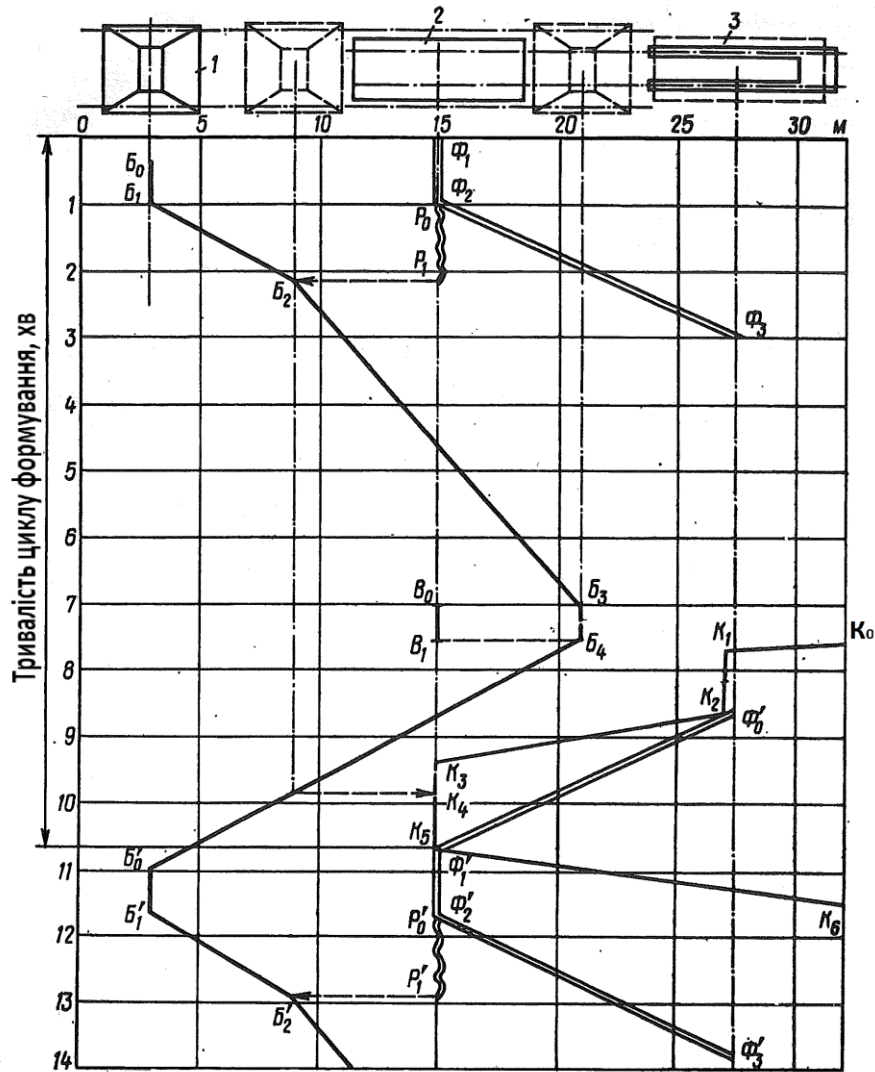


Рис. 1.25. Циклограма роботи машин формувального поста:

1 – бетоноукладач; 2 – віброплощадка; 3 – формоукладач;  $B_0$ - $B_4$  – робота бетоноукладача ( $B_0$ - $B_1$  – завантаження бункера бетонною сумішшю;  $B_1$ - $B_2$  – переміщення до віброплощадки;  $B_2$ - $B_3$  – укладання бетонної суміші в форму;  $B_3$ - $B_4$  – очікування;  $B_4$ - $B_0$  – переміщення бетоноукладача на завантаження);  $\Phi_0$ - $\Phi_3$  – робота формоукладача ( $\Phi_0$ - $\Phi_1$  – переміщення форми до віброплощадки;  $\Phi_1$ - $\Phi_2$  – встановлення форми на віброплощадку;  $\Phi_2$ - $\Phi_3$  – переміщення формоукладача у вихідне положення);  $K_0$ - $K_6$  – робота крана ( $K_0$ - $K_1$  – подача форми до формоукладача;  $K_1$ - $K_2$  – встановлення форми на формоукладач;  $K_2$ - $K_3$  – переміщення крана до віброплощадки;  $K_3$ - $K_4$  – очікування;  $K_4$ - $K_5$  – підйом форми;  $K_5$ - $K_6$  – переміщення форми до камер теплової обробки);  $P_0$ - $P_1$  – кріплення форми;  
 $B_0$ - $B_1$  – ущільнення бетонної суміші

З умовних точок на вісь абсцис опускають перпендикуляри, які відтинають відстань переміщення машини. Розрахункову тривалість операцій відкладають на вісь ординат, з кінців утворених відрізків ставлять перпендикуляри до перетину з відповідними перпендикулярами осі абсцис. На їхньому перетині і знаходяться крайні точки ліній, які відображають роботу машини.

Як видно на циклограмі (рис. 1.25), бетоноукладач починає свій робочий прохід (Б<sub>2</sub>-Б<sub>3</sub>) після закріплення форми (Р<sub>0</sub>-Р<sub>1</sub>); кран може підняти форму (К<sub>4</sub>-К<sub>5</sub>) після того, як бетоноукладач переміститься за межі віброплощадки.

Відображаючи розвиток процесу у часі і просторі, циклограма дає можливість узгоджувати роботу машин.

Одержані значення оптимальної тривалості стадійних циклів використовують для розрахунку кількості машин (устаткування), потрібної для утворення технологічної лінії. У складі комплекта зазначають машини для всіх видів обробки в проєктованому процесі. Кількість машин кожного типу беруть достатньою для обсягу виробництва.

Кількість машино-годин, які може відпрацювати машина за робочий період  $B_p$ , повинна дорівнювати кількості машино-годин для випуску заданого обсягу продукції:

$$B_p M_{c_j} = NT_{c_j}, \quad (1.42)$$

де  $M_{c_j}$  – кількість машин, потрібна для виконання  $j$ -го стадійного процесу:

$$M_{c_j} = \frac{NT_{c_j}}{B_p} = \frac{T_{c_j}}{R}. \quad (1.43)$$

Середній (мінімальний) розрахунковий склад робітників для випуску заданого обсягу продукції:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{R}, \quad (1.44)$$

де  $\sum_{i=1}^n H_i$  – сумарна трудомісткість робіт на всіх  $i$ -х операціях технологічного процесу.

Середня (мінімальна) чисельність робітників  $j$ -ї професії для випуску заданого обсягу продукції:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{j=1}^m H_j}{R}, \quad (1.45)$$

де  $\sum_{i=1}^n H_j$  – сумарна трудомісткість робіт, яка потребує використання робітників  $j$ -ї професії.

Ефективність запроєктованого процесу оцінюють за рядом факторів, що впливають на основні техніко-економічні показники:

- ступінь використання виробничих фондів впливає на отримання продукції з  $1\text{ м}^2$  виробничої площі; з  $1\text{ м}^3$  об'єму камер теплової обробки, зайнятість машин і агрегатів у процесі, випуск продукції на 1 грн вартості основних виробничих фондів;
- раціональність організації процесу – на продуктивність ліній, тривалість виробничого циклу, ритмічність виробництва, рівномірність використання робітників, виробіток одного робітника, енергоозброєність, рівень механізації праці;
- виробничі витрати – на собівартість одиниці продукції, питому трудомісткість, питомі капіталовкладення, технічні витрати матеріалів.

Тривалість часткового виробничого циклу:

$$T_u = \sum_{j=1}^m T_{c_j} + T_{т.о} + \tau, \quad (1.46)$$

де  $m$  – кількість стадійних процесів (без процесів теплової обробки);  $T_{т.о}$  – тривалість циклу теплової обробки;  $\tau$  – тривалість організаційних перерв.

Виробничий процес тим ефективніший (безперервніший), чим значення  $\tau$  ближче до нуля. Показник безперервності виробничого процесу (циклу):

$$\Delta u = \frac{1}{T_{ц}} \left( \sum_{j=1}^m T_{c_j} + T_{т.о} \right) \leq 1. \quad (1.47)$$

Добовий випуск продукції (шт.,  $\text{м}^3$ ) на лінії.

$$N_{\text{доб}} = B_{\text{доб}} \cdot \frac{q}{r_{\text{л}}}, \quad (1.48)$$

де  $B_{\text{доб}}$  – добовий фонд робочого часу;  $r_{\text{л}}$  – тривалість робочого такту лінії;  $q$  – кількість (об'єм) виробів, виготовлених за період робочого такту лінії.

Зайнятість машин, які працюють тільки у робочий час:

$$K = \frac{t_c}{r_c}, \quad (1.49)$$

де  $t_c$  – час роботи машин у стадійному процесі;  $r_c$  – робочий такт стадійного процесу.

Зайнятість агрегатів (наприклад, камер теплової обробки), в яких процес відбувається і в робочий, і в неробочий час доби (обідні перерви, неробочі зміни), обчислюють за формулою

$$K' = \frac{1}{24n} \sum_{i=1}^n t_{\text{роб } i}, \quad (1.50)$$

де  $t_{\text{роб } i}$  – зайнятість агрегата в  $i$ -ту добу,  $n$  – кількість діб, через які в агрегаті повторюється послідовність робіт початкової доби; 24 – номінальний добовий фонд часу.

Одним з показників, які характеризують ефективність організації виробничого процесу, є питомі затрати праці:

$$H = \frac{1}{N_{\text{доб}}} \sum^a P_{\text{зм}} T_{\text{зм}}, \quad (1.51)$$

де  $a$  – кількість робочих змін на добу;  $P_{\text{зм}}$  – чисельність змінної бригади робітників;  $T_{\text{зм}}$  – тривалість зміни.

Рівень механізації виробничих процесів характеризується

- ступенем зайнятості робітників механізованою працею

$$Y_{\text{м1}} = \frac{P_{\text{м}}}{P_{\text{о}}} \cdot 100\%, \quad (1.52)$$

- ступенем механізації праці

$$Y_{\text{м2}} = \frac{T_{\text{м}}}{T_{\text{о}}} \cdot 100\%, \quad (1.53)$$

де  $P_{\text{м}}$  – кількість робітників, залучених до механізованої праці (більш як половину робочого часу обслуговують машини із застосуванням

механізмів);  $P_0$  – загальна кількість робітників у процесі, залучених до ручних і механізованих операцій;  $T_m$  – час виконання механізованих операцій;  $T_0$  – загальний час виконання процесу.

#### 1.4. Організація трудових процесів

**Розподіл і кооперація праці.** Принципи розподілу і кооперації праці:

- питома вага основної функції робітника у загальному обсязі виконуваних робіт повинна бути найбільшою;
- зайнятість робітників однорідних професій і розрядів повинна бути приблизно однаковою для досягнення однакової інтенсивності праці;
- у функціональних обов'язках повинні сполучатись елементи фізичної і розумової праці;
- функції між працівниками повинні розподілятися не лише з метою їхньої зайнятості, а й з огляду на виробничу потребу;
- у разі суміщення професій не повинна знижуватись кваліфікація робітника через надмірний обсяг простих функцій з професії, суміщеної з основною;
- багатостаночне обслуговування є доцільним за умови, що

$$t_0^{M-A} \geq t_0^P, \quad (1.54)$$

де  $t_0^{M-A}$  – машинно-автоматичні операції;  $t_0^P$  – ручні операції, операції активного спостереження і переміщення між станками.

Для суспільного виробництва характерні такі види розподілу праці:

- *загальний* – уособлення трудової діяльності залежно від галузі господарства (промисловість, будівництво, сільське господарство тощо);
- *частковий* – виділення всередині галузі окремих видів виробництва;
- *одиничний* – спеціалізація праці всередині підприємства.

Форми розподілу праці на підприємстві визначаються характером виробничих функцій, змістом технологічних процесів, складністю виконуваних робіт тощо. На підприємствах будіндустрії є три форми розподілу праці: функціональна, професійна, кваліфікаційна (рис. 1.26).

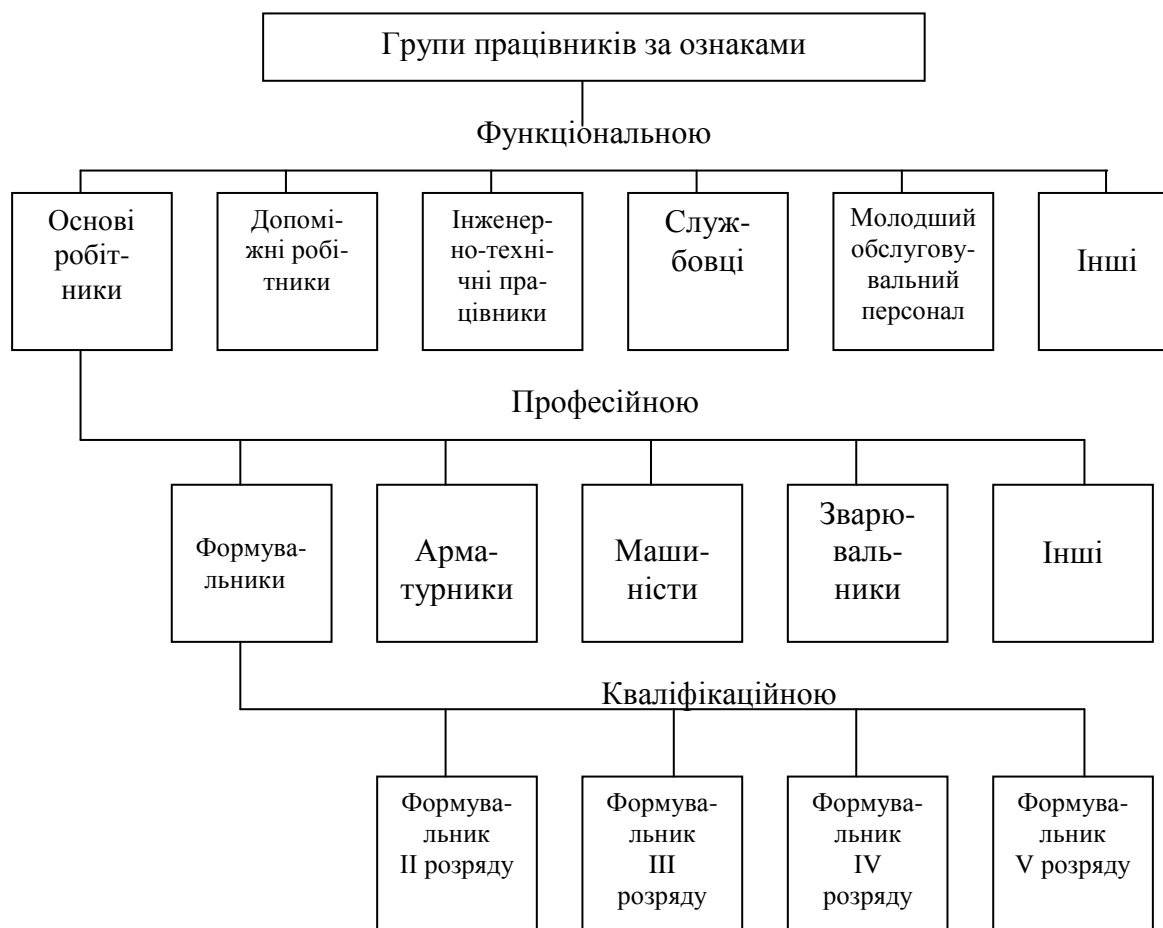


Рис. 1.26. Класифікація працівників на підприємствах хімічної промисловості та інженерії за формами поділу праці

*Функціональний поділ* праці уособлює окремі групи працівників залежно від їхньої ролі у виробництві. Згідно з таким поділом праці всіх працівників на підприємстві поділяють на дві групи: *промислово-виробничий персонал*, який складається з робітників, залучених до виробництва та його обслуговування (основні і допоміжні робітники, ІТР, молодший обслуговчий персонал тощо), і *персонал непромислових господарств і організацій*, які є на балансі (утриманні) підприємства (працівники медпункту, їдальні тощо).

*Професійний поділ* праці всередині кожної функціональної групи означає поділ працівників на групи за професіями (спеціальностями) і характером виконуваних робіт. Професійний поділ праці робітників виражається в предметному поділі, орієнтованому на виготовлення окремого виробу, або технологічному поділі, орієнтованому на виконання окремих виробничих операцій.

*Кваліфікаційний поділ* праці здійснюється всередині кожної професійної групи залежно від рівня освоєння робітниками своєї спеціальності, згідно з чим встановлюють тарифні розряди.

Форми поділу праці визначають якісну характеристику процесу праці, тоді як його кількісний бік характеризує питома вага різних видів праці в процесі, встановлюваних нормуванням. Якісні і кількісні ознаки поділу праці лежать в основі вибору форм кооперації виконавців.

На підприємствах хімічної промисловості та інженерії розрізняють такі форми *кооперації праці*:

- міжцехова;
- цехова;
- бригадна.

Найбільш ефективною є кооперація праці за колективних форм її організації у вигляді спеціалізованих і комплексних бригад.

У *спеціалізованих* бригадах об'єднують робітників однієї професії, але різного рівня кваліфікації для виконання технологічно однорідних робіт.

*Комплексні* бригади організують з робітників різних професій з *повним розподілом трудових функцій* відповідно до професії і кваліфікації членів бригади, з *частковим поділом праці* і суміщенням робітниками суміжних професій або *без поділу праці* на основі повної взаємозаміни робітників широкого профілю.

Якщо тривалість виробничого циклу дорівнює або кратна тривалості зміни (і при цьому допускаються технологічні перерви), організують *змінні бригади*. Якщо тривалість виробничого циклу перевищує тривалість зміни і робота не допускає перерв, організують *наскрізні (добові) бригади*.

Фактори, які впливають на організацію бригад:

- *технологічно-технічні*, які зумовлюють неможливість обслуговування обладнання або технологічного процесу однією людиною;
- *організаційні*, що встановлюють доцільність використання робітників однієї або декількох професій, об'єднаних загальними предметами праці, які виконують єдине завдання;
- *соціальні*, які визначають підвищення змістовності, зниження монотонності праці, підсилення колективізму праці;
- *економічні*, спрямовані на зменшення тривалості виробничого циклу, зниження трудомісткості, удосконалення завантаження робітників.

*Завдання з організації праці в бригаді:*

- визначення оптимальної чисельності і професійно-кваліфікаційного складу робітників;
- розподіл трудових функцій між виконавцями;
- розподіл працівників за функціональними і технологічними ознаками;
- визначення можливого суміщення професій.

*Чисельність робітників в бригаді:*

- середня чисельність потрібних робітників на всіх  $i$ -х операціях (середній розрахунковий склад робітників) для випуску планового виробу:

$$P_i = \frac{\sum H_i}{\bar{R}}, \quad (1.55)$$

де  $\bar{R}$  – такт випуску продукції;  $\sum H_i$  – сумарна трудомісткість робіт на

всіх  $i$ -х операціях;  $P_i$  – середня чисельність працівників  $j$ -ї професії:

$$P_j = \frac{\sum H_j}{\bar{R}} \quad (1.56)$$

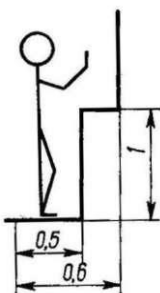

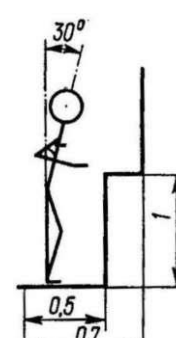

де  $\sum H_j$  – сумарна трудомісткість робіт, яка потребує залучення

робітників  $j$ -ї професії.

**Організація робочих місць. Зони виробничого простору.** Виробничий простір, у межах якого відбуваються трудові процеси в цехах підприємств, охоплює робочу зону, зону безпеки і зону руху. Робоча зона виробничих приміщень – це простір заввишки до 2 м над рівнем підлоги або площадок, на яких влаштовувалося робочі місця. Робоче місце – частина робочої зони, у якій розміщені органи керування, інструменти, пристосування й матеріали. Ширина робочого місця залежить від пози працівника під час виконання робіт (табл. 1.4). Робочі місця сполучаються із зоною руху – простором, потрібним для руху підйимально-транспортних засобів й обслуговчого персоналу, а також для переміщення вантажів на мостових кранах, тельферах і кран-балках. Величина зони руху залежить від розмірів транспортних засобів, габаритних розмірів перевезених вантажів, схеми потоків вантажів, чисельності обслуговчого персоналу (табл. 1.5).

Таблиця 1.4

**Габарити робочих місць**

Схема	Характеристика пози робітника	Схема	Характеристика пози робітника
	Стоїть обличчям або боком до машини, не нахилиючись		Стоїть обличчям до машини під кутом 60°
	Стоїть обличчям до машини, злегка нахилившись		Стоїть обличчям до машини, зігнувшись під кутом понад 60°

## Габарити проїздів і проходів

Схема	Габарити	Схема	Габарити
	Проїзди цехового транспорту $L$ – максимальний габарит завантажених транспортних засобів; $a$ – габарит наближення; $b$ – ширина робочого місця		Проходи $L_1$ – головний цеховий прохід; $L_2$ – другорядний прохід

Простір, у межах якого робота або рух відбуваються в цілковитій безпеці, є зоною безпеки (рис. 1.27). Величина цієї зони визначається габаритом наближення — гранично допустимою відстанню від габариту устаткування в горизонтальній і вертикальній площинах до найближчого контуру будинку або іншого встановленого устаткування ( $a \geq 0,5\text{м}$ ).

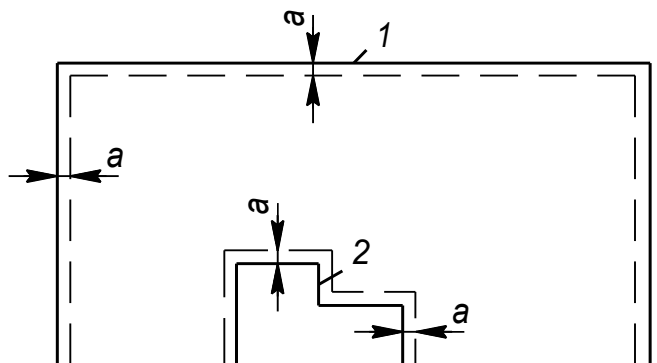


Рис. 1.27. Схема встановлення зони безпеки:  
 1 – найближчий контур будівлі або споруди в перетині;  
 2 – габарит обладнання

У виробництві продукції хімічної технології та інженерії *види робочих місць* розрізняють залежно від основних факторів, які впливають на характер і зміст трудового процесу:

- за технологічною спеціалізацією:
  - а) прості, на яких виконується одна виробнича операція з використанням вузькоспеціалізованого обладнання;

б) *складні*, на яких виконується комплекс виробничих операцій – стадійний процес, коли використовується різне обладнання;

- *за ступенем механізації праці:*

- а) *ручної* праці, на яких один або декілька виконавців виконують роботи із застосуванням ручних предметів праці;

- б) *машинно-ручної* праці, на яких операції виконуються з використанням напів- й автоматичного обладнання з періодичним заправлінням матеріалів;

- в) *дистанційного керування* автоматизованими установками;

- *за ступенем кооперації праці:*

- а) *з індивідуальною* формою організації праці;

- б) *з колективною (бригадною)* формою організації праці;

- *за просторовим розміщенням:*

- а) *стаціонарні* робочі місця;

- б) *пересувні* робочі місця.

*Загальні вимоги до організації робочих місць:*

- *раціональність планування*, яка сприяє ефективному використанню виробничих площ (майданчиків), створенню сприятливих і безпечних умов праці;

- *достатність оснащення* робочого місця обладнанням, інструментом і пристроями, відповідними змісту процесу, що дають змогу досягти найвищої продуктивності праці;

- *ефективність виробничо-технічного обслуговування* робочих місць на принципах плановості, запобіжності і комплексності;

- *ефективність (сприятливість) умов праці*, що гарантує її безпечність, психофізіологічний і санітарно-гігієнічний комфорт.

*Планування робочого місця* є одним з чинників покращення умов праці і раціоналізації методів праці. Раціональне розміщення в межах робочого місця обладнання, інструментів, пристроїв, заготовок і деталей, ефективне використання виробничих площ, створення сприятливих і безпечних умов праці, уникнення зайвих рухів робітника, скорочення втрат робочого часу – все це сприяє підвищенню ефективності трудового процесу.

*Оснащення робочих місць охоплює:*

- технологічне оснащення;

- допоміжні засоби (приспосовування);

- виробничі меблі (столи, шафи, тумбочки, стелажі, сидіння тощо);
- виробничий інвентар (ящики, підставки тощо);
- технічні пристрої безпеки праці;
- засоби зв'язку;
- технічну документацію.

Усі види матеріально-технічного оснащення робочих місць мають бути відповідні санітарно-технічним вимогам, вимогам охорони праці і ергономічним вимогам, які становлять оптимальну структуру системи «людина – машина – середовище».

До оснащення робочих місць ставлять такі вимоги:

- санітарно-гігієнічні (на робочих місцях з підвищеною запиленістю, тепловиділенням та іншим шкідливим впливом на людину влаштовують захисні пристрої для герметизації, теплоізоляції тощо);
- безпеки праці (охорони праці), спрямовані на дотримання безаварійної праці;
- ергономічні (вимоги до пристроїв відображення інформації, до органів управління, до пультів управління щодо зручності користування ними).

*Умови праці на робочому місці* визначаються такими групами факторів:

- виробничо-технологічні, зумовлені технічною осначеністю робочого місця і технологічними особливостями виробничого процесу; від них залежать фізіологічне навантаження, темп і монотонність робіт, робоча поза, нервові напруження, необхідність використання спеціальних засобів захисту;
- санітарно-гігієнічні охоплюють метеорологічні умови, стан повітряного середовища, вібрацію, виробничий шум, освітленість; всі разом вони становлять характеристику виробничого середовища, впливають на фізіологічні функції людини в процесі праці;
- естетичні – кольорове оформлення виробничих і допоміжних приміщень, технологічного обладнання, транспортних засобів, раціональність і краса форм всіх предметів виробничого оснащення, озеленення територій і цехових приміщень, краса і зручність спецодягу, функціональна музика; всі ці фактори емоційного

впливу на людину сприяють зниженню стомлюваності працівників і покращенню їхнього настрою, а також підвищенню ступеня привабливості праці.

*Види обслуговування робочих місць:*

- підготовка виробництва, яка полягає в підготовці виробничих приміщень, налагодженні обладнання;
- підтримання устаткування в працездатному стані;
- забезпечення робочих місць інструментом та оснасткою;
- матеріально-технічне забезпечення;
- транспортне обслуговування;
- технічний контроль матеріалів, напівфабрикатів і продукції;
- підтримання порядку на робочому місці.

Організаційні форми обслуговування робочих місць розрізняють за рівнем регламентації процесів обслуговування.

*Чергове* обслуговування виконують у міру потреби без раніше розроблених графіків і регламентів.

*Планово-запобіжне* має профілактичний характер на основі регламентації обслуговування, що можливо в умовах стабільних виробничих процесів.

*Стандартне* виконують за стандартним розкладом (в примусовому порядку) і в суворій відповідності до ритму виробництва.

**Організація праці інженерно-технічних працівників.** Характер праці ІТП і службовців має ряд відмінних рис. Це праця насамперед розумова, причому в ІТП вона має переважно творчий, а в службовців – виконавчий характер. Предметом їхньої праці є інформація у вигляді документів, креслень, розпоряджень тощо, а результати їхньої праці в більшості випадків важко оцінити кількісно. Відмінності в характері праці ІТП і службовців визначають ряд особливостей її організації.

Основні напрями організації праці:

- удосконалювання форм поділу та кооперації праці;
- добір і розміщення кадрів;
- поліпшення організації робочих місць;
- удосконалювання умов праці;
- раціоналізація режимів праці й відпочинку;
- удосконалювання нормування праці.

Удосконалювання форм поділу й кооперації праці ІТП і службовців спрямоване на чітке розмежування обов'язків кожного працівника відповідно до виконуваних функцій, складності робіт і ступеня відповідальності за них. Залежно від характеру виробничих функцій працівників поділяють на *керівників, фахівців і технічних виконавців*.

*Керівниками виробництва* є директори підприємств, їхні заступники, начальники відділів і цехів, майстри. Обов'язок керівника – ухвалювати рішення й організувати їхнє виконання.

Групу *фахівців* становлять працівники, що підготовляють технічні, економічні, організаційні й інші рішення. Це науковці, інженери, техніки, економісти й інші фахівці відділів і спеціальних служб підприємства. Основні види робіт, виконуваних фахівцями: інженерні розрахунки, лабораторні дослідження, проєктні розробки, техніко-економічні дослідження, планово-економічні розрахунки.

До *технічних виконавців відносять* обліковців, технічних секретарів, операторів на комп'ютерах, копіювально-розмножувальному устаткуванні та ін. Ця група працівників забезпечує керівників і фахівців потрібною інформацією. Змістом праці технічних виконавців є письмові й графічні роботи, копіювання й розмноження документації, обробка кореспонденції, зберігання й угруповання документів, обчислювальні операції, опрацювання інформації.

Чітке визначення прав і обов'язків кожного працівника викладено в типових положеннях про структурні підрозділи підприємства, типових посадових інструкціях. Дані, наявні в цих нормативних документах, конкретизуються з огляду на специфіку певного підприємства в *посадових інструкціях, що* визначають:

*посадові обов'язки* – опис видів робіт, які повинен виконувати працівник відповідно до своєї спеціальності й посади;

*рівень підготовленості* – перелік положень, інструкцій, законодавчих актів, які повинен знати працівник, а також практичних навичок, якими він повинен володіти для ефективного виконання посадових обов'язків;

*кваліфікаційні вимоги* – вказівка мінімального рівня загальної й спеціальної підготовки, вимоги до стажу роботи в галузі;

*права й відповідальність* – визначення ступеня самостійності й відповідальності працівника у вирішенні виробничих завдань.

*Добір і розміщення кадрів ІТП і службовців тісно пов'язані з розподілом і кооперацією їхньої праці. Особливе значення ця проблема має для добору кадрів керівників, до яких, крім певного рівня теоретичної й практичної підготовки, ставлять і спеціальні вимоги. Відповідність рівня підготовки працівника обсягу й складності виконуваних ним робіт є важливою умовою правильного розв'язання завдань з добору кадрів та їхньої розстановки. Велику роль в удосконаленні кадрового складу працівників відіграє підвищення їхньої кваліфікації відповідно до профілю виконуваної ними роботи.*

**Організація робочих місць ІТП і службовців.** Організація робочих місць впливає на ефективність праці ІТП і службовців. Оптимальної організації робочих місць досягають добором зручних меблів, раціональним плануванням і оформленням службових приміщень, створенням сприятливих санітарно-гігієнічних умов.

*Планування й оснащення робочого місця виконують залежно від характеру діяльності працівника. Робоче місце повинне мати:*

- природне освітлення,
- зручний підхід і належний виробничий зв'язок,
- бути оснащеним засобами оргтехніки для документування, розмноження, обробки, зберігання й передавання документів, для виконання рахункових операцій, для зв'язку й сигналізації.

Великий вплив на підвищення ефективності праці ІТП і службовців справляє *раціональна організація обслуговування робочих місць.*

З завданнями, що стосуються організації робочих місць ІТР, тісно пов'язана *раціоналізація умов їхньої праці, що* визначають працездатність людей як з фізичного, так і з психологічного боку.

Режими праці й відпочинку ІТП і службовців мають бути відповідні умовам і характеру виконуваних робіт. У керівників зазвичай робочий день *ненормований*, тому режими праці й відпочинку в них менш стабільні, ніж у фахівців і технічних працівників. Для підтримання високої й тривалої працездатності треба дотримуватися певного ритму роботи без періодів «штурмівщини», періодично протягом дня потрібно поміняти види праці, влаштовувати короткочасні фізкультурні паузи і паузи для харчування. У розпорядку робочого дня слід планувати використання ранкових годин для творчої роботи, а проведення різних

організаційних заходів (нарад, узгодження і т. п.) — перед обідньою перервою або наприкінці робочого дня.

**Оргпроекткування.** Раціоналізація праці ІТП і службовців ґрунтується на організаційно-технічному вдосконаленні трудових процесів і підвищенні ефективності трудових витрат. Розроблення й впровадження раціональних методів і прийомів виконання масових видів робіт, типових моделей організації праці, організаційної техніки становлять основний зміст оргпроекткування, що здійснюється за три етапи:

- обстеження,
- розроблення оргпроекта,
- впровадження оргпроекта.

У процесі *обстеження організації праці* вивчають документообіг, рівень механізації праці, структурну й функціональну характеристику заводських служб. Особливу увагу приділяють дослідженню застосовуваних методів, виконанню робіт і використанню трудових ресурсів.

На етапі *проекткування* розробляють структуру й організацію робіт у заводських службах, організацію робочих місць і раціональні умови праці, організацію діловодства й документообігу, механізацію робіт.

