

М.В. Остапчук  
Л.В. Сердюк  
Л.К. Овсянникова

# СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЙ

*Затверджено  
Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів  
вищих навчальних закладів*



Київ – 2007

УДК 621.1(075.8)  
ББК 30.6я73  
О-76

*Гриф надано  
Міністерством освіти і науки України  
(лист №1.4/18-Г-1153 від 21.11.2006 р.)*

Рецензенти:

**Деречин В.В.** – доктор економічних наук, професор, академік Міжнародної інженерної академії, завідувач кафедри економіки організації та обліку Одеського державного економічного університету;

**Богомолів О.В.** – доктор технічних наук, завідувач кафедри механізації переробки та зберігання сільськогосподарської продукції Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка;

**Хреновський Є.І.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри виноградарства та виноробства Одеського державного аграрного університету.

Остапчук М.В., Сердюк Л.В., Овсянникова Л.К.  
О-76 Система технологій. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 368 с.

ISBN 978-966-364-498-1

Викладено технологію як складову економіки та суспільства, закономірності технологічного розвитку у відповідності з розвитком суспільства. Визначено принципи виготовлення виробів та вибір технологічних систем із урахуванням нормативних показників якості готових виробів, можливостей їх збуту, економічних вимог, екологічних умов з метою забезпечення населення продуктами споживання.

Вперше викладено закономірності та перспективи пріоритетного розвитку технології, принципи керування технологічними процесами, економічні методи оцінки якості та рівня розвитку технології, принципи та приклади визначення затрат сировини, палива, енергії, води та інших складових на виробництво харчових продуктів.

Для студентів, що навчаються за спеціальностями харчових технологій економічного напрямку, всіх фахівців, що мають відношення до харчової технології.

ISBN 978-966-364-498-1

© Остапчук М.В., Сердюк Л.В.,  
Овсянникова Л.К., 2007

© Центр учбової літератури, 2007

## ВСТУП

Згідно зі структурно-логічною схемою освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за напрямом 7.050201 «Менеджмент організацій», а також 7.050107 «Економіка підприємств» і 7.050106 «Облік та аудит» передбачено вивчення нормативної дисципліни ПЗ8 «Системи технологій», затвердженої науково-методичною радою Міністерства освіти і науки України.

Останнім часом було видано значну кількість навчальних посібників, у числі яких три навчальних посібника українською мовою. Всі видання охоплюють окремі складові нормативної програми дисципліни «Системи технологій». Одним із співавторів трьох навчальних посібників є М.В. Остапчук (*Остапчук М.В., Рибак А.І.* Система технологій (за видами діяльності). – ЦУЛ, 2003. – 888 с.; *Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І.* Технологія харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2003. – 576 с.; *Стабников В.Н., Остапчук Н.В.* Общая технология пищевых продуктов. – К.: Вища школа, 1980. – 327 с.).

Найбільшої уваги в цих виданнях приділено опису технологічних ліній, виготовленню окремих промислових виробів та їх характеристик, але недостатньо висвітлено питання, що стосуються загальних принципів оцінки якості та перспектив розвитку технології промислових виробів за техніко-економічними показниками та витратами на виробництво. Не було приділено також достатньої уваги економічним основам технологічного розвитку, розгляду принципів такого розвитку, а також економічним проблемам технологій, принципам визначення витрат на здійснення найбільш поширених типових технологічних операцій (перемішування, нагрівання, охолодження, зневоднення тощо), тобто тим питанням, які передбачено розділами 2, 3, 4 і 5 нормативної програми. Тобто підручника, як такого, що відбиває всі положення нормативної програми дисципліни «Системи технологій», досі не існувало.

У відповідності з нормативною програмою дисципліни «Системи технологій» основною метою її викладання є формування та засвоєння студентами економічних основ технологічного розвитку, визначення місця технологій в економічній системі суспільства, а також рівня розвитку технологій як пріоритетного напрямку

забезпечення соціальних потреб населення та підвищення його життєвого рівня.

Після вивчення дисципліни студент повинен знати принципи економічної доцільності вироблення певного продукту або досконалості й ефективності технологічного процесу та вміти їх визначити в грошовому виразі.

У зв'язку з цим укладачі підручника пропонують такий його зміст, що повністю відповідає нормативній програмі дисципліни.

Підручник складається із семи розділів.

У першому розділі наведено технологічні системи в Україні, зв'язки між окремими галузями промисловості, зв'язок розвитку економіки з технічним прогресом, описані перспективні технологічні засоби, мікрохвильова техніка, нанотехнології та генна інженерія.

Другий розділ присвячено закономірностям розвитку технології, зв'язкам між технічними та економічними циклами розвитку та прогнозованому розвитку технології.

У третьому розділі викладено теоретичні засади технології, основні складові пріоритетного розвитку технології, типові та прогресивні технологічні процеси, пріоритетні напрями розвитку науки і техніки в Україні. Приділено увагу новим сучасним технологічним процесам, наведено приклади визначення витрат сировини, палива, енергії, води, повітря та інших складових (допоміжні матеріали тощо) на виробництво товарів.

Четвертий розділ висвітлює основи управління сучасними напрямами розвитку технології, принципи автоматичного та автоматизованого управління виробництвом, підготовки (проекування) сучасного виробництва, особливості гнучких технологічних систем та принципи науково-технічної підготовки (проекування) технологічних ліній.

У п'ятому розділі розглянуто економічні методи оцінки якості та рівня розвитку технології, методика визначення вартісного рівня технології за методом «витрати–ефективність», а також методологію комплексного управління якістю та забезпечення безпеки продукції за національними та міжнародними стандартами.

Шостий розділ присвячено питанням оцінки та вибору технологічних рішень, принципам стандартизації та метрології, формування показників якості за національними та міжнародними

стандартами. Приділено належну увагу оптимальним показникам якості та показникам безпеки продукції (УкрСЕПРО).

У цьому розділі викладено галузеві особливості технології харчових продуктів України, зумовлені властивостями сировини, хімічного складу харчових продуктів, пов'язані з проблемами екологічної безпеки, енергоефективністю тощо.

## **Розділ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ**

### **1.1. Технологія як складова економіки і суспільства**

Технологія є складовою суспільства і забезпечує його споживчими цінностями (потребами), які формує і узагальнює політика, тобто владні структури. Провідником і регулятором переміщень матеріальних і духовних цінностей (потреб) в умовах глибокого поділу праці є економіка, яка відіграє виключну роль у розвитку продуктивних сил суспільства. У зв'язку з цим технологія тісно пов'язана з природознавством, технікою, економікою та управлінням. Техніка і технологія у розвитку суспільства відіграють суттєву роль, оскільки зміни в технології позначаються на продуктивності праці, що зрештою впливає й на виробничі відносини. Тобто рівень розвитку технології забезпечує певний рівень життєзабезпечення населення (економіка) і рівень взаємовідносин населення з владою (політика). Розвиток економіки має змінний характер, тобто відповідає життєвому циклу біологічних систем (зародження, розвиток, зрілість, смерть).

Технологію розглядають як сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, форми сировини, матеріалу чи напівфабрикату, які використовуються у процесі виробництва для одержання готової продукції. Поняття або термін «технологія» з'явилися наприкінці XVIII – початку XIX століття. До цього часу замість терміна «технологія» вживали терміни «ремесло», «діло», «мистецтво» тощо. До появи терміна «техніка» в Росії (до 1862 року) вживали термін «знаряддя» (орудие) як належність його до виробництва. Технікою стали називати в основному матеріальні носії праці, і цей термін став самостійним.

Таким чином, в сучасному розуміння технологія почала розглядатися як майстерність і наукова дисципліна в середині XIX століття. Цьому значно сприяла поява ряду наукових та технічних винаходів: удосконалення парового двигуна, винахід двигуна внутрішнього згорання, дизельного двигуна, широкої серії

електродвигунів, холодильників, парових та газових турбін тощо, що справило значний вплив на розвиток технології. Не менш важливим було впровадження наукової системи організації праці, або науково обґрунтованої системи управління виробництвом, родоначальником якої став американський інженер Ф. Тейлор.

Будь-яка технологія розглядається як цілеспрямована діяльність або як сама праця, предмет праці, засоби праці, які економісти називають засобами виробництва. Поєднання праці з предметом і засобами праці складає зміст будь-якого технологічного процесу.

Людство, або цивілізація, було сформовано не владними структурами, а тими, хто створив колесо, сокиру, плуг, двигун, хто знайшов злаки, слідкував за зірками, відкрив залізо, радіохвилі, тощо. Владні структури в залежності від їх відповідності потребам суспільства або сприяли розвитку цивілізації або заважали йому.

Технологія є складовою цивілізації, тобто такого історично конкретного стану суспільства, що характеризується не тільки духовною культурою, а й матеріальною – засобами праці і технологією.

Якщо розглядати суспільство системно, то можна визначити його як ієрархічну систему, що складається із складових нижчого рівня.

Як відомо, під системою розуміють певну множину елементів заданої природи, що мають певну цілісність. За природою розрізняють матеріальні та абстрактні системи. До матеріальних систем відносять системи неорганічної природи, фізичні, хімічні, геологічні та живі системи – організми, популяції, екосистеми. Особливі класи систем становлять родина, організація. До соціально-економічних систем суспільства належать регіони, держава. Абстрактними системами вважають гіпотези, теорії, наукові знання, мовні системи, логічні системи тощо.

За походженням системи поділяють на природні, штучні та змішані. Природні системи виникають внаслідок природних процесів, штучні – створені людиною. З точки зору технології будь-яке підприємство є штучною системою, створеною людиною як засіб для досягнення певної мети або надання певних послуг, виготовлення певного товару із заданими властивостями.

Підприємство – складна система, що складається із елементів або підсистем і є соціотехнічною системою, до якої входять тех-

ніка (механізми, машини, устаткування, обладнання) та індивідууми і колективи, пов'язані з роботою цієї системи.

Соціальна система – складно організована упорядкована цілісність, що об'єднує окремі індивідууми і соціальні спільноти, пов'язані різноманітними зв'язками і взаємовідносинами.

Економічні системи – це сфери функціонування продуктивних сил і виробничих відносин. Закон товарного виробництва, або закон вартості, є регулятором суспільного виробництва та розподілу суспільних ресурсів. Згідно із законом вартості індивідуальні витрати на виробництво будь-якого товару дорівнюють суспільно необхідним, а при розширенні виробництва досягається прибуток. Згідно із тим же самим законом виробник не може і не має права вибирати: виробляти чи не виробляти товари, знижувати чи не знижувати витрати на виробництво, впроваджувати чи не впроваджувати нову техніку і технологію, поводитись на ринку активно або пасивно. Він повинен виробляти, знижувати витрати, впроваджувати нову техніку і технологію, активізувати свою діяльність на ринку.

Таким чином закони економіки змушують розвивати та удосконалювати техніку і технологію, яка є складовою економіки або економічної системи.

Поняття «система» походить від грецького поняття «складене» і тлумачиться як група різноманітних предметів, створених штучно чи природно таким чином, що вони утворюють єдине ціле, діють узгоджено і підкоряються певним формам управління (керування).

Технічна система визначається як об'єкт, складений із матеріальних тіл (споруд, машин), або як процес і складається з дій (операцій), пов'язаних у систему, яка визначає мету функціонування. Основними властивостями системи є цілісність, структурність, множинність опису.

Технологію можна розглядати і як сукупність або систему дій чи процесів, призначених для зміни або утворення нових властивостей (характеристик) будь-якого об'єкта (подрібнення, гранулювання, нагрівання, тощо). Ці дії здійснюються машинами і апаратами. Машина, на відміну від апарата, призначена для перетворення енергії в корисну роботу за допомогою робочих органів.

Якщо будь-яка технічна система удосконалюється досить швидко внаслідок якого-небудь зрушення (відкриття, винахід), то економічні і соціальні системи дуже інерційні, тобто технічні удосконалення впливають на соціальний стан із значним запізненням.

Розвитком технологій можна вважати безперервний процес удосконалення машин, механізмів, приладів, пристроїв у різних галузях промисловості, які спрямовані на полегшення умов праці, підвищення продуктивності, зручності, комфорту тощо.

Революційні зрушення в технології відбуваються не так часто, але вони докорінно змінюють майже всі технологічні процеси і впливають на підвищення продуктивності в усіх галузях світового господарства та на виробництво нових товарів та послуг. У давні часи це були винаходи видобування вогню, колеса, водяного млина, а потім парового двигуна, двигуна внутрішнього згорання, холодильних установок, електричних генераторів, виробництво штучного каучуку тощо. Значний вплив на техніку і технологію виробництва справило удосконалення технології чавуну і сталі. Наприклад, виробництво сталі в Росії з 1870 року по 1900 рік збільшилось у 50 разів. Зрушення в технології дали себе знати при винайденні пороху, фотографії, телеграфу, телефону, залізниці тощо.

У XX столітті революційні зрушення відбулись з появою великих електростанцій, автомобілів, виробництва пластичних мас, обчислювальних машин тощо. Запропонована Г. Фордом технологія виробництва автомобілів на конвеєрі була перенесена в інші галузі промисловості.

Можна назвати революційні зрушення і в інших галузях промисловості, які призвели до їх корінного удосконалення. Показовими прикладами в цьому відношенні є застосування дифузійного апарату інженера Роберта (1865 рік) у цукровій промисловості, способу безперервного розливу сталі (винайдено в СРСР, а здійснено вперше в Японії).

Кожна галузь промисловості в Україні, як і в усьому світі, пов'язана з більшістю інших галузей матеріальними та іншими зв'язками. Наприклад, кожна галузь харчової промисловості має безпосередній зв'язок з виробниками сільськогосподарської продукції – зерна, фруктів, овочів, м'яса, молока тощо. Але поряд з цим харчова промисловість одержує цілий ряд допоміжних мате-

ріалів – тару, синтетичні плівки, полімерні матеріали, луги, кислоти, солі, папір, а також відповідне технологічне устаткування.

Зараз не можна уявити виробництво літака, автомобіля або іншої машини без наявності виробів як машинобудівного профілю (окремі матеріали, деталі, вузли), так і виробів інших галузей промисловості. Якщо розглядати техніку і технологію у світовому масштабі, то зараз неможливо налагодити крупномасштабне високоприбуткове виробництво без надійних міжнародних зв'язків.

Підсумовуючи викладене, можна сказати, що технологія як самостійна галузь знання в сьогоdnішньому розумінні виникла завдяки широкому машинному виробництву. Умовно технологію поділяють на механічну і хімічну, хоча в сучасній промисловості важко провести чітку межу між цими двома видами технології. Механічна технологія розглядає процеси, пов'язані із зміною фізичних властивостей та форми перероблюваних матеріалів, а хімічна – процеси, пов'язані з хімічними перетвореннями. Умовність такого поділу пов'язана з тим, що при всіх хімічних перетвореннях мають місце фізичні зміни, а зміна фізичних властивостей майже завжди пов'язана з хімічними, а деяких випадках – і з біохімічними перетвореннями.

Технологію у найбільш узагальненому вигляді розглядають як хімічну, яка дуже розгалужена і поділяється на технологію органічних і неорганічних речовин. Однією із стародавніх гілок технології органічних речовин є харчова. Харчова технологія була однією з перших технологій, а млин був першим харчовим підприємством. Однією з особливостей харчової технології є переробка сировини рослинного і тваринного походження. У зв'язку з цим помітну роль у харчовій промисловості відіграють біохімічні процеси.

## 1.2. Етапи та закономірності розвитку технології

У своєму розвитку технологія як наука пройшла чотири етапи або періоди. На першому, найбільш ранньому етапі хімічна технологія була зібранням рецептів та описів проведення окремих технологічних операцій без будь-якого строгого обґрунтування причин вибору того чи іншого способу переробки. Наука на цьому етапі мала описовий характер. Вибір технологічних операцій та послідовності їх виконання здійснювали тільки на основі порівняння різних варіантів (XVIII ст.).

На наступному, другому, етапі (початок XIX ст.), крім опису методів та технологічних засобів, розвиток технології характеризувався спробами аналізу фізико-хімічних явищ та обґрунтування причин, що визначають вибір технологічного засобу. Наука на цьому етапі мала якісний характер, який дозволяв визначити технологічні процеси на основі якісного аналізу без достатнього кількісного обґрунтування.

На третьому етапі розвитку технологія базується на знаннях про одиничні процеси, загальні для багатьох технологічних засобів у різних галузях хімічної та харчової технології. Одиничні процеси узагальнюють фізична хімія та процеси й апарати. Цей період характеризується більш строгим кількісним обґрунтуванням вибору технологічних засобів та режимів. З'явилась можливість розраховувати продуктивність, розміри, режими, потужність та інші характеристики машин і апаратів.

Третій – найважливіший – етап розвитку технології почався тоді, коли були винайденні вакуум-випарні апарати, ректифікаційні колонки, холодильні машини, електричні двигуни, фільтри безперервної дії, промислові способи адсорбції, екстрагування. На початку XX ст. в результаті узагальнення виробничого досвіду виконання окремих технологічних операцій виникла наука про процеси і апарати. У цей же час значним внеском у технологію можна вважати вдосконалення способів одержання низьких температур ( $-185^{\circ}\text{C}$ ), надвисокого тиску (200 МПа), виробництва сплавів, що мають високу хімічну стійкість, механічну міцність тощо.

У зв'язку із суперечністю вимог до машин та апаратів (наприклад, при мінімальних витратах енергії устаткування може мати дуже низьку потужність) їх характеристики на цьому етапі розвитку технології однозначно не визначились, тобто могли бути визначені тільки на основі досвіду та високої кваліфікації проєктантів.

Нарешті, на четвертому, сучасному, етапі розвитку технологія як наука використовує не тільки теоретичні основи процесів і апаратів, тобто теорію одиничних процесів, але й методи теорії систем, теорії оптимізації та математичне моделювання.

Теоретичні основи процесів і апаратів дозволяють визначити кінетичні закономірності, теорія систем дозволяє розглядати кінетичні закономірності на кожній технологічній операції, на кожній технологічній ділянці в сукупності та узгоджувати їх з позицій кінцевої мети функціонування всієї технологічної лінії. Теорія оптимізації дозволяє вибрати оптимальний, тобто найкращий в якомусь розумінні варіант технологічної операції, ділянки, лінії тощо, спираючись на методи математичного моделювання. Сукупність цих методів дозволяє вибрати таке поєднання технологічних операцій, яке забезпечує найменші витрати на одержання продукту заданої якості.

Звідси витікають такі важливі висновки, як те, що при аналізі діючої або при проєктуванні нової технологічної лінії необхідні знання не тільки фізико-хімічних основ явищ, які відбуваються в конкретній технології, методів визначення розмірів та режимів роботи процесів і апаратів, але й методів оптимізації, заснованих на математичному моделюванні та використанні обчислювальної техніки.

У зв'язку з широким впровадженням у технологію автоматичних і автоматизованих систем управління виникла необхідність вивчення явищ та одержання кількісної оцінки ще однієї сторони технологічних процесів – їх специфічних властивостей як об'єктів управління. Оскільки автоматизація можлива тільки на основі строгої формальної кількісної оцінки перехідних процесів та якості функціонування об'єктів управління, якості продукції, то з'явилась необхідність у розробці методів формалізації перехідних процесів. Це, у свою чергу, вимагає більш глибокого вивчення фізико-хімічних явищ, удосконалення принципів розра-

хунку процесів і апаратів тощо. Таким чином, широке впровадження автоматизації обумовлює також розвиток і удосконалення чисто технологічних засобів, методів і процесів, тобто сприяє розвитку технології як науки.

Зараз технологія перебуває на п'ятому етапі свого розвитку і може розглядатися як кібернетична інформаційна система, що узгоджує не тільки внутрішні проблеми технології (якість, собівартість продукції тощо), а й зовнішні – постачання сировини, збут продукції, поява конкурентів тощо.

Технологія як наукова дисципліна належить до числа прикладних галузей знання і кожна її галузь відрізняється від інших об'єктом, предметом і завданнями. Об'єктом технології є окремі технологічні операції, лінії та комплексні технологічні процеси виробництва різних виробів: тканин, металу, лугів, кислот, добрив, миючих засобів, борошна, хліба, м'яса, молока, цукерок, вина, консервів тощо.

Предмет технології можна розглядати як систему уявлень, категорій, принципів та законів синтезу (проектування) ефективних технологічних процесів, які склалися в технології в процесі її становлення і розвитку. До предмета технології належить віднести специфічні найменування процесів, продуктів та напівфабрикатів, методи визначення їхніх якісних та кількісних характеристик, конкретні прояви законів фундаментальних наук в технології, закономірності технологічних процесів (швидкість, рівновага та ін.), їх моделі (ідеальні об'єкти). Окремі поняття, що складають предмет технології, можуть бути використані й іншими науками, але тільки їх сукупність, зведена в систему, яка має системні, тобто найбільш загальні для технології ознаки з однакою способом їх вимірювання, і є предметом технології.

Технологія, як і будь-яка інша прикладна наука, є синтетичною (інтегральною, поліпредметною) і заснована на теоретичних засадах фундаментальних наук, які з'ясовують та описують окремі явища, що проявляються при виконанні технологічних операцій (теплообмін, хімічна реакція тощо).

Теоретичні основи технології включають параметричні, морфологічні (субстратні) та функціональні описи.

*Параметричний* опис властивостей, ознак та співвідношень не з'ясовує закономірності технологічних процесів, а тільки фіксує їх

(графічне чи інше зображення технологічної схеми, машини, апарата, характеристики потоків продукту та робочих агентів і т. ін.).

*Морфологічний* опис визначає взаємозв'язки властивостей, ознак і їх співвідношень кожної технологічної операції окремо. Це так звані зв'язки будови окремих елементів технологічної лінії. До морфологічного опису слід віднести статичні, кінетичні та інші закономірності якісного або кількісного характеру, за допомогою яких встановлюють технологічні режими і властивості окремих стадій виробничого процесу (технологічних операцій), та конструктивні параметри машин та апаратів.

*Функціональний* опис показує взаємозв'язки між технологічними операціями (елементами) технологічної лінії. Його може бути одержано експериментально або аналітично. Це зв'язки структури виробничого процесу.

Морфологічні та функціональні описи складають зміст будь-якої технології як науки, формалізують статичні, кінетичні та динамічні закономірності окремих стадій та всієї структури виробничого процесу, утворюють необхідні передумови для використання методів та законів фундаментальних наук, які описують окремі явища. Ця формалізація неможлива без спрощення (ідеалізації) об'єкта, відкинення неістотних для розв'язання даного завдання характеристик, тобто без побудови ідеальних об'єктів (моделей) технології.

Головна мета технології може бути досягнута тільки за наявності кількісної оцінки довершеності процесу та якості продукту. Одержати ці оцінки можна лише за допомогою сукупності методів з використанням трьох перелічених вище видів опису, що засновані на різних модельних уявленнях.

Отже, технологія користується двома типами моделей: ідеальні об'єкти фундаментальних наук, на базі яких сформульовано найбільш загальні закони та закономірності природознавчих наук, та ідеальні об'єкти власне самої технології, на базі яких складено морфологічні описи окремих стадій (технологічних операцій) та функціональні описи структури технологічних ліній.

Таким чином, основним методичним засобом технології як науки є визначення найбільш істотних зв'язків між параметрами окремих технологічних операцій та параметрами структури технологічної лінії (ідеалізація об'єктів), вибір відомих або розробка

нових засобів їх кількісної оцінки. Постачають ці методи фундаментальні науки, які створюють ідеальні моделі окремих явищ, що характерні для виробництва будь-якого продукту.

Створення ідеальних об'єктів окремих стадій усієї структури технологічної лінії (моделі другого та третього рівнів) – суто технологічна задача. Якщо механізм окремих явищ не встановлено або не описано, то відомі описи фундаментальних наук не дозволяють встановити необхідні зв'язки між окремими операціями технологічної лінії та параметрами кожної операції окремо. В такому разі морфологічні і функціональні описи встановлюють емпірично. Створення ідеальних об'єктів технології починають з ідеалізації параметричного опису, а потім морфологічного, який дозволяє встановити найбільш важливі істотні закономірності окремих стадій. Складаючи функціональний опис технологічної лінії, моделі розробляють, виявляючи найбільш істотні зв'язки між окремими стадіями, що впливають на вибрані показники якості технологічної лінії.

Великий російський вчений Д.І. Менделєєв так визначив завдання технології: «Роль хімії – вивчати одержання заліза із руд, а справа технології – вивчати вигідні для того способи, вибирати з усіх можливостей найбільш застосовну за вигідністю до даних умов часу й місця, щоб надати продукту найбільшу дешевизну при бажаних властивостях і формах» (Энциклопедический словарь изд. Брокгауза и Ефрона, т. XXXVIII, “Технология”, 1891). Цим визначенням Д.І. Менделєєв встановив взаємозв'язки між наукою фундаментальною (хімія) і наукою прикладною (технологія). Ці зв'язки більш ретельно викладені Д.І. Менделєєвим у його праці «Основы фабрично-заводской промышленности», виданій у 1897 році, яка започаткувала основи науки про технологію.

Технологією можна назвати галузь знання прикладного характеру, яка займається вивченням засобів виробництва продуктів, корисних людині, та може вибрати із цих засобів найбільш економічні й найбільш довершені відносно надання належної якості продукту, що виробляється.

Закономірності процесів сучасної технології засновані на загальних принципах термодинаміки та фундаментальних законах хімії, фізики, біології. При аналізі та синтезі сучасних технологі-

чних процесів широко використовують методи математики, економіки, теорії оптимізації, теорії управління та інших наук.

Таким чином, з одного боку, технологія – це сукупність засобів переробки сировини в готовий продукт, а з іншого – наукова дисципліна, яка розробляє та довершує ці засоби. Відповідно до цього основні загальні завдання технології полягають у тому, щоб забезпечити:

- найбільш можливо повне вилучення корисної речовини із сировини;
- задані або оптимальні (найкращі) властивості (якість) готового продукту;
- відсутність шкоди довкіллю в процесі виробництва;
- задані або оптимальні витрати енергії і коштів на виготовлення готового продукту;
- можливість управління технологічними процесами найбільш простими засобами;
- визначену або оптимальну надійність функціонування технологічних процесів.

Виходячи з наведеного визначення предмета і методів технології як науки, можна стверджувати, що її основною найбільш загальною метою є забезпечення потреб суспільства в одержанні потрібних людині виробів або послуг, які забезпечують належні умови життя.

Окремими частковими завданнями технології можуть бути:

- знайдення нових та найкраще використання існуючих видів сировини для одержання певних продуктів заданої якості;
- розробка найбільш доцільних засобів переробки сировини та напівфабрикатів;
- розробка засобів економного використання енергії, устаткування та виробничих площ;
- удосконалення існуючих та розробка нових засобів і пристроїв вимірювання, контролю та управління технологічними процесами;
- розробка нових та удосконалення існуючих методів кількісної оцінки якості технологічних процесів та апаратів;
- удосконалення методів моделювання технологічних процесів на основі теорії подібності, фізичних, математичних та інших моделей.

Найважливішою проблемою при аналізі та синтезі технологічних процесів будь-якої технології залишається одержання кількісних оцінок їх функціонування. Вибрати оптимальний варіант нового технологічного процесу або оптимальний варіант удосконалення існуючого, а також оптимальний метод розв'язання завдання можна тільки на основі кількісної оцінки. Оскільки кількісну оцінку технологічного процесу будь-якої технології можна одержати тільки вимірюванням або обчисленням, то вдосконалення методів кількісної оцінки повинно бути засновано головним чином на вдосконаленні принципів вимірювання та обчислень (складання математичних моделей).

Будь-яка технологічна лінія характеризується продуктивністю, тобто кількістю продукції, що виготовляється протягом одиниці часу, собівартістю продукції, тобто витратами на одиницю виміру продукції, та іншими показниками, які розглядатимуться далі.

Якість продукції повинна відповідати національним ДСТУ і ГСТУ та міжнародним стандартам, які встановлює ISO – міжнародна організація по стандартизації (Женева) (стандарт ISO якості – серія 9000).

Наукові основи будь-якої технології можна сформулювати як наукове обґрунтування і застосування найбільш доцільних або можливих способів одержання певного продукту із заданими властивостями при найменших затратах.

### **1.3. Класифікація технологічних процесів та апаратів технології**

Технологічна лінія виробництва будь-яких виробів складається із окремих послідовно здійснюваних технологічних операцій, які виконуються машинами, апаратами та агрегатами. Технологічну операцію, яка здійснюється в машині (апараті, агрегаті) та забезпечує певний технологічний режим, будемо визначати як одиничний процес або як апаратно-процесну одиницю. Синтез технологічної схеми полягає в тому, щоб скласти з існуючих одиничних процесів таке співвідношення, яке забезпечить одержання продукту або напівфабрикату визначеного складу та властивостей з певних видів сировини.