Впроваджують оргпроект послідовно від часткового контрольного впровадження на окремих ділянках з паралельним застосуванням наявних методів виконання робіт до повної заміни старої організації новою й остаточного «вживання» нової системи.

**Нормування праці.** В умовах виробництва нормування є найважливішою частиною наукової організації праці на підприємстві. Нормування праці слугує засобом планомірного формування й розподілу трудових ресурсів, установлення кількісних і якісних пропорцій у витратах праці робітників, ІТП і службовців, основою планування виробничо-господарської діяльності підприємства.

Визначені норми праці використовують в різних сферах виробничої діяльності: у проектуванні – для вибору оптимального варіанта виробничого процесу й визначення трудових параметрів його організації; для організації заробітної плати – як основи оплати праці за її кількістю і якістю; у техніко-економічному плануванні – для розрахунку виробничих потужностей, чисельності працівників і планових завдань підприємства; в оперативному плануванні

виробництва – як основу для розроблення планово-виробничих нормативів, календарного планування випуску продукції.

Класифікація норм праці:

- за ступенем обґрунтованості:
  - а) технічно обґрунтовані;
  - б) дослідно-статистичні;
- за сферою діяльності:
  - а) місцеві (підприємства);
  - б) єдині (на ремонтні, навантажувально-розвантажувальні роботи тощо);
  - в) типові (для типової продукції).

Основною метою технічного нормування праці є встановлення науково обґрунтованої міри праці для кожного працівника, залученого до виробництва, його обслуговування й управління. Мірою праці є об'єктивно потрібний час для виконання певної роботи за поточного рівня розвитку техніки і технології. Конкретним вираженням міри праці є норма праці.

Розрізняють такі *норми праці*:

- норма часу;
- норма виробітку;
- норма обслуговування;
- норма чисельності;
- технічно обґрунтовані;
- психофізично обґрунтовані;
- економічно обґрунтовані.

Залежно від одиниці вимірювання виокремлюють такі види норм праці:

- *норма часу*  $H_{\text{ч}}$  – необхідні витрати часу, люд.·год. або люд.·хв., на виконання одиниці роботи одним робітником або групою робітників відповідної кваліфікації в певних організаційно-технічних умовах;

- *норма виробітку*  $H_{\text{в}}$  – кількість одиниць роботи (операцій, виробів тощо), яка повинна бути виконана за одиницю часу (година, зміна тощо) одним робітником або групою робітників відповідної кваліфікації в

певних організаційно-технічних умовах  $\left( H_{\text{в}} = \frac{1}{H_{\text{ч}}} \right)$ ;

- *норма обслуговування* – кількість одиниць обладнання або інших об'єктів (робочих місць, виробничих приміщень та ін.), яке має

обслуговувати один робітник або група робітників відповідної кваліфікації в певних організаційно-технічних умовах;

- *норма чисельності* – чисельність працівників певного професійно-кваліфікаційного складу, потрібна для обслуговування відповідних об'єктів (агрегатів, складів і т.п.) або для виконання певного кола робіт.

Важливе значення має обґрунтованість норм праці з огляду на технічні, фізіологічні, психологічні і економічні чинники.

*Технічно* обґрунтовані норми праці – визначення оптимальних умов використання матеріально-технічних елементів виробництва (устаткування, оснащення тощо).

*Психофізіологічно* обґрунтовані норми праці – визначення оптимальних фізіологічних умов трудового процесу і нормальної інтенсивності праці, які сприяють високій працездатності і тривалій життєдіяльності людини.

*Економічно* обґрунтовані норми праці – визначення оптимальних витрат праці робітників різних професій і кваліфікації.

У процесі праці людина витрачає фізичну і нервову енергію. Кількість витраченої за одиницю робочого часу енергії характеризує інтенсивність праці. Годинну інтенсивність праці в загальному вигляді виражають залежністю

$$I = a \cdot b \cdot k, \quad (1.57)$$

де  $a$  – темп (кількість робочих рухів або кількість опрацьованої інформації за годину);  $b$  – зусилля (витрати фізичної і нервової енергії) на один елемент руху або на одиницю опрацьованої інформації;  $k$  – коефіцієнт зростання витрат енергії за незручних умов праці.

Співвідношення фактичного й об'єктивно потрібного часу і відповідної норми часу змінюється під впливом науково-технічного розвитку виробництва (рис. 1.28.), що потребує періодичного перегляду норм праці.

Єдині і типові норми розробляють спеціальні нормативно-дослідницькі організації, місцеві – відділи праці і заробітної плати спільно з відділом головного технолога підприємства.

На підставі всебічного аналізу (рис. 1.29) чинних норм і їхнього виконання (невиконання або високого перевиконання) в плані організаційно-технічних заходів передбачають перегляд норм праці. До перегляду залучають висококваліфікованих робітників.

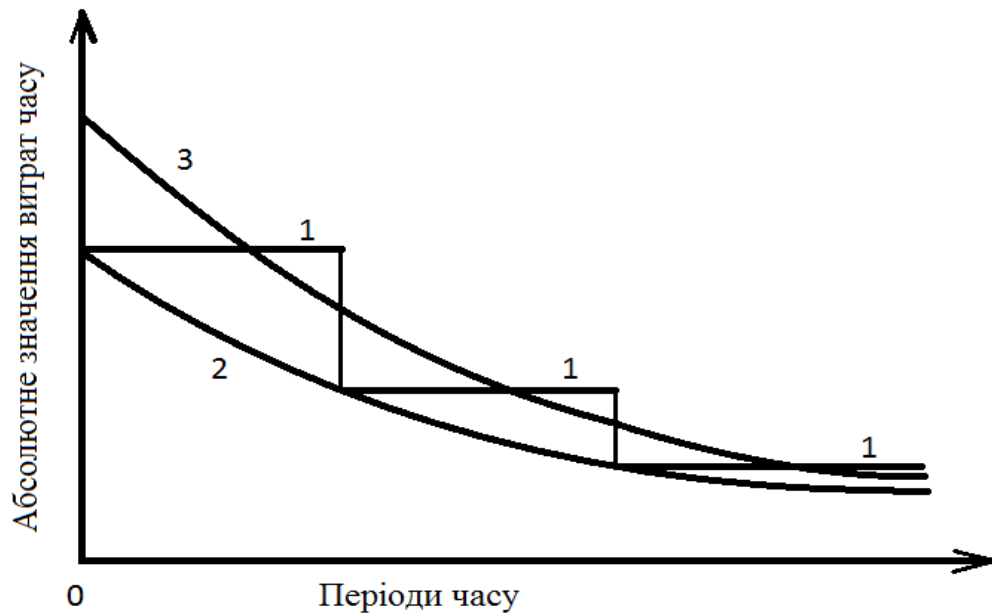


Рис. 1.28. Зміна витрат часу: 1 – нормативних; 2 – об'єктивно потрібних; 3 – фактичних

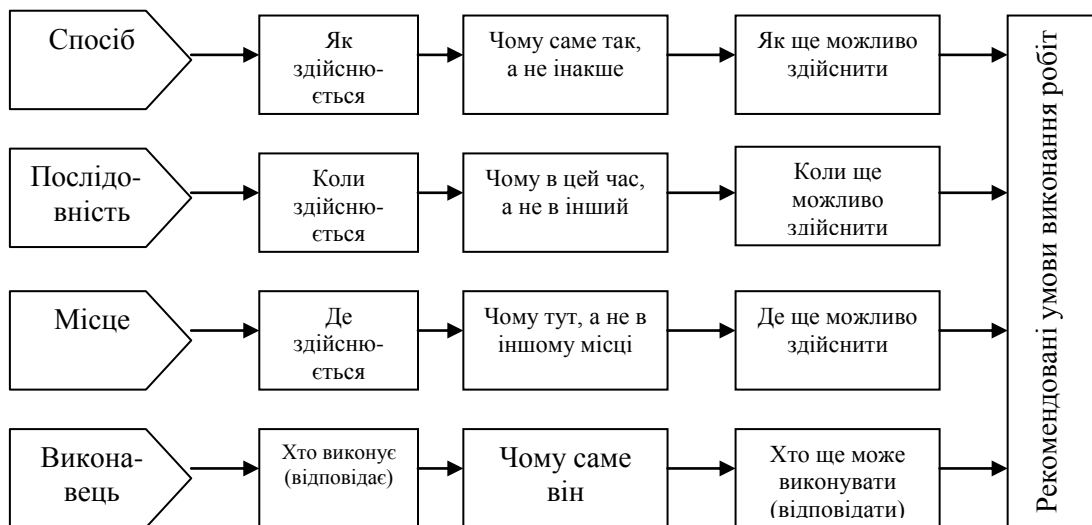


Рис. 1.29. Аналіз існуючого метода виконання робіт

Норма праці визначається насамперед структурою витрат робочого часу (рис. 1.30, 1.31). Всі види витрат робочого часу поділяють на ті, які нормують, пов'язані з виконанням виробничого завдання і регламентованими перервами, і ті, які не нормують і не включають до норми праці.

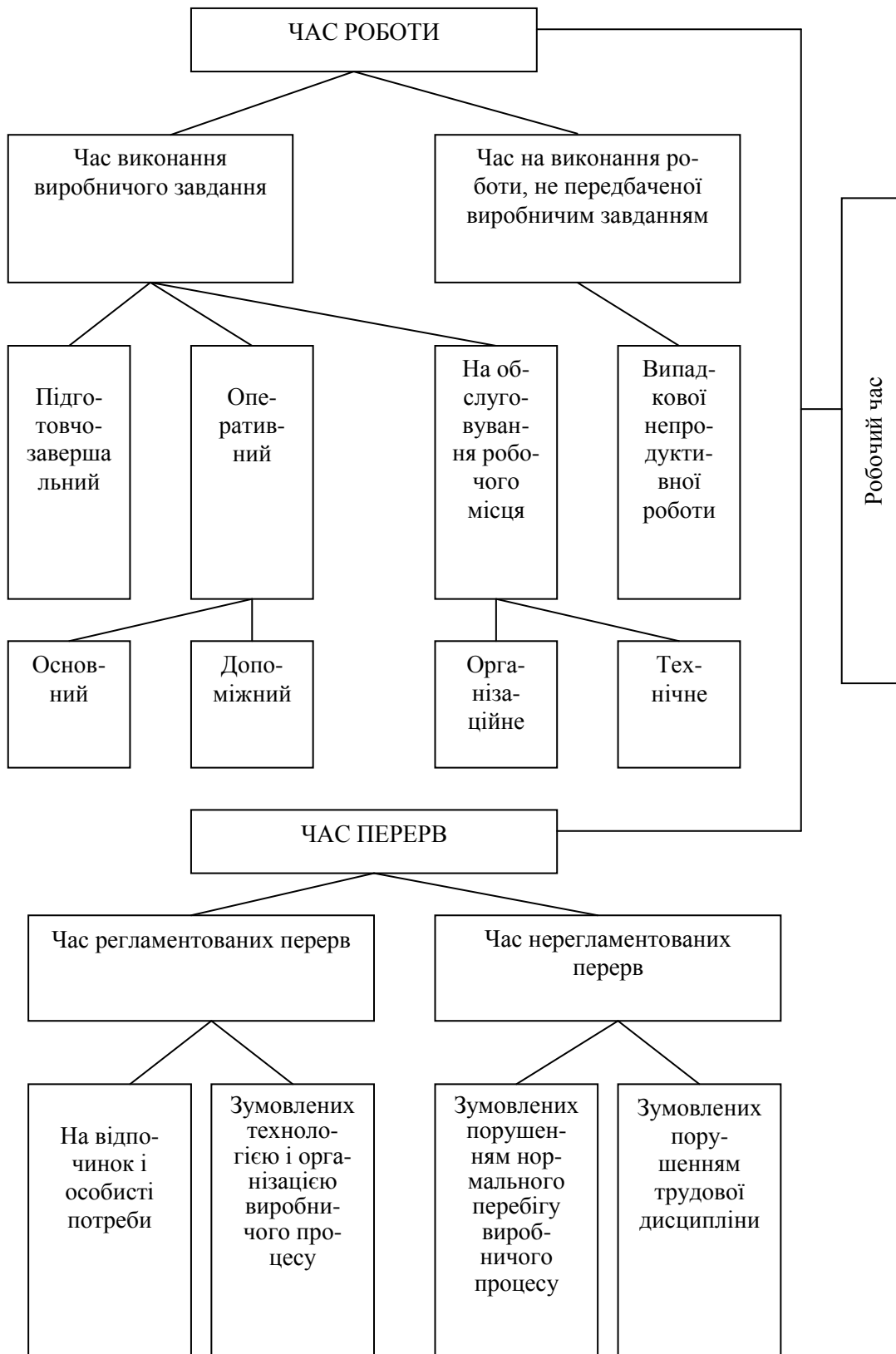


Рис. 1.30. Класифікація витрат робочого часу

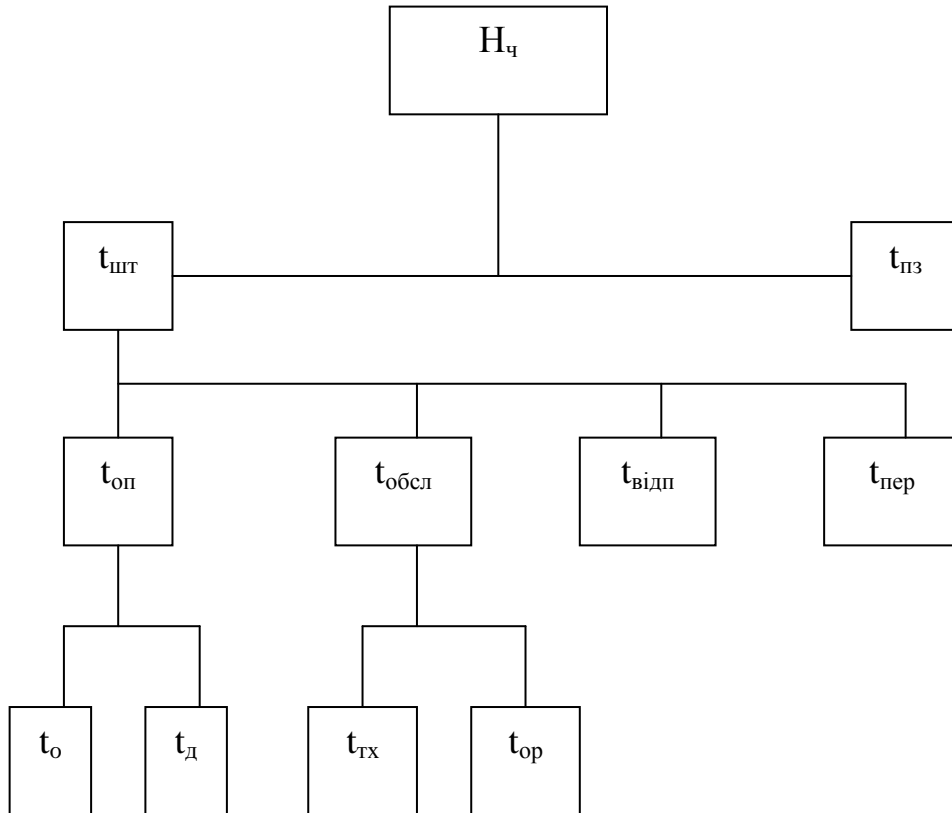


Рис. 1.31. Структура витрат часу

Сума витрат часу, які нормують на виробництво одиниці продукції (роботи), становить *норму часу*:

$$H_{\text{ч}} = \frac{t_{\text{пз}}}{n} + t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} + t_{\text{пер}}, \quad (1.58)$$

де  $t_{\text{пз}}$  – час підготовчо-завершальної роботи (одержання змінного завдання та інструктажу, прибирання робочого місця в кінці зміни);

$t_{\text{оп}}$  – час оперативної роботи (виконання основних і допоміжних елементів операції);

$t_{\text{обсл}}$  – час обслуговування робочого місця (підтримка в належному стані обладнання та іншого оснащення);

$t_{\text{відп}}$  – час на відпочинок і особисті потреби;

$t_{\text{пер}}$  – час перерв, які неможливо усунути, що зумовлено технологією і організацією виробництва;

$n$  – кількість виробів в партії.

Розрізняють два підходи до встановлення норм праці:

- *сумарний*, оснований на встановленні норми загалом на всю роботу без розподілу на елементи та їхнього нормування;
- *аналітичний*, коли операцію (роботу) розподіляють на частини, потім аналізують їхню тривалість і методи їхнього виконання і встановлюють загальну нормативну тривалість роботи. Такий підхід в технічному нормуванні є основним.

Основні методи визначення технічно обґрунтованих норм часу за аналітичного підходу:

- *аналітично-розрахунковий*, згідно з яким визначають витрати часу за нормами часу і нормативами режимів роботи устаткування, розробленими централізовано;
- *аналітично-дослідний* – це визначення норм витрат часу за спостереженням, тобто за разовими нормативами, створюваними безпосередньо за висновками вивчення нормовної операції;
- *розрахунково-порівняльний*, який означає визначення норми шляхом порівняння нормовної операції з типовою та застосування типових норм часу.

*Нормативи*, які використовують для нормування праці, є керівними довідниково-розрахунковими матеріалами, що містять:

- *нормативи часу* (на виконання окремих ручних елементів основних і допоміжних робіт);
- *нормативи режимів* роботи обладнання (для вибору оптимальних технологічних режимів);
- *нормативи обслуговування* (для встановлення норм обслуговування);
- *нормативи чисельності* (для встановлення чисельності службовців й адміністративно-управлінського персоналу).

Вирізняють такі нормативи:

- *укрупнені* для груп прийомів;
- *диференційовані* для окремих прийомів;
- *мікроелементні* щодо окремих трудових рухів.

Використання певного виду нормативів залежить від типу виробництва і задач нормування.

*Комплексна норма* – це не сума індивідуальних (окремих операційних норм), а більш прогресивна, що відбиває наявний розподіл і

кооперацію праці, суміщення професій і робіт, зменшення питомої ваги підготовчо-завершального часу і часу обслуговування за бригадної організації праці.

Методи спостереження, застосовувані для дослідження витрат робочого часу, дають різну точність результатів, що зумовлює витрати на виконання спостережень (рис. 1.32). Вибір методу визначається насамперед характером об'єкта дослідження і поставленими виробничо-економічними завданнями.

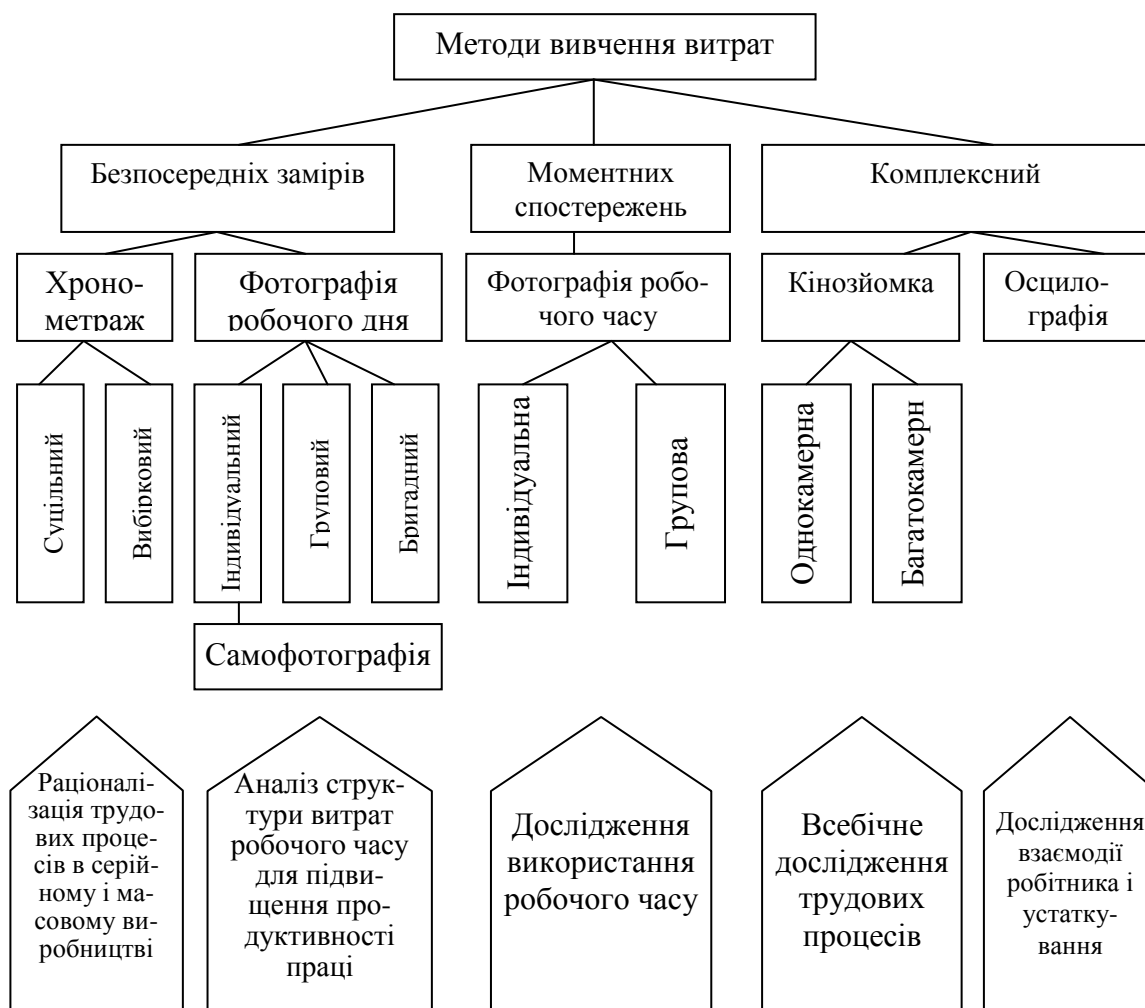


Рис. 1.32. Характеристика методів спостереження трудових процесів

**Хронометраж** – це метод дослідження витрат робочого часу на виконання циклічно повторюваних ручних і машино-ручних елементів операції.

Хронометраж може бути:

- суцільний, коли відбувається вимірювання всіх елементів операції за поточним часом;
- вибірковий, коли відбувається вимірювання окремих елементів операції.

**Фотографія робочого дня (ФРД)** – це метод дослідження витрат робочого часу протягом однієї або декількох змін.

На відміну від хронометража ФРД відображає всі види витрат робочого часу, а не тільки тривалість елементів операції.

Призначення ФРД:

- дослідження використання робочого часу;
- виявлення причин втрат і непродуктивних витрат часу;
- проектування оптимального балансу робочого часу;
- визначення нормативів підготовчо-завершального часу, часу обслуговування робочих місць, часу перерв;
- встановлення нормативів обслуговування.

**Самофотографія робочого дня** – виконується безпосередньо самими виконавцями робіт і використовується для зменшення кількості нормувальників у дослідженні резервів і втрат робочого часу.

**Метод моментних спостережень** використовують для отримання укрупненого балансу робочого часу шляхом випадкових спостережень за станом процесу.

Достовірність отриманих результатів залежить від кількості замірів – моментів спостережень та їхньої організації з метою додержання вимог щодо випадковості і незалежності.

Для визначення часу початку обходу обстежуваної ділянки використовують таблицю випадкових чисел.

**Мікроелементні нормативи** використовують для дослідження нециклічних робіт і робіт, реальне виконання яких немає можливості спостерігати.

Елементи, загальні для всіх робіт, визначені Френком Гілбретом, становлять 17 модулів (терблугів), наприклад:

- **ВЗЯТИ:** *початок* – рука людини торкається предмета; *зміст* – оволодіння предметом; *закінчення* – оволодіння предметом;

- **ОРІЄНТУВАТИ:** *початок* – рука починає переміщувати предмет, щоб орієнтувати його або встановити в потрібному місці; *зміст* – *орієнтація* або зміна положення предмета у просторі;
- **З'ЄДНАТИ:** *початок* – рука починає переміщувати предмет з метою з'єднання його з іншими предметами; *зміст* – з'єднання предметів; *закінчення* – зусиллям руки предмети з'єднуються;
- **УТРИМУВАТИ:** *початок* – припинення переміщення предмета, яким оволоділа рука; *зміст* – утримувати предмет в певному положенні й у визначеному місці; *закінчення* – початок будь-якого переміщення;
- **ПЕРЕМІСТИТИ;**
- **РОЗ'ЄДНАТИ;**
- **ВІДПУСТИТИ;**
- **Інші.**

### ***Використання мікроелементних нормативів***

1 – **АНАЛІЗ:** описати роботу повністю і виділити мікроелементи;

2 – **ВИЗНАЧЕННЯ:** встановлення за нормативами часу для кожного елемента;

3 – **СИНТЕЗ:** підсумовування нормативів, зважаючи на незалежність елементів.

Переваги використання мікроелементних нормативів.

1. Визначення оптимальної величини витрат часу.
2. Уникнення систематичної помилки спостерігача, яка може виникнути під час хронометражу.
3. Визначення витрат часу на ще не освоєну роботу.
4. Зниження витрат на нормування.
5. Висока надійність нормування.
6. Скорочення часу на нормування.

### **Контрольні запитання**

1. Наведіть декілька прикладів систем «ресурси – продукція»; охарактеризуйте їхні компоненти й умови функціонування.
2. Поясніть, як продукція впливає на організацію і функціонування виробничих систем.

3. Для конкретних видів будівельних конструкцій, виробів і матеріалів наведіть структуру виробничих процесів.
4. Назвіть всі відомі вам види змінних і постійних витрат у виробництві конкретних видів будівельних конструкцій, виробів і матеріалів.
5. Поясніть, як ефективність і результативність пов'язані зі створенням і функціонуванням виробничих систем.
6. Визначте умови, за яких може бути справедливим таке твердження: якщо кожна частина виробничого процесу виконується настільки продуктивно, наскільки це можливо, то максимально продуктивною буде і вся сукупність частин, з яких складається виробничий процес.
7. Поясніть, як пов'язані між собою принципи пропорційності, ритмічності, паралельності і безперервності виробничого процесу.
8. Порівняйте види переміщень предметів праці в процесі і їхній вплив на тривалість циклів часткових процесів.
9. Покажіть на прикладі якого-небудь виробничого процесу, як показники кратності, пропорційності і ритмічності процесів визначають відповідність організації процесів принципам пропорційності, ритмічності, паралельності і безперервності.
10. Порівняйте за допомогою показників кратності, пропорційності і ритмічності різні потокові форми організації виробничих процесів.
11. Доведіть, що обов'язковою умовою здійснення виробничого процесу є відносне переміщення матеріалів, устаткування і працівників.
12. Поясніть, як пов'язана просторова організація виробничого процесу з його відповідністю принципам пропорційності, ритмічності, паралельності і безперервності.
13. Назвіть розрахункові параметри масових видів продукції підприємств хімічної технології.
14. Для будь-якого виробничого процесу виготовлення продукції визначте сукупність функцій і варіантів їхньої реалізації і подайте у вигляді морфологічної матриці.
15. Для наведеної у відповіді на запитання 14 морфологічної матриці реалізації функції процесу побудуйте граф варіантів.
16. На прикладі конкретної виробничої операції покажіть, як визначають розрахункову тривалість, трудомісткість мінімально потрібну і максимально припустиму кількість робітників,

можливість розділення і виконання операції на декількох робочих місцях.

17. Дайте порівняльну характеристику двом постановкам завдань: I – за обмеженого обсягу виробництва; II – за обмежених ресурсів.
18. Визначте умови доцільного використання спеціалізованих, комплексних, змінних і добових бригад.
19. Покажіть на прикладах двох процесів з різним рівнем механізації й автоматизації засоби диференціації та інтеграції праці.
20. Поясніть на прикладах робочих місць ручної, машинно-ручної праці і дистанційного керування особливі завдання з їхньої організації.
21. Покажіть на прикладі конкретного робочого місця його відповідність санітарно-технічним вимогам, вимогам охорони праці й економічним вимогам.
22. Охарактеризуйте особливості підходу до розв'язання завдань з організації робочих місць залежно від рівня детермінованості трудових процесів.
23. Визначте умови можливого і доцільного використання різних видів норм праці.
24. Покажіть на прикладі конкретної норми часу структуру витрат часу.
25. Визначте межі можливого і доцільного використання різних методів спостереження трудових процесів для їхнього нормування.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

#### 2.1. Основи моделювання процесів і систем

**Моделювання.** Основним засобом дослідження складних систем є їхнє моделювання, що відіграє особливу роль у вивченні об'єктів, що не підлягають безпосередньому спостереженню або експериментуванню. До них належать й виробничі системи.

Модель являє собою відображення певних характеристик об'єкта з метою його дослідження. Вона відбиває не всі, а тільки істотні для конкретного дослідження характеристики об'єкта (структуру, зв'язки, властивості, параметри функціонування). Адекватність моделі об'єкту може бути різною, що визначається методикою дослідження. Практичне

значення мають моделі, які більше доступні для дослідження, ніж самі об'єкти. Передумовою більшої доступності моделі для дослідження порівняно з об'єктом є те, що моделювання зазвичай супроводжується спрощенням образу об'єкта.

Відповідність моделі й об'єкта визначається поняттями ізоморфізму й гомоморфізму. Якщо елементи, зв'язки, перетворення двох систем перебувають у взаємно однозначній відповідності, то ці системи *ізоморфні*. Наявність ізоморфізму не є обов'язковою умовою відповідності моделі оригіналу. Одна система може виступати моделлю іншої і за *гомоморфного* відношення між ними, тобто коли відношення подібності систем у відповідному аспекті (структурному, функціональному та ін.) є однозначним лише в один бік. У разі гомоморфного відображення за моделлю не можна встановити всі характеристики оригіналу. Звичайно модель будують як гомоморфний образ системи загалом, ізоморфний образ використовують для досліджуваних характеристик. Для виробничих систем використовують сукупність різних моделей, здатну з достатнім ступенем точності відбити систему-оригінал.

**Класифікація моделей.** Складність систем, розмаїтість завдань їхнього дослідження, загальний стан науки про ці системи породжують різноманіття моделей. Класифікувати моделі можна за різними ознаками.

Залежно від використовуваних засобів для подання реальних об'єктів виділяються матеріальні й ідеальні моделі.

За виконуваною функцією вирізняють евристичні, прогностичні й прагматичні моделі. Моделі, що описують поточний стан системи, є евристичними (пізнавальними, дискриптивними). Моделі можливого майбутнього стану системи належать до прогностичних. Моделі, використовувані як засіб перетворення системи в потрібному напрямі (наприклад, модель рішення), є прагматичними (практичними, нормативними).

За мовою, використаною для вираження моделі, вирізняють неформальні моделі, втілені в природній мові, і формалізовані моделі, виражені формальною, математичною мовою.

Основним класом формалізованих знакових моделей є *математичні моделі* — математичні відносини, що описують системи й процеси. Математичне моделювання як процес складання моделі й дослідження з її допомогою властивостей об'єкта є основним методом розв'язання технічних, технологічних й економічних завдань. Математичне моделювання соціальних процесів у виробничих системах стикається з більшими труднощами. Основний компонент виробничої системи – людина не тотожна кожній іншій. Поводження людини визначається не тільки поведженням системи, але і її внутрішнім станом, що впливає на прийняття нею рішення. Тому формально-логічні, математичні прийоми не дають змоги з поведження людини вивести поведження системи. Однак створено й практично використовують математичні моделі для деяких типів соціальних процесів, наприклад, моделі формування професійних схильностей молоді, мобільності трудових ресурсів, бюджету вільного часу, добору й розміщення кадрів та ін.

Обмеженість суто математичного моделювання соціальних систем певною мірою долається методами *евристичного моделювання*, оснований на описі, систематизації й класифікації компонентів, функцій і структури систем, що імітують індуктивні умовисновки методами, схожими на ті, які використовує людський інтелект. Евристичне моделювання в сполученні з математичним дає змогу одержувати задовільні рішення соціальних завдань у виробничих системах.

Залежно від способу опису системи розрізняють моделі з непрямим і прямим описом об'єктів моделювання. До класу моделей з непрямим описом об'єктів належать математичні моделі, які не мають структурної подібності з оригіналом. Мова таких моделей містить усього чотири основних елементи: даний, невідоме, математичний опис, обмеження. У моделях з прямим описом об'єктів досягається гомоморфна відповідність структури моделі зі структурою оригіналу. Такі моделі називають *імітаційними*, використовують їх в імітації процесів і систем на ПК, в імітаційних іграх і т.п. Відмінна риса імітаційних моделей полягає в тому, що в них відтворюються компонентні, структурні й функціональні характеристики об'єктів, тобто проводиться експеримент

із системою. Імітаційне моделювання опирається на різноманітний математичний апарат, але при цьому є інтуїтивним процесом, через що потрібен уважний розгляд конкретних ситуацій, щоб зменшити ймовірність помилкових рішень.

**Економіко-математичні моделі.** Значну частину процесів, що відбуваються у виробничих системах, можна вважати економічними.