У зв'язку з цим коротко розглянемо класифікацію одиничних технологічних процесів, які використовуються в технології при проектуванні, фізико-хімічні закономірності кожного одиничного процесу, а також загальні принципи вибору схеми технологічного процесу.

Сукупність явищ, які перебігають в кожній технологічній операції, може бути розподілена на класи, підкласи, групи, підгрупи, види або одиничні явища. Під одиничними явищами даної фізичної природи розуміють явище, яке здійснюється в конкретних умовах або режимах, розвиток та кінцевий результат якого однозначно визначається цими умовами.

Ознакою класу явищ є спільність їх природи, тобто явища гідромеханічні, теплові, масообміни, механічні, хімічні, біологічні та ін. Ознакою підкласу явищ служить спільність механізму їх здійснення. Наприклад, дифузія здійснюється молекулярним, конвективним та іншим переносом. Ознакою групи явищ може бути спільність умов однозначності, які дозволяють відокремити з даного класу групу подібних явищ. Числові характеристики умов однозначності визначають одиничне явище.

Всі одиничні явища, їх класи, групи мають також різні ознаки спільності. Наприклад, для їх опису можна використати рівняння балансу, або кінетичні рівняння, а також деякі типові процедури або типові плани одержання експериментальних даних.

Класифікаційна система основних процесів та апаратів будь-якої технології включає шість класів: 1) гідромеханічні; 2) теплові; 3) масообміни; 4) механічні; 5) хімічні; 6) біологічні (біохімічні).

Наведені шість класів основних процесів можна розподілити на п'ять ступенів (клас – підклас – група – підгрупа – вид).

Для хімічних та біологічних процесів строга класифікація не розроблена, але їх можна класифікувати стосовно технології за певними ознаками. Наприклад, хімічні процеси можна розподілити на каталітичні, некаталітичні, які здійснюються в гомогенних і гетерогенних системах. Можливий розподіл також за складністю та механізмом здійснення реакції (послідовна, паралельна, тощо), швидкості реакції, типами реакторів (ідеального перемішування, ідеального витиснення та ін.).

Виробництво багатьох виробів засноване на мікробіологічних процесах (вилучення металів із руд, одержання вина, спирту, молочних та інших продуктів), але їх строга класифікація також не запропонована.

При виконанні окремих технологічних операцій відбуваються різноманітні фізичні, хімічні, біологічні явища, тобто кожна технологічна операція базується на певних фундаментальних законах, які визначають закономірності окремих технологічних операцій.

Поряд з добре відомими вивченими раніше процесами, такими як подрібнення, формоутворення (гранулювання), сепарування, осадження, фільтрування, перемішування, нагрівання (охолодження), випарювання (конденсація), перегонка, екстрагування, сорбція, кристалізація та інші, при виробництві багатьох продуктів застосовуються технологічні операції іншої природи: хімічні та біологічні процеси. Зазначені процеси при виробництві різних виробів мають свої особливості. Наприклад, такий класичний процес як перемішування при замісі тіста супроводжується значними змінами властивостей та складу перемішаного продукту. Нагрівання та охолодження теж призводять до значних змін властивостей оброблюваних продуктів, знешкодження шкідливих речовин та дії мікроорганізмів.

Крім класичного фільтрування при розмірах шпар фільтруючої перегородки  $\delta > 10 \cdot 10^{-6}$  м та тиску  $P \leq 0,06$  МПа використовують мембранні засоби розподілу речовин з шпарами фільтруючих перегородок мембран  $\delta = (0,1 \dots 1,0) 10^{-6}$  м та тиску  $P = (0,1 \dots 25,0)$  МПа. До цих засобів відносять мікрофільтрування ( $\delta = 10 \cdot 10^{-6}$  м,  $P = 0,2$  МПа), ультрафільтрування  $\delta = (3 \dots 100) 10^{-9}$  м, ( $P = 0,1 \dots 6,0$ ) МПа та зворотний осмос  $\delta < 3 \cdot 10^{-9}$  м,  $P = (1 \dots 10)$  МПа. Особливістю зворотноосмотичного процесу є те, що градієнт осмотичного тиску розчину протилежний напрямку гідростатичного тиску. Зараз процеси, що відбуваються в шпарах розмірами менше  $10^{-9}$  м (нанометр), прийнято називати *нанотехнологіями*.

Використовують і електроплазмоліз – контактну обробку плодів електронним струмом низької частоти з напругою 220 В, що призводить до пошкодження цитоплазматичних оболонок рослинних клітин та збільшенню соковіддачі при наступному пресуванні.

Електродіаліз – перенос іонів розчинених речовин через селективні іонітні мембрани під дією сталого електричного струму. Іонообмінні мембрани бувають гетерогенного, інтерполімерного та біполярного типів. Використання процесів електродіалізу при підготовці води дозволяє вивести небажані домішки, знизити лужність води в (2...3) рази, жорсткість – в (2,5...3,0) рази.

Зворотний осмос передбачає фільтрування неочищеної рідини під тиском, який значно перевищує осмотичний. Як основний робочий орган процесу зворотного осмосу використовують напівпроникні мембрани, що пропускають молекули розчинника, але затримують молекули або іони нерозчинених речовин. Ефективність зворотноосмотичних процесів визначається якістю селективних мембран, які характеризуються робочим тиском, солезатримуючими властивостями, водопроникністю та питомою потужністю. Так, для мембран МГА робочий тиск становить 10 МПа, солезатримуючі здатності – (70,0...97,5) %, водопроникність – (100...1000) м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/добу.

За основні показники зворотноосмотичних апаратів прийняті: щільність пакування мембран, матеріалоемність та експлуатаційні характеристики. Вважають, що електродіаліз та зворотний осмос більш економічні порівняно з дистиляцією на (10...40) %. Але при цьому треба враховувати капітальні затрати на допоміжні операції.

Використовують також й іонізуючі випромінювання, які призводять до виникнення нових речовин або зміни властивостей. Наприклад, інтенсивність вилуження опромінених плодів холодною водою збільшується в (1,5...2,0) рази.

Важливими та дуже складними за природою процесами в технології є процеси ферментації та бродіння, завдяки яким стало можливим споживати цілий ряд важливих та корисних продуктів, вітамінів, лікувальних препаратів.

Деякі технологічні операції властиві тільки при виробленні окремих продуктів (гідроліз, піроліз, полімеризація, гідрогенізація), коптіння, сульфатація, але з дуже складним механізмом перетворень в оброблюваному продукті.

Технологія харчових виробництв відрізняється від інших хіміко-технологічних процесів тим, що через нестійкість (лабільність) якісних показників харчової сировини використання висо-

ких температур, тиску, швидкості значно обмежується, що, у свою чергу, вимушує знизити продуктивність або потужність технологічних процесів. Продукти, які швидко псуються, потребують особливих умов зберігання, що, у свою чергу, потребує значних витрат на спорудження сховищ.

У загальноприйнятому визначенні під *біотехнологією* на сучасному етапі розвитку треба розуміти інтегроване використання біохімії, мікробіології, молекулярної біології та прикладних наук в технологічних процесах із застосуванням мікроорганізмів, культур клітин та тканин. Але найважливіше місце має зайняти мікробіологічна технологія, або біотехнологія мікробного синтезу, яка досліджує закономірності популяцій мікроорганізмів у штучно складених умовах.

Процеси мікробіологічного синтезу використовують для одержання: мікробної біомаси (дріжджі, білково-вітамінні концентрати та ін.); біохімічних продуктів складної будови, які виділяються мікроорганізмами при їх культивуванні (спирти, антибіотики, вітаміни, органічні кислоти); хімічних продуктів (б-амінопеніцилінова кислота та ін.), очищених від небажаних компонентів середовищ (прояснення стічної води); цінних металів, виділених за допомогою мікробіологічного синтезу.

Різноманітні виробництва, побудовані на основі мікробіологічних процесів, мають багатостадійний характер і включають поряд з мікробіологічними стадіями або дільницями деяку кількість інших процесів (нагрівання, дозування, фільтрування тощо), які забезпечують виконання саме основних мікробіологічних процесів та від якості функціонування яких залежить досягнення основної мети виробництва.

Звернемо увагу на ще одну важливу особливість біотехнології, на яку до цього часу не дуже зважають. Деякі біологічні речовини або комплекси цих речовин здатні перетворювати енергію різних видів – хімічну, механічну, світлову, електричну – в пряму та зворотному напрямках, що дозволяє одні й ті самі перетворювачі використовувати для вимірювання різних фізичних параметрів. Тобто дозволяє конструювати точні, зручні та надійні пристрої для вимірювання параметрів у будь-якій технології.

Коефіцієнт корисної дії таких перетворювачів дуже високий. Такі біодатчики реагують на різні речовини, вихоплюючи окремі

молекули в повітрі (газах) та в розчинах рідин, мають підвищену стійкість до фізико-хімічної дії. Такі чутливі елементи біоперетворювачів одержують шляхом іммобілізації білків, ферментів або колоній мікроорганізмів на підкладку (подложку).

На основі глобулярного білка, пружність якого різна в різних напрямках, конструюють хемомеханічні датчики. Молекули білка, захоплюючи атоми та молекули інших речовин, змінюють свої розміри, що легко можна зафіксувати. Біоперетворювач, таким чином, реєструє наявність певної речовини у розчині, її концентрацію та видає певний сигнал через зміну розміру молекули.

При деяких окислювальних ферментативних реакціях ферменти починають світитися – тобто має місце біолюмінесценція. Якщо використати датчик з іммобілізованим (нерухомим) ферментом люциферазою, яка реагує з різними білковими сполученнями, то в залежності від їх концентрації інтенсивність світіння змінюється і її можна реєструвати.

Якщо нанести на підложку (підкладку) не тільки люциферазу, а й інші сполучені з нею ферменти, то можна одержати універсальний шаровий датчик, за допомогою якого реєструється певний набір показників (параметрів) процесу.

Треба сподіватися, що цілий ряд бімолекулярних систем можуть бути використані в пристроях запам'ятання та зберігання інформації ЕОМ з дуже високою щільністю запису. Однією з таких речовин є бактеріородопсин, який може обернено діяти в розчині та в тонкій плівці – вологій та повністю зневодженій, яка не втрачає своїх необхідних властивостей при нагріванні до 100°C, стійка до дії багатьох хімічних речовин, електричного струму та електромагнітного поля. За світлочутливістю та за розв'язувальною здатністю молекули цього білка задовольняють вимогам для побудови елементів оптичної пам'яті ЕОМ великої ємності – до  $10^{14}$  біт/см<sup>3</sup>. Ці досягнення створюють умови для переведення всіх основних агрегатів ЕОМ на біоорганічну основу.

На цій основі можуть бути побудовані біообчислювальні пристрої ЕОМ, фізичною реалізацією яких є квазідвомірні кристалізовані плівки білків та ферментів, які за певних умов ведуть себе як активні середовища з відновленням. Елементом активного середовища є молекула білка з лінійними розмірами  $(3...5) \cdot 10^{-9}$  м,

яка може бути переведена в одне із декількох сталих положень. Плівка площею  $1 \text{ см}^2$  утримує близько  $10^{12}$  таких елементів та дозволяє здійснити  $10^{12}$  переключень за одну секунду, тобто може бути використана як елемент процесора в обчислювальних системах.

Зараз використовують методи мікрохвильового (МХ) впливу на харчові продукти, лазерні установки рентгенівського діапазону частоти для переміщення, перетворення властивостей речовин та утворення нових.

## **1.4. Перспективні напрями удосконалення технології**

### **1.4.1. Використання мікрохвильових (МХ) технологій**

Наразі в різних галузях науки, технології, промисловості й побуті широко використовують електромагнітні випромінювання різної частоти (довжини хвилі), які здатні значно змінити виконання технологічних операцій та призвести до докорінної зміни технології. Це так звані хвильові технології, засновані на підведені енергії у вигляді проникненості електромагнітних та акустичних коливань у середовище продукту.

Перелік можливих частот та довжин хвиль, які використовують у технології і побуті, наведені в табл. 1.1.

*Таблиця 1.1*

**Перелік можливих частот та довжин хвиль,  
які використовують у технології і побуті**

<b>Промені</b>	<b>Частоти, Гц</b>	<b>Довжина хвилі, м</b>
Космічні випромінювання	$3 \cdot 10^{20} - 3 \cdot 10^{22}$	$10^{-12} - 10^{-14}$
Рентгенівські промені	$3 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{20}$	$10^{-9} - 10^{-12}$
Ультрафіолетові (УФ) промені	$3 \cdot 10^{15} - 3 \cdot 10^{17}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
Видиме світло	$3 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{15}$	$10^{-4} - 10^{-7}$
Інфрачервоні (ІЧ) випромінювання	$3 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-4}$
Хвилі надвисокої частоти (НВЧ)	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	$10^{-1} - 10^{-3}$
Ультракороткі хвилі (УК)	$3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$10^4 - 10^{-1}$
Хвилі середньої частоти (СЧ)	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	$10^3 - 10^2$

*Продовження таблиці*

<b>Промені</b>	<b>Частоти, Гц</b>	<b>Довжина хвилі, м</b>
Хвилі довгої частоти (ДЧ)	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^2$	$10^4 - 10^5$
Хвилі середньої частоти (СЧ)	$3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^4$	$10^6 - 10^4$
Гама ( $\gamma$ ) промені	$3 \cdot 10^{20} - 3 \cdot 10^{22}$	$10^{-12} - 10^{-14}$
Акустичні ультразвукові коливання	$0,02 - 10^9$	$10^{-1} - 10^{-3}$

У промисловості, починаючи із середини ХХ століття, широко використовують високочастотне (ВЧ) та надвисокочастотне НВЧ (діелектричне) об'ємне нагрівання з використанням енергії змінного електромагнітного поля в процесах сушіння, варіння, бланшування, стерилізації, пастеризації, хлібопечення, інактивації ферментів, екстракції, розморожування, дезінсекції тощо.

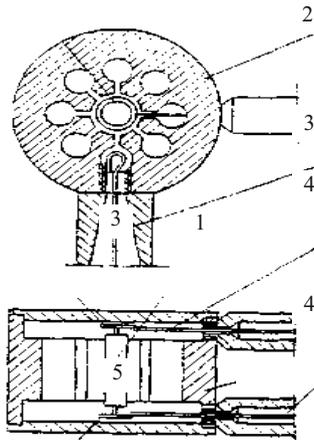
Електронні генератори (НВЧ-генератори), які використовують для діелектричного нагрівання (магнетрони і клістри), являють собою прилади резонансного типу, надвисокочастотні ланки яких мають утворювати коливання певної частоти.