Для відбиття логічних і кількісних залежностей між компонентами виробничих систем, спрямованих на забезпечення соціально-економічної ефективності виробництва, використовують економіко-математичні моделі таких типів:

- за фактором часу: статичні й динамічні;
- за видами цільових функцій і обмежень: лінійні й нелінійні;
- за наявністю фактора випадковості: детерміновані й імовірнісні (стохастичні);
- за характером зміни залежностей, що описують досліджуваний процес: дискретні й безперервні.

Економіко-математичні моделі повинні задовольняти такі загальні вимоги:

- ґрунтуватися на економічній теорії й відображати об'єктивні закономірності процесів;
- правильно відбивати функціонально-структурні характеристики виробничих систем;
- задовольняти математичні умови (можливість розв'язання, погодженість, розмірність та ін.).

Основні передумови ефективного застосування економіко-математичних моделей:

- наявність єдиного, кількісно вимірного критерію оптимізації рішень;
- обмеженість засобів досягнення мети;
- взаємозамінність засобів і багатоваріантність їхнього використання для досягнення тих самих цілей.

Наявність єдиного критерію оптимізації є умовою можливого використання моделей оптимального програмування. Разом з тим через багатоцільовий характер виробничих систем застосування економіко-математичних моделей з єдиним критерієм пов'язане з деяким

спрощенням розглянутих проблем, що, однак, дає змогу одержувати прийнятні для практики рішення. Подальшим розвитком оптимізаційного підходу в моделюванні виробничих систем є використання багатоцільової (векторної) оптимізації, основаної на розгляді простору локальних критеріїв з огляду на їхню важливість (пріоритет).

Комплекс ресурсів (трудових, матеріально-технічних, коштів, природно-екологічних, інформаційних, соціально-психологічних умов і факторів) завжди має певну обмеженість. По-перше, є об'єктивна обмеженість можливостей суспільства для максимального задоволення всіх потреб у конкретний момент. По-друге, природні непоновлювані ресурси характеризуються абсолютною обмеженістю, що змінюється в часі стосовно відтворених ресурсів.

Багатоваріантність рішень пов'язана з обмеженістю й взаємозамінністю ресурсів і способів їхнього використання. Виробничим системам властива насамперед пряма взаємозамінність ресурсів (видів устаткування, технологічних методів, матеріалів, напівфабрикатів). Поряд із цим можна виділити непряму взаємозамінність засобів, тобто через інші засоби. Наприклад, використання місцевих відходів виробництва глинозему як одного з основних компонентів шлаколузжних в'язучих дає змогу відмовитися від застосування доставки цементу здалеку, що скорочує завантаження залізничного транспорту, а включення у виробниче споживання шламу звільняє значні земельні площі для сільськогосподарського використання. Наявність прямої й непрямой взаємозамінності засобів у виробничих системах створює велику кількість варіантів, які взаємно переплітаються, коли оптимальний вибір можливий лише із застосуванням економіко-математичних моделей.

**Системне моделювання.** Можна виділити такі основні принципи системного підходу до моделювання виробничих систем:

- подвійність розгляду системного об'єкта, використання макро- і мікропідходу – розгляд зв'язків системи з навколишнім середовищем без виділення внутрішніх характеристик і розгляд внутрішніх аспектів системи за умовного відокремлення від середовища;

- увага до подвійності функціонування системи, що відбиває взаємозв'язок перспективного й ретроспективного її поводження;
- однозначність відповідності речовинного й інформаційного перетворення, за якого будь-які виробничі системи можуть розглядатися як інформаційні, й навпаки;
- обов'язкове різноманіття, що сприяє ширшому різноманіттю (досвід, знання, можливості та ін.) регулювальних елементів порівняно з об'єктами регулювання;
- зовнішнє доповнення, що дає змогу будь-які впливи зовнішнього середовища представити як зовнішню доповнювальну систему;
- повнота й достатність інформації, що створює можливість повно й вірогідно описати функціонування системи.

У практиці виробничі системи часто будують на основі здорового глузду й накопиченого досвіду, а потім їх інтерпретують в системних термінах і позначеннях. Такий підхід не гарантує достатньої ефективності виробничої системи, тоді як використання методології системного підходу дає змогу не тільки знизити трудомісткість створення, але й підвищити ефективність функціонування системних об'єктів.

Найбільш загальне значення мають методи системного дослідження: аналіз і синтез систем. *Аналіз* дає змогу виявити в досліджуваному об'єкті компоненти, зв'язки й структуру системи. *Синтез* потрібен для з'єднання компонентів у єдине ціле, у функціональну систему. Для аналізу й синтезу виробничих систем використовують економіко-математичні моделі.

У загальному вигляді принципова схема системного підходу представлена на рис. 2.1. У ній відбита процедура системного дослідження об'єктів, що охоплює визначення цілей і задач, зв'язків із середовищем і обмеження; аналіз або синтез функцій і структури; опис компонентів системи; опис функціонування системи; оцінку ефективності й інтерпретацію отриманих результатів.

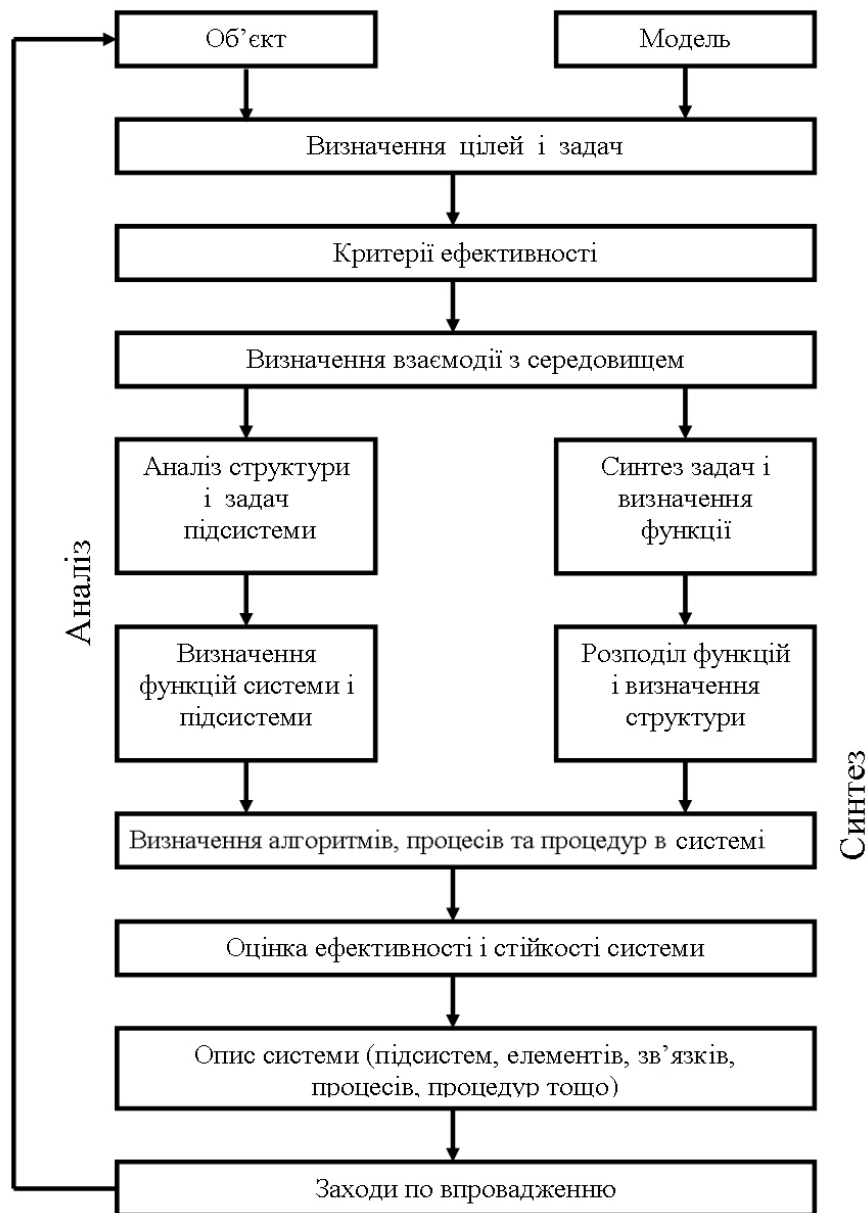


Рис. 2.1. Принципова схема системного моделювання

## 2.2. Методологія пошуку й вибору рішень

**Рішення в життєвому циклі виробничої системи.** На всіх стадіях життєвого циклу виробничої системи людині (дослідникові, проєктувальникові, організаторові, керівникові) доводиться приймати рішення щодо дозволу або заборони певних дій у процесі задоволення потреб. Раціональні рішення знижують випадковість дії. Прийняття рішення являє собою процес, що починається з виникнення проблемної ситуації й закінчується вибором рішення – дії для усунення проблемної ситуації. У процесі прийняття рішення можна виділити три етапи:

постановка завдання, формування варіантів рішень і вибір оптимального рішення.

На *ідеальному етапі* життєвого циклу виробничої системи прийняття рішень пов'язане з одержанням відповідей на три основних питання: 1) навіщо створювати нову систему; 2) що створювати, за яким варіантом; 3) як створювати, за яким проєктом. Найбільш характерними завданнями, що виникають на цьому етапі, є пошук і вибір принципів (фізичних, економічних та ін.) дії системи (компонента) для конкретних умов і вимог; вибір раціональних рішень (технічних, організаційних та ін.) відповідно до обраних принципів дії; визначення оптимальних значень параметрів обраних рішень.

На етапі *функціонування* виробничих систем проблеми, що потребують вирішення, виникають у таких випадках: функціонування системи в цей момент не дає змоги досягти поставленої мети; функціонування системи в майбутньому не дасть змоги досягти поставлених цілей; потрібна зміна цілей системи.

У проєктуванні, організації, плануванні, керуванні виробничими системами процеси прийняття рішень характеризуються загальними методологічними положеннями.

**Основні поняття теорії рішень.** Будь-яке рішення спрямоване на визначення найкращого (оптимального) способу дій для досягнення поставлених цілей. Під *метою* розуміють ідеальне подання бажаного стану й результату функціонування системи. Коли фактичний стан суперечить бажаному, виникає *проблема*. Умови, що визначають проблему, утворюють *проблемну ситуацію*, що дає вихідні дані для постановки завдання і прийняття рішень. Рішення приймає людина (ОПР – особа, що приймає рішення, одна людина або група осіб) за допомогою експертів, які беруть участь у зборі й аналізі інформації й формуванні рішень.

*Прийняття рішення* – це процес, що розгортається в часі і охоплює етапи й процедури з усунення проблемної ситуації. У процесі прийняття рішень формують альтернативні (взаємозаперечні) варіанти рішень і оцінюють їхню перевагу. *Перевага* являє собою інтегровану оцінку якості рішень. Вибір найкращого рішення визначається *критерієм вибору* (індивідуальне ОПР) або на основі *принципу* узгодження (групове ОПР).

Кінцевим результатом процесу прийняття рішень є рішення, що являє собою припис до дії (спосіб дії, план роботи, варіант

проєкту й т. п.). Основними ознаками рішення є такі: наявність вибору з безлічі можливих рішень; вибір, орієнтований на свідоме досягнення цілей; вибір, оснований на сформованій настанові до дії. Перша ознака вказує на те, що у разі браку альтернатив немає вибору й немає рішення, тому що відпадає потреба у розумовому волевиявленому акті. Вибір рішення завжди цілеспрямований і відбувається свідомо, тому безцільний вибір та імпульсивні дії не можна розглядати як рішення. Рішення, яке задовольняє ресурсні, правові і морально-етичні обмеження, називається *припустимим*. Припустиме рішення, що гарантує екстремум (максимум або мінімум) критерію вибору (індивідуальне ОПР) або задовільному принципу узгодження (групове ОПР), є *оптимальним*.

Узагальнене рішення характеризується *ефективністю*, що визначається ступенем досягнення цілей, віднесеного до витрат на їхнє досягнення.

Процес прийняття рішень складається з ряду послідовних етапів і процедур (рис. 2.2). На етапі постановки завдання перебувають відповіді на питання: яку проблему й у яких умовах потрібно вирішувати? Коли її потрібно вирішувати? Якими силами й засобами її слід вирішувати? Метою другого етапу є формування варіантів рішень і оцінювання їхніх переваг. На етапі вибору рішень з-поміж припустимих рішень на основі критерію обирають єдине. Ця схема в спрощеному вигляді описує реальний процес прийняття рішень, але насправді він складніший і не завжди відбувається за наведеною схемою.

З інформаційного погляду в процесі прийняття рішень відбувається зменшення невизначеності. Визначення проблемної ситуації порушує питання: «Що ж робити?». Дотримання процедур дає змогу сформулювати відповідь на це питання у вигляді «що й коли потрібно робити». У процесі прийняття рішень виконують пошук, розпізнавання, класифікацію, упорядкування й вибір. Розв'язання цих завдань ґрунтується на аналізі й синтезі, індукції і дедукції, порівнянні й узагальненні. Процедури прийняття рішень виконують неформальним чином із застосуванням формальних засобів – математичних методів і ПЕОМ.

**Класифікація проблем і завдань з прийняття рішень.** Типи проблем відрізняються ступенем їхньої структуризації, тобто повнотою інформації про логічні елементи проблеми. Структура будь-якої проблеми визначається такими логічними елементами: мета, досягнення якої буде означати, що проблема вирішена; альтернативні засоби й дії, за

допомогою яких може бути досягнута мета; витрати ресурсів для досягнення цілей; моделі, що відображають зв'язки між цілями, альтернативами й витратами; критерії, за допомогою яких зіставляють в кожному випадку мету й витрати й обирають оптимальне рішення.

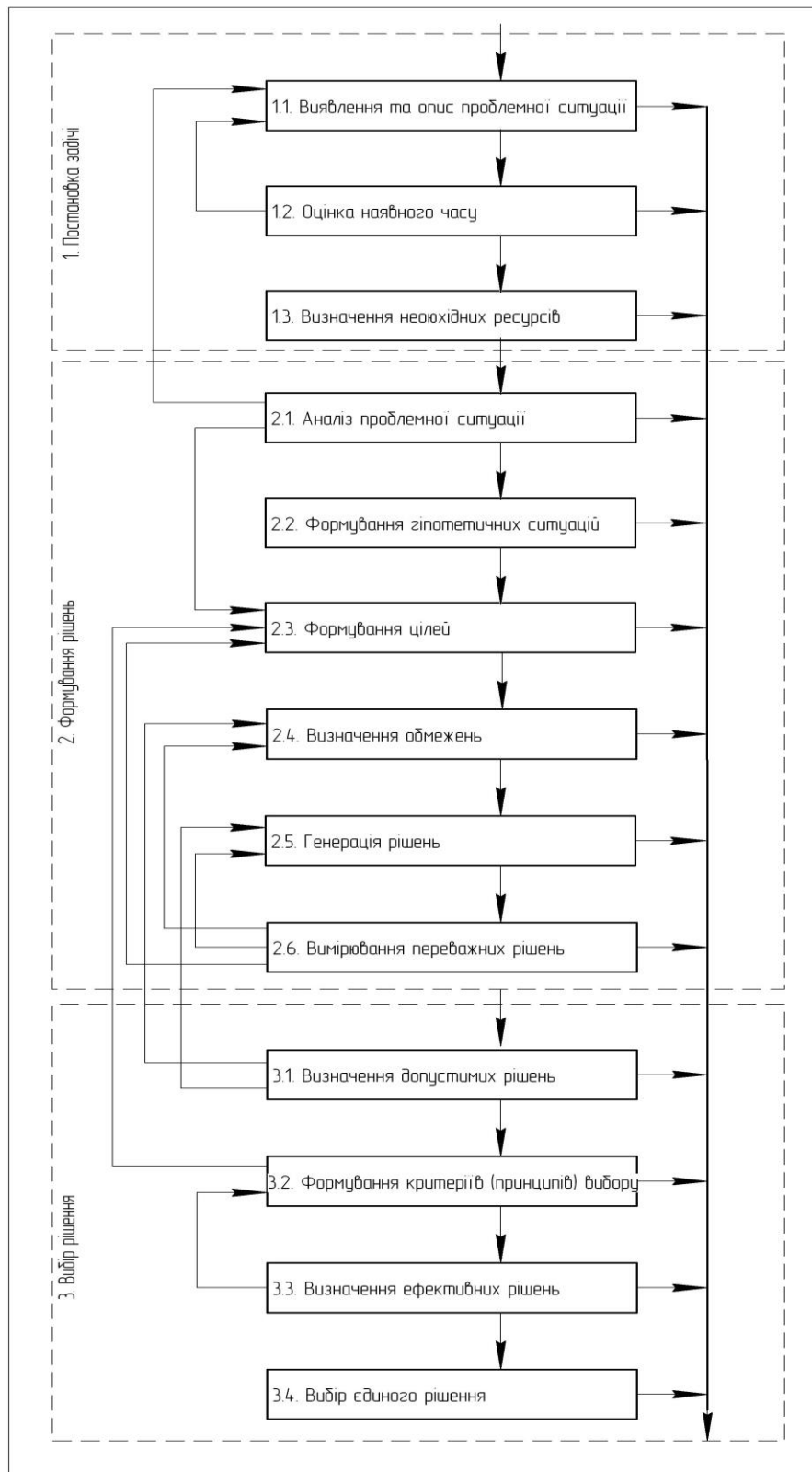


Рис. 2.2. Схема процесу прийняття рішення

*Стандартні проблеми* характеризуються повною ясністю й однозначністю цілей, альтернатив і витрат, а приймають рішення на основі вироблених процедур і правил. Прикладами таких проблем можуть бути розрахунки потреби в устаткуванні, матеріалах, робочій силі відповідно до заданої виробничої програми.

*Добре структуровані проблеми* мають різноманітний характер, всі їхні елементи й зв'язки можуть бути виражені кількісно. Для прийняття рішень у таких проблемних ситуаціях використовують економіко-математичні моделі. Добре структурованими проблемами можна вважати, наприклад, вибір оптимальних варіантів реконструкції підприємства, вибір варіантів найкращого завантаження виробничих потужностей і т.п.

*Слабкоструктуровані проблеми* містять разом з добре дослідженими, кількісно формалізованими елементами також невідомі або невимірні компоненти, що вирізняються значною невизначеністю. Прийняття рішень з таких проблем пов'язане із застосуванням методології, що дає змогу сполучити математичні методи з якісними оцінками ОПР. Слабкоструктурованими проблемами можна вважати створення нових виробничих комплексів, вибір стратегії технічного розвитку підприємств, удосконалення управління галуззю, виробничим об'єднанням, підприємством тощо.

*Неструктуровані проблеми* вирізняються суттєвою невизначеністю й неформалізованістю цілей і альтернатив. В прийнятті рішень щодо таких проблемних ситуацій визначальну роль відіграють досвід, інтуїція ОПР й експертів. Наукові методи прийняття рішень ґрунтуються на використанні загальних ідей системного підходу й експертних опитувань. До цього типу проблем належать, наприклад, формування довгострокових планів науково-технічних розробок, планів соціального розвитку колективів і т.п.

Рішення стандартних і добре структурованих проблем належать до тих, які можна програмувати, що підлягають оптимізації з використанням економіко-математичних моделей і ПЕОМ. Слабкоструктуровані й неструктуровані проблеми належать до тих, які не програмують.

Належність конкретної проблеми до одного з названих типів не має постійного характеру. У процесі аналізу й дослідження неструктуровані проблеми можуть перетворитися на слабкоструктуровані (відповідно до

підвищення питомої ваги формально-логічного й математичного описів елементів і проблем), потім на добре структуровані (повністю описані економіко-математичними моделями), а в деяких випадках і в стандартні (зведені до прийняття рішень на основі використання рутинних, що піддаються повній автоматизації процедур). Вибір конкретних методів прийняття рішень залежить від характеру завдань.

Загальними ознаками для класифікації завдань з метою прийняття рішень є ступінь визначеності інформації; використання експерименту для одержання інформації; кількість осіб, що приймають рішення; кількість цілей; зміст рішень; значущість і тривалість дії рішень.

*Визначеність інформації* характеризується вірогідністю й повнотою потрібних для прийняття рішень даних, відповідно до чого можна виділити кілька класів завдань з прийняття рішень.

1. Завдання в умовах визначеності, коли є вичерпна й достовірна інформація про проблемну ситуацію, мету, обмеження й наслідки рішень. Для завдань цього класу мету й обмеження формально визначають у вигляді цільових функцій і нерівностей (рівностей), функція переваги у разі однієї мети збігається із цільовою функцією, а в разі безлічі цілей – з деякою функціональною залежністю цільових функцій. Критерій вибору визначається мінімумом або максимумом цільової функції. Наявність цих умов дає можливість побудувати формальну математичну модель завдання з прийняття рішень й алгоритмічно знайти оптимальне рішення. До таких завдань належать, наприклад, завдання з розміщення ресурсів, призначення робіт, управління запасами, транспортні задачі й т. п. Для розв'язання завдань цього класу застосовують різні методи оптимізації, наприклад, методи математичного програмування (лінійного, нелінійного, динамічного). Роль людини в розв'язанні завдань цього класу полягає у зведенні реальної ситуації до типового завдання математичного програмування й у ствердженні одержуваного формально оптимального рішення.

2. Завдання в умовах імовірнісної визначеності розв'язують за допомогою теорії статистичних рішень. Неповноту й невірогідність інформації в реальних завданнях беруть до уваги, розглядаючи випадкові події і процеси з використанням імовірнісних характеристик. Самі імовірнісні характеристики є вже невипадковими, тому ними можна оперувати в пошуку оптимального рішення, як з детермінованими величинами. Загальним критерієм знаходження

оптимального рішення в теорії статистичних рішень є середній ризик. Роль людини в розв'язанні цього класу завдань полягає в постановці завдання, зведенні реальної задачі до типової математичної задачі, ствердженні отриманого оптимального рішення, а також (за браком статистичних даних) у визначенні суб'єктивних імовірнісних подій.

3. Завдання в умовах невизначеності характеризуються неповнотою й недостатністю інформації, різноманіттям і складністю впливу різних чинників (соціальних, економічних, політичних, технічних). З огляду на це поки що немає адекватних математичних моделей для визначення оптимальних рішень, а основну роль у пошуку оптимального або прийняттого рішення відіграє людина, формальні засоби слугують лише допоміжним інструментом.

Математичні моделі, які використовують в завданнях з прийняття рішень в умовах визначеності й імовірнісної визначеності, описують лише найпростіші ситуації у виробничих системах. Завдання з прийняття рішень в умовах невизначеності є більш загальними, їх розглядають як окремий випадок прийняття рішень в умовах визначеності й імовірнісної визначеності.

**Використання експерименту** для одержання інформації призводить до поділу завдань з прийняття рішень на такі класи:

- завдання з прийняття рішень за апріорними даними характерні для умов визначеності й частково для умов імовірнісної визначеності, коли використовують відому інформацію;
- завдання з прийняття рішень за апостеріорними даними характерні для умов невизначеності за незначної апріорної інформації, а для одержання нової інформації потрібно виконати експеримент.

За *кількістю осіб, що* приймають рішення, завдання поділяють на індивідуальні (рішення приймає одна особа) і групові (рішення приймає колективний орган).

За *кількістю цілей* розрізняють одноцільові й багатоцільові завдання з прийняття рішень. У багатоцільових завданнях слід узгоджувати суперечливі цілі у виборі рішень. У формалізованому описі цілей (у вигляді цільових функцій) одноцільові завдання називають однокритеріальними, а багатоцільові – багатокритеріальними.

Залежно від *змісту* завдання з прийняття рішень класифікують за сферами і видами діяльності: економічні, політичні, ідеологічні,

технічні, військові, дослідні, проєктні, планові, організаційні, оперативні тощо.

За *тривалістю дії* розрізняють довгострокові рішення, спрямовані на досягнення генеральних довгострокових цілей (наприклад, довгострокові національні програми); середньострокові рішення (наприклад, плани економічного й соціального розвитку); короткострокові рішення, орієнтовані на усунення поточних проблем.

Кожне конкретне завдання з прийняття рішення згідно з розглянутою класифікацією утворює певний тип відповідно до наявних в ній ознак. Наприклад, можна деяке завдання з прийняття рішення в умовах невизначеності вважати груповим, за апріорними даними й багатоцільовим. До кожного типу завдань застосовують особливий підхід до прийняття рішень.

**Принципи постановки завдань з прийняття рішень.** Загальними принципами постановки завдань з прийняття рішень у виробничих системах є такі:

1. Чітке визначення мети в конкретному, кількісно визначеному вигляді. Будь-яке рішення дає ряд результатів, і досягнення кожного з них може стати метою. З безлічі можливих цілей обирають найважливішу, вважаючи інші підпорядкованими.

Як приклад розглянемо завдання з вибору варіанта технічного переозброєння підприємства. Нехай можливі варіанти заміни устаткування характеризуються витратами, наведеними в табл. 2.1.

*Таблиця 2.1*

### **Показники за варіантами**

Варіант	Витрати за варіантом, грн, на одиницю продукції		
	живої праці	минулої (матеріалізованої) праці	загальні
I (вихідний стан)	10	1	11
II	9,5	0,5	10
III	7	1,5	8,5
IV	6	3	9

Прагнення досягти відразу двох цілей – скорочення витрат живої й матеріалізованої праці – призводить до явно не вигідного на тлі інших II варіанта. Вибір мети – мінімуму витрат минулої праці – також

призводить до вибору II варіанта. За мінімізації витрат живої праці буде обраний IV варіант. Правильне формулювання мети – мінімізація сумарних витрат – приводить до III варіанта, за якого, незважаючи на зростання витрат матеріалізованої праці, загалом досягається найбільша економія.

2. Увага до об'єктивних обмежень під час прийняття рішень, без чого рішення не може бути втілене.

Взаємодію між критерієм й обмеженнями можна пояснити таким прикладом.

Нехай відома залежність деякого показника (наприклад, прибутку)  $y$  від чинника  $x$ , представлена на рис. 2.3 кривою  $y = f(x)$ . Абсолютний максимум  $y_1$  досягається в точці 1 за значення  $x$ , що дорівнює  $x_1$ . Зважаючи на обмеження, найвигідніше наявне рішення досягається в точці 2 за  $x$ , рівному  $x_2$ . Відповідне значення показника, що оптимізується,  $y_2$  є меншим, ніж  $y_1$ , тобто відбувається втрата ефекту порівняно з випадком, коли обмежень немає. Однак рішення, отримане, зважаючи на обмеження, може бути реалізоване в конкретних умовах, а взятий відособлено критерій може призвести до ідеалізованого рішення, не реалізованого в розгляданій ситуації.

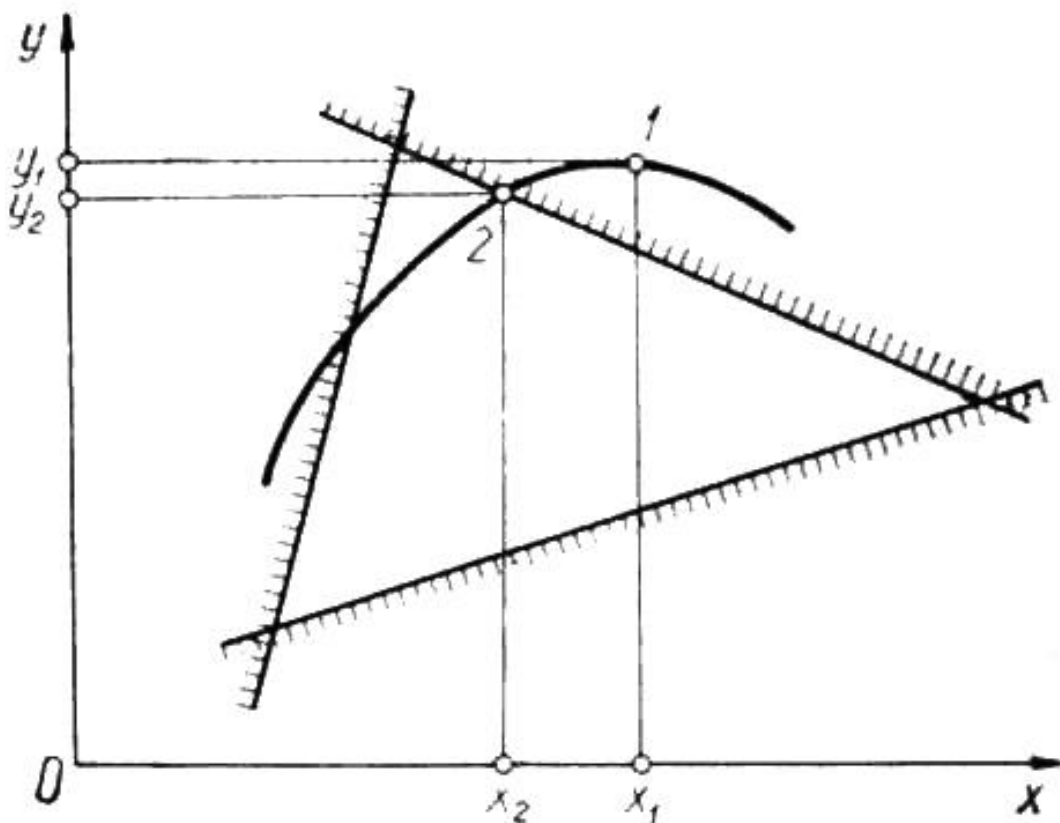


Рис. 2.3. Вплив обмежень на величину шуканого оптимуму

Більшість обмежень, які беруть до уваги у розв'язанні завдань з прийняття рішень, відбивають або обмеженість ресурсів, виділених на розглянуті цілі (грошових, трудових, матеріальних, часу, потужності та ін.), або вимоги до обсягів і якості виготовленої продукції (наданих послуг).

3. Розгляд достатнього переліку альтернативних варіантів досягнення поставленої мети з огляду на її багатоваріантність. Одноваріантність мислення у постановці завдань є проявом психологічних особливостей людини, однак об'єктивно не виправдана, тому що заздалегідь позбавляє можливості розглянути всі варіанти.

Припустимо, потрібно оцінити ефективність переведення підприємства з двох- на однозмінний режим роботи без втрати добового випуску продукції. У вихідному стані добовий випуск продукції становить 20 одиниць (по 10 одиниць за зміну). Заміна устаткування на більш продуктивне дає змогу виготовляти 20 одиниць продукції за однозмінної роботи, що вивільняє частину робітників і дає економічний ефект. Але такий висновок недостатньо доведений, тому що не розглянуто варіант роботи підприємства на новому обладнанні у дві зміни. Збільшення добового обсягу виробництва може дати більший економічний ефект.

4. Досить повний розгляд різноманітних наслідків виконання варіантів прийнятих рішень, що проявляються безпосередньо і в системі, і в сполучених з нею системах. Наприклад, оцінюючи проєкт будівництва гідроелектростанції, що потребує затоплення рудного родовища (нехай навіть тепер не розроблюваного, але кондиційного), до витрат на будівництво гідроелектростанції варто додати розрахунковий збиток від втрати запасів руди так, щоб він був відображений в оцінці ефективності гідроелектростанції.

5. Відображення взаємозв'язку окремих показників і компонентів виробничої системи. Це обов'язково треба мати на увазі в усіх випадках, коли поліпшення показників однієї підсистеми погіршує функціонування інших, суміжних. Упоратися з цим завданням можна за допомогою економіко-математичних моделей.

Для прийняття обґрунтованих рішень слід використовувати моделі, які описують мету й об'єктивні обмеження (умови) розв'язання задачі, що дає змогу оцінити можливі варіанти рішень, зважаючи на сполучені наслідки і зв'язки.

**Оцінка ефективності рішень.** Звичайно математичні моделі байдужі до смислового змісту вміщених у них критеріїв, що приводить у моделях, складених з тих самих параметрів, але з різними критеріями оптимізації, до неоднакових найвигідніших варіантів. У більшості випадків прийняття рішень для виробничих систем основним є *критерій економічної ефективності*. Використання як критеріїв технічних або організаційних параметрів (збільшення потужності, прискорення робочої швидкості, підвищення надійності процесу й т. п.) є припустимим, якщо заздалегідь відомо, що їхнє максимальне значення приносить найбільший економічний ефект.

У виробничих системах відбувається перетворення одного набору ресурсів в інший. Ресурси, які використовують в процесі виробництва, витрачають у формі витрат ( $V$ ), а ресурси, отримані на виході процесу, утворюють результати ( $P$ ). Ефективність процесу перетворення в найбільш загальному вигляді може бути охарактеризована співвідношенням показників витрат  $V$  і результатів  $P$ , при цьому жоден показник окремо не дає досить повної характеристики ефективності.

Сполучення витрат і результатів утворюють показники, що розкривають різні аспекти поняття ефективності:

$P/V \rightarrow \max$  – показник результату, який одержують з одиниці витрат;

$V/P \rightarrow \min$  – показник питомих витрат, що припадають на одиницю результату, якого досягають;

$P-V \rightarrow \max$  – показник абсолютного ефекту;

$(P-V)/V \rightarrow \max$  – показник відносного ефекту;

$(P-V)/P \rightarrow \max$  – показник питомого ефекту.

Поняття витрат і результатів можуть мати різний конкретний зміст. Якщо результатом вважати обсяг продукції, яку випускають,  $P$ , а витратами  $V$  – витрати праці, то відношення  $P/V$  – продуктивність праці, а  $V/P$  – трудомісткість продукції. Якщо вважати, що  $V$  – витрати матеріалів, енергії, капітальні вкладення або всі експлуатаційні витрати, то  $V/P$  – відповідно матеріалоемність, енергоемність, капіталоемність і собівартість продукції. Якщо  $P$  виразити в обсягах реалізованої продукції, а  $V$  – в експлуатаційних витратах, то  $P-V$  – прибуток,  $(P-V)/V$  – рентабельність, визначена стосовно собівартості.

Можливі й інші сполучення спільного оцінювання витрат і результатів у виборі ефективних варіантів рішень. Якщо задано (обмежено) величину витрат ( $Z_{\text{доп}}$ ), шукають варіант, у якого  $P - \max$  за  $Z \leq Z_{\text{доп}}$ . Може бути заздалегідь встановлений певний результат ( $P_{\text{доп}}$ ), тоді знаходять рішення, що дає мінімум витрат  $P - V - \max$  за  $P \leq P_{\text{доп}}$ . Такі постановки завдань, коли один з компонентів контролюють, а другий вводять у вигляді обмеження, виконують методами лінійного програмування.

За принципової єдності названих показників кожен з них відбиває різний бік ефективності рішень і різні постановки завдань. Із цієї причини й не збігаються оцінки ефективності одних і тих самих варіантів за різними показниками. Різними проблемними ситуаціям об'єктивно властиві різні постановки завдань і показники, найбільш відповідні їхній сутності.

Наприклад, нехай є кілька варіантів з однаковим обсягом і номенклатурою продукції, але з різними значеннями витрат і результатів (табл. 2.2; 2.3). Використовуючи як критерії різні показники, одержуємо різні результати в оцінці ефективності тих самих варіантів. Так, за значеннями результату й ефекту, що припадають на одиницю витрат, найкращим виявляється I варіант. Найбільший абсолютний ефект дає IV варіант. За обмежених витрат кращим є III варіант, а за заданих вимог до обсягу продукції – II варіант.

*Таблиця 2.2*

**Розрахункові показники за варіантами**

Варіант	V, грн	P, грн
I	4	5
II	8,5	10
III	3	3,2
IV	8,6	10,2
V	3	3,1

### Результати оцінювання варіантів за різними критеріями

Обраний критерій ефективності	Варіанти, ранжировані зліва праворуч, у порядку убутання ефективності, оціненої за цим критерієм				
$P/B \rightarrow \max$	I	IV	II	III	V
$P - B \rightarrow \max$	IV	II	I	III	V
$(P - B)/B \rightarrow \max$	I	IV	II	III	V
$Z \rightarrow \min$ при $P \geq 10$	II	IV	—	—	—
$P \rightarrow \max$ при $Z < 4$	III	V	—	—	—

З огляду на важливість і достатню складність вибору критерію ефективності, потрібна участь у такому виборі компетентних фахівців тієї галузі знань, до якої тяжіє завдання з прийняття рішень.

### 2.3. Методи й моделі розв'язання виробничо-господарських завдань

**Операційний підхід до обґрунтування рішень.** Сучасні наукові методи, використовувані для кількісного обґрунтування рішень у різних сферах людської діяльності, об'єднуються під назвою *дослідження операцій*. Як науковий напрям дослідження операцій зародилося в роки другої світової війни для цілей найкращої організації бойових дій. Потім методи цієї науки почали застосовувати в проектуванні авіаційних, ракетних і космічних комплексів, у перспективному й поточному плануванні науково-дослідних робіт, проектуванні складних об'єктів, керуванні виробничими процесами, прогнозуванні розвитку різних галузей промисловості і в інших сферах.

Під *операцією* розуміють сукупність закономірно зумовлених дій, виконуваних колективом виконавців або окремим виконавцем за задалегідь складеним планом під чийм-небудь керівництвом і спрямованих на досягнення певної мети. Вибір способу дій, що гарантує позитивний у заданому змісті результат, називають *рішенням*.

Основні етапи операційного дослідження:

- 1) постановка завдання й вибір критерію оптимізації;
- 2) виявлення основних особливостей, взаємозв'язків і кількісних закономірностей досліджуваної системи;
- 3) побудова математичної моделі системи (або процесу);
- 4) дослідження математичної моделі із застосуванням спеціальних методів.

Основними методами дослідження математичних моделей є такі:

- аналітичний метод, що дає наочну картину досліджуваної системи (процесу) і характеризує її параметри; він ґрунтується на використанні диференціального вирахування, методу множників Лагранжа та ін.;
- чисельні методи з використанням ПЕОМ, зокрема методи математичного програмування, та ін.;
- методи випадкового пошуку (статистичні методи), такі як метод Монте-Карло (неспрямований випадковий пошук), пошук з парними пробами, лінійний і нелінійний пошуки тощо.

Жоден з названих методів не є універсальним з погляду безумовної застосовності до розв'язання того або іншого завдання з дослідження операцій. Основне застосування в дослідженні операцій для виробничих систем знаходять методи математичного програмування й статистичні методи.

Під час операційних досліджень знаходять рішення, що задовольняють цілі виробничої системи загалом відповідно до взаємодії більшості підсистем. Такий характер операційних досліджень є прикладом *системного підходу*. Дослідження операцій завжди спрямоване на пошук оптимального або близького до нього рішення в межах обмежень, що накладаються сучасним станом науки, браком часу, засобів і можливостей. Важливою відмінною рисою дослідження операцій є *багатоаспектний* підхід до системи (наприклад, з погляду фізичної, біологічної, психологічної, соціальної, економічної, інженерної взаємодій), відповідно до складу дослідницької групи залучають фахівців з різних галузей знань.

Таким чином, операційний підхід до обґрунтування рішень охоплює системний підхід, математичне моделювання та використання комплексних груп дослідників. Ефективність операційних методів

істотно зростає в разі використання ПЕОМ, коли є можливість розглядати складні математичні моделі.

Основними класами завдань з дослідження операцій, для яких створено методи й засоби, є ті, в яких розглядають процеси розподілу, упорядкування, обслуговування, заміни, керування запасами, пошуку. Реальні системи звичайно характеризуються не одним з названих процесів, а їхніми комбінаціями. Крім того, згадані процеси не охоплюють всіх ситуацій, з якими доводиться стикатися, розв'язуючи операційні завдання. Комбіновані процеси потребують послідовного вирішення задач певного типу з поетапним коректуванням знайдених рішень.

Ознайомлення інженера з принципами, методами й засобами операційного підходу до обґрунтування рішень є важливою умовою його підготовки до практичної діяльності в сучасному виробництві.

**Завдання з розподілу.** Загальними умовами цього класу завдань є деяка обмеженість ресурсів, у загальному випадку недостатніх для щонайкращого виконання всіх робіт. У підсумку для розв'язання завдання треба обрати таке сполучення ресурсів і робіт, щоб домогтися найбільшого загального ефекту.

У загальному вигляді завдання з розподілу записують в такий спосіб:

- потрібно знайти такий розподіл ресурсів, за якого цільова функція досягає максимуму:

$$y = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \quad (2.1)$$

і дотримано обмежень щодо ресурсів:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \leq \sum_{i=1}^m b_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.2)$$

а також умови незаперечності величин:

$$x_j \geq 0, \quad (2.3)$$

де  $b_i$  – наявні ресурси  $i$ -го типу,  $a_{ij}$  – потреба в ресурсах  $i$ -го типу на виконання одиниці  $j$ -ї роботи;  $c_j$  – показник ефективності виконання  $j$ -ї роботи;  $x_j$  – обсяг (кількість)  $j$ -ї роботи, яку слід виконати.

Усі завдання з розподілу розв'язують методами математичного програмування. Коли є можливість, їх намагаються звести до досить простих задач лінійного програмування, для яких є добре розроблені обчислювальні методи.

Якщо для виконання операції потрібен тільки один вид ресурсу, а кількість операцій збігається з кількістю ресурсів, то задача зводиться до вибору (призначення) по одному ресурсу на кожну операцію. Такі задачі дістали назву *задач про призначення*, записують їх у такому вигляді:

$$y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad ij = \overline{1, n}; \quad (2.4)$$

$$y = \sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1;$$

$$x_{ij} \begin{cases} 1, & \text{якщо за } i \text{ закріплюється } j, \\ 0 & \text{– в іншому випадку.} \end{cases}$$

Прикладів таких задач можна навести багато: закріплення робіт за машинами, проєктувальників – за об'єктами проєктування, монтажних кранів – за об'єктами монтажу, тобто у всіх ситуаціях, коли є фіксована кількість робіт і стільки ж виконавців.

Нехай є чотири роботи ( $n = 4$ ), які можна виконати на чотирьох верстатах ( $n = 4$ ). Відома вартість  $c_{ij}$  (або трудомісткість, час та ін.) виконання кожної роботи на кожному верстаті (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Матриця вихідних даних**

		Роботи				Кількість верстатів
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	
Станки	M <sub>1</sub>	3	<b>7</b>	5	8	1
	M <sub>2</sub>	2	4	4	5	1
	M <sub>3</sub>	4	7	2	8	1
	M <sub>4</sub>	9	7	3	8	1
Кількість робіт		1	1	1	1	

Задача полягає у такому розподілі робіт  $P_i$  між верстатами  $M_i$ , щоб загальна вартість була мінімальною. Математична модель завдання:

$$\begin{aligned}
 y &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min; \\
 \sum_{i=1}^4 x_{ij} &= \sum_{j=1}^4 x_{ij} = 1; \\
 x_{ij} &= \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} \\
 i, j &= \overline{1, 4}.
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

Оптимальне рішення наведено в табл. 2.5. Кількість можливих рішень у завданнях про призначення дорівнює  $n!$ , тому простий перебір за більших  $n$  неможливий. Для розв'язання таких задач є кілька спеціальних методів, серед яких найпоширеніший – угорський метод, що дає змогу за певну кількість кроків одержати кінцеве оптимальне рішення.

Таблиця 2.5

### Матриця оптимального рішення

		Роботи				$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	
Станки	M <sub>1</sub>	3	0	0	0	1
	M <sub>2</sub>	0	4	0	0	1
	M <sub>3</sub>	0	0	2	0	1
	M <sub>4</sub>	0	0	0	8	1
$\sum_{j=1}^4 x_{ij}$		1	1	1	1	

$$y = c_{11} + c_{22} + c_{33} + c_{44} = 17$$

Якщо виконання деяких операцій може потребувати більшого, ніж один, виду ресурсів або ресурси одного виду можуть бути використані для декількох операцій, виникає потреба в розподілі ресурсів й операцій.

Типовим різновидом таких задач є *транспортна задача*, що формулюється в загальному вигляді так. Маємо  $m$  постачальників (підприємств, пунктів відправлення й т. п.), у яких в наявності є деякі вироби, які вони повинні відправити  $n$  споживачам (пунктам призначення). Кожний постачальник може відвантажити не більш ніж  $a_i$ ,  $i=\overline{1,m}$ , виробів, а кожному споживачеві потрібно не менш ніж  $b_j$ ,  $j=\overline{1,n}$ , виробів. Витрати на перевезення з пункту  $i$  у пункт  $j$  дорівнюють  $c_{ij}$ . Треба знайти таку схему перевезень, щоби мінімізувати загальні транспортні витрати. Модель транспортної задачі:

$$\begin{aligned}
 y &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}; \\
 \sum_{j=1}^n x_{ij} &= a_i; \\
 \sum_{i=1}^m x_{ij} &= b_j; \\
 x_{ij} &\geq 0 \text{ для усіх } i \text{ та } j.
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

У наведеній моделі зроблено припущення про однорідність продукції, яке треба взяти до уваги, зводячи конкретну ситуацію до умов транспортної моделі. Наприклад, якщо на різних бетонних заводах виробляють бетонні суміші різних марок, а різні будівельні об'єкти мають потребу в різних марках бетонних сумішей, до однопродуктової моделі транспортної задачі можна прийти, обравши єдину міру, наприклад кубічний метр.

Для розв'язання транспортних задач застосовують спеціальні методи (потенціалів, оптимізації на сітках та ін.).

Можна виділити ще ряд різновидів задач з розподілу. Наявних ресурсів може не вистачати для виконання всіх операцій, тож виникає потреба обирати операції й способи їхнього виконання таким чином, щоби досягти найбільшого ефекту за умови, що не всі операції обов'язково будуть виконані. Прикладами таких задач є вибір співвідношення й розміщення заготовок для розкрою аркушів, розподілу витрат на виконання проектних робіт тощо. Можуть бути ситуації, коли є можливість регулювати кількість ресурсів і визначати, які ресурси варто додати і які вилучити. Такого типу задачі виникають, коли, наприклад, потрібно з'ясувати, реконструювати завод чи побудувати новий.

Задачі з розподілу вирішують методами математичного програмування, зокрема лінійного, нелінійного, стохастичного, параметричного й динамічного.

**Завдання з масового обслуговування.** Кожна людина знає, що таке черга, – явище, яке досить часто спостерігається у повсякденному житті, у виробничій і в інших сферах діяльності людей. Черги, очікування пов'язані з процесами обслуговування, коли за рідкісним винятком або клієнтові (заявці на обслуговування), або обслуговчому персоналу (каналу обслуговування), або тому й іншому доводиться чекати. Обидва види очікувань пов'язані з витратами. Завдання полягає в узгодженні пропускних спроможностей каналів обслуговування й потоку заявок на обслуговування з метою мінімізації сукупних витрат. Можна виділити два класи завдань з обслуговування: 1 – надходження заявок є випадковим і некерованим, потрібно визначити оптимальний склад каналів обслуговування; 2 – відомі склад і можливості каналів обслуговування, потрібно визначити оптимальний графік їхньої роботи. Перший клас завдань вирішують, використовуючи методи теорії масового обслуговування. Завдання другого класу належать до задач з упорядкування, для розв'язання яких застосовують комбінаторні методи.

У загальному вигляді систему масового обслуговування утворюють компоненти: вхідний потік заявок на обслуговування, черга, канали обслуговування, так що виходить потік виконаних заявок (рис. 2.3).

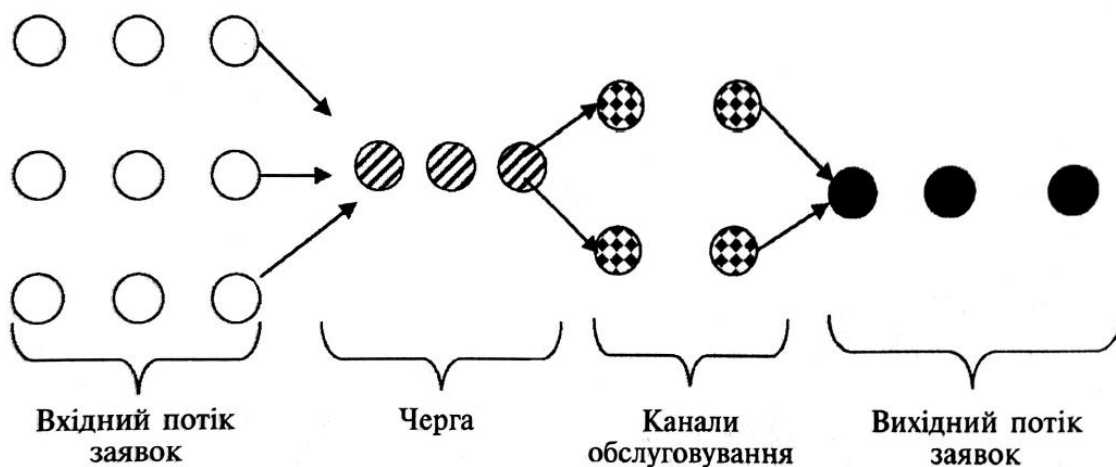


Рис. 2.3. Схема системи масового обслуговування

*Потік заявок* розглядають в часі. Він може бути стаціонарним, якщо його параметри в часі не змінюються, і нестаціонарним в разі зміни параметрів у часі; без післядії, якщо кількість заявок не залежить від того, скільки їх надійшло в попередній момент часу, або з післядією, якщо кількість заявок, що надійшли в цей момент часу, залежить від кількості заявок, що надійшли в попередній момент часу. Потоки можуть бути одинарними, коли в один момент часу не може надійти кілька заявок, і неодинарними, якщо заявки можуть надходити групами. Потік заявок, що має властивості стаціонарності, одинарності й не має властивостей післядії, є найпростішим. Для такого потоку завдань з масового обслуговування знаходять досить прості рішення.

Системи масового обслуговування можуть бути одноканальними й багатоканальними, однорідними (що складаються з однакових приладів) і неоднорідними, однофазними (заявка виконується в одній фазі) і багатofазними. Прилади в системі масового обслуговування можуть бути залучені до дії в міру звільнення, у порядку розміщення, випадковим чином.

*Дисципліна черги* встановлюється за певними правилами: у міру надходження заявок (першим прийшов – першим обслуговується); випадковим чином; за пріоритетами (за важливістю, за терміновістю заявок).

Час обслуговування (виконання заявки) може бути випадковим або невипадковим. Залежно від того, якому імовірнісному закону підпорядковуються вхідний потік і розподіл тривалості обслуговування (пуасонівський, експонентний розподіл позначають як  $M$ , розподіл Ерланга –  $E_{Ky}$ , постійна величина –  $D$ ) і яка кількість обслуговуваних приладів у системі ( $S$ ), розрізняють класи систем масового обслуговування.

Розглянемо систему обслуговування, яка має одне джерело заявок, що надходять на один прилад. Потік заявок і їхнє обслуговування характеризуються такими умовами: а) заявки надходять через однакові інтервали часу  $t_3$ ; б) заявки виконуються за однакові інтервали часу  $t_0$ ; щойно закінчується обслуговування однієї заявки, прилад готовий до обслуговування наступної заявки; в) дисципліна черги (першим прийшов – першим обслуговується). Така система належить до класу детермінованих  $D/D/1$  (система з одним приладом, що обслуговує заявки за

строго визначений час, потік заявок детермінований). Функціонування такої системи залежить від того, як пов'язані між собою  $t_3$  і  $t_0$ : 1)  $t_0 > t_3$ ; 2)  $t_0 = t_3$ ; 3)  $t_0 < t_3$ .

За  $t_0 > t_3$  швидкість обслуговування ( $1/t_0$ ) менша за швидкість надходження заявок ( $1/t_3$ ), тому буде утворюватися черга, причому вона буде невизначено зростати.

За  $t_0 = t_3$ , якщо в черзі немає заявок, то кожна заявка, що надійшла знову, почне виконуватися без очікування; та якщо спочатку є черга, то її довжина буде залишатися постійною.

Якщо  $t_0 < t_3$ , швидкість обслуговування є більшою, ніж швидкість надходження заявок, отже, за будь-якої початкової кількості заявок довжина черги буде скорочуватися.

Для таких систем можна встановити всі характеристики процесу обслуговування від його початку (час надходження заявки, час очікування, довжину черги та ін.).

Більшість систем обслуговування не належить до цього типу; звичайно одна або більше змінних, що описують систему, підпорядковуються певному імовірнісному закону.

Розгляньмо систему масового обслуговування з пуасонівським вхідним потоком заявок, експонентним часом обслуговування й одним каналом обслуговування –  $M/M/1$ .

Вхідний потік заявок – стаціонарний, одинарний, без післядії (найпростіший потік) – характеризується тим, що ймовірність надходження протягом інтервалу часу  $t$  дорівнює  $n$  заявок:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.7)$$

де  $\lambda$  — щільність потоку заявок (середня швидкість надходження заявок).

Якщо щільність потоку заявок  $\lambda$  менша від середньої швидкості обслуговування (інтенсивності обслуговування)  $\mu$ , то згодом система ввійде в стаціонарний режим. Після досить тривалого часу від початку процесу розподіл довжини черги стане стаціонарним, тобто незалежним від  $t$ . Для таких умов справедливим є вираз

$$P_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.8)$$

Частка простоїв каналу обслуговування (імовірність того, що канал вільний, тобто  $n=0$ ) становить

$$P_0 = 1 - \lambda/\mu. \quad (2.9)$$

Середня довжина черги (кількість заявок у системі):

$$\bar{n} = \frac{\lambda/\mu}{1 - \lambda/\mu}. \quad (2.10)$$

Середній час очікування на обслуговування:

$$\bar{t}_{оч} = \frac{\lambda/\mu}{\mu(1 - \lambda/\mu)}. \quad (2.11)$$

Нехай слюсарям-електрикам надходить відповідно до пуасонівського закону в середньому по три заявки за зміну на ремонтне обслуговування. Середній час обслуговування однієї заявки становить 2 год і підпорядковується експонентному закону. За тривалості зміни слюсаря-електрика 8 год одержимо:

середній час очікування однією заявкою обслуговування:

$$\bar{t}_{оч} = \frac{3/4}{4(1 - 3/4)} = \frac{3}{4} = 6 \text{ год}, \quad (2.12)$$

час простоїв слюсаря-електрика за зміну:

$$t_{np} = 8P_0 = 8(1 - 3/4) = 2 \text{ год}. \quad (2.13)$$

Для систем класу  $M/M/m$ , тобто систем масового обслуговування, що мають  $m$  каналів обслуговування й характеризуються найпростішими потоками заявок й експонентним розподілом тривалості обслуговування, є досить прості обчислювальні методи, що дає змогу їх широко застосовувати в практиці.

Завдання з масового обслуговування досить різноманітні: визначення пропускну здатності ремонтної служби заводу, встановлення оптимального складу робітників у бригадах, розробка оптимальної структури органів управління та ін.

Аналіз і синтез систем масового обслуговування опираються на спеціальний математичний апарат теорії ймовірностей, диференціальних та інтегральних рівнянь. Для ситуацій, коли трапляються кілька взаємозалежних черг різної імовірнісної природи, більш ефективними виявляються методи імітаційного моделювання.

**Завдання з упорядкування.** Досить часто виникають проблеми вибору послідовності, маршруту й календарних строків виконання деяких робіт. Загальною властивістю таких процесів є фіксована кількість каналів обслуговування, а визначенню підлягає або розподіл заявок, які надходять, або послідовність їхнього обслуговування, або обидві залежності. Задача полягає в знаходженні послідовності надходження заявок (дисципліни черги) або упорядкуванні робіт, які повинні бути виконані, щоб сума відповідних витрат була мінімальною. Зазвичай розрізняють власне *завдання з упорядкування* – встановлення тільки порядку виконання деякого набору робіт; *завдання з календарного планування* – встановлення строків виконання робіт, тобто встановлення моментів початку і закінчення робіт; *завдання з вибору маршруту* – пошук найкоротшого маршруту переміщення по декількох пунктах. Ці завдання відображаються моделями цілочисельного програмування, але через дуже велику розмірність (великої кількості змінних і обмежень) їх прагнуть звести по змозі до комбінаторних і сітьових моделей, які залежно від ступеня визначеності параметрів поділяють на детерміновані й стохастичні.

Типовим прикладом завдань з упорядкування є *задача з визначення оптимальної послідовності обробки  $n$  різних виробів на  $m$  верстатах*. Щоб уявити принципову складність задач цього класу, можна вказати, що у разі обробки чотирьох виробів на п'ятьох верстатах є  $(4!)^5 = 7\,962\,624$  різних варіанти послідовностей обробки (частина цих послідовностей може бути нереалізовною через технологічні обмеження). Зрозуміло, що простим перебором такої задачі розв'язати не можна, тому на практиці використовують точні (для простих випадків) або наближені спеціальні методи.

Розглянемо просту ситуацію обробки  $n$  виробів на двох верстатах з такими умовами: кожний виріб спочатку проходить обробку на першому

верстаті, потім на другому; черговість обробки кожного виробу на обох верстатах постійна (тобто якщо якийсь виріб першим пройшов обробку на першому верстаті, то й на другому верстаті він буде оброблений першим; допускаються перерви в обробці виробів (через зайнятість верстата). Задача полягає у визначенні послідовності, за якої загальний час обробки всіх виробів буде мінімальним і перерви в обробці виробів або простої верстатів будуть також мінімальними.

Нехай є дані про тривалість обробки виробів  $n = 6$  на двох верстатах (табл. 2.6). На рис. 2.5, а наведено лінійний графік обробки виробів, на якому послідовність проходження виробів по верстатах відповідає черговості номерів виробів у таблиці вихідних даних.

Загальний час обробки всіх виробів  $T = 34$  хв, при цьому є чотири перерви в роботі верстатів загальною тривалістю  $\sum_{i=1}^4 t_i^n = 11$  хв.

Скористаємося алгоритмом Джонсона для знаходження оптимальної послідовності обробки.

Крок 1. Знаходимо рядок у табл. 2.6 з мінімальним часом обробки. У нашому прикладі це рядок 2 (виріб 2).

Крок 2. Якби ця величина перебувала в I стовпчику, то  $j$ -й виріб помістили б на I верстат у першу чергу. Оскільки ця величина перебуває в II стовпчику, то  $j$ -й виріб займає останню чергу на I верстаті (тобто виріб 2 буде оброблений останнім – шостим).

Крок 3. Викреслюємо обраний виріб і продовжуємо процедуру пошуку, повторюючи кроки 1 і 2, поки закінчимо переглядати всі рядки таблиці. Отримана послідовність буде оптимальною.

На рис. 2.5, б представлена ця послідовність. Час обробки всіх виробів  $T = 27$  хв і сумарний час простоїв  $\sum_{i=1}^2 t_i^n = 4$  хв.

Таблиця 2.6

**Час і послідовність обробки виробів на верстатах**

Порядковий номер виробу	Витрати часу, хв, на обробку на верстатах		Оптимальна черговість обробки
	I	II	
1	5	4	4
2	3	1	6
3	5	2	5
4	4	5	2
5	6	5	3
6	3	6	1

На практиці досить часто трапляються складні комплекси робіт, що являють собою сукупності взаємозалежних і цілеспрямованих робіт з установленими відносинами порядку (черговості) їхнього виконання різними виконавцями (організаціями різної відомчої підпорядкованості). Прикладами таких комплексів робіт може бути будівництво заводу, підготовка до випуску нової продукції, ремонт технологічних агрегатів, впровадження нових технологічних процесів, проведення проектних або науково-дослідних розробок і т. п. Сфера застосування організаційних завдань із названими властивостями дуже широка. Для управління виконанням комплексів робіт використовують моделі, які адекватно відображають цілі, склад, послідовність й умови виконання робіт – сітьові моделі.

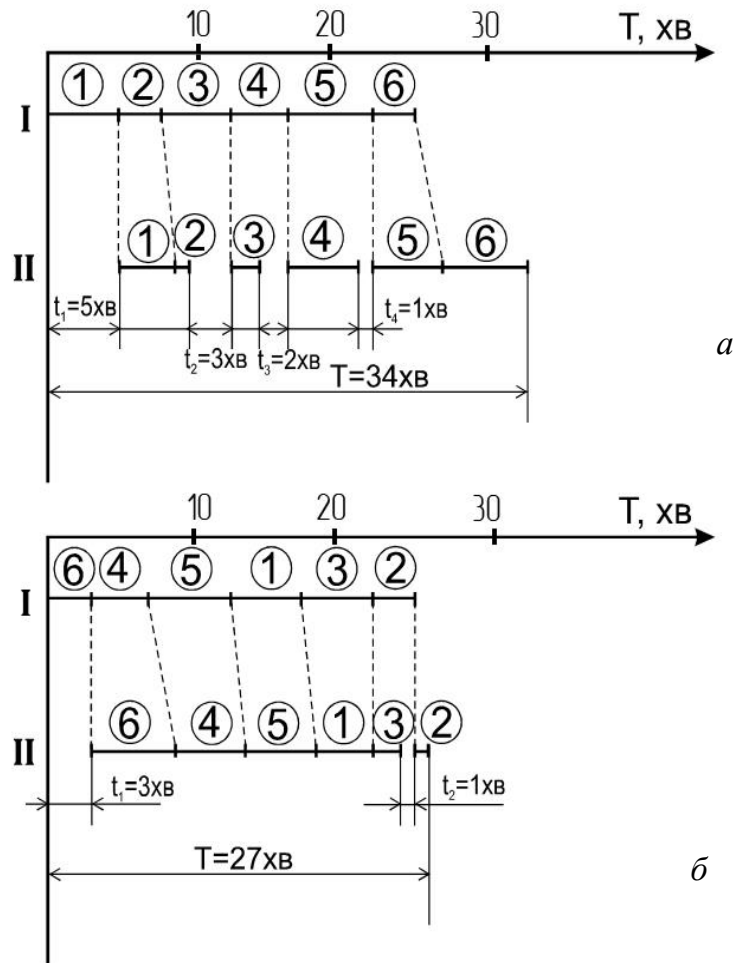


Рис. 2.5. Графіки обробки виробів: *a* – вихідний; *б* – оптимальний

Сітьова модель комплексу взаємозалежних робіт містить орієнтований граф, що відображає склад і послідовність виконання робіт, і набір характеристик, що визначають час, вартість, ресурси і

якість виконання робіт. Основними елементами комплексу робіт є роботи й події. *Робота* являє собою трудовий процес, у якому беруть участь люди, машини, механізми (виготовлення виробів, проектування агрегата, узгодження й затвердження плану тощо), або процес очікування (твердіння бетону, висихання пофарбованих поверхонь і т.п.); такий процес завжди триває в часі. *Подія* означає певний стан у виконанні комплексу робіт. Подія на відміну від роботи не є процесом і не має тривалості.

Робота характеризується назвою (ідентифікатором-описом, номером, кодом тощо) і обсягом (трудомісткістю в людино- або машино-годинах, тривалістю в одиницях часу, фізичними розмірами, вартісними показникам). Подія звичайно характеризується складом вхідних і вихідних робіт; їй надають певний номер і дають визначення («вузли доставлені», «проект погоджений», «демонтаж вузла закінчений» і т.п.).

Відносини порядку між роботами (подіями) виражаються умовами передування (проходження), залежно від яких розрізняють: безпосередньо попередні певній події роботи – вхідні; безпосередньо наступні за подією роботи – вихідні.

Кожна робота пов'язує пару подій: *початкова подія* означає початок однієї або декількох вхідних робіт, а *кінцева* – закінчення однієї або декількох вхідних робіт.

Події, що не мають вхідних робіт, називають *вихідними*, а ті, що не мають вихідних робіт, – *завершальними подіями* комплексу; всі інші події називають проміжними. Завершальні й деякі проміжні події, що означають досягнення певної мети, називаються *цільовими*. Події, що становлять інтерес для управління комплексом робіт, називають *контрольними*.

Відносини між роботами й подіями показують за допомогою орієнтованого графа, що складається з вершин (подій) і дуг (робіт). Орієнтований граф характеризується тим, що всі його дуги мають напрямок, тобто для кожної дуги зазначено, яка з двох її граничних вершин початкова, яка кінцева.

Послідовність різних дуг, у якій кінцева вершина кожної попередньої дуги збігається з початковою вершиною наступної дуги, називають *шляхом*. Шлях від вихідної вершини до завершальної називається *повним*.

Орієнтований граф, що відбиває відношення передування й безпосереднього передування між роботами комплексу, називають *сіттю комплексу*, а її графічне зображення — *сітьовим графіком*. Розрізняють сітьові графіки, орієнтовані на роботи («роботи-вершини») і орієнтовані на події («роботи-дуги»). Останні найпоширеніші й наступний виклад стосується цього типу.

У побудові сітьових графіків дотримуються ряду правил, що дають змогу однозначно відобразити відносини між роботами в комплексі (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

### Основні правила побудови сітьових графіків

Відносини між роботами	Лінійний графік	Сітьовий графік
Декілька робіт (а,б,в,г) виконуються послідовно		
Декілька робіт (а,б,в,г) виконуються паралельно (з однаковою і різною тривалістю)		
Декілька наступних робіт (б,в) починаються після однієї попередньої (а)		
Наступна робота (г) починається після декількох попередніх (а,б,в)		
Декілька наступних робіт залежать від декількох попередніх: роботи                      попередні роботи		
а                                      - б                                      - в                                      б г                                      б д                                      а е                                      а,в,г, ж                                      г		

Сітьовий графік, побудований за цими правилами, має такі властивості:

- жодна подія не може настати доти, доки не будуть закінчені всі вхідні в неї роботи;
- жодна робота, що виходить з події, не може початися раніше, ніж настане ця подія;
- жодна наступна робота не може початися раніше, ніж будуть закінчені всі попередні роботи.