Магнетрони мають значний ККД: 40...45%, а за іншими даними – 80% при незначних габаритах в діапазонах частот  $2,45 \cdot 10^9 \dots 9,15 \cdot 10^9$  Гц та потужності 1...10 кВт.

Магнетрон являє собою прилад, що складається із катода, анодного блоку, який має об'ємні резонатори, та пристрою для вводу надвисокочастотної енергії у простір навантаження.

У конструкцію магнетрона входить магнітна система, без якої магнетрон не може генерувати високочастотну енергію. Магнітною системою, яка утворює магнітне поле вздовж осі катода, є електричний або сталій магніт з полюсами-наконечниками за межами магнетрона. Енергія надвисокої частоти, що утворюється в резонуючій системі переміщення, передається через вихідний позамежний пристрій із резонаторів анодного блоку до продукту.

Схему устрою магнетрона наведено на рис. 1.1. Катод 1 має циліндричну форму, його поверхня коаксіальна відносно поверхні анодного блоку 2. Порожнина в анодному блоці використовується як об'ємні резонатори.



**Рис. 1.1. Спрощена конструкція магнетрона:**  
 1 – катод; 2 – анодний блок; 3 – пристрій для нагрівання;  
 4 – дроти нагрівання; 5 – захисний екран,  
 що заважає вильоту електронів вздовж осі магнетрона.

При впровадженні СВЧ генераторів треба визначити економічну доцільність зростанням продуктивності, зниженням затрат енергії, економії праці, підвищенням виходу і якості продукції тощо.

Основною перевагою мікрохвильового метода порівняно з іншими методами підведення теплоти є достатня рівномірність нагрівання по всьому об'єму незалежно від теплопровідності й товщини шару продукту за дуже короткий проміжок часу, відсутність прямого контакту з теплоносієм.

Оскільки харчові продукти та зерно є неоднорідним середовищем з нерівномірно розподіленими електричними властивостями, то термічний і технологічний ефект теж неоднакові.

Будь-яке електричне поле характеризується вектором електричної  $E$  (В/м) та магнітної напруженості  $H$  (А/м).

Зв'язок цих векторів описують рівняннями

$$\bar{B} = \mu \bar{H}; \quad \bar{D} = \varepsilon_a \bar{E}; \quad \bar{\delta} = \chi \bar{E}, \quad (1.1)$$

де  $\bar{B}$  — магнітна індукція;  
 $\bar{D}$  — електрична індукція;  
 $\bar{\delta}$  — щільність течії (току) провідність;  
 $\mu$  — магнітна проникність;  
 $\varepsilon_a$  — абсолютна діелектрична проникність;  
 $\chi$  — провідність.

Електрофізичні властивості матеріалу (продукту) характеризують відносною ( $\varepsilon'$ ) і абсолютною ( $\varepsilon$ ) діелектричною проникністю. Зв'язок між ними такий:

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_0}, \quad (1.2)$$

де  $\varepsilon_a = 8,854 \cdot 10^{-13}$  ф/м – абсолютне значення проникності для вакууму;

$\chi$  – питома електрична провідність.

При взаємодії електромагнітного поля з фізичним середовищем внаслідок електричного опору і в'язкості виникають втрати енергії, а саме – електричної провідності та діелектричні. Зв'язок між ними виражають через тангенс кута втрат  $tg\delta$  або через комплексну діелектричну провідність  $\varepsilon^*$ :

$$tg\delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{X}{\omega \varepsilon' \varepsilon_0}, \quad \varepsilon^* = (\varepsilon' - \gamma \cdot \varepsilon'') \cdot \varepsilon_0, \quad (1.3)$$

де  $\varepsilon''$  – фактор втрат (коефіцієнт поглинання);

$X$  – провідність;

$\omega = 2\pi f$  – колова частота.

Абсолютна величина  $tg\delta$  дозволяє оцінити середовище з точки зору провідності. У разі, якщо:  $tg\delta \geq 1$  – середовище провідне;  $tg\delta \approx 1$  – напівпровідне;  $tg\delta \leq 1$  – діелектричне. Всі ці показники залежать від частоти випромінювання, і їх абсолютні значення треба відносити до певного діапазону частот генератора.

Таким чином, коефіцієнт поглинання  $\varepsilon''$ , відносна діелектрична проникність  $\varepsilon'$  та тангенс кута втрат  $tg\delta$  необхідні для визначення маси і розмірів оброблюваного продукту. Вони змінюються

при зміні вологості, температури продукту і частоти випромінювання.

Для харчових продуктів ці показники змінюються у значних межах:

$\varepsilon' = 29...51$ ;  $\varepsilon'' = 12...27$ ;  $tg \delta = 46...77$  при частоті 2400 МГц. Так, для насіння гарбуза  $\varepsilon' = 42...60$ ;  $\varepsilon'' = 12...16$ ;  $tg \delta = 0,4...0,8$ .

Глибина проникнення залежить від ефективності об'ємного прогрівання матеріалу, яка визначається мірою проникності електромагнітної хвилі в продукт:

$$\Delta = \frac{\lambda}{\pi \cdot tg \delta \sqrt{\varepsilon'}} \quad \text{або} \quad \Delta = \frac{A}{\sqrt{\varepsilon'}}, \quad (1.4)$$

де  $\lambda$  – робоча довжина хвилі, м;

$tg \delta$  – тангенс кута діелектричних втрат  $tg \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$ ;

$\varepsilon'$ ;  $\varepsilon''$  – дійсна та уявна частини комплексної відносної випромінюваної проникності;

$A = 6...8$  – для харчових продуктів.

Зазвичай ці складові визначають експериментально.

Випромінювання в широкому розумінні розглядають як один із засобів впливу на харчові продукти. Випромінювання відрізняються частотами або довжиною хвилі, до них відносять терморадіаційну обробку інфрачервоним (ІЧ), ультрафіолетовим (УФ) випромінюванням, високою (ВЧ) та надвисокою (НВЧ) частотою. До них можна віднести і ультразвукову обробку з частотою понад  $20 \cdot 10^3$  Гц.

Як відомо, частота коливань  $\nu$  пов'язана з довжиною хвилі  $\lambda$  і швидкістю світла  $c = 300 \cdot 10^6$  м/с, тобто  $\nu = c \cdot \lambda$ .

Основою обробки опромінюванням є електромагнітні хвилі, які поширюються в просторі середовища і переносять енергію від генератора і поглинаються об'єктом. Оскільки спектральні поглинальні властивості різних матеріалів відрізняються, то використовують різні спектри випромінювачів з різною довжиною (частотою) хвиль.

Як відомо, до діелектриків відносять речовини, у яких відсутні вільні заряджені частинки. Дистильована вода є ідеальним діеле-

триком. Зазвичай для діелектричного нагрівання використовують випромінювання електричних хвиль, тобто коливання з частотою від  $(0,3 \dots 30)10^8$  Гц до  $(0,3 \dots 30)10^9$  Гц.

У відповідності з міжнародними угодами для промисловості та наукових робіт для України визначені частоти 915, 2450, 5800, 22500 МГц. Найчастіше використовується частота  $(2450 \pm 50)$  МГц при ККД  $(55 \dots 60)\%$  та потужності  $(2,5 \dots 100)$  кВт. При частоті 915 МГц К.К.Д. досягає  $(80 \dots 86)\%$  при потужності  $(25 \dots 30)$  кВт. Ці частоти не охоплюють усього діапазону необхідних частот, оскільки повинні відповідати магнітній і діелектричній втратам та іншим характеристикам проникненості речовини, що не дозволяє використати найкращі режими обробки продуктів випромінюванням.

Акустична (ультразвукова) обробка харчових продуктів використовується на частотах  $(0,0217 \dots 10^{-9})$  Гц. Частіше використовують частоти  $(500 \dots 9000)$  Гц та  $0,25 \cdot 10^6$ , Гц. Довжина найбільш коротких ультразвукових хвиль близька до довжини хвиль світла.

Інтенсивність звуку  $J$  вимірюють у  $\text{Вт}/\text{см}^2$  або децибелами

$$L = 10 \lg \frac{J}{10^{-16}} \quad (J = 1 \text{ Вт}/\text{см}^2, \text{ що відповідає } 160 \text{ дБ}).$$

Акустичні коливання поділяються на: інфразвукові  $(0 \dots 20)$  Гц; звукові  $(20 \dots 2 \cdot 10^4)$  Гц; ультразвукові  $(2 \cdot 10^4 \dots 10^8)$  Гц; гіперзвукові  $(> 10^8)$  Гц).

Перенесення звуку теж є хвильовим процесом із швидкістю  $c = \lambda \cdot f$ .

Швидкість поширення звуку залежить від природи і стану речовини.

Так, швидкість звуку в газах дорівнює:

$$C = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{P}{\rho}}, \quad (1.5)$$

де  $P$  – тиск;

$\rho$  – густина,

$c_p, c_v$  – теплоємність при  $P = \text{const}, V = \text{const}$ .

Для рідини швидкість звуку дорівнює:  $c = \sqrt{\frac{1}{\rho\beta}}$ , де  $\beta$  – стисливість рідини.

У твердих матеріалах швидкість звуку дорівнює:  $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ , де  $E$  – модуль Юнга.

Як джерело ультразвукових коливань використовують механічні, електромагнітні, електродинамічні, п'єзоелектричні та гідродинамічні перетворювачі.

Аеродинамічні генератори ультразвуку поділяють на два класи – динамічні сирени, засновані на перериванні течії газу, та статичні сирени, в яких за допомогою тих або інших методів утворюється несталість газоструменевого потоку.

За рахунок поглинання енергії звуку в середовищі утворюється теплота, яка призводить до підвищення температури продукту.

Найбільш інтенсивне нагрівання відбувається при невисокій частоті (500...600) Гц, але при значній силі звуку ( $L > 160$  дБ). Час нагрівання рекомендують визначати за формулою

$$\tau = A^2/a, \quad (1.6)$$

де  $A \sim 10$ ;

$a = 10^{-7}$  м;

$l$  – товщина матеріалу.

Наведені види нагрівання належать до об'ємних. Вони менш придатні для вилучення вологи. Для цього використовують поверхневі способи, які іноді сполучають з об'ємними.

Об'ємні способи нагрівання значно прискорюють процес підвищення температури глибинних шарів продукту і сприяють утворенню рушійної сили за рахунок збільшення різниці тисків між глибинними шарами продукту і поверхнею.

Діелектричне нагрівання засноване на зміщенні зарядів електричного поля. На зміщення зарядів витрачається робота, яка перетворюється на теплоту. Внутрішні джерела теплоти можуть створювати в клітинах і шпарах речовини надлишковий тиск, що може призвести і до руйнування клітин.

Для теплової обробки газів і рідин використовують плазмові генератори (плазмотрони) ускладненої конструкції, які спожива-

ють електричний струм високої напруги. Для нагрівання використовується електродугове розрядження.

Основна проблема використання методів обробки випромінюванням полягає у невизначеності співвідношення між частотою хвиль і характеристиками оброблюваного середовища: комплексної провідності (активна і реактивна складові), комплексної діелектричної провідності, діелектричними втратами тощо. Крім теплової дії, електромагнітне поле здійснює і резонансний вплив на продукт.

Сушіння продукту виключно підвищенням енергії до глибинних шарів продукту неможливе, або недоцільне. Потужність, необхідна для нагрівання, визначається за формулою:

$$P = E^2 f \frac{\varepsilon}{1,8 \cdot 10^{12}} \operatorname{tg} \delta, \text{ Вт/см}^3, \quad (1.7)$$

де  $E$  – напруженість електричного поля, В/см;

$f$  – частота, Гц;

$\varepsilon$  – діелектрична проникненість;

$\operatorname{tg} \delta$  – діелектричні втрати.

Вплив мікрохвильових технологій може бути позитивним і негативним, що дозволяє використовувати їх для дезінсекції, дезінфекції та покращення властивостей продукту.

Для визначення економічної доцільності використання мікрохвильових способів обробки треба визначити затрати на зміну конструкцій традиційних процесів та порівняти традиційні й новітні затрати.

Коефіцієнти корисної дії (ККД) магнетронів, наведені в різних джерелах (50...80%), можуть бути віднесені тільки до генераторів випромінювання, а не до устаткувань у цілому. Загальний ККД СВЧ-установок становить 0,025...6,164.

У більшості публікацій, присвячених мікрохвильовим процесам, відзначаються, переважно, позитивні сторони, а про значні затрати енергії, вартість устаткування, техніку безпеки зазвичай не згадують. Крім ККД генераторів СВЧ, слід враховувати коефіцієнти їх використання. Затрати енергії на нагрівання в ультразвукових установках у 3...4 рази більше, ніж при традиційному підведенні теплоти.

## 1.4.2. Нанотехнології

Зараз з'являється все більше публікацій про «нанотехнології», «харчові нанотехнології», «енергетику харчових нанотехнологій» тощо, які, на наш погляд, не мають прямого відношення ні до справжньої нанонауки, ні до нанотехнології. Спробуємо це показати на основі останніх публікації 2006 року, спираючись на відомі положення фізики, фізичної хімії та біології, які викладено в енциклопедичних довідниках.

Основна похибка або недомовленість полягає у невизначеності терміну «нанотехнології». За ствердженням засновника науки про нанотехнології Р.Ф. Фейнмана [видання CORDIS], нанонаука і нанотехнологія займаються дослідженням процесів, які здійснюються над наночастинками молекулярного і атомного рівня з розмірами  $10^{-9}$  м, що відповідають 1/80000 товщини волосинки людини або довжині 10 атомів водню, покладених впритул.

Нанотехнологія досліджує властивості цих наночастинок з метою зміни структури їх розташування, форми поверхні, утворення нових структур, тобто нових з'єднань з метою зміни властивостей існуючих і утворення нових речовин із задалегідь визначеними характеристиками.

Завдяки методам нанотехнології зараз створено плівки надвисокої міцності, підвищеної бактерицидної дії, самоочисні та самостерилізаційні матеріали і медичні препарати, ліки та імплантати, нові рослини з новими властивостями, молекулярні магніти, прилади вимірювання, регенеративні біологічні тканини для генетичного діагнозу, одномолекулярні магнітні двигуни, квантові комп'ютери тощо.

Очікують, що нанотехнологія призведе до революційного зрушення в технології, якісної зміни існуючих виробництв, підвищення точності, надійності контролю і безпеки, а також значного зрушення в суспільстві.