Вершини (події) сітьового графіка нумеруються з дотриманням умови  $i < j$  ( $i$  – номер початкової, а  $j$  – кінцевої події); така нумерація значно зменшує обсяг обчислювальних робіт для визначення параметрів. Для виконання зазначеної умови користуються таким алгоритмом:

- знаходять вихідну подію сіті, у яку не входить жодна робота, і надають їй номер;
- позначають всі роботи, що виходять з пронумерованих подій;
- знаходять події, у яких всі вхідні роботи позначені, і надають їм номери в порядку зростання; два останніх кроки повторюють доти, доки не будуть пронумеровані всі події.

Крім графічного подання сіті, використовують також її табличну й цифрову форми, що є ізоморфними сітьовому графіку й містять еквівалентну інформацію про комплекс робіт. На рис. 2.6, *а* наведено сітьовий графік, якому відповідає матриця інцидентій (попарних зв'язків), що є табличною формою подання сіті (рис. 2.6, *б*). На перетині рядків і стовпців проставлена мітка, яка вказує, що відповідні вершини (події) пов'язані між собою дугами (роботами). Цю матрицю можна використовувати також для перевірки правильності нумерації вершин у сіті; у розглянутому прикладі всі події пронумеровані правильно ( $i < j$ ), тому мітки в матриці розміщуються праворуч, вище від її головної діагоналі.

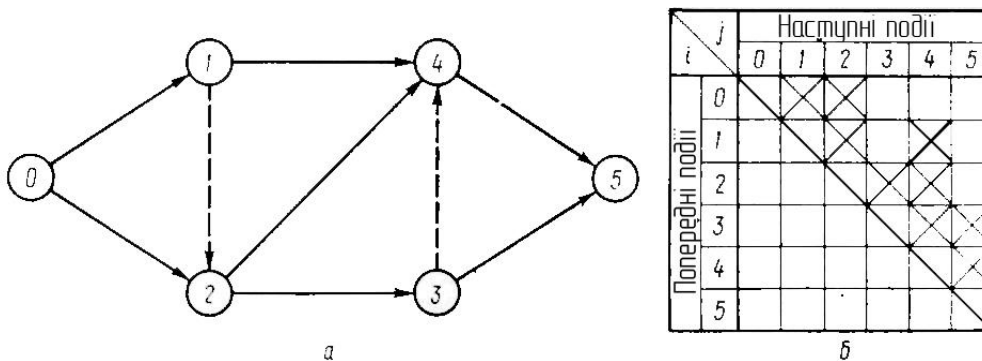


Рис. 2.6. Графічне і табличне подання сіті:

*а* – сітьовий графік; *б* – відповідна йому матриця інцидентій

У цифровій формі сітьова модель представлена впорядкованими парами цифр  $i, j$ , відповідних номерам початкових і кінцевих подій робіт. Ці пари розміщуються в порядку зростання номерів  $i$ , а за однакових їхніх значень – у порядку зростання номерів  $j$ . Для розглянутого прикладу цифрова форма подання сіті матиме такий вигляд:

(0, 1); (0, 2); (1, 2); (1,4); (2,3); (2,4); (3,4); (3,5); (4,5).

Розрізняють канонічні й альтернативні сіті. *Канонічні сіті* використовують для відбиття комплексів робіт, у яких для початку всіх наступних робіт повинні бути виконані всі попередні їм роботи, тобто всі вхідні й вихідні роботи пов'язані між собою за схемою «І». У реальних комплексах робіт трапляються й інші залежності, коли деякі наступні роботи можуть починатися після виконання хоча б однієї з попередніх робіт – вхідні й вихідні роботи пов'язані за схемою «АБО».

Для відображення таких залежностей застосовують *альтернативні сіті*, що дають змогу відбити багатоваріантність виконання комплексу робіт.

Важливими для комплексу робіт і кожної роботи зокрема є тимчасові, вартісні й ресурсні характеристики.

У найпростіших моделях тривалість роботи вказують в припущенні її постійної швидкості виконання; при цьому тривалість роботи може бути як детермінованою, так і випадковою величиною, що задається законом її розподілу (щільністю розподілу).

Сітьова модель може містити також характеристики витрат часу на окремі роботи й весь комплекс загалом. Залежно від умов виконання роботи змінюється її вартість. Найпоширенішими є моделі, у яких вартість роботи залежить від тривалості й виражається функцією «час – вартість».

Для завдань з управління важливе значення має також інформація *про ресурси*, які використовують під час виконання комплексу робіт. Розрізняють два типи ресурсів:

- непоновлювані ресурси типу матеріалів, що їх витрачають в процесі виконання робіт; вони змінюють свою натуральну форму і їхнє повторне використання є неможливим;

- поновлювані ресурси типу потужностей; таких ресурсів в процесі виконання роботи не витрачають, натомість їх використовують для утворення деякого фактора, який витрачають (людино-години, машино-зміни й т. п.), їхнього складування не допускають, тоді як недовикористання ресурсів протягом деякого часу призводить до втрати певної кількості витрачуваного чинника.

Залежно від сполучення розглянутих властивостей застосовують різні типи сітьових моделей.

Вибір відповідного типу моделі ґрунтується на суперечливих вимогах: адекватності моделі й об'єкта й простоти моделі. Далі викладено основні положення з використання в управлінні одноцільових детермінованих моделей з огляду на тимчасові характеристики.

В управлінні комплексами робіт сітьову модель застосовують і на стадії планування, і на стадії оперативного управління (регулювання) перебігом виконуваних робіт. На етапі планування розглядають такі завдання: визначення складу комплексу робіт, взаємозв'язку й послідовності їхнього виконання; оцінювання часу виконання кожної роботи; розрахунок параметрів сітьових моделей; аналіз і оптимізація сітей.

Під час планування комплекс робіт поділяють на частини (етапи), за якими закріплюють відповідальних виконавців, що керують цим складом робіт. Час виконання робіт визначають за оцінками відповідальних виконавців і фахівців-експертів. Тривалість робіт, для яких є норми трудомісткості, установлюють відповідно до обсягів робіт і складу працівників, що беруть участь у їхньому виконанні. Тривалість роботи не можна однозначно визначити, якщо немає норми на її виконання (наприклад, на нові роботи, яких раніше ніколи не виконували) або якщо обсяг роботи й деякі параметри, що визначають її швидкість, є випадковими величинами. У такому разі застосовують метод експертних оцінок. Відповідальні виконавці або фахівці-експерти дають кілька оцінок можливої (очікуваної) тривалості роботи:  $t_{ijmin}$  – мінімальний час виконання роботи  $(i, j)$  за найбільш сприятливого збігу обставин (оптимістична оцінка);  $t_{ijmax}$  – максимальний час виконання роботи  $(i, j)$  за найменш сприятливого збігу обставин (песимістична оцінка);  $t_{ijn.i}$  – найбільш імовірний час виконання роботи  $(i, j)$  за обставин, які найчастіше трапляються (реалістична оцінка).

Залежно від функції розподілу тривалості робіт і кількості оцінок (три або дві) очікувану тривалість роботи обчислюють за формулами:

$$\bar{t}_{ij} = \frac{t_{ijmin} + 4t_{ijн.і} + t_{ijmax}}{6}; \quad (2.13)$$

$$D_{ij} = \left( \frac{t_{ijmax} - t_{ijmin}}{6} \right)^2. \quad (2.14)$$

або

$$\bar{t}_{ij} = \frac{3t_{ijmin} + 2t_{ijmax}}{5}; \quad (2.15)$$

$$D_{ij} = \left( \frac{t_{ijmax} - t_{ijmin}}{5} \right)^2, \quad (2.16)$$

де  $D_{ij}$  — дисперсія одержуваної оцінки (міра невизначеності).

Отримані в такий спосіб оцінки очікуваної тривалості робіт використовують для розрахунку параметрів сітьових моделей. Основними параметрами сітьового графіка є критичний шлях, резерви часу подій і резерви часу робіт.

Позначимо в сітьовому графіку очікувану тривалість робіт (числа над стрілками). Побудуємо для зручності розгляду параметрів масштабний лінійний графік, ізоморфний сітьовому (рис. 2.7). Кожній події поставимо у відповідність крапку (або кілька крапок, якщо подія належить декільком роботам), роботи розмістимо в словниковому порядку (у міру зростання індексів  $i$ , а за однакових індексів  $i$  — у порядку зростання індексів  $j$ ).

Відповідно до визначення повного шляху можна записати:

$L_1 = (0,1); (1,4); (4,5)$	$t(L_1) = 2+1+6 = 9$
$L_2 = (0,1); (1,2); (2,4); (4,5)$	$t(L_2) = 2+0+5+6 = 13$
$L_3 = (0,1); (1,4); (2,3); (3,4); (4,5)$	$t(L_3) = 2+0+7+0+6 = 15$
$L_4 = (0,1); (1,2); (2,3); (3,5)$	$t(L_4) = 2+0+7+4 = 13$
$L_5 = (0,2); (2,4); (4,5)$	$t(L_5) = 3+5+6 = 14$
$L_6 = (0,2); (2,3); (3,4); (4,5)$	$t(L_6) = 3+7+0+6 = 16$
$L_7 = (0,2); (2,3); (3,5)$	$t(L_7) = 3+7+4 = 14$

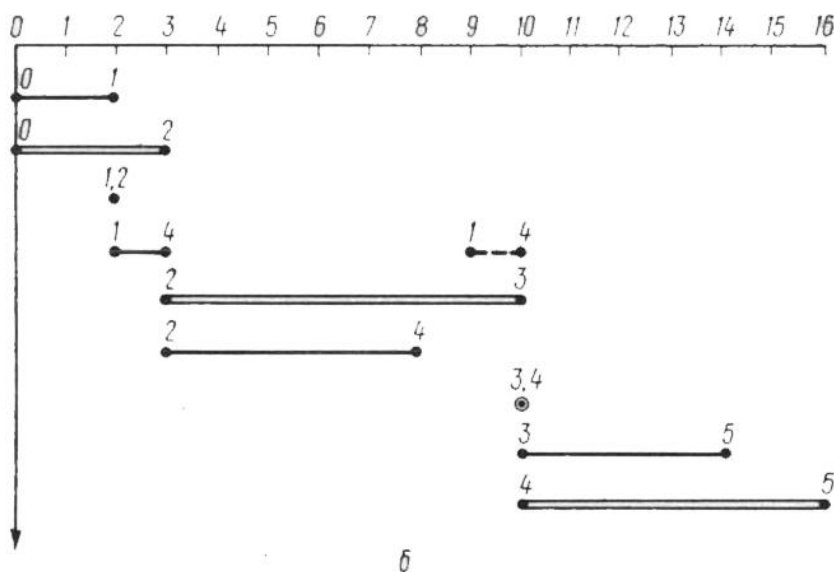
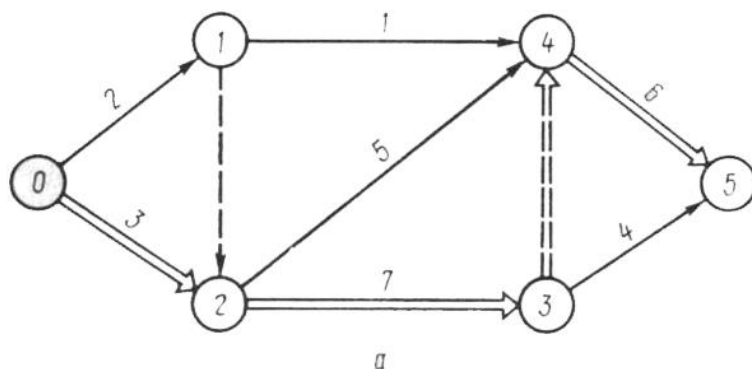


Рис. 2.7. Графічне подання сіті:  
*a* – сітвовий графік; *б* – відповідний йому лінійний графік

Зважаючи на очікувану тривалість робіт, визначимо довжину кожного шляху. Шлях  $L_6$  має найбільшу довжину й визначає мінімальний час виконання всього комплексу робіт  $t(L_6) = 16$ . Такий повний шлях максимальної довжини називають *критичним*, а його довжину визначає *критичний час*:

$$T_{кр} = t(L_{кр}) . \quad (2.17)$$

Решта ( $k-\epsilon$ ) шляхів менші за критичний, тобто мають резерви часу:

$$R(L_k) = T_{кр} - t(L_k) , \quad (2.18)$$

які відповідно становлять:

$$R(L_1) = 7, R(L_2) = 3, R(L_3) = 1; \quad (2.19)$$

$$R(L_4) = 3, R(L_5) = 2, R(L_6) = 2. \quad (2.20)$$

У критичного шляху резерв часу дорівнює нулю. Роботи критичного шляху позначені подвійними стрілками (на лінійному графіку подвійними лініями). На графіку видно, що виконання некритичних робіт може бути зміщене без будь-якого впливу на

довжину критичного шляху. Відповідно події цих робіт можуть наставати в різні моменти часу. Наприклад, подія 4 роботи (1; 4) може настати або в момент часу 3 (за шкалою поточного часу), або в момент часу 10. Аналогічно моменти настання можна виділити стосовно всіх подій, їх позначають так:  $T_i^{(p)}$  – ранній строк настання події;  $T_i^{(n)}$  – пізній строк настання події.

Відповідно до властивостей сітьового графіка раннім строком настання події є довжина найдовшого шляху, що веде з вихідної події в розглядувану, а пізній строк настання події дорівнює різниці між довжиною критичного шляху й довжиною максимального шляху, що веде від розглянутої події в завершальну, тобто

$$T_i^{(p)} = t[L_{max}(I...i)]; \quad (2.21)$$

$$T_i^{(n)} = t(L_{кр}) - t[L_{max}(i...J)], \quad (2.22)$$

де  $I$  – вихідна подія;  $J$  – завершальна подія.

Якщо відомо про ранній строк настання попередньої події, ранній строк настання наступної події визначають за формулою:

$$T_j^p = \max_{i \in j} \{ T_i^p + t_{ij} \}. \quad (2.23)$$

Якщо відомим є пізній строк настання наступної події, пізній строк настання цієї події:

$$T_j^n = \min_{i \in j} \{ T_i^n - t_{ij} \}. \quad (2.24)$$

Різниця між пізнім і раннім строками настання подій є *резервом часу події*:

$$R_i = T_i^{(n)} - T_i^{(p)}. \quad (2.25)$$

Оскільки в робіт, що входять у критичні шляхи,  $T_i^{(n)} = T_i^{(p)}$  то резерви часу подій, що належать цим роботам, дорівнюють нулю.

У плануванні виконання комплексу робіт потрібно визначати також *резерви часу робіт*.

Повний резерв

$$r_{ij}^{(пов.)} = T_j^{(п)} - T_i^{(р)} - t \quad (2.26)$$

являє собою максимальний час, на який можна відтермінувати початок або збільшити тривалість роботи  $(i, j)$ , не змінюючи раннього строку настання завершальної події.

Вільний резерв

$$r_{ij}^{(вл.)} = T_j^{(р)} - T_i^{(р)} - t_{ij} \quad (2.27)$$

являє собою максимальний час, на який можна відтермінувати початок або збільшити тривалість роботи  $(i, j)$  за умови, що всі події сіті настають у свої ранні терміни.

На основі залежностей (2.23) – (2.27) побудовано різні алгоритми розрахунку параметрів сітьових моделей. На рис. 2.8 наведено приклад розрахунку параметрів безпосередньо на сіті.

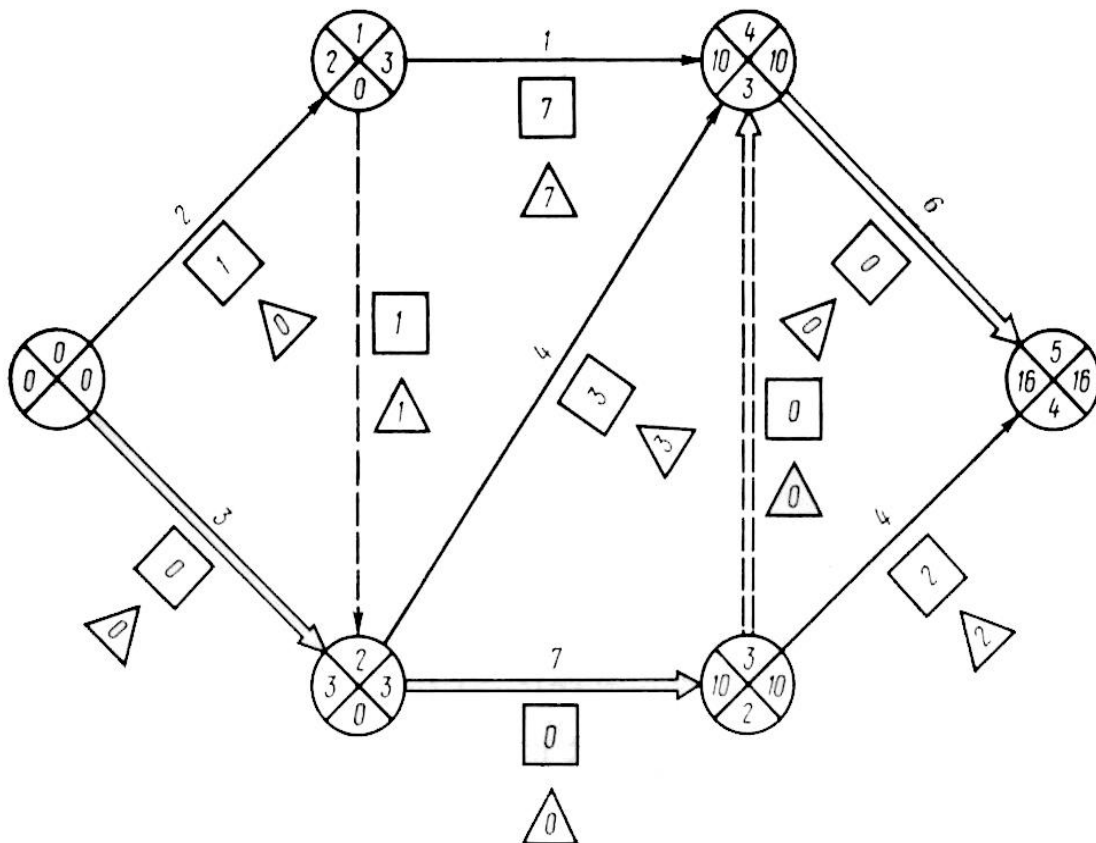


Рис. 2.8. Розрахунок параметрів сітьового графіка

Для зручності запису події зображено кружками, розділеними на чотири сектори. У верхньому секторі записують номер події, у лівому – ранній строк настання події, у правому – пізній строк настання події, у нижньому – номер події, з якої в розглядану веде шлях максимальної довжини. Під стрілками записані повні (у прямокутниках) і вільні (у трикутниках) резерви часу робіт. Зліва направо, починаючи від вихідного, переглядаємо всі події (у порядку зростання їхніх номерів) і відповідно до формули (2.23) у ліві сектори записуємо максимальні суми строків лівих секторів попередніх подій і тривалості робіт і знаходимо в такий спосіб ранні строки настання подій. Для вихідної події беремо або заданий строк початку робіт, або нуль (початок відліку по шкалі поточного часу). Ранній строк настання завершальної події ( $T_5^{(p)}=16$ ) визначає мінімальний час виконання всього комплексу робіт, тобто довжину критичного шляху. Оскільки події критичного шляху мають нульові резерви часу, тобто  $R_5 = 0$ , то  $T_5^{(p)} = T_5^{(m)}$ . На цій підставі записуємо в правий сектор завершальної події значення лівого сектора. Тепер, рухаючись справа наліво у порядку убуття номерів подій, визначаємо відповідно до формули (2.24) мінімальну різницю між значеннями правих секторів наступних подій і тривалостями попередніх робіт. У такий спосіб визначаємо пізні строки настання подій. Рівність пізнього й раннього строків вихідної події свідчить про правильність виконаних розрахунків. Якщо тепер виділити події, що мають нульові резерви часу, і взяти до уваги напрямки максимальних шляхів (значення нижніх секторів), можна виділити роботи, що утворять критичний шлях (показано подвійними стрілками). Проходом справа наліво за формулами (2.26) і (2.27) визначаємо повні й вільні резерви часу робіт.

Отримані в розрахунку сітьової моделі параметри використовують для аналізу з метою зведення її до відповідності із заданими обмеженнями, насамперед із плановими строками. Виходячи з відношення між критичним і директивним строками  $T_{кр} \leq \geq T_{дир.}$ , оцінюють потребу в коректуванні вихідної сітьової моделі. Якщо  $T_{кр} > T_{дир.}$ , то потрібно скоротити тривалість критичних робіт або шляхом уточнення їхньої очікуваної тривалості, або перерозподілом ресурсів (зняття з некритичних робіт), або зміною способів ведення робіт. Сітьову модель узгоджують з директивним строком шляхом її оптимізації, тобто послідовного поліпшення первісного варіанта, беручи до уваги витрати.

Після затвердження варіанта сітьової моделі визначають строки завершення окремих етапів комплексу й відповідні контрольні події, складають перелік поставок матеріалів й устаткування із зазначенням строків, на цій основі відповідальні виконавці (організації) розробляють плани реалізації комплексу у встановлений строк.

Сітьову модель використовують й для оперативного управління виконанням робіт. При цьому з установленою періодичністю оцінюють поточний стан процесу. Отриману інформацію використовують для розрахунку й відновлення сітьової моделі, на основі чого ухвалюють рішення про керівні впливи.

Сітьові моделі під час виконання складного комплексу робіт можуть мати разове застосування. Але найбільш ефективно використовують сітьове моделювання як систему організаційного керування, що входить до складу АСУ.

Певний практичний інтерес становить завдання з вибору маршруту (завдання комівояжера), що полягає в упорядкуванні ряду робіт з обладнання так, щоб мінімізувати деякі характеристики переходу з однієї роботи на іншу. Прикладом такого завдання може бути визначення послідовності запуску виробів у виробництво, щоб мінімізувати витрати на переналагодження обладнання.

Нехай витрати на переналагодження обладнання в разі переходу з випуску виробу  $i$  на виріб  $j$  становлять  $c_{ij}$  ( $i \neq j$ ). Треба знайти такі

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо здійснюється перехід з } i \text{ в } j, \\ 0 & \text{в решті випадків,} \end{cases} \quad (2.28)$$

щоб мінімізувалася функція

$$y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \longrightarrow \min, i = \overline{1, n}, \quad (2.29)$$

$$\text{за умови } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad (2.30)$$

де  $x_{ij}$  — ненегативні цілі за всіх  $i$  і  $j$ . Для розв'язання таких задач використовують різні модифікації методу відгалужень і границь.

**Завдання з управління запасами.** Задачі цього класу виникають, коли є як мінімум два види затрат (видів витрат), що змінюються разом зі зміною запасів, і потрібно визначити, скільки й коли замовляти (купувати, виготовляти), щоб сукупні витрати були найменшими. До таких задач належить визначення оптимальної місткості складів на ДСК, оптимальної потужності обладнання, підготовки оптимальної кількості кадрів та ін.

Запаси створюють з різних причин. Загальними проблемами управління запасами є визначення запасу  $N$  залежно від часу  $t$ . У загальному вигляді функцію зміни запасів можна виразити  $N=f(t)$  і представити зразковий характер її зміни у вигляді графіка (рис. 2.9). Як видно з рисунка, запас може поповнюватися миттєво або безупинно, попит на матеріал може бути постійним (рівномірне споживання) або характеризуватися нерівномірним споживанням. Із запасами пов'язані такі затрати (витрати): на поповнення запасу (замовлення, доставка, розвантаження); на зберігання (утримання) запасу; витрати, зумовлені виниклим дефіцитом (в разі зупинки виробництва, наприклад, у зв'язку з браком матеріалу).

Розглянемо основну модель управління запасами за таких умов: попит постійний й безперервний, дефіциту немає, надходження відбувається миттєво, щойно рівень запасу знижується до нуля (рис. 2.10). Введемо позначення:  $N$  – річна потреба в матеріалі;  $C_d$  – витрати на доставку партії;  $C_x$  – витрати на зберігання одиниці запасу за одиницю часу;  $C_z$  – вартість одиниці запасу;  $N_n$  – розмір партії поставки.

Щоби повністю задовольнити річний попит  $N$  за розміру поставки  $N_n$ , треба виконати  $N/N_n$  поставок за рік. Середній рівень запасу становить  $N_n/2$ . Рівняння витрат, пов'язаних з річними запасами:

$$C = C_d N / N_n + C_z N + C_x N_n / 2. \quad (2.31)$$

Для визначення  $N_n$ , що обертає  $C$  на мінімум, прирівнюємо похідну  $\frac{dC}{dN_n}$  до нуля:

$$\frac{dC}{dN_n} = - \frac{C_d N}{N_n^2} + 0 + \frac{C_x}{2} = 0. \quad (2.32)$$

Розв'язавши це рівняння відносно  $N_n$ , знайдемо оптимальний розмір партії:

$$\bar{N}_n = \sqrt{2C_d N / C_x} \quad (2.33)$$

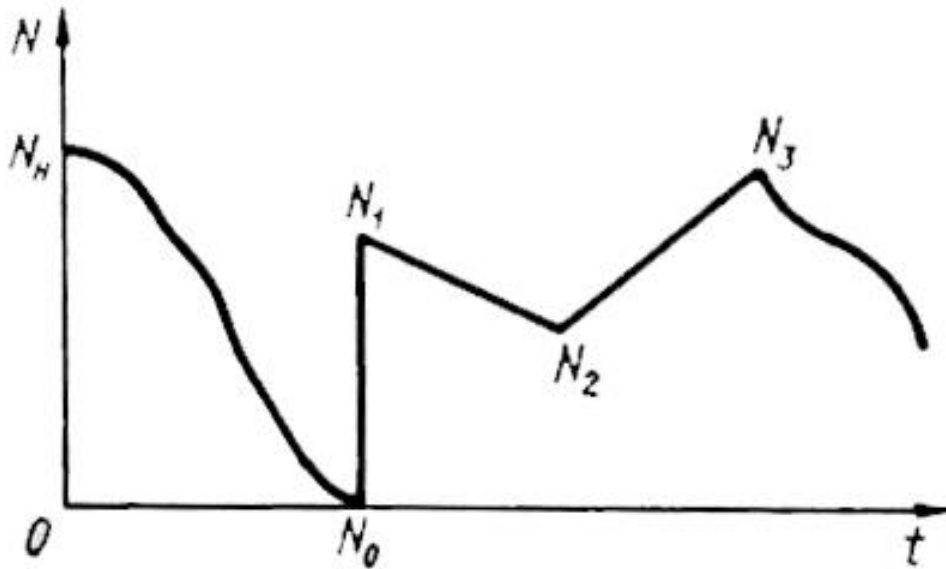


Рис. 2.9. Графік змін запасів (загальний випадок):  
 $N_n, N_0, N_1, N_2, N_3$  – відповідно початковий, нульовий і проміжний стани запасу;  
 $N_0 - N_1$  – миттєве поповнення від 0 до  $N_1$ ;  $N_1 - N_2$  – постійний попит;  
 $N_2 - N_3$  – безперервне поповнення.

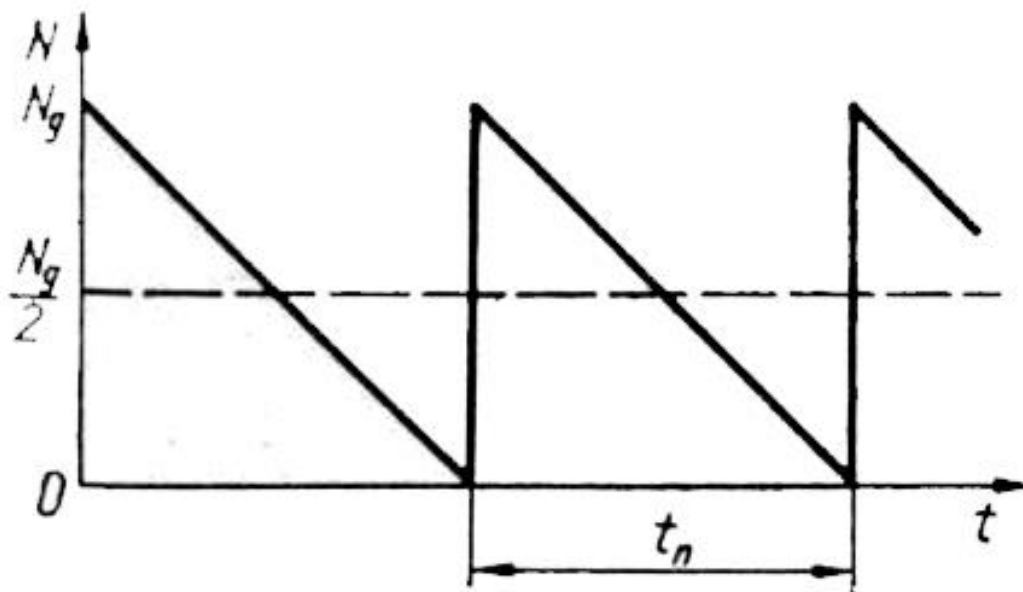


Рис. 2.10. Графік зміни запасів (основна модель)

На рис. 2.11 показано зміну річних витрат за різних розмірів поставок. Збільшення  $N_n$  веде до зниження витрат на доставку, а витрати на зберігання збільшуються зі швидкістю  $C_x/2$ .

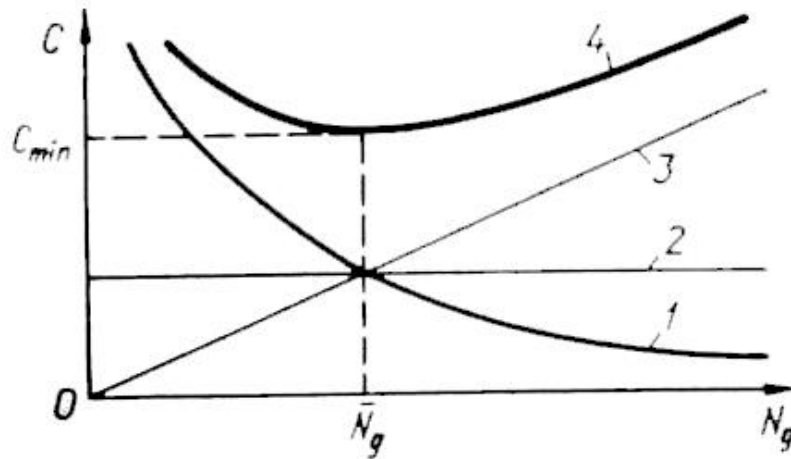


Рис. 2.11. Графік зміни витрат:

1 – затрати на доставку; 2 – вартість матеріалу;  
3 – затрати на зберігання; 4 – сумарні затрати

Кількість поставок за рік:

$$\bar{n}_n = N/\bar{N}_n . \quad (2.34)$$

Середній інтервал часу між черговими поставками:

$$\bar{t}_n = B/\bar{n}_n , \quad (2.35)$$

де  $B$  – річний фонд часу, дн.

У розглянутій моделі виходили з детермінованого попиту. У реальних умовах виробництва попит може бути випадковим або невідомим, тому аналітичне рішення не завжди є можливим. У загальному випадку завдання з управління запасами зводяться до задач нелінійного програмування, у багатьох випадках добрі результати дають методи імітаційного моделювання.

**Завдання із заміни обладнання.** У виробничих системах трапляються ситуації, коли з метою мінімізації експлуатаційних витрат і капітальних вкладень потрібно встановити порядок і час заміни (ремонт) обладнання через погіршення його характеристик у часі або визначити частоту й доцільність групової або індивідуальної заміни

обладнання у зв'язку з можливими відмовами. Процеси заміни й ремонту відрізняються тільки об'єктом. Наприклад, заміна віброблока віброплощини сприяє її ефективній експлуатації, а заміна віброплощини на нову являє собою ремонт формувального обладнання цеху. Іншими словами, ремонт – це процес заміни елементів. Тому в завданнях із заміни обладнання розглядають обидва процеси. Під обладнанням розуміють й окремий вузол якої-небудь машини, і машину загалом, і комплекс машин, і ціле підприємство.

Завдання із заміни поділяють на два класи: 1 – задачі із заміни елементів, ефективність яких з часом знижується (наприклад, формувальна установка); 2 – задачі із заміни елементів, ефективність яких у часі майже не змінюється, а після закінчення деякого строку настає миттєвий вихід з ладу (наприклад, електрична лампочка).

У задачах першого класу визначають співвідношення між витратами на придбання нового обладнання й витратами, пов'язаними з експлуатацією наявного обладнання. Розрізняють такі терміни служби обладнання:

- фізичний  $t_{\phi}$ , після закінчення якого обладнання не придатне до подальшої експлуатації, ремонту не підлягає й повинне бути зняте (демонтоване, здане в металобрухт, реалізоване тощо);
- економічний  $t_e$ , за якого витрати на придбання й експлуатацію обладнання мінімальні;
- раціональний  $t_p$ , що враховує, крім економічності, також і реальні можливості (виробничі, матеріальні, фінансові та ін.) з відновлення обладнання.