Започаткував науку лауреат Нобелівської премії (1965 р.) з фізики Р.Ф. Фейнман (квантова механіка), який зазначив, що більшість частинок, які складають будову будь-якої речовини, дуже малі, але дуже активні, маневрені, мають обертальний рух, значний об'єм інформації. Тому дуже важливим є завдання як скорис-

татися цими властивостями частинок, з яких складається певна речовина, для зміни характеристик і утворення інших речовин.

На перший погляд, нічого нового не сталось, оскільки відомо, що всі переміщення в структурах атомів відбуваються за законами квантової механіки. Але проблеми нанотехнології та нанонауки полягають у тому, як розташувати та змінити властивості наночастинок, щоб одержати речовину з бажаними або визначеними властивостями. Наразі нанотехнологія і нанонаука узагальнюють базові знання про властивості частинок атомного рівня в межах  $(1...100) \cdot 10^{-9}$  нм, про способи впливу на них з метою одержання нових речовин.

Нанотехнологія є новою науковою дисципліною, яка описує назви і властивості наночастинок, способи їх розподілу, з'єднання, зменшення розмірів, зміни поверхні тощо.

В Європі існує інформаційна структура CORDIS (Community Research and Development Information Service), яка чотирма мовами інформує наукові установи і науковців про основні досягнення у певній галузі знань.

У збірнику № 22 за березень 2006 року [4] подано широку, але поверхову, інформацію про загальний стан нанонауки і нанотехнології (N and N) в Європі, перелічено наукові заклади Греції, Великобританії, Франції, Німеччини, Польщі, Нідерландів та інших країн, які безпосередньо займаються нанотехнологіями. Подано також європейську стратегію розвитку нанотехнологій, схвалену Радою Європи, яка передбачає десятилітнє прогнозування розвитку нових нанопродуктів: одержання нових матеріалів, застосування у медицині, у виробництві обчислювальної техніки тощо.

Тематику проектів на 2007–2008 рр. викладено у програмі FR7. Конкретних методів одержання певних речовин, крім загальних описів, не наведено.

Перелічено та дано загальну характеристику основних інструментів, які застосовують при нанодослідженнях. Проте теоретичних основ цих операцій не викладено. Не визначено, які саме частинки молекулярного рівня вважаються наночастинками. Конкретних методів одержання нових речовин, окрім загальних результатів, теж не наведено. Це дає окремим безвідповідальним

особам привід висловлювати здогадки, що йдуть врозрїз загальним положенням фундаментальних наук взагалї і квантової механїки зокрема.

Розроблено план «Європейської стратегїї розвитку нанотехнологїї», яким передбачено збільшення інвестицій на координацію всіх науково-дослідних установ, що складає сотні мільйонів євро. Тематика проектів Європейського об'єднання – дослідження технологічного розвитку і демонстрація активності в цьому напрямі (Framework Programme of European community for research, Technological development and demonstrations activites) передбачено в проекті FP7.

У нанотехнологїї використовують скануючі електронні мікроскопи, які безперервно вдосконалюються. За створення скануючого тунельного електронного мікроскопа Г. Рорер і Г. Бїнінг у 1986 році одержали Нобелівську премїю. Цї мікроскопи використовують як наноскальпелї, нанолазери з використанням когерентного монохроматичного випромїнювання рентгенівського діапазону ( $3 \cdot 10^{17} \dots 3 \cdot 10^{20}$ ) Гц з максимальною випромїненїстю та незначною іонїзуючою силою.

Інструменти працюють за принципами щупа, «зубила-молотка», вишкрябування та витягування дрібних часток за допомогою фокусууючого променя, змінюючи розташування та форму поверхні частинок.

Електронні мікроскопи класифїкують як просвічувальні, емісійні, растрові, скануючі, решїтчасті, віддзеркалюючі, тїньові. За їх допомогою можна одержати зображення молекул, на яких можна побачити ядра деяких атомів.

Найбільш придатними для обстеження наночастинок вважають електронні скануючі (оббїгаючі) або решїтчасті мікроскопи тунельного типу з генераторами коливань рентгенівського діапазону ( $3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^{20}$ ) Гц і довжиною хвилї ( $10^{-9} \dots 10^{-12}$ ) м, в яких променї оббїгають об'єкт дослідження. Процес сканування полягає в розкладї зображення змїщенням променїв, тобто огляд зони простору під впливом електричного або магнїтного поля.

Електронні мікроскопи – дуже складні прилади зі значною масою. Наприклад, японський електронний мікроскоп «Хїтатї» має

масу 67 т, висоту – 15 м, напругу живлення – 450 кВт, розрідження –  $10^{-9}$  Па.

Наразі використовують більш ніж 20 типів скануючих зондових мікроскопів (Scanning Probe Microscopies – SPM), до яких належать скануючі тунельні мікроскопи (Scanning tunnelling Microscopies – STM), атомні підсилюючі мікроскопи (Atomic Force Microscopies – AFM), скануючі електронні мікроскопи (Scanning Electron Microscopies – SEM), які дозволяють ретельно розглядати поверхні наночастинок і змінювати їх форму за допомогою дуже тонкого, малого розміру електронного зонду (щупу), взаємодіючи між зондом і поверхнею частинок.

Назва «тунельний», мабуть, пов'язана з тунельним з'єднанням, під яким розуміють зв'язок між двома електронами, розділеними тунельним бар'єром з оксиду магнію або алюмінію (тунельний діод). В ядерній фізиці «тунельним ефектом» називають ефект проскакування  $\alpha$ -частинок через потенціальний бар'єр при енергіях нижче висоти цього бар'єру.

Ці інструменти дозволяють застосовувати два принципи утворення нових структур: «from the top down» (згори донизу), за яким крупні наночастинок подрібнюють на дрібніші, і «from the bottom up» (знизу догори), за яким дрібні частинки з'єднують і одержують нові структури. Не виключено і комбінацію цих двох принципів. Наведену методику використовують також і для зміни біологічних структур.

Складні частинки (атом, ядро) утворюються із певних елементарних, і їх можна розкласти на ці ж елементарні частинки. Достатньо тільки вилучити одну елементарну частинку, як властивості складної частинки змінюються, оскільки внутрішні властивості складних частинок переривчасті (дискретні).

Зауважимо, що хімічні властивості і хімічні перетворення, за якими утворюються нові речовини, залежать тільки від числа електронів на зовнішній електронній оболонці ядра. Можна припустити, що електронні мікроскопи здатні зміщувати електрони і на внутрішніх оболонках, оскільки при зміщенні електронів на внутрішніх орбітах атомів вони випромінюють рентгенівські промені, що значно розширило можливості утворення нових речовин, навіть порівняно з ядерним перетворенням. При зміщенні

електронів на зовнішній оболонці ядер випромінювання відбувається в оптичному діапазоні.

На нанорівні перевагу мають квантові ефекти, тобто закони переходу електронів з одного рівня на інший, які визначає квантова механіка, основи якої закладено М. Планком і А. Ейнштейном.

У квантовому уявленні електромагнітне поле складається з фотонів, які мають енергію  $E = h \cdot \nu$ , та імпульсу  $P = \frac{h}{\lambda}$ , що пов'язані частотою  $\nu$  і довжиною хвилі  $\lambda = C/\nu$ . Довжину хвилі можна також знайти, якщо змінити імпульс  $P$  на добуток релятивістської маси  $m$  на швидкості  $v$ :  $\lambda = h / mv$ .

Як відомо, номер оболонки чи орбіти електронів, тобто  $n = 1, 2, 3$ , у квантовій механіці називають головним квантовим числом, яке характеризує дискретний енергетичний стан електронів.

Константу Планка  $h$ , що прийнята за одиницю виміру дії, розмірність якої співпадає з розмірністю дії моменту імпульсу, називають квантом дії.

Інформацію про рух у мікропросторі одержують за допомогою хвильового рівняння Шредінгера ( $v \leq c$ ), а релятивістські квантові явища ( $v \sim c$ ) за допомогою рівняння Дірка. Квантовий стан електронів атомів характеризується чотирма квантовими числами: головним  $n$ , орбітальним  $l$ , магнітним  $m$ , спіновим  $m_z$ . Квантові числа  $l$ ,  $m$  і  $m_z$  знаходяться у певному співвідношенні з головним  $h$ .

### **1.4.3. Генна інженерія**

Іншим дуже перспективним напрямом у технології вважають використання здійсненого у 1953 році Д.Д. Уотсоном і Ф.Х. Кріком відкриття структури дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) (Нобелівська премія за 1962 рік, разом з Р. Холлі і Х. Кориною) та розшифрування у 1963 році М. Ніренбергом (Нобелівська премія за 1968 рік, разом з М.Ф. Уілкінсом) генетичного коду, що ознаменувалось виникненням нової генетичної, або генної, інженерії, метою якої стало керування генетичною основою живих організмів шляхом введення або вилучення із ДНК специфічних генів. Порядок розташування нуклеотидів у молекулі дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) визначає порядок розміщення амінокислот у молекулі білка.

Інформацію, що міститься в цьому порядку, передають молекули інформації рибонуклеїнової кислоти (РНК). Хромосоми – це структурні елементи ядра клітини, в яких утримується спадкоємна інформація організму, а в хромосомі – в лінійному порядку розташовані гени.

Наразі ці методи дозволили створити ряд трансгенних рослин, розшифровано послідовність нуклеотидів у нуклеїнових кислотах, виявлено механізми регулювання діяльності клітин та відповідні реакції компонентів біомембран на зміну зовнішніх умов. Зараз створено ряд високопродуктивних сортів трансгенних рослин, більш стійких до захворювань, засухи, тощо, тобто рослин із заздалегідь визначеними властивостями (сої, ріпаку, льону, картоплі тощо). Але не щодо всіх цих рослин є дозвіл на використання їх у харчовій промисловості.

Як основний інструмент для вилучення фрагментів ДНК і наступного їх з'єднання з іншими фрагментами використовують ферменти, які можуть поділяти (розрізати) та знову з'єднувати молекули ДНК. Найбільш важливою групою цих ферментів є рестриктази, що каталізують розщеплення двониточної ДНК. Оскільки в клітині ДНК міститься дуже мала кількість окремих генів, то при виконанні досліджень їх багатократно копіюють (клонують).

Зміну властивостей ДНК здійснюють у такому порядку. Спочатку фрагмент, який клонують, вирізають (вилучають) з початкової ДНК за допомогою рестриктази. Потім кінці молекул

з'єднують за допомогою з'єднуючих ферментів ДНК – лігази, утворюючи нову рекабінантну структуру. Один відповідний ген вмонтовують в мініхромосому – плазмиду – як найкоротшу кінцеву молекулу ДНК, найбільш здатну до рекомбінації.

Трансформовані клітини реплікують (заміщують) у плазмиду разом із власним геном. Із одержаного клона вилучають плазмиду і після розщеплення за допомогою рестриктази одержують множину копій клонованого фрагмента ДНК.

Це дає змогу створювати нові генетичні структури, здатні самовідтворюватись у клітинах, змінювати їх генетичну програму та синтезувати сполуки з певними задалегідь заданими властивостями.

Таким чином, можна зазначити, що генна інженерія – розділ молекулярної генетики, що дозволяє створювати генетичні структури, здатні самовідтворюватись у клітинах, змінювати їх генетичну програму та здійснювати синтез сполук з певними заданими властивостями. Як наука вона виникла на основі досягнень біохімії, молекулярної біології, мікробіології та інших наук.

Суть генноінженерних досліджень полягає в такому:

- одержання методом хімічного або ферментативного синтезу відповідного гена, фрагмента ДНК, на якому закодовано первинну структуру певного біополімера;

- одержання рекомбінатної ДНК шляхом введення та сполучення даного гена з векторною молекулою, яка здатна забезпечити реплікацію його в клітині реципієнта;

- введена рекомбінатних молекул ДНК у відповідне середовище;

- клонування генів – розмноження та відбір однорідного генетичного матеріалу, який забезпечує синтез необхідних речовин.

Генна інженерія створює основи пізнання шляхів і способів «конструювання» нових або спрямованої зміни існуючих організмів, сприяє розв'язку проблеми добування біологічно активних сполук, лікарських препаратів. Генна інженерія, разом з клітинною інженерією, є основою сучасної біотехнології.

Незважаючи на різні інструменти (електронні мікроскопи в нанотехнологіях, ферменти в генній інженерії), у них одна спільна мета – «конструювання» нових речовин і рослин з новими властивостями із існуючих нативних речовин.

## Контрольні запитання

1. Основні поняття техніки та технології.
2. Технологія як складова економіки і суспільства.
3. Етапи розвитку технології.
4. Завдання технології як науки.
5. Класифікація процесів та апаратів технології.
6. Революційні зрушення в технології та їх вплив на розвиток суспільства.
7. Нові види технології та їх майбутнє.
8. Сформулюйте термін «нанотехнологія».
9. Завдання, які розв'язує нанотехнологія.
10. Що таке генна інженерія та які можливості її розвитку?

## **Розділ 2. ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ**

### **2.1. Технологічні і економічні цикли розвитку**

Розглянемо більш ретельно умови рівноваги (мобільності) економіки і технології.

Під рівновагою розуміють такий стан економіки, при якому зберігається її здатність до саморегулювання. При відхиленні від стану збалансованої рівноваги автоматично повинні включатися сили, які відновлюють порушені зв'язки. Ці сили, або цей механізм, автоматичного управління економічними зв'язками є механізмом довшеної конкуренції. Але ці сили, або механізм, складають люди, які є керівниками світового рівня, рівня держави, регіону, підприємства (фірми) тощо. Формування умов рівноваги в ринковій економіці здійснюють або визначають потреби людини як споживача, тобто тут наявне співвідношення між попитом та пропозицією. Але умови рівноваги не статичні і змінюються, тобто рівновага відносна і змінюється циклічно. Для забезпечення рівноваги використовують антициклічні заходи на макро- та мікрорівнях.

Циклічність розвитку економіки багатоструктурна. За тривалістю циклу в світовій економіці розрізняють цикли малі (3...4 роки), середні (7...11 років), великі (40...60 років).

У структурі циклічного розвитку економіки найбільш рельєфними є середні та малі цикли (зокрема 1825–1836 рр. у Великій Британії, США, Франції та Німеччині). Більшість циклічних криз були світовими (1886, 1873, 1882, 1890, 1900, 1907, 1913–1914, 1920–1924, 1929–1931, 1937–1938, а також 1948–1949, 1953–1954, 1957–1958, 1960–1961, 1969–1970, 1974–1975, 1980–1982, 1992–1993 рр.). Фаза, що припадає на 1996 рік, набула повзучого характеру, охопивши майже всі розвинені країни.

Матеріальною основою всіх криз вважають фізичне оновлення основних засобів виробництва, і перш за все знарядь праці. Але старіння і фізичні зміни устаткування не є безпосередньою причиною кризи. Негативну дію цього фактора можна регулювати.

На жаль, на внутрішні суперечності ринкової економіки складно впливати. Теорію тривалості циклів запропонував видатний економіст Н.Д. Кондратьєв.

Великі цикли мають тривалість 40...60 років. Усі ці цикли притаманні й окремим підприємствам (цикли на мікрорівні) зі значно меншою тривалістю. Зазвичай вважають, що ці цикли, або хвилі, мають семирічний період.

Для прогнозування того, яким буде (має бути) підприємство у майбутньому, необхідно мати таку прогнозуючу модель цього підприємства, яка б не суперечила бізнес-середовищу, а продукція відповідала б можливостям і потребам суспільства.

Але головним є необхідність синтезувати таку систему управління діяльністю підприємства, яка б успішно формувала і удосконалювала його дієздатність у першому семиріччі. Оскільки вважають, що виробництво оновлюється кожні 6,5...7,0 років, всі ці проблеми можна розв'язати за допомогою або на основі системного підходу до бізнес-планування як бізнес-системи підприємства.

Прогнозувати більш довгий строк на мікрорівні діяльності не вважається доцільним. Справа у тому, що за період у шість–сім років на макрорівні відбуваються серйозні зрушення у бізнес-середовищі, майже повністю змінюється товарна продукція на ринках, а на мікрорівні й на рівні підприємств має місце майже повне оновлення технічного потенціалу. У зв'язку з наявністю тенденції до прискорення бізнесу і скорочення часу на реалізацію дій у ланцюжку «винахід–розробка–виробництво–промислова реалізація нових товарів» теперішні семирічні хвилі зрушень у часі, ймовірно, у майбутньому тільки скорочуватимуться.

Однак це не означає, що обладнання на підприємствах один раз за сім років неодмінно змінюється повністю, а нові ідеї та бізнес-проекти, які дозволяють значно просунутись вперед шляхом технічного процесу, успішно «дозрівають», оформлюються та реалізуються саме з такою періодичністю.

Протяжність хвиль – це не догма. Якщо підприємство відчуває у собі силу, має достатній виробничий, науковий та кадровий потенціал, або ж через певні обставини постає перед вибором – загинути чи перемогти, тоді включаються інші механізми, які до-

помагають вижити тому, чия команда управління виявить волю та рішучість для того, щоби знайти нові шляхи свого розвитку.

Створити відповідну модель підприємства за короткий проміжок часу неможливо. Цей процес потребує ґрунтовної багатоваріантної розробки, виходячи з початкової стадії і завершуючи досягненням розрахункового кінцевого результату.

Перший об'єктивно необхідний етап побудови бізнес-моделі підприємства – реструктуризація нині діючого підприємства і диверсифікація його діяльності.

Успіх будь-якого підприємства майже повністю залежить від того, чи оберуть покупці його продукцію, а чи віддадуть перевагу конкурентам і їхній продукції. Для того щоб задовольнити інтереси покупців, підприємство має бути клієнтоорієнтованим, тобто передчувати і прогнозувати потреби й побажання клієнтів, а то й формувати їх і шукати можливість задовольнити ці потреби й побажання якнайкраще і швидше за конкурентів.

Це важко зробити без ретельного аналізу можливостей підприємства. Потрібно знати, хто купуватиме його продукцію, чому споживачеві потрібна саме така продукція, в якій кількості, яка місткість ринку, який імовірний ступінь конкуренції і які можливості (наміри) конкурентів тощо, а також здійснити диверсифікацію діяльності з результатами такого аналізу.

Реструктуризацію зазвичай проводять за рахунок внутрішніх ресурсів підприємства. Мета, обсяг, характер і час виконання реструктуризації повинні бути ретельно сплановані за етапами у відповідності з проектно-орієнтованими принципами, до яких належать:

- цілеспрямованість;
- моделювання і вибір ефективної структури;
- програма і характер управління підприємством;
- фінансова підтримка;
- кадрове забезпечення;
- інформаційне забезпечення.

Своєчасне проведення ґрунтовної реструктуризації на базі відповідного проекту сприяє притоку коштів зовні у вигляді прямих грошових інвестицій, інтелектуальних внесків, підтримки владних структур, що дає підприємству переваги в конкурентній бо-

ротьбі й прискорює процеси формування та реалізації бізнес-моделі у повному обсязі.

Одночасно з реалізацією завдань на етапі побудови бізнес-моделі мають вирішуватися задачі, що належать до етапу формування моделі управління діяльністю підприємства. На цьому етапі потрібно виконати такі заходи, як:

- реструктуризація підприємства з урахуванням ринкової орієнтації;
- створення ефективної структури підприємства;
- визначення контурів системи управління;
- формування правового поля діяльності;
- розробка кадрової піраміди та професійних вимог до співробітників, формування корпоративної культури;
- цілеспрямований пошук інвесторів, замовників, партнерів, ефективний маркетинг;
- інформаційне забезпечення діяльності підприємства;
- охорона інтелектуальної власності, технічних і комерційних секретів, комплексна безпека бізнесу;
- створення нормального психологічного клімату;
- зміцнення здоров'я персоналу і підвищення його працездатності.

## **2.2. Завдання ефективного управління та прогнозування розвитку виробництва**

Система управління діяльністю підприємства (фірми) є базою для побудови системи ефективного розвитку на кожному конкретному напрямі його діяльності (лінійне управління). Для цього мають бути здійснені:

- аналіз ефективності організаційної структури і реструктуризації підприємства;
- прогнозування розвитку бізнесу в процесі взаємовідносин зі змінами у зовнішньому середовищі;
- удосконалення методів диференціації та диверсифікації виробничої діяльності;
- утворення іноваційно-виробничої вертикалі;
- стратегічне планування: пошук, виявлення, синтезування та реалізація нових бізнес-ідей;

– формування і здійснення інвестиційної, збутової, конкурентної, кадрової політики і корпоративної культури;

– виявлення нових, ще не задоволених вимог та потреб користувачів і нових форм, які б задовольнили вже відомі їхні потреби, а також нових форм задоволення вже відомих потреб, для того щоб орієнтувати виробництво на забезпечення саме цих потреб суспільства і тим самим забезпечити тривалий успіх діяльності підприємства.

У центрі уваги при розв'язанні завдання щодо побудови системи ефективного управління повинні бути такі структурні блоки підприємства:

– блок виробництва – продукція, виробнича база, технології, спеціалізація;

– виробнича інфраструктура – матеріально-технічне забезпечення, паливно-енергетична, ремонтна, транспортна бази та система комунікацій;

– ринкова інфраструктура, клієнтоорієнтація, рекламно-збутова мережа, стиль підприємства, конкурентна політика тощо;

– науково-технічний потенціал та інтелектуально-промислова власність – знання, наробки, ноу-хау, досвід, результати науково-дослідницьких робіт, ідеї, бізнес-проекти, патенти, промислові зразки, корисні моделі, інженерні рішення, тощо;

– інвестиційний блок – безпосередні інвестори, інвестиційний потенціал та інвестиційна привабливість, інвестиційний клімат, добра бізнес-репутація;

– кадровий блок – кадрова «піраміда», психологічний «клімат», безконфліктний перерозподіл персоналу, система заохочень, стимулювання;

– піраміда «блок управління» – управління, ефективне управління, адміністративне управління, оперативне управління, управління виробництвом, фінансове управління, маркетингове управління, правове управління, інформаційне управління.

Ефективне управління вимагає системного підходу до проблем підприємства, пошуку взаємопов'язаних шляхів розв'язання не тільки наявних очевидних проблем, а й суміжних, існування яких потрібно виявити. Якщо життєвий цикл підприємства відобразити графічно (рис. 2.1), то етап 1 відіб'є час становлення; етап 2 – період змужнілості, набуття досвіду й формування іміджу («об-

личчя» фірми); етап 3 – період стабільності й найбільшого успіху, за яким неодмінно, раніше чи пізніше, настає спад (етап 4). Точка *A* – початковий момент, з якого фірма стає керованою; точка *B* – межа стабільного успіху, а точка *B* – зрив з кривої успіху.

Пріоритети ефективного управління змінюються залежно від того, який етап переживає підприємство. На етапі 1 слід сформувати чітку ієрархію управління з фіксованим розподілом повноважень і відповідальності. Справа у тому, що до приходу в точку *A* в команді управління підприємством, як правило, всі рівні і всі відповідають за все. Як наслідок, успіх стає загальним надбанням, а за помилки відповідати нікому.

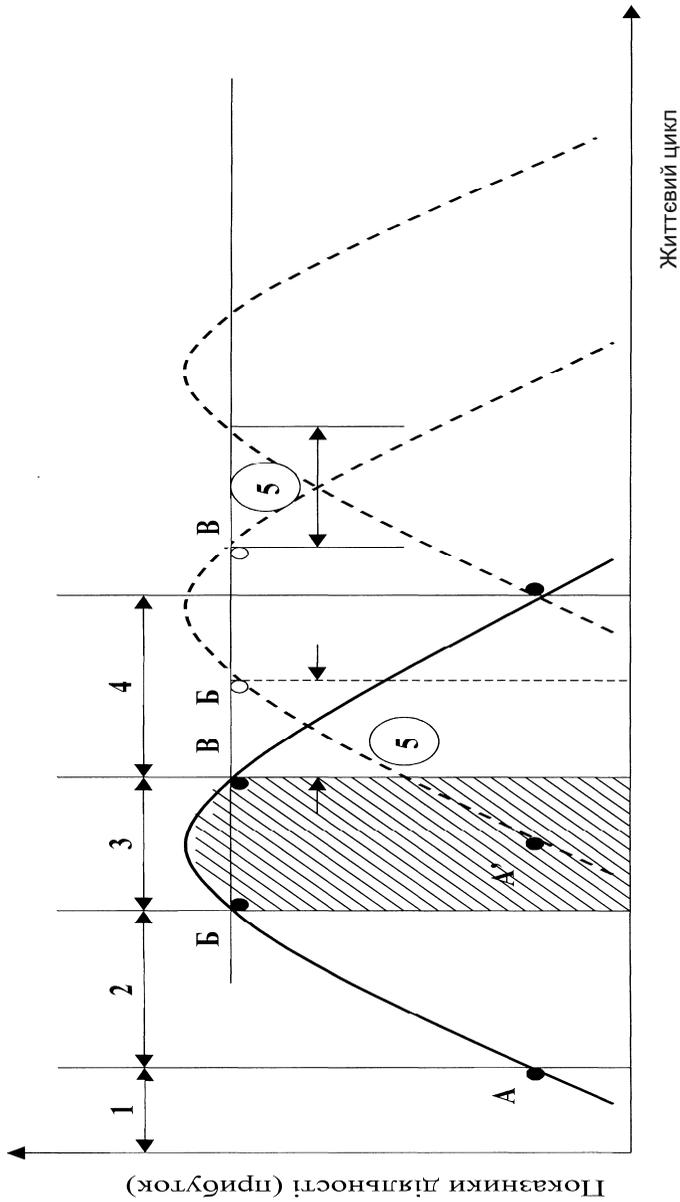
Така «анархія» в управлінні може призвести до того, що підприємство може не дожити до етапу 2.

На етапі 2 зростає роль маркетингового управління бізнесом підприємства. Успіх залежить від того, наскільки точно виявлено закономірності життєвого циклу головної (традиційної) продукції і визначено ефективні заходи торгівлі нею на товарних ринках.

На етапі 3 пріоритетною стає реклама, підтримка іміджу торговельної марки і розширення спектру власних (фірмових) послуг. Відрізок *BB* продовжується за рахунок надання традиційній продукції додаткових споживчих вигод, що на деякий час відводить підприємство (фірму) від зриву з кривої успіху.

Етап 4 характеризується необхідністю «ротації» членів управлінської команди, через те що її здатність виконувати ефективне управління вже вичерпано майже повністю.

Найбільший здобуток управлінської команди полягає в умінні точно визначити момент, коли потрібно розпочати диверсифікацію виробництва і починати новий життєвий цикл. Якщо це вдається, то «гребені хвилі успіху» наближаються одна до одної (зменшиться зона 5 на рис. 2.1), і успіх в одержанні прибутку може бути продовжено на більш тривалий час.



**Рис. 2.1. Життєвий цикл підприємства (фірми):**

1 – етап утвердження; 2 – етап змузнення, набуття досвіду, формування іміджу; 3 – етап стабільності й успіху; 4 – етап спаду. А – точка, від якої починається керованість підприємства; Б – точка межі стабільного успіху; В – точка падіння (зниження) успішної діяльності.

Корпоративна культура підприємства в процесі формування і реалізації його нової бізнес-моделі відіграє значну роль. Якщо будуть виявлені ознаки деструктивної корпоративної культури, то втілення бізнес-моделі, як правило, суттєво ускладнюється, а іноді стає безперспективним. Підприємство з такою культурою майже не піддається реформуванню. Для його виведення з кризи потрібні надзвичайні заходи – оздоровлення через банкрутство, у кращому разі – заміна команди управління і кардинальні зміни створеної системи управління підприємством.

Побудова бізнес-моделі підприємства буде успішно реалізована, а необхідні зміни у його функціонуванні будуть проведені в тому, і тільки в тому випадку, коли всі ключові працівники бажають цього і самовизначаються щодо функцій, які стосуються виконання проекту. Інакше може бути одержано зовсім не той результат, на який сподівалися. Несвоєчасна заміна кадрів може призвести до того, що вони не тільки вирішуватимуть усе, але й можуть залишити підприємство без усього. Отже, питання своєчасної заміни кадрів залишається актуальним. Саме тому необхідно передбачити всі варіанти й аспекти перебудови підприємства і точно вказати колективу, в якому напрямі воно повинно змінитися та як воно зможе функціонувати надалі і на якій основі. За цих умов зростає роль формального лідера, який як досвідчений диригент зможе організувати злагоджену і цілеспрямовану діяльність людей, зайнятих однією справою.

З огляду на викладене, підприємці-засновники, керівники мають чітко собі уявляти те, що найкращі шанси на успіх бізнес-моделі одержать ті підприємства, які пристосовуються до будь-якого варіанту розвитку подій, чиї керівники швидше знайдуть ефективні рішення будь-якого завдання, яке висувають суспільство і ринок.