Завжди дотримують умови

$$t_e \leq t_p \leq t_{\phi}. \quad (2.36)$$

Якщо можливості відновлення досить великі, то

$$t_e = t_p, \quad (2.37)$$

та якщо можливості відновлення малі, то

$$t_p = t_{\phi}. \quad (2.38)$$

Коли немає обмежень щодо можливостей відновлення, то у розв'язанні задач із заміни обладнання визначають економічні строки

експлуатації. За обмежених можливостей відновлення визначають раціональний термін експлуатації. Ці строки і є оптимальними.

*Задачі другого класу* дають змогу визначати, які одиниці обладнання варто замінити і як часто виконувати заміну, щоби мінімізувати загальні витрати. Крайніми стратегіями є такі: замінити обладнання лише після виходу його з ладу; замінити всі деталі за першої ж поломки. Оптимальна стратегія зазвичай є проміжною.

Звичайно термін служби обладнання має випадковий характер, тому для визначення характеристик (наприклад, середньої кількості відмов за час роботи) використовують метод статистичних випробувань і ймовірнісні моделі динамічного програмування.

**Завдання з пошуку.** Для задач цього класу характерним є розподіл обмежених ресурсів з метою одержання найбільшої ймовірності виявлення шуканого об'єкта або події. Прикладами таких задач є пошук несправностей, браку, інформації, правопорушень та ін. Основні параметри процесу пошуку: обсяг ресурсів, виділених на пошук; послідовність пошуку; спосіб аналізу інформації, отриманої під час пошуку. Проблема пошуку є об'єктом дослідження багатьох сфер знань: теорія оптимального планування експериментів (пошук закономірностей), математична статистика (пошук статистичних залежностей), теорія інформації (розпізнавання образів) та ін.

Принципові труднощі завдань з пошуку пов'язані з неможливістю охопити весь простір пошуку, у зв'язку із цим слід вдаватися до вибірки, що може призвести до помилок (вибірки й інформації). Підвищення точності пошуку пов'язане з витратами. Завдання з пошуку в підсумку дають оптимальний план пошуку несправностей у технічній системі, план ревізії, оптимальну організацію роботи відділу технічного контролю тощо.

Розглянуті класи операційних задач, природно, не охоплюють усього різноманіття постановок і підходів до обґрунтування рішень у виробничо-господарській діяльності. У дійсності найчастіше трапляються комбіновані задачі, що містять елементи розглянутих задач. Знання основних методів і моделей розв'язання виробничо-господарських задач розглянутих класів дає змогу компетентно підійти до вирішення комбінованих задач.

## 2.4. Основи методології проєктування системних об'єктів

**Роль проєктування в життєвому циклі системи.** Проєктування являє собою сферу інженерної діяльності, що пов'язує наукові дослідження й практичну реалізацію. *Проєктування* – процес складання опису, потрібного для створення об'єкта (матеріалу, предмета, процесу, системи), на основі перетворення первинного опису, оптимізації заданих характеристик об'єкта й подання опису заданою мовою.

Створення об'єкта типу матеріал або предмет – це виготовлення об'єкта й додавання йому заданих властивостей і характеристик, зокрема й заданої його взаємодії із зовнішнім середовищем. Створення об'єкта типу «процес» полягає в його виконанні відповідно до заданого алгоритму. Створення системи являє собою її розміщення в часі й у просторі й додавання їй заданих властивостей і характеристик, зокрема й заданого функціонування відповідно до алгоритму.

Опис матеріалу, предмета або системи являє собою опис заданих властивостей і (або) характеристик об'єкта, зокрема опис взаємодії між його частинами та із зовнішнім середовищем і опис його функціонування.

Опис процесу – це опис результату процесу й заданих характеристик його виконання в часі й просторі, зокрема математичної й фізико-хімічної моделі.

Таким чином, результат проєктування – це впорядкована сукупність відомостей, що є знаковою моделлю об'єкта, реально ще не існуючого в момент проєктування.

*Системні об'єкти* – це такі об'єкти, які можуть бути розділені на підсистеми, що також піддаються поділу на підсистеми нижчого порядку. При цьому декомпозиція (поділ на підсистеми) системного об'єкта може бути:

- загальносистемною, що являє собою найбільш загальний опис призначення об'єкта і його зв'язків разом з тими змінами, які внесе об'єкт у штучне й природне середовище, що його оточує;
- структурною, орієнтованою на опис структури об'єкта;
- функціональною, що описує закони функціонування підсистем об'єкта;
- конструктивною (елементною, приладовою, апаратною), що характеризує вибір і опис всіх елементів об'єкта.

У проектуванні системних об'єктів можливі й інші підходи декомпозиції: функціонально-вартісного, просторового компонування, кінематичного моделювання та ін. У проектуванні технологічних процесів використовують ієрархічну декомпозицію.

Оскільки є взаємозв'язок системних об'єктів, цілісна ієрархія систем містить нескінченну кількість систем і підсистем. Під час проектування системні об'єкти включають в ієрархію, що містить тільки системи й підсистеми на два порядки вищі й нижчі від вихідного порядку, які істотно пов'язані з проєктованим об'єктом.

**Класифікація об'єктів і завдань з проєктування.** Якщо представити об'єкт проєктування як систему (рис. 2.12, а), що перетворить ресурси на продукцію, а проєктну систему як систему, що перетворить вихідний опис (завдання) на проєкт (рис. 2.12, б), то залежно від ступеня невизначеності параметрів входу ( $I$ ), виходу ( $O$ ) і перетворень ( $X$ ) можна виділити відповідні класи об'єктів і завдань з проєктування (рис. 2,12, в).

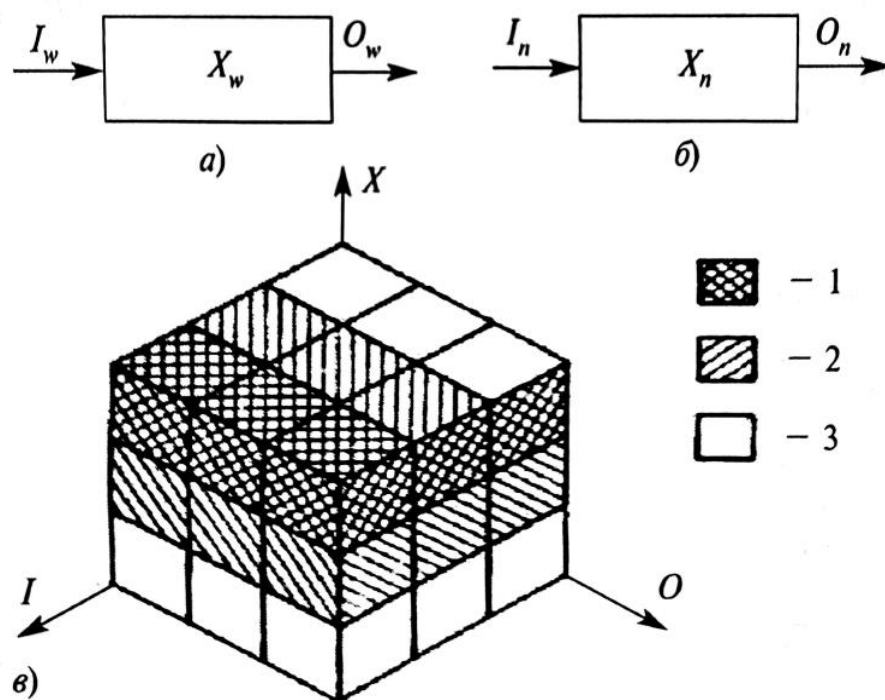


Рис.2.12. Підхід до класифікації об'єктів і завдань з проєктування:  
 а – схема об'єкта проєктування ( $I_w$ ,  $O_w$ ,  $X_w$  – речовинно-енергетичні – відповідно вхід, вихід і перетворення); б – схема процесу проєктування ( $I_i$ ,  $O_i$ ,  $X_i$  – інформаційні вхід, вихід і перетворення); в – узагальнена модель можливих комбінацій;  $I, O, X$  (1 – шукані  $p$ ; 2 – різні відомі  $r$ ; 3 – єдина відома  $i$ )

Кожний з параметрів може розглядатися як тризначна змінна, задана однозначно (індекс  $j$ ) множиною реалізацій (індекс  $r$ ) і така, що підлягає визначенню (індекс  $p$ ). Усього можливо  $27 = 3^3$  станів відповідних параметрів; практичне значення мають 17 класів об'єктів і вісім класів завдань з проектування. *Серед об'єктів проектування найчастіше трапляються чотири:*

- 1 – проєктований об'єкт може бути скомпонований з наявних (готових) компонентів;
- 2 – немає повних наборів компонентів для проєктованого об'єкта, але є аналогічні, з яких, змінивши параметри, можна одержати потрібні;
- 3 – немає повних наборів компонентів для проєктованого об'єкта й немає аналогічних, але відомі принципи їхньої побудови;
- 4 – немає повних наборів компонентів для проєктованого об'єкта й не відомі принципи їхньої побудови.

*Залежно від ступеня невизначеності умов прийняття рішень можна виділити три найбільш типові завдання з проектування:*

- 1 – проєктні процедури детерміновані й всі вихідні дані є;
- 2 – проєктні процедури алгоритмічно визначені, але з невизначеними вихідними даними;
- 3 – алгоритм не визначений, відомі лише деякі евристичні прийоми, основані на досвіді розв'язання аналогічних завдань.

**Загальна характеристика процесу проектування.** Процес проектування будь-яких системних об'єктів складається з таких стадій (рис. 2.13):

- формулювання завдання й визначення напрямку пошуку рішення;
- попереднє (пошукове) проектування, вибір і обґрунтування варіанта рішення;
- ескізне проектування, інженерний синтез (моделювання й оптимізація), оцінювання проєкту, прийняття рішення;
- технічне проектування, виготовлення робочої документації, оцінювання проєкту, прийняття рішення;
- уточнення рішення й коректування технічної документації.



Рис. 2.13. Типова логічна схема проектування

Усі стадії процесу проектування складаються із сукупності проектних процедур і операцій. *Проектна процедура* – сукупність дій, що приводять до проектного рішення. Прикладами проектних процедур є прогнозування, перевірка, оптимізація, моделювання, коректування та ін. Проектна процедура складається з *проектних операцій* – частин, алгоритми яких залишаються незмінними для ряду проектних процедур. Прикладами проектних операцій можуть бути обчислення, креслення, складання таблиць, введення і виведення даних тощо.

Найскладнішими класами проектування є ті, у яких виконують пошук нових рішень.

Розглянута характеристика процесу проектування системних об'єктів відбиває лише загальні риси досить складного творчого процесу.

Основні принципи побудови процесу проектування системних об'єктів:

- принцип ієрархічності, який означає, що частину цілого слід проектувати з погляду цілого й з дотриманням його інтересів;
- принцип оптимальної декомпозиції, що припускає розчленування об'єкта на частини до двох системних рівнів вище й нижче від розгляданого;
- принцип пріоритетності, що означає першочерговий розгляд частин, від яких залежить максимальна ефективність цілого;
- принцип функціонально-вартісної оцінки, що встановлює обов'язкове визначення витрат на виконання основних і допоміжних функцій об'єкта.

**Автоматизація проектування.** У сучасних умовах науково-технічного розвитку приблизно кожні десять років відбувається подвоєння різних класів технічних систем, а обсяг проектних робіт при цьому зростає приблизно в десять разів. Зростання складності об'єктів проектування потребує їхньої декомпозиції й поділу завдань з проектування між різними виконавцями, що зумовлює обов'язкові погодження і може призвести навіть за вдалих окремих рішень до недостатньо ефективного загального рішення внаслідок того, що в процесі декомпозиції втрачається єдине ціле.

Якість проектування значною мірою залежить і від його строків, тому що закладені в проєкт науково-технічні ідеї й прийняті рішення можуть морально застаріти ще до початку експлуатації об'єкта. Недостатнє опрацювання проєктних рішень спричинює зазвичай тривале доведення дослідних зразків, що призводить до втрати часу й додаткових витрат. Якість проєктів знижується також внаслідок невідповідності між дедалі більшою складністю об'єктів проектування й методами, використовуваними в проектуванні, і засобами.

Ці суперечності усуваються за допомогою математичних методів і ПЕОМ, що дає змогу неавтоматизоване проектування, коли всі перетворення описів об'єкта виконує людина, замінити на автоматизоване, коли окремі перетворення описів об'єкта відбуваються завдяки взаємодії людини й ПЕОМ. Автоматизація проектування особливо ефективна, коли від автоматизації окремих розрахунків переходять до комплексної автоматизації на основі системи автоматизованого проектування (САПР). Автоматизація проектування органічно доповнює автоматизацію управління технологічними процесами (АСУ ТП) і автоматизацію управління підприємством (АСУП).

*Створюючи САПР, звичайно ставлять такі цілі:*

- підвищення якості проєктів завдяки зменшенню кількості помилок і використанню оптимізаційних методів;
- розв'язання задач, з якими не можна впоратися без ПЕОМ;
- зниження вартості проектування;
- підвищення продуктивності у виконанні проєктних робіт;
- скорочення строків проектування.

Застосування САПР у багатьох галузях вітчизняної промисловості (радіоелектроніка, машинобудування, хімічні технології в будівництві) сприяє підвищенню продуктивності праці проєктувальників в 4-5 разів, скороченню часу проектування в 5-10 разів, поліпшенню якості проєктованих об'єктів на 20-30 %.

Оволодіння сучасною методологією проектування системних об'єктів на основі САПР є важливою умовою формування кваліфікованого інженера в будь-якій сфері його предметно-технологічної діяльності.

## Контрольні запитання

1. Розкрийте зміст поняття «моделювання».
2. На прикладі будь-якої виробничої системи поясніть використання принципів її моделювання.
3. Які типи економіко-математичних моделей вам відомі?
4. Охарактеризуйте основні принципи системного підходу до моделювання виробничих систем.
5. Охарактеризуйте поняття «прийняття рішення».
6. Назвіть відомі вам типи проблем і охарактеризуйте їх.
7. Наведіть загальні принципи постановки завдань з прийняття рішень у виробничих процесах.
8. Поясніть, як розкриваються різні сторони ефективності виробничої системи, яка залежить від сполучення показників витрат і результатів.
9. Що охоплює поняття «наукове дослідження операцій»?
10. Які методи дослідження математичних моделей вам відомі? Охарактеризуйте їх.
11. Які класи завдань з дослідження операцій вам відомі?
12. Охарактеризуйте загальний випадок задач з розподілу.
13. Розкрийте поняття черги як основної проблеми завдань з масового обслуговування та назвіть їхні класи.
14. Що таке дисципліна черги?
15. У чому полягає особливість задач упорядкування, скільки їхніх різновидів вам відомо?
16. Охарактеризуйте поняття «сітьова модель» та назвіть її компоненти.
17. Що таке орієнтований граф?
18. Які основні правила побудови сітьових графіків вам відомі?
19. З якою метою будують і використовують матрицю інциденцій?
20. Дайте характеристику складного комплексу робіт.
21. У чому полягає метод експертних оцінок?
22. У якій послідовності розраховують параметри сітьових моделей?
23. Охарактеризуйте поняття «критичний шлях».
24. Вкажіть, за яких умов виникають завдання з управління запасами.
25. У чому суть основної моделі управління запасами?
26. Як визначають кількість поставок запасів за рік та середній інтервал між черговими поставками?

27. Скільки класів задач заміни відомо і в чому їхня сутність?
28. Дайте характеристику проблеми завдань з пошуку як об'єкта дослідження багатьох галузей знань.
29. Охарактеризуйте на прикладі відомого вам підприємства процес проектування будь-якого об'єкта.
30. Дайте визначення поняття декомпозиції системного об'єкта за різним походженням (або підходами).
31. Які найбільш типові задачі проектування вам відомі? Охарактеризуйте їх.

## РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

### 3.1. Виробнича структура підприємства

*Елементи виробничої структури.* Під виробничою структурою розуміють склад цехів і служб підприємства і зв'язків між ними (рис. 3.1). Елементарною одиницею структури підприємства, де розміщені виконавці роботи, обслуговче обладнання і предмети праці, є робоче місце. Взаємопов'язані робочі місця об'єднують у виробничі ділянки та технологічні лінії. На виробничій ділянці зазвичай виконують частину виробничого процесу. Робочі місця, пов'язані між собою транспортними засобами, утворюють технологічну лінію.

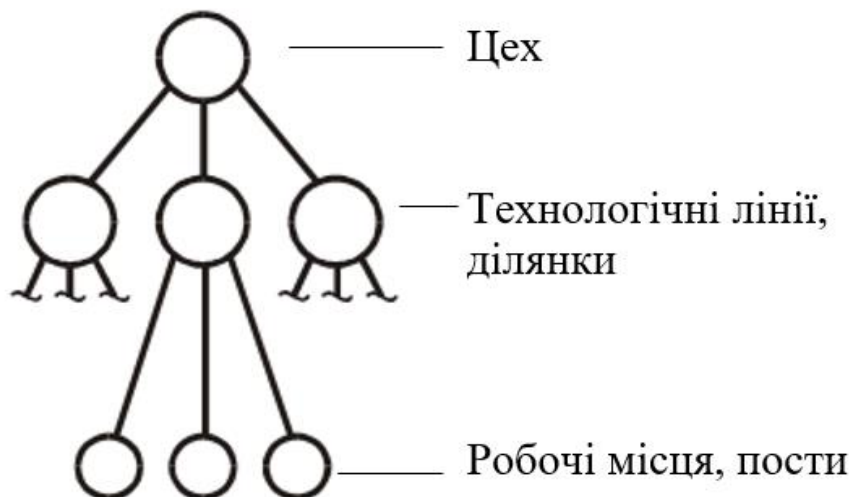


Рис . 3.1 Виробнича структура підприємства

**Цех** – виокремлений підрозділ підприємства, в якому виготовляють напівфабрикати або готову продукцію.

**Підрозділи основного виробництва** – цехи, в яких відбуваються основні виробничі процеси відповідно до профілю і програми підприємства:

- приготування керамічних сумішей, бетонозмішувальні тощо;
- масозаготівельні, арматурні;
- формувальні;
- опоряджувальні.

**Підрозділи виробничої інфраструктури охоплюють:**

- допоміжні (ремонтно-механічні, електроремонтні, енергетичні тощо);
- обслуговчі (транспортні, складські тощо) цехи і господарства.

**Підрозділи соціальної інфраструктури** виконують завдання з соціального обслуговування працівників (поліпшення охорони праці, техніки безпеки, медичного обслуговування, організація відпочинку, спорту, фізичної культури, побутове і культурне обслуговування).

**Чинники, що впливають на виробничу структуру.** Виробнича структура підприємства залежить від кількох чинників:

1. Конструктивно-технологічні особливості продукції (зумовлюють склад і характер виробничих процесів, що визначає склад цехів і ділянок).

2. Обсяг виробництва (що більший обсяг продукції, то більші цехи і більше можливостей для їхньої спеціалізації).

3. Тип спеціалізації:

➤ функціональна відображається

- в технологічній;

➤ цільова

- в предметній;
- в подетальній.

4. Тип виробництва:

➤ *одиначне* (малий обсяг випуску однакових виробів)

- технологічна спеціалізація;

➤ *серійне* (виготовлення виробів повторюваними партіями)

- предметно-технологічна спеціалізація;

➤ *масове* (вузька номенклатура, великий обсяг виробництва)

- предметна спеціалізація.

5. Рівень механізації і автоматизації (зумовлює створення предметно-спеціалізованих підрозділів).

*Типи виробничих структур:*

- цехова;
- безцехова (невеликі підприємства);
- корпусна (великі підприємства – різні види виробництва з декількох однорідних цехів);
- комбінати (багатостадійний процес виробництва, що об'єднує різні технології і виготовляє конструкції, вироби і матеріали різного функціонального призначення, а також веде будівництво);
- об'єднання підприємств (промислові підприємства з різним ступенем самостійності; науково-виробничі (підприємства і науково-дослідні, проєктні установи).

### **3.2. Просторова організація виробничого комплексу**

**Склад об'єктів і зв'язків виробничого комплексу.** Сукупність виробничих об'єктів і з'єднувальних комунікацій утворює виробничий комплекс підприємства.

*До виробничих об'єктів належать:*

- основні виробничі цехи;
- допоміжні і обслуговчі цехи (разом із складами).

*З об'єктами виробничого комплексу пов'язані:*

- господарчі і службові об'єкти;
- адміністративно-побутові об'єкти (заводоуправління, побутові приміщення, їдальня та ін.).

Усі ці об'єкти пов'язані між собою в єдиний комплекс *виробничими потоками:*

- фізичними, які визначають матеріальні й енергетичні зв'язки;
- інформаційними, до яких належать також потоки сигналів і документів;
- людськими.

Схему виробничих зв'язків можна показати у вигляді орієнтованого графа, вершинами якого є об'єкти, а дугами – зв'язки виробничого комплексу (рис. 3.2).

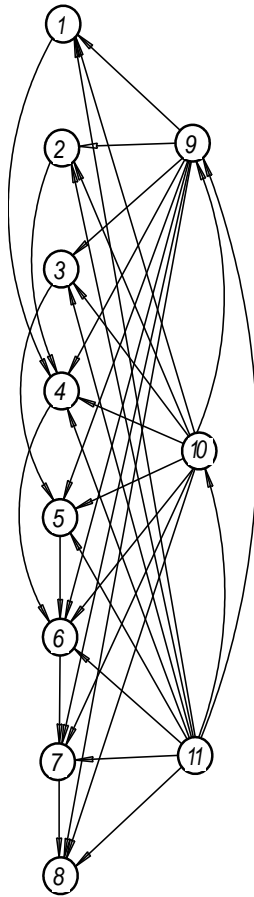


Рис. 3.2. Граф виробничих зв'язків

Кожній дузі, що веде з вершини  $i$  (попередньої) у вершину  $j$  (наступну), відповідною є інтенсивність потоку  $p_{ij}$  яка визначає кількість продукту, що надходить каналом  $ij$  від об'єкта  $i$  до об'єкта  $j$  за одиницю часу, а також довжина потоку  $L_{ij}$  – довжина каналу  $ij$ .

*Зв'язки між об'єктами повинні задовольняти певні умови:*

- інтенсивність потоку в момент часу  $t$  має бути відповідною пропускній здатності каналу в цей момент:

$$p_{ij}(t) \leq C_{ij}(t), \quad (3.1)$$

де  $C_{ij}(t)$  — пропускна здатність каналу  $ij$ ;

- сумарний потік, що виходить з об'єкта  $i$ , не повинен перевищувати його пропускної спроможності:

$$\sum_j p_{ij}(t) \leq C_i(t); \quad (3.2)$$

- пропускні спроможності пов'язаних між собою об'єктів повинні задовольняти співвідношення

$$C_i(t) \geq C_j(t),$$

де  $C_j(t)$  і  $C_i(t)$  – пропускна здатність того об'єкта, що поставляє (попереднього), і того, що споживає (наступного).

**Завдання просторової організації виробничого комплексу.** Раціональність виробничих зв'язків впливає на такі характеристики виробничого комплексу, як площа займаної території, розгалуженість і довжина транспортних і енергетичних комунікацій, вантажообіг, виробничі запаси та ін.

На підставі аналізу виробничих потоків виконують просторову організацію виробничого комплексу підприємства, яку оформлюють у вигляді генерального плану.

**Генеральний план підприємства (ГПП)** відбиває просторове розміщення відповідно до рельєфу місцевості, будинків, споруд, транспортних та інженерно-технічних комунікацій на виділеній для підприємства території.

*Загальні принципи розроблення генеральних планів підприємств:*

- ефективне використання території;
- скорочення довжини потоків;
- уникання перетинів потоків, насамперед матеріальних і людських;
- дотримання чіткості виробничих зв'язків;
- цілковита відповідність нормам (ДБН на проектування, санітарно-технічних тощо).

Територія підприємства поділяється на такі зони функціонального призначення (рис. 3.3):

- виробничу зону, що поєднує основні об'єкти (I);
- господарську, що охоплює склади (II') й допоміжні будинки і споруди (II");
- передзаводську, відведену для адміністративно-побутових будинків і споруд (III).

II'	II"	I	III
-----	-----	---	-----

Рис.3.3. Схема зонування території

### ***Вимоги до проектування ГПП:***

- *блокування будівельних споруд* (будинки й споруди слід розміщувати відповідно до їхнього виробничого призначення у межах певних зон, при цьому потрібно прагнути до найбільшого блокування будинків і споруд з метою компактного планування, ощадливого використання території, скорочення комунікацій, сприятливих і безпечних умов праці й переміщення працівників по території);
- *додержання санітарних норм* (виробничі об'єкти, що виділяють пил, газ, дим (склади матеріалів, котельні й т.п.), розміщувати, зважаючи на напрямок панівних вітрів віддаленно від адміністративно-побутових будинків і споруд);
- *чіткість зв'язків* (будинки й споруди слід розміщувати таким чином, щоби проїзди, які їх з'єднують, були прямолінійними й перетиналися під прямим кутом).

Залежно від характеру виробничого процесу й особливостей технології у розробленні генеральних планів беруть до уваги спеціальні вимоги. Наприклад, у проектуванні заводів ЗЗБК: генеральний план має відображати такі особливості організації:

- склади розміщуються вздовж траси шляхів поблизу спряжених виробничих об'єктів;
- бетонозмішувальні цехи прилягають до головних виробничих корпусів;
- арматурні цехи блокуються з головним виробничим корпусом;
- енергетичні об'єкти наближаються до споживачів енергії.

а у проектуванні заводів з виробництва керамічних стінових матеріалів:

- склади розміщуються вздовж ліній масозаготівельних ділянок;
- ділянки приготування формовочних мас прилягають до відділення формування виробів (сирцю);
- сушильні і випалювальні об'єкти розміщуються в безпосередній близькості відділення формування;
- енергетичні об'єкти на найближчій відстані, дозволених умовами безпеки, до споживачів енергії.

Вибір і оцінка обраного варіанта генерального плану підприємства ґрунтуються на *техніко-економічних показниках*, серед яких основними є такі:

- коефіцієнт забудови – відношення площі, зайнятої будинками й спорудами, до загальної території підприємства (приблизно 40-60 %);
- коефіцієнт використання території – відношення площі, зайнятої будинками, спорудами, відкритими складами, залізничними й автомобільними дорогами й тротуарами, до загальної площі території (приблизно 70-75 %);
- коефіцієнт озеленення – відношення площі зелених насаджень до загальної площі території (приблизно 15-20 %).

### 3.3. Виробничий потенціал підприємства

**Використання виробничого потенціалу та потужностей підприємств.** Виробничі програми розробляють з огляду на виробничі потужності і якнайефективнішого використання.

Під загальним поняттям потенціалу мають на увазі засоби, запаси і джерела, що є в наявності і можуть бути використані для досягнення певної мети, розв'язання будь-якого завдання, а також можливості окремої особи, суспільства, держави в певній галузі.

**Виробничий потенціал** – сукупність ресурсів, які можуть бути матеріалізовані в продукцію, послуги, а точніше, це сукупність ресурсів підприємства і комплексу можливостей їхнього використання для виготовлення продукції певного асортименту та номенклатури потрібної кількості, згідно з вимогами до якості та часу появи на ринку з метою задоволення потреб і вимог споживачів.

Ресурсна складова виробничого потенціалу становить розгалужену структуру використовуваних у виробничому процесі взаємопов'язаних між собою ресурсів – капітальних, трудових, матеріально-сировинних та інтелектуальних. Раціональне сполучення та використання всіх згаданих ресурсів створює сприятливі передумови для втілення виробничих завдань і задумів у вигляді реальної виробничої програми, відповідної профілю діяльності підприємства, і дає змогу претендувати на вагомий частку ринкового сегменту. Тому виробничий потенціал підприємства, який свідчить про його виробничі можливості, формалізують у вигляді виробничої програми підприємства з виготовлення певної продукції (надання послуг).

Зазвичай на підприємствах хімічної технології та інженерії встановлюють величину виробничого потенціалу засобами визначення виробничої потужності. Виробничий потенціал за своїм кількісним значенням може бути меншим або дорівнювати (лише теоретично) потужності виробничої системи.

**Виробнича потужність підприємства** – це максимально можливий випуск продукції високої якості в номенклатурі за плановий період, за повного використання виробничого устаткування й виробничих площ, застосування прогресивної технології й організації виробництва.

Виробнича потужність підприємства визначається потужністю провідних виробничих цехів (ділянок, агрегатів). За провідну вважають виробничу одиницю, що відбиває виробництво продукції за профілем підприємства, значну частину основних промислово-виробничих фондів і основну частку сукупних витрат живої праці. Наприклад, на підприємствах хімічної технології та інженерії таким переділом є формувальний (цех, ділянка); він охоплює близько половини промислово-виробничих фондів підприємства.

**Види виробничої потужності підприємства.** *Перспективна виробнича потужність* відображає очікувані зміни номенклатури продукції, техніки, технології й організації виробництва.

*Проектна виробнича потужність* являє собою розрахункову величину можливого випуску за одиницю часу продукції умовної номенклатури, заданої у проектуванні нової або реконструйованої виробничої одиниці. Проектна виробнича потужність є фіксованою величиною, тому що вона розрахована на постійну умовну номенклатуру й постійний режим роботи.

*Поточна виробнича потужність* підприємства (цеху, технологічної лінії, агрегата) відбиває його потенційну здатність протягом планового періоду виробити максимально можливу кількість продукції згідно з планом номенклатури. Поточна виробнича потужність має динамічний характер і змінюється відповідно до організаційно-технічного розвитку виробництва. Тому її характеризують кілька показників: потужність на початок планованого періоду (вхідна), потужність на кінець планованого періоду (вихідна) і середньорічна потужність.

*Для визначення вхідної виробничої потужності беруть до уваги таке:*

- виконання заходів з ліквідації вузьких місць протягом першого кварталу планованого року без додаткових капітальних вкладень;
- збільшення кількості устаткування або заміна його на більш продуктивне з того устаткування, що перебуває на складі, а також завдяки недостатньо використовуваному в інших виробничих підрозділах підприємства;
- перерозподіл робіт між окремими групами устаткування й між виробничими підрозділами підприємства;
- можливість збільшення змінності роботи устаткування, що лімітує випуск продукції.

*Вихідна виробнича потужність підприємства визначається з огляду на таке:*

- намічені в процесі визначення вхідної потужності заходи для ліквідації вузьких місць;
- впровадження в дію нових виробничих потужностей на підприємстві, зокрема завдяки розширенню й реконструкції підприємства, а також заходам з підвищення ефективності виробництва;
- вибуття потужностей підприємства внаслідок часткового або повного припинення виробництва за умови, що розміри потужностей, що вибувають, і строки їхнього вибуття затверджені вищим органом.

*Середньорічну виробничу потужність* визначають як середньозважену величину додаванням до вхідної потужності середньорічного приросту й вирахуванням середньорічного вибуття потужностей.

У ринкових умовах практично всі підприємства повинні мати й мають резервні потужності для задоволення дедалі вищого попиту або інших непередбачених ситуацій. Таку резервну потужність оцінюють як різницю між доступною (проектною) потужністю та потрібною (чинною або перспективною).

*Основні чинники, що формують потужність підприємства:*

- номенклатура, асортимент та якість виготовлюваної продукції;

- кількість установленого устаткування, розміри і склад виробничих площ, можливий фонд часу роботи устаткування та використання площ протягом року;
- прогресивні техніко-економічні норми продуктивності й використання устаткування, зняття продукції з виробничих площ, нормативи тривалості виробничого циклу і трудомісткість виготовлюваної продукції (надаваних послуг);
- ефективність технологій й організації виробництва та ін.

*Основні методичні принципи розрахунку виробничих потужностей підприємств:*

- виробничу потужність визначають за всією номенклатурою профільної продукції підприємства. Для розрахунку використовують укрупнену номенклатуру, отриману завдяки об'єднанню типорозмірів і марок виробів на основі їхньої конструктивно-технологічної подібності й зведенню до одного базового виробу-представника.
- виробничу потужність підприємства встановлюють на підставі потужності провідних цехів (дільниць, технологічних ліній, агрегатів) основного виробництва, беручи до уваги заходи для ліквідації вузьких місць і можливого внутрішньовиробничого кооперування.

*У розрахунку виробничої потужності підприємства включають:*

- все робоче і неробоче через несправність, ремонт та модернізацію устаткування основних виробничих цехів;
- понаднормативне резервне устаткування;
- понаднормативне устаткування допоміжних цехів, якщо воно аналогічне технологічному устаткуванню основних цехів.

Виробничу потужність підприємства слід обчислювати за технічними або проектними нормами продуктивності устаткування, використання виробничих площ і трудомісткості виробів, нормами виходу продукції, беручи до уваги застосування прогресивної технології та досконалої організації виробництва.

Для розрахунку виробничої потужності підприємства беруть максимально можливий річний фонд часу (кількість годин) роботи устаткування.