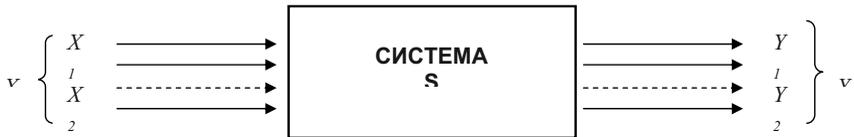
При циклічному розвитку економіки управління проектом зміни діяльності є необхідною умовою загальної системи управління народним господарством і майже безперервним рухом у напрямі – «від проекту до проекту».

Підприємства є відкритими системами, оскільки пов'язані, з одного боку, ринком сировини, послуг, а з іншого – ринком збуту товарів (виробів).

Для успішного функціонування системи необхідно мати певну інформацію про функціонування як самої системи в цілому, так і окремих її елементів, особливо інформацію, що існує між входом та виходом системи.

Оскільки підприємство, як соціотехнічна система, є складною структурою, її поділяють на складові, тобто на елементи спрощеної структури, що дозволяють простішими методами встановити інформаційні зв'язки. Тобто складну проблему поділяють на низку простих (за Р. Декартом).

Для нормального (успішного) управління системами всіх рівнів необхідна своєчасна і повна інформація про зв'язок між входами та виходами підсистеми кожного рівня. Якщо розглядати систему управління як сукупність організаційно оформлених взаємодіючих груп людей або окремих працівників, що виконують різні види управлінської діяльності, інформацію отримують вимірюванням входів  $X_i$  і виходів  $Y_i$  із окремих підсистем та системи в цілому (рис. 2.2).

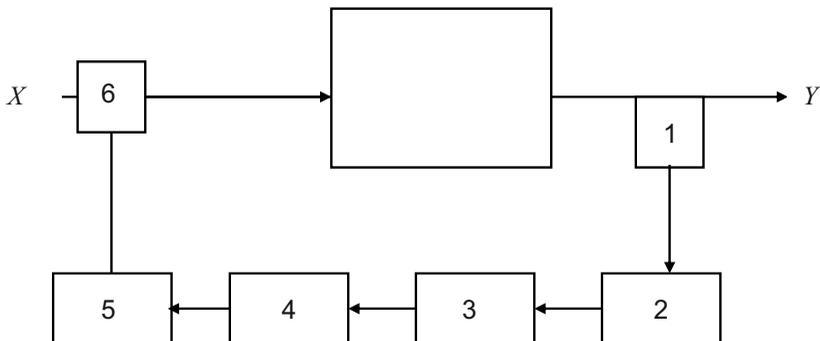


*Рис. 2.2. Модель «чорної скриньки»*

Деякі види управлінської діяльності виконуються автоматично, тобто без участі людини, інші види управлінської діяльності є автоматизованими, тобто одну або декілька операцій управління (вимірювання, перетворення (підсилення) сигналу здійснення тощо) виконує людина, а інші – автоматичні пристрої (рис. 2.3).

Автоматичне, або автоматизоване, управління може бути здійснене тільки за наявності математичного опису системи, тобто опису математичного зв'язку між входом та виходом.

Автоматичне управління може бути здійснене, головним чином, на нижніх рівнях системи підприємства.



**Рис. 2.3. Модель автоматичного пристрою:**

*1 – датчик (вимірювальний пристрій), 2 – підсилювач сигналу; 3 – перетворювач сигналу; 4 – регулятор; 5 – виконавчий орган; 6 – виконавчий механізм.*

На верхніх рівнях це не завжди вдається, тому деякі функції в системі управління виконуються людиною (блоки 1...6).

Наприклад, не можна поставити вимірювальні пристрої для визначення попиту, ціни, недоцільно використовувати автоматичні регулятори при прийнятті рішення про зміни випуску та асортименту продукції, звільненні з роботи тощо.

Залежно від складності окремих елементів та від поставленої мети управління використовують різні методи встановлення математичних зв'язків, тобто різні методи моделювання, що спрощують уявлення про систему, розглядаючи тільки суттєві сторони модельованого об'єкта.

Найпростішою та узагальненою моделлю системи вважають модель «чорної скриньки» (див. рис. 2.2), де визначається тільки призначення та поведінка системи без ретельного розгляду внутрішньої структури. Вхід системи складається із компонентів  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ , і вихід  $y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m$ . Множини входів та виходів позначені векторами  $X$  та  $Y$ .

Зв'язки між входом  $X$  та виходом  $Y$  встановлюють експериментальними та аналітичними методами.

Розглянемо основні принципи одержання таких зв'язків. Припустимо, що в об'єкті, умовно зображеному у вигляді прямокутника, ві-

дбуваються зміни характеристик на вході чи виході. Для спрощення будемо вважати, що об'єкт має тільки одну ( $i = 1$ ), числову характеристику на вході  $x$  та ( $j = 1$ ) на виході  $y$ . Зміну значень цих характеристик можна здійснити за допомогою однієї з управляючих (керуючих) дій, якою може бути один із вхідних параметрів  $x_i$ . При сталих умовах функціонування в об'єкті величина вихідної характеристики залежить від зміни значень вхідної, тобто:

$$y = f(x). \quad (2.1)$$

У простішому випадку ця функція може бути описана лінійним рівнянням:

$$y = b_0 + b_1 x \quad (2.2)$$

Бувають і більш складні залежності, які описуються поліномами  $n$ -ої степені, трансцендентними, диференціальними або іншими рівняннями. Практичну задачу встановлення числового значення  $y$  в залежності від величини  $x$  розв'язують різними способами. За відсутності будь-яких теоретичних знань, припустимої гіпотези та інших відомостей про форму залежності між вхідними та вихідними параметрами їх одержують експериментально у вигляді таблиці з двома стовпцями. В одному з них записують вибрані або задані значення  $x$ , а в другому – виміряні в процесі досліду значення  $y$ . Потім для наочності будують графік залежності. Виконавши математичну обробку (наприклад, за методом середніх) одержаних дослідних даних, складають залежність  $y = f(x)$  з числовими значеннями коефіцієнтів (наприклад, коефіцієнти  $b_0$  та  $b_1$  у рівнянні (2.2)). За відомими тепер значеннями цих коефіцієнтів можна обчислити значення  $y$  за будь-яких значень  $x$  у межах досліджуваної області її зміни.

В останньому випадку рівняння (2.2) відіграє роль математичного опису, придатного для встановлення зв'язків між вихідним параметром  $y_1$  та вхідним  $x_1$  у межах тих змін, які були встановлені експериментально. Рівняння (2.2) іноді називають виробничою функцією.

Для складання такого порівняно простого опису необхідно мати дослідні дані та відповідні засоби вимірювань для одержання величин  $x$  та  $y$ , можливість їх змін та вимірювання в заданому ін-

тервалі, а також мати досвід із виконання дослідів та обробки експериментальних даних.

За наявності теоретичних знань (відомостей) таку залежність можливо одержати аналітично. Наприклад, для об'єкта нижнього рівня температуру холодного теплоносія на виході з теплообмінника  $t_{хол}$  можна обчислити за рівнянням енергетичного балансу:

$$t_{хол} = Q / V\rho c + t_{зар}, \quad (2.3)$$

де  $Q$  – витрати переданої теплоти, кДж/с;

$V$  – об'ємні витрати теплоносія, м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – густина теплоносія, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – теплоємність теплоносія, кДж/(кг °С).

При моделюванні елементів верхнього рівня ці дані можна одержати з журналів реєстрації надходження сировини, робочих агентів тощо.

Для використання наведеного співвідношення необхідно мати числові значення  $V$ ,  $\rho$ ,  $c$  і  $Q$ . Фізичні характеристики знаходять із довідкової літератури. Витрати легко виміряти або вони можуть бути задані заздалегідь. Кількість або витрати теплоти, одержаної від гарячої стінки, визначають експериментально або обчисленням за допомогою відомого рівняння теплопередачі.

Тобто використання аналітичних методів зовсім не виключає експериментального визначення величин, які входять до формули (2.3). Тільки при цьому визначають не змінні величини  $x$  та  $y$ , а сталі, тобто в даному випадку  $b_0 = Q / V\rho c$  та  $b_1$ . Таким чином, опис одержано при цілому ряді припущень (сталі фізичні властивості теплоносіїв тощо).

Припущення, або спрощення, зазвичай приймають лише в тому разі, якщо вони вносять тільки припустимі відхилення тих параметрів, які обчислюються. У зв'язку з цим для встановлення зв'язку між входом та виходом технологічного об'єкта використовують формулу (2.3) в межах прийнятих припущень.

Можна висунути гіпотезу, що зміна температури теплоносія на виході пропорційна зміні температури на вході  $t_{хол} = b_0 + b_1 t_{зар}$ .

У такому разі треба обчислити коефіцієнти  $b_0$  та  $b_1$  при значно меншому об'ємі дослідів. Для цього достатньо поставити експеримент у кінцевих точках значень прийнятого діапазону зміни

температур теплоносія на вході. Після їх визначення використовують наведену формулу для обчислення значень температури теплоносія на виході за будь-яких значень його температур на вході в діапазоні припустимих обмежень. У кожному з наведених випадків перш за все встановлюють, наскільки та чи інша залежність відображає дійсний процес, визначають відхилення (похибку) або різницю обчислених та вимірених на об'єкті величин, тобто встановлюють адекватність моделі об'єкту.

Інакше кажучи, незалежно від методу складання математичного опису обов'язковим є постановка досліджень. Кількість запланованих дослідів залежить від первинної інформації про об'єкт. За відсутності теоретичних знань (відомостей) кількість дослідів найбільша. Якщо висунути вдалу гіпотезу, об'єм досліджень можливо значно скоротити. Для встановлення адекватності використовують ретроспективні дані.

Для розглянутих простіших засобів складання математичного опису достатнім є використання простих обчислювальних приладів безперервної та дискретної дії. Оскільки елемент характеризується декількома характеристиками (див. рис. 2.2), то складання математичного опису ускладнюється. Якщо кожна пара має тільки одну характеристику, то процес в апараті або машині описується системою двох рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_1) \\ y_2 &= f_2(x_2, x_2) \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Для простішого випадку лінійних залежностей рівняння матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= b_{11}x_1 + b_{12}x_2 \\ y_2 &= b_{21}x_1 + b_{22}x_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

де  $b_{ij}$  – сталі коефіцієнти.

При проведенні експериментальних досліджень зазвичай встановлюють зв'язки між вхідними факторами, що впливають на перебіг процесу, які характеризують його властивості. Перші з них є незалежними і можуть приймати довільні значення  $x_i$  на технологічно можливих інтервалах; інші – залежними  $y_j$ , оскільки їх значення визначаються властивостями процесу та зміною неза-

лежних змінних.

Якщо одна з величин  $y_j$  залежить від іншої  $x_i$  таким чином, що кожному значенню  $x_i$  відповідає певне значення  $y_j$ , то таку залежність називають функціональною, а якщо кожному значенню  $x_i$  відповідає деяка сукупність значень  $y_j$  і зміна величини  $x_i$  призводить до зміни розподілу  $y_j$ , то – статистичною.

Особливим випадком статистичного зв'язку є кореляційна залежність, коли зміна величини  $x_i$  обумовлена зміною розподілу  $y_j$  та його середнього значення  $y$ . Найбільш простим видом є лінійний кореляційний зв'язок (2.2). Якщо функція  $y = f(x)$  має нелінійний характер, то для визначення коефіцієнтів регресії нелінійну форму переводять у лінійну (2.6) за допомогою зміни шкал рівномірних на нерівномірні ( $\ln x$ ,  $x^2$ , тощо):

$$Y = B_0 + B_1 X. \quad (2.6)$$

Більш ефективними для скорочення числа дослідів є багатофакторні плани, при яких одночасно варіюють декількома факторами. Для проведення дослідів складають спеціальні матриці планування, в яких визначається число дослідів та межі зміни факторів. Матриці являють собою перелік варіантів, використаних у даній серії дослідів. Фактором прийнято називати вхідні параметри процесу  $x_j$ . Залежність будь-якого вихідного параметру від двох та більшого числа факторів називають багатофакторною і представляють її для двох факторів у вигляді поверхні, а трьох і більш – у вигляді гіперповерхні.

Для спрощення розрахунків користуються кодованими (безрозмірними) значеннями факторів. Найпростішими є матриці повного факторного експерименту, а досліді ставлять за симетричними ортогональними планами, в яких фактори змінюються на двох рівнях – нижньому ( $H^-$ ) та верхньому ( $H^+$ ). Центр експерименту в таких матрицях обчислюється за співвідношенням:

$$H_i = (H_i^+ + H_i^-) / 2, \quad (2.7)$$

а інтервал варіювання

$$\lambda_i = (H_i^+ - H_i^-) / 2 = H_i^+ - H_i^- = H_i^- - H_i^+ \quad (2.8)$$

Зв'язок між натуральним значенням фактора ( $H_i$ ) та кодовим безрозмірним ( $x_i$ ) за кожним фактором визначається виразом:

$$x_i = (H_i - H_{0i}) / \lambda_i \quad . \quad (2.9)$$

У безрозмірному виразі верхній рівень буде (+1), а нижній (-1). У матриці планування вони умовно зображуються як (+) та (-).

Матриці планування називають повним факторним експериментом (ПФЕ) типу  $2^2$  і  $2^3$  відповідно. Величина  $x_0$  є сталою для кожної матриці. Вона визначає середнє (центр плану). Знаки (+) і (-) – це верхні та нижні рівні.

Математичну залежність між декількома входами та виходами звичай записують так:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2. \quad (2.10)$$

Скорочення числа дослідів досягають використанням багатофакторних планів дослідів, які виконують у такій послідовності:

- визначають число факторів та межі їх зміни (область обмежень);

- визначають план експерименту (ПФЕ, ДФЕ), тобто повний план або його репліки, та кількість дослідів (числа  $N$  та  $K$ );

- складають таблицю, яка утримує  $n$  рядків та  $k$  стовпців;

- заповнюють стовпці таблиці по черзі: нижній (-) та верхній (+) рівні першого фактора через один, другого – через два, третього – через три тощо;

- у цій же таблиці передбачають стовпці для запису результатів у кожному досліді;

- обчислюють коефіцієнти регресії за формулами:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}_u}{N}, \quad b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{N}, \quad b_{12} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{1u} \cdot x_{2u} \cdot \bar{y}_u}{N}, \quad (2.11)$$

де  $N$  – число дослідів;

- перевіряють значущість коефіцієнтів регресії за формулою:

$$|b_i| > E b_i = t_{np} S b_i, \quad (2.12)$$

- визначають дисперсію відтворення:

$$S^2_{b_i} = \frac{\sum_{u=1}^m \sum_{ii=1}^N (y_{ui} - \bar{y}_u)^2}{m(m-1) \cdot N}. \quad (2.13)$$

– перевіряють адекватність рівняння регресії за дисперсією неадекватності:

$$S_{неад}^2 = \frac{\sum^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2}{N - n}, \quad (2.15)$$

де  $n$  – кількість значущих коефіцієнтів у рівнянні регресії;

$f = N \cdot (m - 1)$  – кількість ступенів волі;

$f_{чисельника} = N - N' = 1$ ;

$f_{знаменника} = N \cdot (m - 1) = 4$ .