Виробничу потужність провідного цеху (дільниці) з виготовлення однорідної продукції можна визначити за однією з таких формул:

$$N_i = a_i T_{pi} m_i$$

або (3.4)

$$N_i = \frac{T_{pi} m_i}{t_i}$$

де  $N_i$  – потужність  $i$ -го виробничого підрозділу підприємства;  $a_i$  – продуктивність устаткування у відповідних одиницях виміру  $i$ -го виду продукції за годину;  $T_{pi}$  – річний фонд часу роботи устаткування;  $m_i$  – середньорічна кількість фізичних одиниць устаткування;  $t_i$  – трудомісткість виготовлення одиниці продукції (переробки сировини, час надання послуги в нормо-годинах).

Розраховують також технологічну спроможність (потужність) решти виробничих ланок підприємства (разом з провідними цехами чи дільницями). Ці розрахунки потрібні для виявлення невідповідності (непропорційності) між потенційними можливостями з випуску продукції (або наданням послуг) окремих виробничих підрозділів і досягненням узгодженої технологічної пропорційності між взаємопов'язаними виробничими ланками.

У загальному випадку у розрахунку виробничої потужності з випуску різноманітної за асортиментом та номенклатурою продукції беруть до уваги властивості продукції (конструктивно-технологічні характеристики, серійність); предмети праці (властивості й питомі витрати матеріалів та напівфабрикатів); працю робітників (професійно-кваліфікаційний склад і кількість робітників); засоби праці (типи й кількість устаткування та виробничих площ). Інтегровано ці фактори визначають фонд робочого часу й зайнятість обладнання випуском виробів певного типу (рис. 3.4). Тому принципова залежність виробничої потужності підприємства (чи провідного підрозділу) від згаданих чинників має такий вигляд:

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{T_{pi}}{t_i} q_i \eta_i, \quad (3.5)$$

де  $q_i$  – обсяг продукції  $i$ -го виду, що виготовляється за один робочий цикл;  $\eta_i$  – питома вага продукції  $i$ -го виду в загальному обсязі;  $n$  – кількість видів продукції, що випускається.

Визначення виробничої потужності підприємства завершується складанням балансу, що відображає зміни її розміру протягом розрахункового періоду і характеризує вихідну потужність ( $N_{вих}$ ). Для цього використовується формула

$$N_{вих} = N_{вх} + N_{омз} + N_p \pm N_{на} - N_e, \quad (3.6)$$

де  $N_{вих}$  – вхідна потужність підприємства;  $N_{омз}$  – збільшення потужності протягом розрахункового періоду внаслідок здійснення поточних організаційно-технологічних заходів;  $N_p$  – нарощування виробничої потужності завдяки реконструкції або розширенню підприємства;  $N_{на}$  – підвищення (+) або зменшення (-) виробничої потужності, спричинене змінами в номенклатурі та асортименті виготовлюваної продукції;  $N_e$  – зменшення виробничої потужності внаслідок її вибуття, тобто виведення з експлуатації певної кількості фізично спрацьованого і технічно застарілого устаткування.

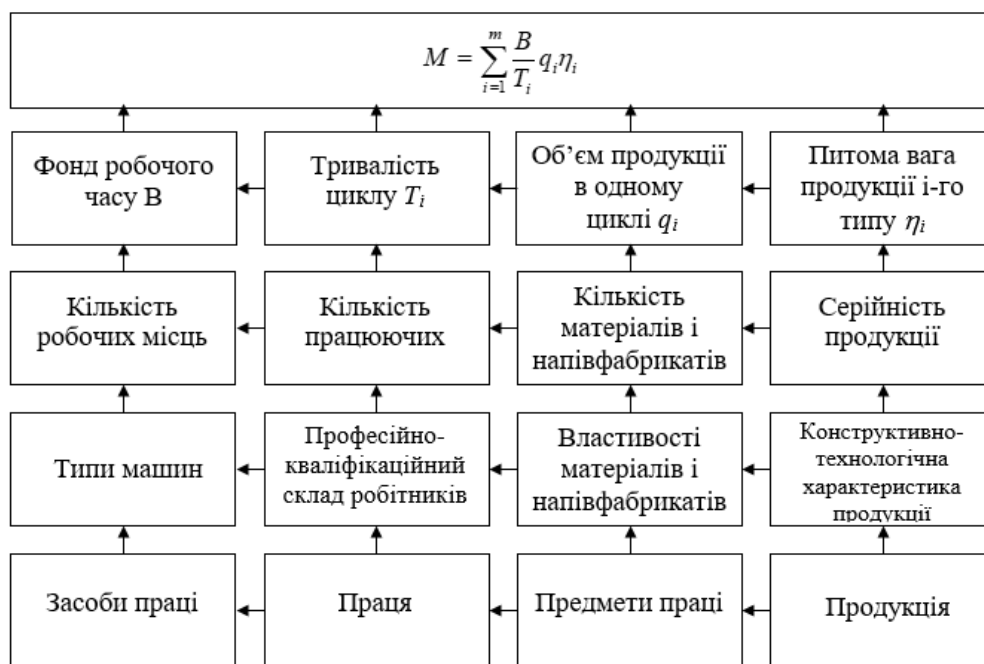


Рис. 3.4. Чинники, що впливають на виробничу потужність

Середньорічну виробничу потужність визначають за формулою

$$N_{cp} = N_{вх} \pm \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta N_i (12 - i), \quad (3.7)$$

де  $\Delta N_i$  – підвищення (+) або зменшення (-) виробничої потужності в  $i$ -му місяці.

Визначення й регулювання резервної виробничої потужності підприємства виконують за допомогою розрахунків потрібної кількості резервних агрегатів (груп устаткування) та обґрунтування розмірів експериментально-дослідних виробництв.

Використання виробничих потужностей підприємства визначають за двома показниками:

- коефіцієнтом освоєння проектної потужності, який дорівнює відношенню величин поточної і проектної потужностей;
- коефіцієнтом використання поточної потужності, який дорівнює відношенню річного випуску продукції до середньорічної величини поточної потужності.

За **нормативним** методом розрахунок виробничої потужності виконують на підставі розрахунків ВП підприємства за потужністю провідних виробничих цехів (рис. 3.5):

- які виробляють продукцію за профілем підприємства;
- на які припадає основна частина промислово-виробничих фондів;
- яким належить значна частина сукупних витрат живої праці.

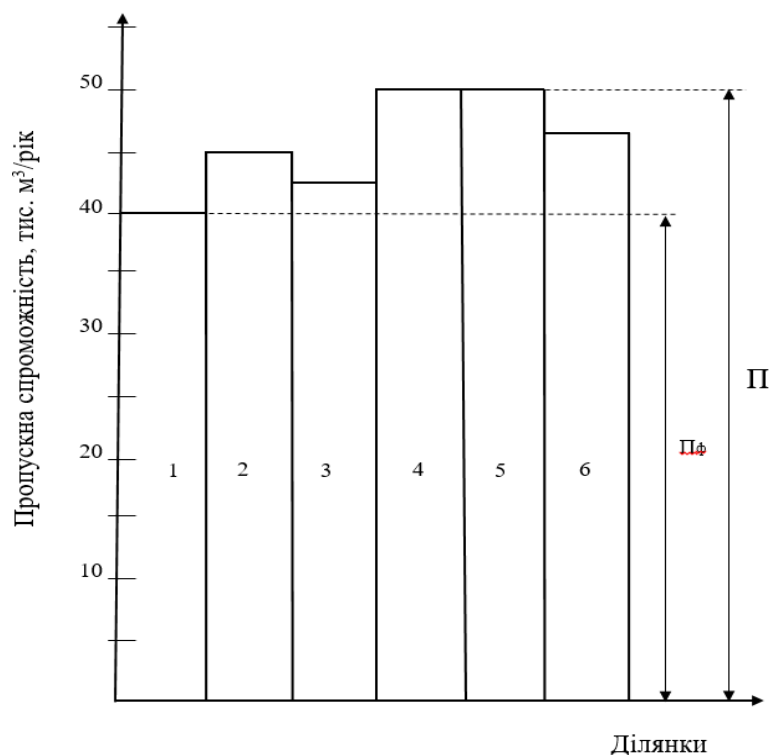


Рис. 3.5. Пропускна спроможність спряжених ділянок: 1 – склад в’язучих; 2 – склад заповнювачів; 3 – бетонозмішувальний цех; 4 – армувальний цех; 5 – формувальний цех; 6 – склад готової продукції

Основними напрямками ефективного використання виробничих потужностей підприємства є такі:

- скорочення простоїв і неефективного використання робочого часу устаткування;
- підвищення коефіцієнта змінності роботи виробничого устаткування;
- зниження частки неробочого, застарілого, зайвого і неефективного обладнання та устаткування з одночасною модернізацією інших ефективних машин, механізмів і агрегатів;
- упровадження нових технологій, технологічних прийомів, пристроїв, інтенсифікація виробничих процесів;
- застосування нових, прогресивних форм та методів організації виробництва та ін.

У процесі планування (або проєктування) створення нових потужностей слід брати до уваги економічний ефект від зменшення собівартості виготовлення одиниці продукції протягом певного часу її випуску завдяки:

- ефекту масштабу виробництва та його повного завантаження за дотримання принципу пропорційності всіх ланок виробництва;
- підвищенню продуктивності («ефект накопичення досвіду»);
- поєднанню ефекту зростання масштабу виробництва і продуктивності;
- спеціалізації на окремих видах продукції («фокусування потужностей»);
- створенню гнучких виробничих потужностей, що означає високу гнучкість технології, технологічного обладнання, які швидко переналагоджуються, і робітників, які швидко перекваліфікуються на виготовлення іншої, ефективнішої продукції.

У процесі планування організації раціонального використання (завантаження) виробничих потужностей треба:

- дотримуватися принципу збереження збалансованості всієї виробничої системи у період освоєння виробничих потужностей (пропорційне зростання потужності всіх елементів системи);

- збільшити частоту етапів пропорційного зростання елементів виробничої системи за одночасного зменшення до оптимального значення кроку ступеня зростання потужності;
- використовувати кооперацію із зовнішніми постачальниками (іншими виробниками) або додатково використовувати їхні виробничі потужності для забезпечення збалансованого освоєння (зростання) виробничих потужностей власного підприємства.

Виробничий потенціал підприємства – величина максимально можливого випуску продукції за одиницю часу за відсутності або мінімального впливу виробничих факторів, які зменшують обсяг виробництва.

Для розрахунку виробничого потенціалу треба вибрати ті моменти часу, коли вплив виробничих факторів, що зменшують цей випуск, є мінімальним.

Виробничим фактором називають змінну величину, яку можна виміряти, що набуває в деякий момент певного значення і є відповідною одному з можливих способів дії на об'єкт дослідження (табл. 3.1).

*Таблиця 3.1*

**Вплив випадкових виробничих факторів  
на загальний процес виготовлення залізобетонних виробів**

Виробничий фактор	Втрати робочого часу, %
Брак сировинних компонентів	27,5
Брак місця на складі	19,8
Поломки електроустаткування	14,8
Брак напівфабрикатів	13,6
Поломки механічної частини обладнання	9,7
Брак теплоносія	5,4
Низька якість матеріалів	2,5
Відсутність робітників	1,3
Переробки виробів	0,3
Брак води	0,3
Інші фактори	4,8
<b>Всього</b>	<b>100</b>

*Виробничий потенціал підприємства може бути визначений у такій послідовності:*

- обґрунтування потрібного об'єму вихідної інформації і вибір типу математичної моделі;
- побудова функції розподілу виробництва продукції на підприємстві;
- використання одержаної математичної моделі для розрахунку виробничого потенціалу підрозділів підприємства.

Використання математичної моделі процесу виробництва на підприємстві для визначення його виробничого потенціалу дає змогу вирішити поставлене завдання з дослідження про реальні можливі умови виробництва.

### **Контрольні запитання**

1. Охарактеризуйте поняття «підрозділи основного виробництва» для певного виду продукції підприємства хімічної промисловості.
2. Наведіть приклади інформаційних потоків для конкретного відомого вам підприємства.
3. Наведіть схему виробничих зв'язків виробничого комплексу підприємства у вигляді орієнтованого графа.
4. Поясніть, чому виробничий потенціал підприємства свідчить про його виробничі можливості.
5. Які види виробничої потужності вам відомі? Охарактеризуйте їх.
6. Назвіть головні чинники, які формують потужність підприємства.
7. Охарактеризуйте чинники, які впливають на виробничу потужність.
8. Які напрями ефективного використання виробничих потужностей підприємства доцільно використати у разі неефективного використання застарілого обладнання?
9. Що розуміють під поняттям «нормативний метод розрахунку виробничої потужності»?

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА

### 4.1. Завдання з технічного обслуговування виробництва

Технічне обслуговування є частиною загального виробничого процесу і включає в себе підтримання в робочому стані обладнання, живлення агрегатів енергією, своєчасне забезпечення робочих місць предметами праці, створення інших умов для безперебійного виробництва (рис. 4.1).

Об'єкти обслуговування виробництва можна об'єднати в три групи: обслуговування засобів праці, обслуговування предметів праці, обслуговування робітничого персоналу.

*1) Обслуговування засобів праці спрямоване на забезпечення безперервності технологічних процесів і підтримання засобів праці в робочому стані, зокрема:*

- підтримання в робочому стані обладнання, механізмів, апаратури (поточний ремонт, налагодження, огляд, перевірка, чищення, змащення та ін.);
- виготовлення і підтримання в робочому стані технологічного оснащення (інструмент, пристосування, форми);
- підтримання в робочому стані будівель і споруд (ремонт, прибирання, дороги);
- енергопостачання (електроенергія, газ, стиснене повітря, вода);
- підсобно-технічні роботи з приготування хімічних розчинів (добавок, фарб, емульсій);
- підготовку і вдосконалення майбутнього виробництва в механізації і автоматизації виробництва, експериментальні роботи і дослідження, контрольну перевірку налагодженості технологічного обладнання, виготовлення пробної партії виробів.

*2) Обслуговування предметів праці охоплює:*

- приймання, зберігання і видачу матеріальних цінностей (сировина, матеріали, напівфабрикати, інструмент, прилади, готові вироби);
- транспортні і вантажно-розвантажувальні роботи, зокрема всі операції з переміщення сировини, матеріалів, напівфабрикатів і продукції;
- контроль якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, продукції, виконання випробувань і аналіз результатів.

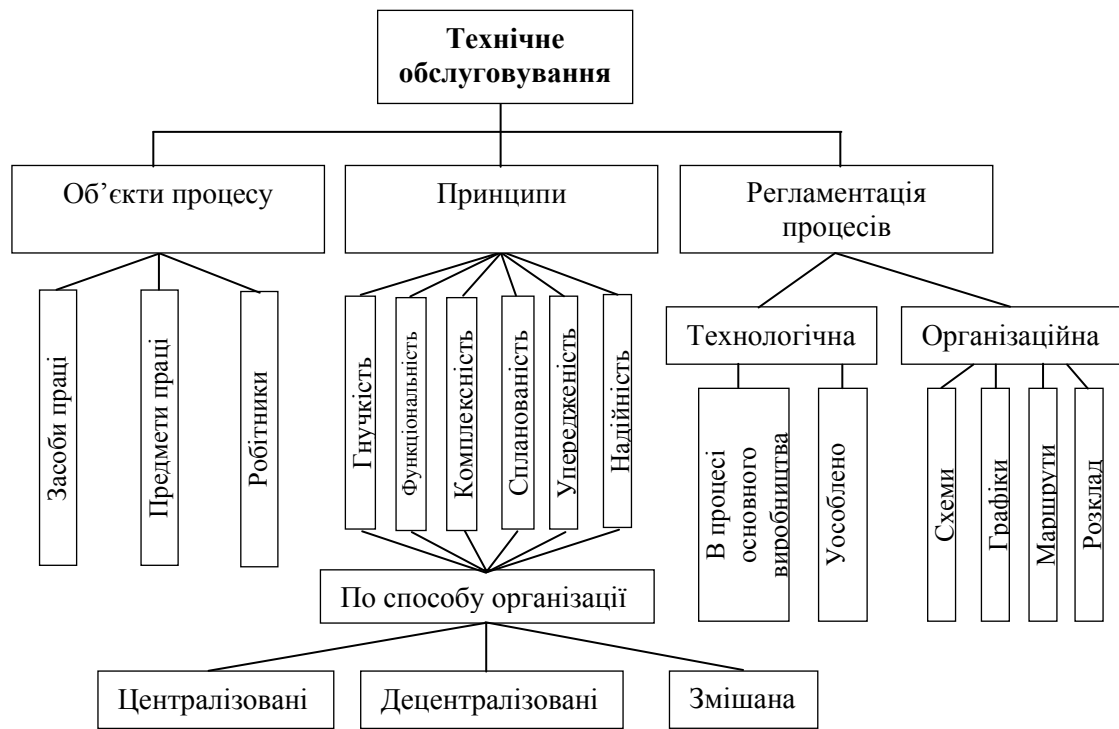


Рис. 4.1. Об'єкти, принципи і регламентація технічного обслуговування виробництва

### 3) *Обслуговування робітничого персоналу:*

- забезпечення біологічних потреб працівників;
- забезпечення соціально-культурних потреб робітників;
- забезпечення побутових потреб;
- забезпечення технічними засобами та обладнанням.

**Організація процесів обслуговування.** В основу організації процесів обслуговування виробництва покладено такі принципи:

- гнучкість, яка означає оперативність обслуговування;
- функціональність, яка унеможливорює дублювання заходів і сприяє спеціалізації обслуговування;
- комплексність, яка означає виконання всіх потрібних видів обслуговування;
- плановість, яка ґрунтується на узгодженні обслуговування з основним виробництвом;
- профілактична спрямованість періодичних робіт з обслуговування з метою відвернення аварій, дотримання технічної готовності на зміну, добу тощо;

- надійність, яка ґрунтується на високій якості робіт з обслуговування і на відповідальності підрозділів.

*За способом організації розрізняють такі системи обслуговування:*

- централізована, яка означає виконання робіт з обслуговування спеціалізованими самостійними підрозділами підприємства;
- децентралізована, орієнтована на обслуговування цеховими службами;
- змішана, яка складається з централізованого і децентралізованого обслуговування залежно від організаційно-технічних умов виробництва.

**Регламентация процесів обслуговування.** Організуючи процеси технічного обслуговування, застосовують їхню технологічну й організаційну регламентацію. *Технологічна регламентація процесу обслуговування полягає у визначенні способів виконання робіт, які поділяються на дві групи:*

- 1) роботи, виконувані в процесі основного виробництва або тісно з ними пов'язані (транспортні, вантажно-розвантажувальні, налагоджувальні, контрольні);
- 2) роботи, виконувані відносно основного виробництва відособлено (господарське, культурно-побутове обслуговування і т.д.).

Способи виконання (технологія обслуговування) робіт першої групи мають бути тісно пов'язані з основними процесами, тобто має бути створена комплексна технологія обслуговування виробництва. Для другої групи розробляють самостійну технологію виконання.

*Організаційна регламентація процесу обслуговування полягає в розробленні схем, графіків, маршрутів і розкладів обслуговування:*

- схема обслуговування містить характеристику функцій і їхній зв'язок з об'єктами обслуговування;
- графіки обслуговування визначають періодичність виконання робіт з обслуговування основного виробництва, календарні строки і послідовність обслуговування;
- маршрут обслуговування складають для визначення оптимального шляху пересування виконавців під час обслуговування;
- розклади робіт, які визначають зміст, періодичність і час обслуговування.

У системі обслуговування можна виділити такі компоненти: об'єкти вимог, тобто ті, хто потребує обслуговування (робітники, обладнання, споруди), і канали обслуговування, ті, хто обслуговує (спеціалісти, ремонтники, налагоджувальники, транспортні засоби та ін.). Розрізняють дві схеми взаємодії компонентів: 1 – без очікування обслуговування; 2 – з можливим очікуванням обслуговування.

За першою схемою об'єкти вимог не простоюють в очікуванні обслуговування, пропускна спроможність каналів обслуговування відповідна потоку вимог на обслуговування. За другою схемою об'єкти вимог можуть простоювати внаслідок зайнятості каналів обслуговування. Наприклад, робітники передали партію виробів на контроль і працюють далі. Якщо контролер зайнятий, то деталі чекають на перевірку (взаємодію робітника і контролера організовано за першою схемою, а взаємодію партії виробів і контролера – за другою схемою).

У разі взаємодії за першою схемою параметри системи – чисельність робітників і обладнання встановлюють, виходячи з трудомісткості робіт і фонду робочого часу. Якщо взаємодія відбувається за другою схемою – розрахунок ґрунтується на оцінюванні часу очікування. Для таких розрахунків застосовують методи теорії масового обслуговування і статистичного моделювання.

## 4.2. Організація матеріально-технічного забезпечення і збуту

**Завдання з матеріально-технічного забезпечення.** Діяльність підприємств будівельних виробів і конструкцій пов'язана з неперервним споживанням великої кількості матеріалів. В економічному відношенні це найбільш значна частина витрат на виробництво продукції (50...60 %).

*Основними завданнями з матеріально-технічного забезпечення підприємств є такі:*

- 1) забезпечення своєчасного надходження матеріальних ресурсів;
- 2) організація кількісного і якісного контролю матеріалів, що надходять на підприємства, їхнє зберігання на заводських складах, підготовка до споживання;
- 3) механізація транспортно-складських робіт з метою підвищення продуктивності праці;
- 4) розміщення економічно обґрунтованих виробничих матеріальних

запасів на складах сировини;

- 5) облік і звітність про матеріально-технічне забезпечення підприємств.

**Організація та форми забезпечення.** На середніх і великих підприємствах створюють самостійний відділ матеріально-технічного забезпечення, який проєктує річний, квартальний, місячний плани постачання, укладає угоди з постачальниками, формує заявки на потрібні види матеріальних ресурсів. Виділені підприємству фонди можуть бути реалізовані за різними формами постачання: транзитною, складською та особливою.

**Заводські склади.** *Заводські склади класифікують* за призначенням, конструкцією і рівнем спеціалізації.

*За призначенням:*

- а) матеріальні для зберігання матеріалів і палива (в'язучі матеріали, пісок, щебінь, різні види наповнювачів, арматурна сталь, лісоматеріали, вугілля тощо);
- б) виробничі, що обслуговують виробничий процес (склади напівфабрикатів, інструментів, запчастин тощо);
- в) готової продукції і відходів виробництва;
- г) господарчі (для зберігання спецодягу, госпінвентаря тощо).

*За конструкцією:*

- а) відкриті для зберігання предметів, вони не створюють захисту від атмосферних впливів (склад залізобетонних конструкцій, каменю, щебню, піску);
- б) напіввідкриті, які являють собою навіси для захисту матеріалів від атмосферних опадів і сонячного проміння (обладнання, сталь, столярні вироби);
- в) закриті, потрібні для зберігання матеріалів від дії атмосферних опадів (склади цементу, гіпсу, вапна, полімерних компонентів, приладів і електрообладнання тощо);
- г) спеціальні, призначені для зберігання займистих і вибухових речовин (бензосховище).

*За рівнем спеціалізації:*

- а) спеціалізовані, призначені для виконання складських і вантажно-розвантажувальних операцій з матеріалами і предметами однакових фізико-хімічних властивостей;
- б) універсальні, які використовують для зберігання різнорідних

матеріалів і предметів, зазвичай упакованих в стандартну тару.

Склади в'язучих обладнують пристроями, які надійно захищають матеріали від зволоження, а обслуговчий персонал – від шкідливого впливу пилу. Наприклад, найчастіше влаштовують силосні автоматизовані склади цементу. Склад має не менш ніж чотири силоси (кількість марок цементу, використовуваних на підприємстві + резервний). Місткість складу розраховують з умов забезпечення роботи бетонозмішувального цеху на 7...10 діб за поставок в'язучих залізницею та на 5...7 діб в разі поставок автотранспортом.

Склади заповнювачів для бетону та глинистої сировини в керамічному виробництві мають приймальні пристрої з розвантажувальними механізмами, відкриті або закриті штабельні площадки, механізми штабелювання і переміщення матеріалів, пристрої для підігрівання в зимовий час. Місткість складу розраховують на забезпечення запасу матеріалів протягом 7...10 діб у разі поставок залізницею і на 5...7 діб, коли їх постачають автотранспортом.

Склади арматурної сталі влаштовують частіше закритими. Сталь зберігають окремо за марками, профілями, діаметрами і партіями. Запас арматури на складі беруть з розрахунку 20...25 робочих діб.

Склади готової продукції підприємств будівельних виробів і конструкцій являють собою відкриті площадки з бетонним покриттям, обладнані мостовими кранами. Місткість складу розраховують на зберігання виробів протягом 10...14 розрахункових робочих діб.

**Збут готової продукції.** З процесами матеріально-технічного забезпечення тісно пов'язаний збут продукції. Заводи будівельних виробів і конструкцій працюють в тісній кооперації з будівельними організаціями й у зв'язку з цим своєчасні, ритмічні, комплектні поставки є важливою умовою ефективного функціонування всієї виробничо-будівельної системи. На підприємствах будівельної індустрії працюють відділи збуту готової продукції, які організують своєчасне відвантаження, щоби якнайповніше забезпечити будівельні організації та досягти прибутку і рентабельності виробництва.

Робота відділу збуту тісно пов'язана з іншими підрозділами, виробничими цехами, відділом технічного контролю, планово-виробничим, фінансовим, юридичним відділами, з транспортним господарством підприємства.

### 4.3. Організація ремонтної служби підприємств

**Структура ремонтної служби.** Для виконання всіх робіт з організації раціонального обслуговування обладнання та інших видів основних фондів на підприємствах створюють спеціальну ремонтну службу (рис. 4.2).

*У складі ремонтної служби працюють такі цехи:*

- 1) ремонтно-будівельний, який виконує ремонт будівельних споруд, підпорядковується відділу капітального будівництва;
- 2) електроремонтний, виконує завдання з ремонту електрообладнання, підпорядковується головному енергетику;
- 3) ремонтно-механічний, який виконує ремонт технологічного та інших типів обладнання, підпорядковується головному механіку.

Ремонтна служба виконує паспортизацію й атестацію обладнання, розроблення технологічних процесів ремонту та їхнього оснащення, планування і виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту, модернізацію обладнання, вдосконалення організації ремонтного господарства.

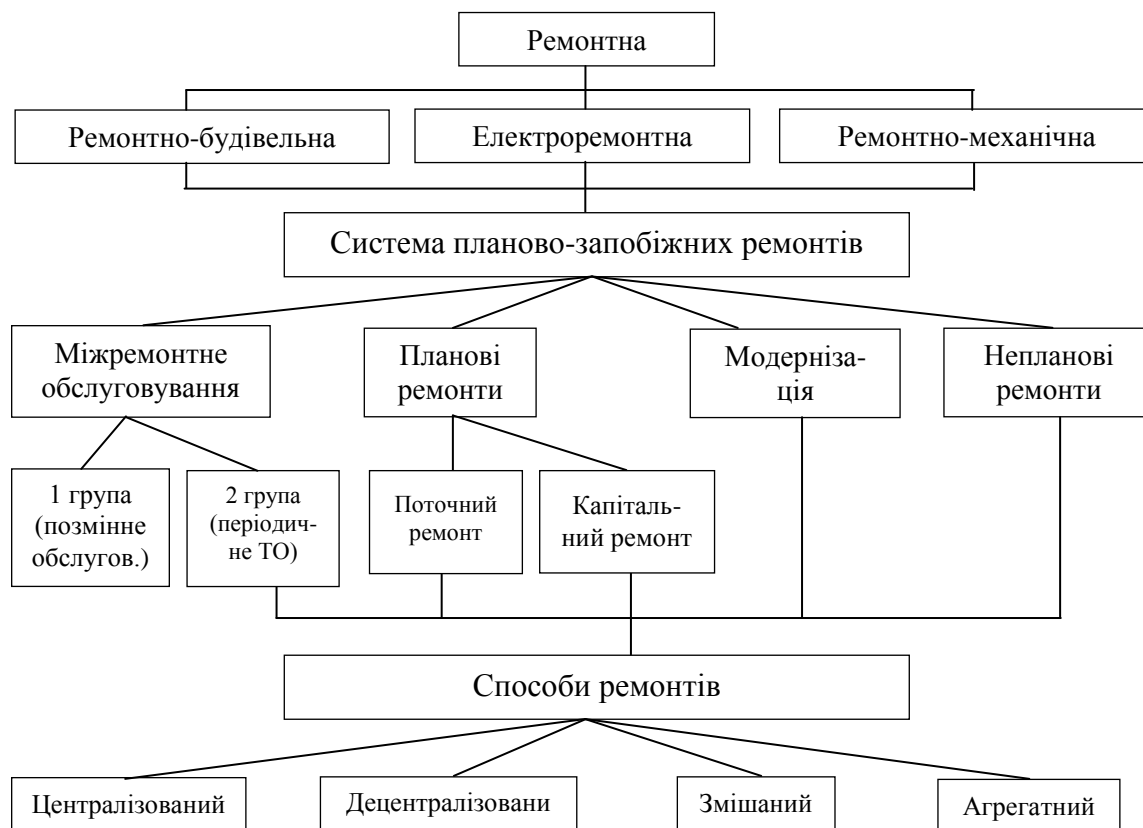


Рис. 4.2. Структура ремонтної служби підприємства і системи планово-профілактичних ремонтів

**Система планово-запобіжних ремонтів.** Для нормальної роботи підприємства, надійності і безпечності роботи обладнання застосовують систему планово-запобіжних ремонтів (ПЗР), яка полягає в такому:

- міжремонтне обслуговування (1-ї і 2-ї групи), яке складається з комплексу поточних робіт з підтримання обладнання в постійній технічній готовності;
- планові ремонти (поточні і капітальні), які виконують для відновлення передбачених держстандартами та технічними умовами геометричної точності, потужності і продуктивності обладнання до наступного планового ремонту;
- модернізація обладнання з метою зменшення його морального спрацювання і розширення технологічних можливостей;
- непланові ремонти, спричинені аваріями, і непередбачені річними планами ремонту.

**Міжремонтне обслуговування.** Міжремонтне обслуговування поділяється на дві групи робіт:

**1-ша група** – позмінне обслуговування: візуальні огляди; інструментальні огляди з використанням спеціальних приладів і пристосувань; нагляд за режимом роботи агрегатів і механізмів та ін.

**2-га група** – періодичне технічне обслуговування: чищення, промивання і перевірка окремих вузлів і деталей; змащення; регулювання тощо.

Міжремонтне обслуговування виконують основні робітники і черговий персонал ремонтної служби. Всі роботи з обслуговування виконуються в неробочі періоди доби без простою обладнання. Затрати відносять на собівартість продукції. Документом, який регламентує міжремонтне обслуговування, є календарний графік огляду.

**Поточний і капітальні ремонти.** Поточний ремонт (ПР) – означає заміну або відновлення невеликої кількості спрацьованих деталей і регулювання механізмів з частковим розбиранням деталей. Це основний вид профілактичного ремонту. Поточний ремонт виконують за графіками для обладнання, що працює неперервно, або в неробочий час доби. Затрати відносять на собівартість продукції.

**Капітальний ремонт (КР)** – означає розбирання агрегатів із знаттям їх з фундаменту, заміну всіх спрацьованих деталей, збирання,

регулювання і випробовування під навантаженням. Капітальний ремонт виконують за кошти з амортизаційних відрахувань. Коли вартість капітального ремонту дорівнює вартості нового обладнання або перевищує її, за кошти, виділені на капітальний ремонт, доцільно купувати нове обладнання.

Період між двома капітальними ремонтами називається **ремонтним циклом**. Між черговими капітальними ремонтами виконують поточні ремонти, а також технічне обслуговування (ТО). Чергування різних видів ремонту у часі характеризує структуру ремонтного циклу. Тривалість перебування обладнання в ремонті залежить від його ремонтоскладності і кількості змін за добу, протягом яких працюють ремонтні бригади. За умовну одиницю **ремонтоскладності** (о.р.) беруть трудомісткість капітального ремонту частини умовної машини – 50 люд.-год. Трудомісткість поточного ремонту і технічного обслуговування (ТО) відносно капітального ремонту (КР) становить: КР:ТР:ТО=1:0,12:0,02. Тривалість простоїв обладнання в ремонті визначають за графіками або за нормами часу та графіками їхнього дотримання.

**Способи ремонту обладнання.** Ремонтні роботи виконують централізованим, децентралізованим, змішаними або агрегатними способами.

За **централізованого способу** всі види ремонтів виконують силами ремонтно-механічного цеху заводу (2500...3000 о.р.), тоді як за **децентралізованого способу** – силами цехової ремонтної служби (> 800 о.р.).

За **змішаного способу** капітальний ремонт виконує ремонтно-механічний цех, а решту ремонтних робіт виконує цехова ремонтна служба (500...800 о.р.).

Для прискорення ремонту та скорочення простоїв обладнання часто використовують **агрегатний спосіб** ремонту, коли вузли і агрегати знімають і замінюють запасними або відремонтованими. Такий спосіб найбільш ефективний під час капітального ремонту обладнання. Ефективність ремонту обладнання оцінюють за часом простоїв, обладнання в ремонті, год; затратами на одиницю ремонтоскладності, грн; кількістю позапланових ремонтів на одиницю обладнання.

#### 4.4. Організація транспортного обслуговування

**Зовнішній і внутрішній транспорт, класифікація транспортних засобів підприємства.** Робота підприємств будівельних виробів і конструкцій пов'язана з переміщенням значного об'єму вантажів, які регулярно поставляють на підприємство, розвантажують і переміщують під час виробництва продукції. Транспортні засоби підприємства класифікують за призначенням, видом та способом дії (табл. 4.1).

**Вантажний потік** визначається кількістю вантажів, переміщуваних за одиницю часу між суміжними пунктами; кількісно він характеризується інтенсивністю потоку.

**Вантажообігом** називають загальну кількість вантажів, переміщуваних по території підприємства за певний період часу (рік, квартал, місяць, доба).

Вантажообіг підприємства дорівнює сумі окремих вантажних потоків, розраховують його на основі підрахунку вантажообігів цехів і складів. Дані цих розрахунків використовують для аналізу вантажних потоків. З цією метою на схемі генерального плану заводу креслять лінії, якими позначають напрямки й інтенсивність вантажних потоків згідно з видами вантажів, тобто схему вантажних потоків. Така схема дає змогу оцінити відповідність пропускних спроможностей транспортних потоків їхній інтенсивності, ліквідувати зустрічні перевезення однакових вантажів.

#### **Схеми внутрішньозаводських перевезень.**

*Внутрішньозаводські перевезення виконують за двома схемами:*

- 1) **маятниковою**, коли між двома суміжними пунктами переміщуються постійно закріплені транспортні засоби з постійним поверненням на початок маршруту;
- 2) **кільцевою**, що означає послідовне обслуговування ряду вантажних пунктів з рівномірним або нерівномірним вантажним потоком.

## Класифікація транспортних засобів підприємства

Спосіб дії	Вид транспорту	Призначення транспорту		
		Зовнішній	Міжцеховий	Внутрішньо-цеховий
Періодичний	Рейковий	Електровози, тепловози, мотовози, вагони, платформи, цистерни, спеціальні вагони		Вагонетки і візки вузької колії
	Безрейковий	Автомобілі, тягачі, трактори, різні причепа до них		Ручні візки
	Підйомно-транспортні засоби	-	Електрокари, автокари, автопогрузчики, штабелювальники	
		-	Крани залізничні, автомобільні, тракторні	Мостові крани, кран-балки, поворотні крани
Неперервний	Конвеєрний (привідний)	-	Стрічкові, пластинчасті, візкові конвеєри, шнеки, рольганги	
	Гравітаційний (безпривідний)	-	Міжповерхові спуски	Лотки, жолоби.

**Розрахунок потрібної кількості транспортних засобів.**

Належну кількість транспортних засобів потрібного типу розраховують, зважаючи на інтенсивність вантажного потоку і технічні можливості транспортного обладнання.

Кількість транспортних засобів періодичної дії розраховують за формулою

$$M_{п.д.} = N_{добр} \cdot T_{ц} / B_{добр} \cdot N_{ц} \quad (4.1)$$

де  $N_{добр}$  – добовий вантажний потік, т;  $B_{добр}$  – добовий фонд робочого часу транспортного обладнання, год;  $T_{ц}$  – тривалість одного транспортного циклу, год;  $N_{ц}$  – маса вантажу, переміщуваного за один цикл, т.

Кількість засобів неперервної дії визначають за формулою

$$M_{н.д.} = N_{год} / П \quad (4.2)$$

де  $N_{год}$  – кількість вантажу, який перевозять за одну годину, т/год;

$П$  – продуктивність обладнання за годину, т/год.

## 4.5. Організація енергетичного забезпечення

**Структура енергетичного господарства.** Для безперерйного постачання підприємства різними видами енергії організують енергетичне господарство, у такому складі: електросилове господарство, теплосилове господарство, газове господарство, зв'язок і ремонтна служба енергообладнання (рис. 4.3).

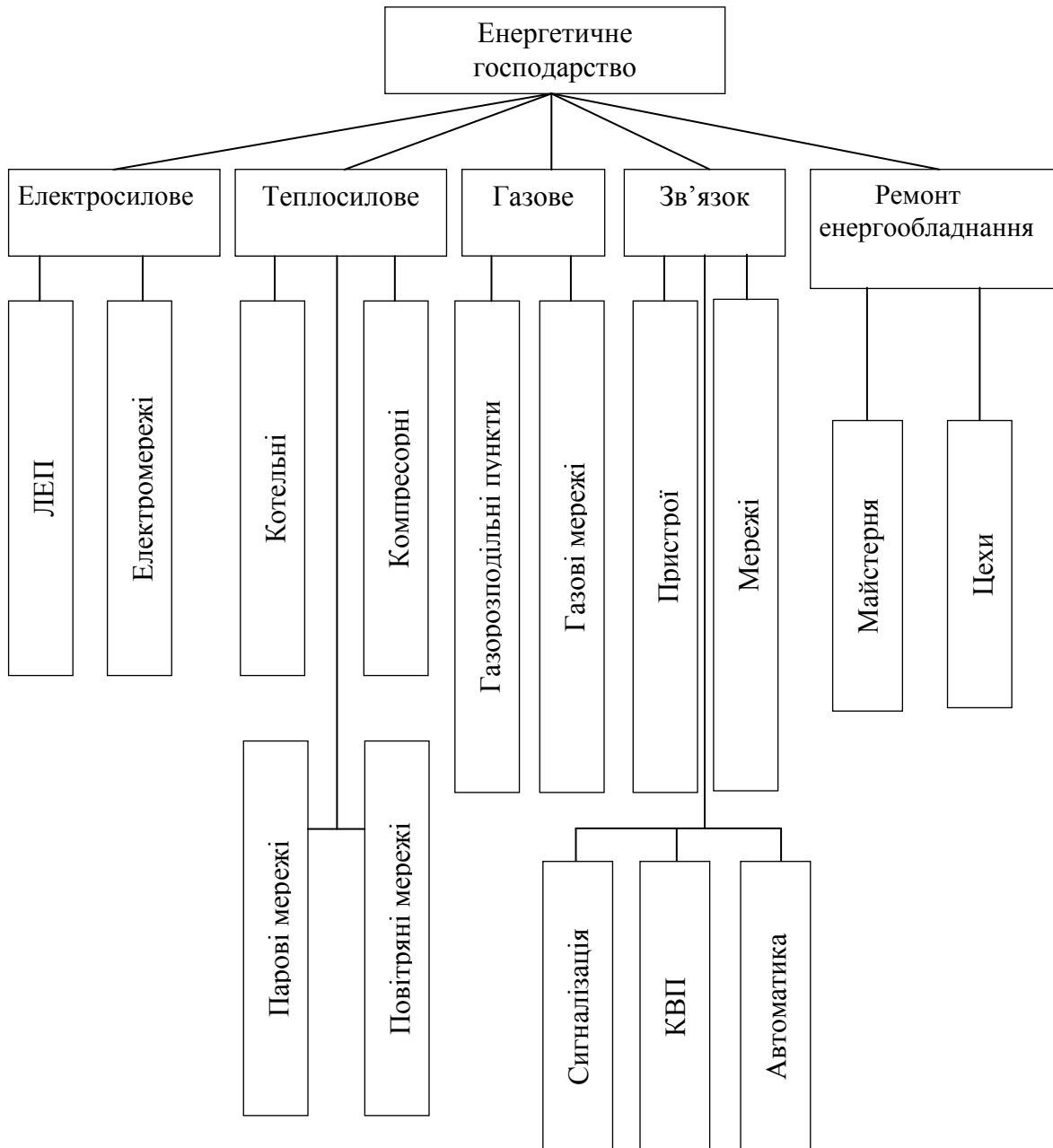


Рис. 4.3 Структура енергетичного господарства

Організаційно енергетичне господарство залежно від розмірів підприємства об'єднують в один енергетичний цех або поділяють на окремі цехи (ділянки). Керує енергетичним господарством відділ головного енергетика. На невеликих підприємствах енергопостачання очолює один із заступників головного механіка – інженер-енергетик.

**Енергетичні баланси.** Забезпечення підприємства різними видами енергії ґрунтується на енергетичних балансах: перспективних, планових і звітних. Баланси складаються на окремі види енергії і загальні.

Електропостачання підприємства ґрунтується на **річному електричному балансі**, у якому відображено всі джерела надходження енергії на підприємство і всі напрями її витрат. Для зниження нерівномірності споживання електроенергії розробляють заходи з регулювання графіків навантаження.

Потребу в електроенергії для технологічних споживачів і двигунів  $E_g$ , кВт·год розраховують за залежністю

$$E_g = \sum F \cdot K_{II} \cdot B. \quad (4.3)$$

де  $F$  – встановлена потужність електроспоживачів, кВт;  $B$  – кількість годин використання її максимуму, год;  $K_{II}$  – коефіцієнт попиту,  $K_{II} = 0,3$  (для заводів залізобетонних конструкцій).

Витрату освітлювальної електроенергії,  $E_0$ , кВт·год, визначають, виходячи з нормальної освітленості, кількості ламп,  $n$ , їхньої потужності  $f$ , Вт, і кількості годин світіння  $B_0$ :

$$E_0 = \sum nf \cdot B_0 / 1000. \quad (4.4)$$

**Теплопостачання підприємств.** Теплопостачання підприємств будівельних виробів і конструкцій організують на підставі річних балансів теплової енергії. Кількість теплоти для виробництва окремих видів продукції або для окремих агрегатів розраховують за нормами її витрати на одиницю продукції або на 1 год роботи агрегата:

$$Q_i = \sum H_i \cdot n_i \quad (4.5)$$

де  $Q_i$  – витрата тепла на продукцію  $i$ -го типу;  $H_i$  – норма витрати тепла, Гкал, на продукцію  $i$ -го типу;  $n$  – кількість одиниць продукції (або годин роботи агрегата).

У загальній витраті теплоти враховують також втрати тепла в мережах і в перетворюваних пристроях.

**Енергоозброєність виробництва.** Вдосконалення технологій, підвищення рівня механізації й автоматизації виробництва сприяють зростанню його **енергоозброєності**, яка характеризується коефіцієнтом електроозброєності праці  $K_{np}$  й електроозброєності робітників  $K_p$ :

$$K_{np} = E_{\phi} / H_{\phi} \quad (4.6)$$

$$K_p = F_y / P_{\max} \quad (4.7)$$

де  $E_{\phi}$  – фактична кількість спожитої енергії, кВт· год;

$H_{\phi}$  – фактична кількість годин, відпрацьованих робітником;

$F_y$  – потужність установлених двигунів і апаратів, кВт;

$P_{\max}$  – чисельність робітників в найбільш завантаженій зміні.

#### **Напрями раціоналізації енергопостачання підприємств.**

Головними напрямками раціоналізації енергопостачання є такі:

- ліквідація прямих втрат енергії (стан мереж, теплоізоляція та ін.);
- раціональний вибір теплоносіїв (пара, гаряча вода тощо);
- вдосконалення технологічних процесів (добавки і т.п.);
- інші організаційно-технічні заходи (люмінесцентні лампи, контрольно-вимірювальні пристрої, заохочення до ощадливості тощо).

**Показники діяльності енергетичного господарства.** Ряд показників характеризують діяльність енергетичного господарства:

- показники, які характеризують загальну систему енергопостачання виробництва (коефіцієнт централізації енергопостачання, коефіцієнт електрифікації виробництва);
- показники виробництва енергії (вироблення електроенергії, теплової енергії, пари, повітря і т. п.);
- показники енергоспоживання (питомі витрати енергії, установлена потужність двигунів, пікова потужність,  $\cos \phi$ );
- економічні показники (собівартість одиниці енергії, показники продуктивності праці енергетичних цехів).

## 4.6. Організація забезпечення якості продукції

**Організація забезпечення якості на підприємстві.** Кожен виріб є носієм різних властивостей, що характеризують його корисність для задоволення певних потреб людини.

Якість – це сукупність характеристик об'єкта, що свідчать про його здатність задовольняти визначені й гадані потреби.

*Для оцінювання якості продукції найбільш важливими показниками є такі:*

- надійність – властивість виробу виконувати свої функції з дотриманням експлуатаційних показників у встановлених межах протягом відповідного часу. Кількісно цей показник характеризується часом експлуатації без ремонту;
- довговічність – властивість виробу тривалий час не втрачати своєї експлуатаційної придатності в тих чи інших умовах експлуатації, її оцінюють двома показниками – строком служби (календарною тривалістю експлуатації до певного граничного стану) і технічним ресурсом (можливим напрацюванням у роках);
- ремонтпридатність – можливість швидкого виявлення й усунення руйнувань;
- дотримання належного рівня якості продукції та виробництва – це провідна функція в системі організації виробничої діяльності на підприємстві.

Під *забезпеченням якості* розуміють сукупність заходів, що їх планують і систематично виконують для впевненості в тому, що продукція підприємства задовольняє визначені вимоги до її якості.

Якості продукції досягають сумісною діяльністю всіх структурних підрозділів, служб і відділів підприємства. Оскільки характер роботи, виконуваної різними підрозділами, службами та відділами, суттєво різниться між собою, то для кожного з них можна використовувати певний набір показників якості.

**Організація контролю якості на підприємстві.** *Система контролю якості продукції* – це сукупність методів і засобів контролю й регулювання компонентів, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, наукових, дослідно-конструкторських

робіт та виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

*Контроль можна класифікувати так:*

- за стадією життєвого циклу;
- за об'єктом контролю – предмет праці, засоби виробництва, технологія, організація процесів, умови праці, власне праця, оточення, параметри інфраструктури, документація, інформація;
- за стадією виробничого процесу – вхідний, операційний, контроль готової продукції, транспортування та зберігання;
- хто виконавець (контролю) – самоконтроль, контроль майстра, відділ технічного контролю, державний, оглядовий або з використанням пристроїв чи обладнання;
- за методом контролю – руйнівний і неруйнівний;
- за способом прийняття рішення – активний (запобіжний) і пасивний (за відхиленнями) контроль;
- за режимом контролю – посилений (прискорений) та нормальний;
- за формою механізації – ручний, механізований, автоматизований і автоматичний;
- за строками виконання – попередній, поточний, завершальний;
- за способом отримання й оброблення інформації – розрахунково-аналітичний, статистичний та реєстраційний контроль.

На будь-якому підприємстві однією з основних функцій організації виробництва є *технічний контроль якості продукції* – перевірка дотримання технічних умов і вимог, які ставлять до якості продукції на всіх стадіях її виготовлення, а також виробничих умов і факторів, від яких залежить належна якість.

Технічний контроль є комплексом взаємопов'язаних контрольних операцій, виконуваних згідно з установленим порядком.

*До загальних принципів раціональної організації технічного контролю належать такі:*

- технічний контроль повинен охоплювати всі елементи і стадії виробничого процесу;
- техніка, методи й організаційні форми контролю мають бути

цілком відповідні особливостям техніки, технології й організації виробництва;

- ефективність раціональної організації технічного контролю слід обґрунтовувати відповідним економічним розрахунком;
- система контролю має чітко й виважено розподіляти обов'язки і відповідальність між окремими виконавцями та різними підрозділами підприємства;
- система контролю має ґрунтуватися на ефективних методах статистичного контролю якості.

*Залежно від конкретних завдань, які поставлені перед технічним контролем, розрізняють такі його види:*

- *профілактичний* – метою якого є запобігання появі браку в процесі виробництва продукції;
- *приймальний* – виконуваний з метою виявлення та вилучення браку;
- *комплексний* – вирішує обидва завдання: профілактику і приймання;
- *спеціальний* – метою якого є спеціально визначені окремі завдання (наприклад, інспекційний контроль, контроль експлуатації виробів).

*Методи технічного контролю якості:*

- контроль налагоджування;
- інспекційний контроль;
- статистичні методи контролю;
- вибірковий або повний контроль;
- статистичний аналіз технологічного устаткування, якості продукції та ін.

*Контроль також поділяють за вимірюваними параметрами:*

- контроль геометричних розмірів і форм;
- контроль зовнішнього вигляду та документації;
- контроль фізико-механічних властивостей матеріалів, напівфабрикатів тощо.

*Залежно від ступеня охоплення виробничих операцій розрізняють:*

- поопераційний контроль;
- груповий контроль, виконуваний після декількох операцій.

За місцем виконання контрольні операції поділяють так:

- стаціонарні;
- нестаціонарні, виконувані безпосередньо на робочих місцях.

Завдання технічного контролю:

- планування і практичне застосування всіх процедур та інструментів системи управління якістю на підприємстві, що безпосередньо стосуються виробництва продукції;
- постійне дотримання циклу («планування – виконання – перевірка – реакція») на всіх рівнях виробництва;
- установлення якості готової продукції;
- запобігання впливу імовірнісних і суб'єктивних факторів на якість продукції, що випускається;
- дотримання встановленого технічного режиму.

Виконання цих завдань реалізується через систему основних функцій технічного контролю (рис. 4.4.)

Вибір об'єктів контролю залежить від стадії, на якій перебуває життєвий цикл продукції, відповідний основним етапам. Тобто це може бути контроль якості планів, виконання досліджень, проектування, виробничого процесу тощо.



Рис. 4.4. Групи основних функцій технічного контролю якості у виробничих підрозділах на підприємстві

На стадії безпосереднього виробництва об'єктами виробничого контролю повинні бути:

- якість сировини, напівфабрикатів, енергоресурсів і товарної продукції;
- параметри технологічного режиму.

Практичну функцію технічного контролю у виробничих підрозділах виконує служба технічного контролю підприємства. Узагальнену схему організаційної структури цієї служби відображено на рис. 4.5.

До основних складових відділу технічного контролю належать такі:

- а) відділ зовнішнього контролю виконує вхідний контроль усієї сировини, матеріалів, ресурсів, що їх використовує підприємство;
- б) ВТК експлуатації обладнання разом із технічним відділом ведуть облік, аналіз відхилень і фактів браку продукції, збоїв обладнання, причини їхнього виникнення, розробляє поточні заходи для їхнього усунення й запобігання;

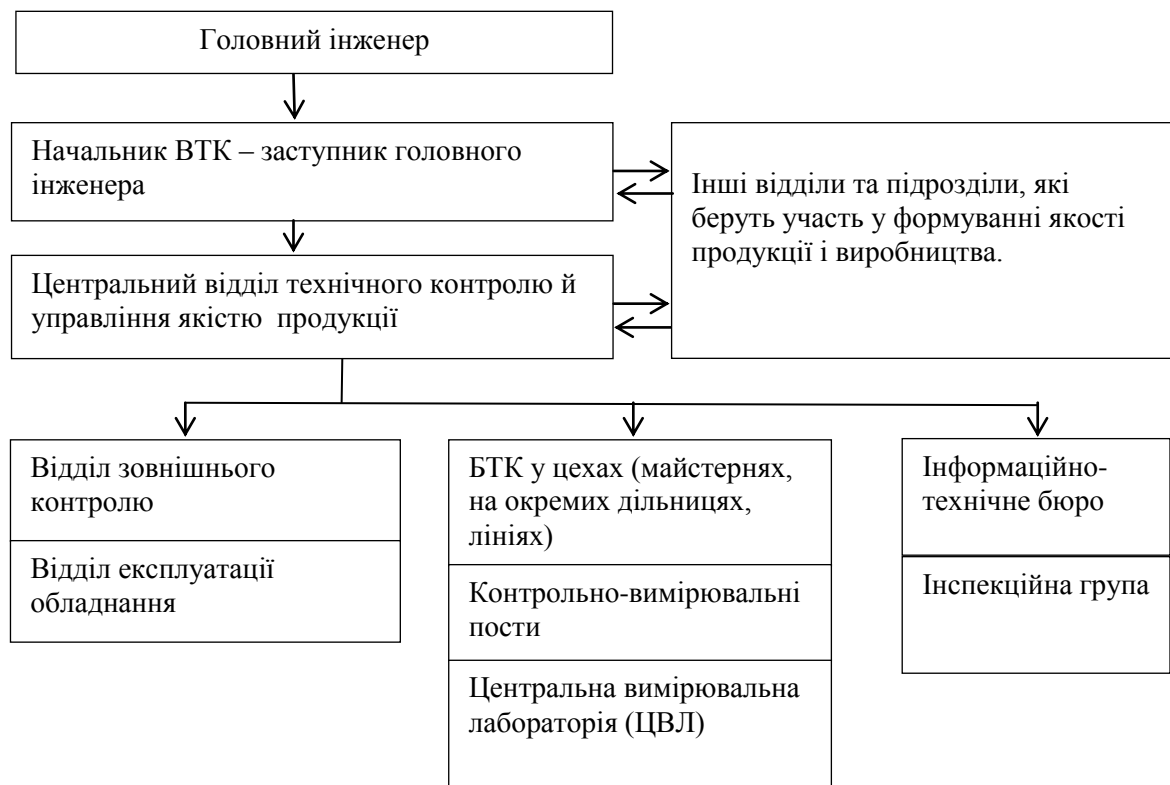


Рис. 4.5. Узагальнена схема організаційної структури відділу технічного контролю (ВТК) на підприємстві – відділ технічного контролю

в) відділ технічного контролю в цехах виконує основну роботу з операційного (проміжного) та вхідного (приймально-здавального) контролю продукції перед її відправленням в інші цехи або на склад;

г) центральна вимірювальна лабораторія разом із контрольно-вимірювальними постами в цехах і на дільницях виконує всю поточну роботу з організації контролю та управління якістю виробництва на робочих місцях.

#### **4.7. Організація природоохоронного забезпечення виробництва**

**Система водопостачання підприємства.** Система водопостачання підприємства являє собою комплекс інженерних споруд, призначених для отримання води з природних джерел, її очищення, транспортування і подавання споживачу. Водогони за призначенням поділяють на господарсько-питні, виробничі (технологічні) і протипожежні. Господарсько-питні і протипожежні водопроводи можуть бути об'єднані в єдину систему.

Важливим завданням з експлуатації систем водопостачання є зменшення втрат води, що не тільки сприяє ефективному використанню дефіцитної і дорогої води, а й перешкоджає підвищенню рівня ґрунтових вод на території підприємства.

*Основні заходи для запобігання втратам води:*

- надійний монтаж водогінної системи, особливо з'єднань;
- систематичний контроль за станом мережі;
- планово-запобіжний ремонт водогінної мережі;
- суворе дотримання встановленого регламенту тиску в системі.

**Система каналізації.** Система каналізації підприємства складається з інженерних споруд для збирання забруднених стічних вод, їхнього очищення, знезараження, знешкодження і виведення забруднень за межі підприємства (рис. 4.6).

Відповідно до складу води розрізняють дощову (повеневу), виробничу (технологічну) і господарсько-побутову каналізації.

Для нормальної роботи каналізаційної мережі періодично виконують її профілактику й аварійне очищення. Важливе значення має також суворе дотримання запроєктованого режиму роботи каналізації. Всі види стічних вод, їхня кількість, вміст домішок повинні бути відповідні регламенту каналізаційної мережі.

Скорочення витрат води і зменшення шкідливих стоків досягають завдяки застосуванню замкнутої оборотної системи водопостачання без скидання стічних вод у водоймища. Частина стічних вод від технологічних установок підприємства 3 надходить в систему локального оборотного очищення 4, друга частина (умовно чисті води) – охолоджується і повертається у виробництво через вузол оборотного енергопостачання 1. Решта води проходить механічне 4, а потім фізико-хімічне очищення 8, хімічне очищення 9 або біологічне 10 очищення. Очищені води надходять у вузол додаткового очищення 5, а з нього – у вузол оборотного водопостачання 1, звідки повертаються у виробництво, замикаючи таким чином цикл. Періодично в систему вводять воду для підживлення. Відходи, які не використовують у виробництві, відводять у відвали, але не скидають у водоймища.

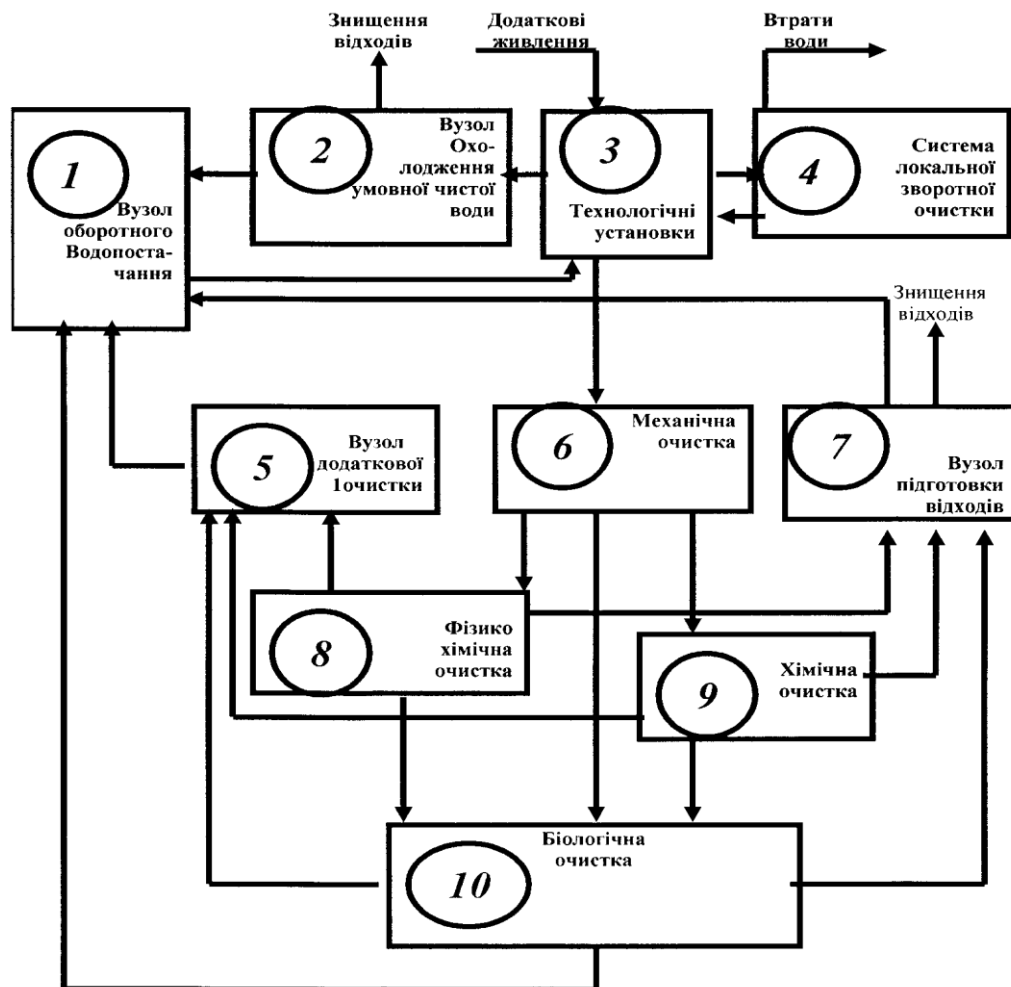


Рис. 4.6. Схема замкнутої оборотної системи водопостачання підприємства

**Організація охорони довкілля.** Виробнича діяльність підприємств супроводжується утворенням відходів, які попадають в навколишнє середовище.

Центральним органом державного управління в галузі охорони природи і використання природних ресурсів є Державний комітет з охорони природи, який керує органами цього комітету в областях, районах, містах. Органи Держкомприроди мають право забороняти будівництво, реконструкцію або розширення об'єктів, призупиняти роботу підприємств, висувати їм позови у разі порушення природоохоронного законодавства.

На великих підприємствах організують спеціалізовані відділи з охорони природи, які складаються з підрозділів нейтралізації й очищення промислових стічних вод, водопостачання, каналізації і вентиляції. Очолює такий відділ начальник на правах заступника головного інженера підприємства.

*Природоохоронні заходи на підприємстві здійснюються в таких напрямках:*

- а) зменшення забруднення повітря;
- б) охорона і раціональне використання водних ресурсів;
- в) охорона і раціональне використання земельних ресурсів (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Структура природоохоронних заходів на підприємстві

*Заходи з охорони навколишнього середовища мають важливе соціально-економічне значення, що на різних рівнях справляє позитивний ефект:*

а) первинний, який полягає в зниженні негативного впливу на навколишнє середовище і покращення його стану завдяки зменшенню об'ємів забруднень і концентрації шкідливих речовин в атмосфері, воді і ґрунті, збільшенні площі придатних для використання земель, зниженні рівня шуму, вібрацій та ін.;

б) кінцевий (комплексний соціально-економічний), який проявляється у підвищенні рівня життя населення, ефективності суспільного виробництва і в збільшенні національного багатства країни.

*Економічний ефект від заходів із запобігання забрудненню повітряного і водного середовища визначають за формулою*

$$E_c = E_{o,n} + E_{я,n} + E_{сз.в} + E_{\phi} + E_{\delta,n} + E_{p,p} - Z_{з.в} - E_n \cdot K_m - C_0 \quad (4.7)$$

де  $E_{o,n}$  – ефект оздоровлення населення (продуктивність праці, лікарняні);

$E_{я,n}$  – ефект від підвищення якості продукції (чисте повітря і вода для технологічних процесів);

$E_{сз.в}$  – ефект від підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва (чисте повітря, вода, земля);

$E_{\phi}$  – ефект від підвищення ефективності основних виробничих і не виробничих фондів завдяки збільшенню строку їхньої служби;

$E_{\delta,n}$  – ефект від виготовлення додаткової продукції (менші викиди в атмосферу);

$E_{p,p}$  – ефект від впровадження раціональних технічних рішень (концентрація енергоносіїв);

$Z_{з.в}$  – затрати, пов'язані зі знищенням відходів (вивезення, спалювання, переробка);

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в охорону навколишнього середовища;

$K_m$  – капітальні вкладення на виконання заходів з охорони навколишнього середовища;

$C_0$  – річні поточні витрати на експлуатацію очисних споруд.

### **Контрольні запитання**

1. На прикладі конкретного підприємства охарактеризуйте і визначіть раціональність його виробничої структури; опишіть за допомогою графової моделі виробничі зв'язки між об'єктами виробничого комплексу.
2. На прикладі генерального плану якого-небудь підприємства виділіть

- виробничу, господарську і передзаводську зони; оцініть відповідність генерального плану вимогам до його проектування.
3. Поясніть, чим схожі та чим відрізняються виробничий потенціал і виробнича потужність підприємства.
  4. Охарактеризуйте вплив основних факторів на величину виробничої потужності підприємства.
  5. Порівняйте класичну систему матеріального забезпечення підприємства з японською «напевно своєчасно».
  6. Поясніть, як, організуючи виробництво, слід брати до уваги спрацьованість устаткування.
  7. Покажіть, як схеми внутрішньозаводських вантажоперевезень впливають на рівень організації виробництва.
  8. Розгляньте проблему енергозабезпечення відносно конкретного підприємства.
  9. Визначіть місце проблеми якості виробництва в комплексі завдань з його організації.
  10. На прикладі конкретного виробництва будівельних конструкцій, виробів або матеріалів проаналізуйте екологічні проблеми і їхнє врахування під час організації виробничих процесів.

#### Список літератури

1. *Антоненко Г.Я.* Організація виробництва і управління підприємством будівельних конструкцій, виробів і матеріалів : підручник / Г.Я. Антоненко, А.А. Майстренко, Н.О. Амеліна та ін. – Київ: Основа, 2015. – 376 с.
2. *Галушак М.П.* Навчальний посібник для виконання практичних завдань та самостійного вивчення дисципліни «Організація виробництва». / М.П. Галушак, Г.Б. Машлій, О.Б. Гевко. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – 139 с.
3. *Дикань В.Л.* Організація виробництва: підручник / В.Л. Дикань, В.О. Маслова. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 422 с.
4. *Організація виробництва* : підручник / за ред. А.І. Яковлєва, С.П. Сударкіної, М.І. Ларки. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – 436 с.
5. *Прохорова В.В.* Організація виробництва : навч. посіб. / В.В. Прохорова, О.Ю. Давидова. – Харків : Вид-во Іванченка І.С., 2018. – 275 с.
6. *Круш П.В.* Організація виробництва : навч. посіб. / П.В. Круш та ін. – Київ: Каравелла, 2023. – 552 с.
7. *Козик В.В.* Організація виробництва : підручник / В.В. Козик, А.С. Гавриляк – Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2020. – 256 с.

Навчальне видання

**Майстренко Алла Анатоліївна,  
Амеліна Наталія Олексіївна,  
Бердник Оксана Юріївна та ін.**

# **Організація та управління хімічними підприємствами**

У ДВОХ ЧАСТИНАХ

*Частина 1*

Редагування та коректура *Г.В. Кобриної*  
Комп'ютерне верстання *Д.С. Виноградової*

Підписано до друку 26.09.2025. Формат 60 84 1/168  
Ум. друк. арк. 10,69. Обл.-вид. арк. 11,5.  
Тираж 25 прим. Вид. № 18/І-25. Зам. № 18/1-25.

Видавець і виготовлювач:  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002