При складанні плану експерименту треба враховувати деякі найбільш поширені помилки: нечітку оцінку об'єкта, що вивчається, невдалий вибір показника якості розв'язання задачі, неповний аналіз існуючих теоретичних уявлень про об'єкт, недостатній аналіз технологічних потоків та їх характеристик, неповний облік можливостей їх вимірювання, невідповідність вибору факторів задачі дослідження.

Експеримент зазвичай проводять пасивними та активними методами. Під пасивними експериментами розуміють одержання будь-яких даних без планування умов проведення дослідів при випадковій зміні входних факторів. При пасивних методах проводять вимірювання (реєструють показання вимірювальних приладів) або збирають необхідні дані за різними документами: журналами реєстрації одержання або відправлення вантажів, вагонів, суден; накладними на приймання та видачу продукції; документами якості та іншими в режимах нормальної експлуатації, тобто збирають дані в результаті нормального функціонування об'єкта.

Пасивні методи найбільш доцільно застосовувати без припинення роботи об'єкта. Оскільки нормальний режим функціонування підлягає постійним випадковим змінам, то кожну зміну треба розглядати як експеримент, поставлений випадком. Пасивні методи застосовують для визначення не тільки статистичних, динамічних та інших властивостей різних об'єктів, але й міри взаємозв'язку між окремими показниками господарської діяльності підприємств.

Позитивним у пасивному експерименті є відносна простота

одержання початкових даних та порівняно незначні витрати часу на їх одержання. Проте пасивним експериментам властива ціла низка недоліків:

– діапазони зміни початкових параметрів можуть не відповідати поставленій задачі дослідження, тобто дослідні точки не вдало розташовані;

– сукупність одержаних даних містить недостатню кількість корисної інформації;

– зміни вихідних параметрів обумовлені зміною деяких неконтрольованих вхідних параметрів.

Пасивний експеримент проводять без плану, але до його організації висувають певні вимоги, виконання яких забезпечує необхідну якість одержаних даних. Наприклад, оснащення об'єкта в необхідних точках відповідними вимірювальними приладами, встановлення періодичності реєстрації даних приладів, інтегрування (сумування) часу проводжуваних досліджень, реєстрації даних за документами тощо.

Іншим методом визначення залежностей виходу від входу є нанесення збурень на вході та реєстрація сигналу на виході, тобто фізичної величини, що відображає вихід у вигляді ступеневого або імпульсного, а іноді синусоїдального збуджень.

Ідеальний одиничний імпульс розглядається як сигнал у вигляді дельта-функції, властивості якої визначаються співвідношеннями:

$$\delta(T - T_1) = \begin{cases} 0 & \text{при } T \neq T_1 \\ \infty & \text{при } T = T_1 \end{cases} \quad (2.15)$$

$$\int_a^b f(T) \delta(T - T_1) dT = f(T_1) \quad (2.16)$$

де  $(T - T_1)$  – дельта-функція (Дірака);

$T$  – час;

$T_1$  – момент дії імпульсу;

$a, b$  – довільні дійсні числа, в т.ч.  $i = \infty$ .

Це математичне співвідношення ідеалізує реальний імпульс, тобто визначає його подовженість, що дорівнює нулю, а верхній рівень – нескінченності. Площа такого ідеалізованого імпульсу

кінцева і дорівнює одиниці. Оскільки при  $f(T) = 1$ , то:

$$\int_a^b \delta(T - T_1) dT = 1 \quad a < T_1 < b. \quad (2.17)$$

Єдиним параметром такого сигналу є момент його дії  $T_1$ . Якщо прийняти, що  $a = 0$  і  $b = T$ , то:

$$\int_a^b \delta(T - T_1) dT = 1. \quad (2.18)$$

Інтегрування сигналу у вигляді дельта-функції дає сталу величину, що дорівнює одиниці.

Оскільки імпульс діє в момент  $T = T_1$ , значення інтеграла відрізняється від нуля тільки для  $T > T_1$ . Символічно це позначають  $1(T - T_1)$  і називають одиничною ступеневою функцією (функція Хевісайта). Масштаб одиничної функції можна змінювати будь-яким чином, достатньо її помножити на сталу величину.

Синусоїдальне збурення характеризується двома параметрами – амплітудою та частотою коливань  $\omega$ . Цей метод можна використати на всіх рівнях соціотехнічної системи.

Наведені найпростіші методи можуть бути реалізовані при управлінні та прогнозуванні розвитку технології і окремих її складових.

## Контрольні запитання

1. Цикли розвитку в економіці і технології.
2. Прогнозування розвитку технології.
3. Принципи управління розвитком технології (підприємства).
4. Визначення ефективності управління.
5. Визначення зв'язків між «входом» та «виходом» системи (виробнича функція).
6. Складові системи управління виробництвом.
7. Основні завдання системи управління.
8. Структура системи управління технологічною лінією.
9. Принципи моделювання та синтезу системи управління.
10. Зв'язок рівня досконалості технології і економічного стану суспільства.

### Розділ 3. ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ

#### 3.1. Наукові засади технології

Наукові засади технології розглянемо, виходячи із загального визначення поняття науки. Науку розуміють як сферу діяльності людини, що розробляє та систематизує об'єктивні знання про дійсність і складається з теорії і практики. Основною метою будь-якої науки є опис, пояснення та передбачення процесів і явищ, що відбуваються в суспільстві і природі. Науку можна розглядати як форму систематизації знань [БСЭ, т. 17, с. 323]. Класифікують науки по-різному: фундаментальні, прикладні, технічні, за галузями знань тощо. Наука розробляє принципи пізнання, а за Гельвецієм «знання деяких принципів легко компенсують незнання деяких фактів».

Теорія як складова науки систематизує знання, тобто є сукупністю знань, об'єднаних у систему на основі деяких загальних положень. Теорія складається із визначень (понять, уявлень), основних положень (постулати, аксіоми, закони) і висновків (пропозицій). Аксіомами переважно користуються в математиці, біології та інших науках. Водночас аксіомами може користуватись будь-яка наука, треба тільки їх сформулювати. Теорія відповідає на запитання, що може відбутися, а що є неможливим.

Теорії бувають дедуктивні та індуктивні (описові). Описова теорія виникає на основі дослідів, їхньої типізації та класифікації, встановлення емпіричних зв'язків між елементами, що дозволяє узагальнити ці зв'язки, з'ясувати причини їх утворення і розвитку. Дедуктивні теорії будують на основі уявлень, гіпотез тощо, і вони мають більш загальний прогнозуючий характер.

Практика є мірою відповідності (істинності) теорії та визначає шляхи перевірки теорії.

Що стосується технології харчових виробництв, то її наукові засади теж повинні складатись із теоретичних положень та практичних результатів.

**Теоретичні положення.** Технологія харчових виробництв, як і будь-яка інша технологія, складається із визначень (уявлень) пос-

лідовності виконання технологічних операцій переміщення, нагрівання, охолодження, зневодження, зволоження, змішування, розподілення тощо. Ці операції можна звести до трьох: перетворення, розподілення за певними ознаками та змішування. Узагальнити ці операції можна на основі трьох принципів термодинаміки (постулати). Три принципи термодинаміки визначають закони здійснення перелічених операцій: матеріальний і енергетичний баланси, умови рівноваги та кінетика. Висновки формулюються щоразу після відповідних теоретичних і експериментальних досліджень.

Як відомо, в кожній галузі є свої методи наукового пізнання. Загальні методи наукового пізнання поділяються на три групи:

- методи емпіричного дослідження: спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент;
- методи емпіричного та теоретичного дослідження: абстрагування, аналіз і синтез, індукція, дедукція, моделювання;
- методи теоретичного дослідження: гіпотези, перехід від абстрактного до конкретного тощо.

Ці загальні методи широко застосовуються і в харчовій технології.

Теоретичні засади будь-якої технології засновані на фундаментальних законах природи, які узагальнює термодинаміка. Методи термодинаміки дозволяють не тільки узагальнити більшість явищ, що відбуваються в технології, а й зменшити втрати часу на аналіз, дослідження і вдосконалення основних процесів технології. Будь-яка технологія повинна бути найбільш наближеною до природних процесів, які відбуваються в живих організмах, у природі і суспільстві: перетворення, розподілення і змішування.

Усі перелічені процеси здійснюються або відбуваються у відповідності до трьох принципів термодинаміки, які в спрощеному вигляді можна сформулювати таким чином:

- різниця енергії та роботи, або зміна енергії системи, не залежить від характеру (шляху) процесу і визначається її початковим і кінцевим станами (I закон);
- усі процеси є незворотними, тобто передача (енергії) від холодного до нагрітого тіла неможлива (II закон);

– усі процеси уповільнюються зі зниженням температури, а при температурі, близькій до абсолютного нуля, всі процеси перебігають без зміни енерговмісту (III закон).

Перший закон є загальним законом збереження енергії, другий і третій визначають кінетику процесів та умови рівноваги. Термодинаміка розглядає найзагальніші закони процесів у макроскопічних системах, що знаходяться в стані термодинамічної рівноваги і переходу між такими станами, тобто може бути основою для узагальнення процесів, що відбуваються в технології.

Термодинамічна система є сукупністю макроскопічних тіл, що взаємодіють і обмінюються енергією між собою і навколишнім середовищем та характеризуються параметрами стану: тиском  $P$ , температурою  $T$  та об'ємом  $V$ . Крім поняття термодинамічної рівноваги, використовують і поняття внутрішньої енергії системи, яка складається з кінетичної енергії теплового руху молекул і потенціальної енергії їх взаємодії. Таким чином, будь-яку технологію можна уявити як термодинамічну систему, що відповідає загальним уявленням про біологічні та інші природні системи.

Як закон збереження енергії, перший закон термодинаміки математично записується так:

$$dQ = dU + PdV, \quad (3.1)$$

тобто кількість теплоти  $Q$ , що підведена до будь-якої системи, витрачається на збільшення внутрішньої енергії  $dU$  та на зовнішню роботу  $PdV$  або вказує на еквівалентність теплоти і роботи. Перший закон використовують при ізохорному та ізобарному нагріванні, ізотермічному розширенні або стисненні.

Другий закон термодинаміки вказує на обмеженість процесів перетворення і показує спрямованість фізичних процесів. Є декілька формулювань другого закону (Клаузіус, Томсон, Планк), але найпростішими є формулювання про неможливість повного перетворення теплоти в еквівалентну їй роботу, що викладено вище.

Найбільш узагальненим математичним виразом другого закону вважають вираз  $\frac{dQ}{T} \leq dS$ , тобто відношення диференціалу теплоти  $dQ$  до абсолютної температури  $T$ , де функцію  $S$  називають ентропією, яка є функцією стану системи і залежить тільки від параме-

трів систем тиску  $P$ , об'єму  $V$  і температури  $T$ , а зміна ентропії закритої (ізолюваної) системи зростає або є сталою. При максимумі ентропії всі процеси в системі зупиняються.

Оскільки ентропія має зміст вірогідності, то другий закон термодинаміки має вірогіднісний характер, тобто ентропію розглядають як міру невизначеності стану системи.

Третій закон термодинаміки вказує на те, що ентропія прямує до нуля при  $T \rightarrow 0$ , і мабуть найкраще виражається відомим рівнянням Ареніуса для хімічних перетворень

$$K = K_0 \left( \frac{-E}{RT} \right) \quad (3.2)$$

і показує зміну константи швидкості реакції  $K$  від температури, де  $E$  – енергія активації, кДж/моль (для харчових продуктів  $E = (50 \dots 250)$ ; кДж/моль);

$R = 8,3$  кДж/кг – газова стала зміна суми кінетичної енергії молекул 1 моля ідеального газу при зміні його температури на  $1^\circ\text{K}$ .

У математичному розумінні під ентропією  $S$  розуміють суму добутоків вірогідностей різних станів системи  $p_i$  на логарифми цих вірогідностей  $\log p_i$ , узятих з протилежним знаком:

$$S = - \sum_{x=1}^n p_i \log p_i. \quad (3.3)$$

Знак мінус ставлять для того, щоб ентропія була позитивною, оскільки  $p_i$  менше одиниці, а їх логарифми від'ємні. Ентропія системи з рівноважними станами дорівнює логарифму числа станів  $n$   $S = \log n$ .

По-перше, однією з важливих властивостей ентропії є адитивність, по-друге – вона перетворюється в нуль, коли один із станів системи достовірний, а інші – неможливі, по-третє – при заданому числі станів системи ентропія перетворюється в максимум, коли ці стани рівновірогідні, а при збільшенні числа станів – збільшується. Коли стан системи задалегідь відомий, то її ентропія дорівнює нулю. Середнє значення (математичне очікування) випадкової величини є її ентропією. Відомі співвідношення термодинаміки витікають із більш загальної концепції теорії інформації.

Термодинамічну вірогідність, або статистичну вагу, розглядають як характеристику стану термодинамічної системи, що дорівнює числу цих різних фізичних станів і виражається ентропією

$$S = k \cdot \ln n_T + \text{const}, \text{ Дж / (кз, } ^0\text{K)}, \quad (3.4)$$

де  $n_T \geq 1$  – стан системи;

$k$  – стала Больцмана ( $k = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23}$ , Дж / К), яка показує

зв'язок між середньою кінетичною енергією молекул і температурою, де  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$  – число молекул в одному молі речовини.

Таким чином, абсолютне значення ентропії визначає третій закон термодинаміки, зміну системи – другий.

Ентропія відносно термодинамічної системи є функція її стану, що характеризує спрямованість перебігу процесу. Різниця станів системи характеризується різницею ентропій у двох довільних станах (точках) і визначається виразом:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\Delta Q}{T}, \quad (3.5)$$

де  $\Delta Q$  – кількість теплоти (енергії), що надходить до системи при нескінченно малій зміні стану системи при абсолютній температурі  $T$ . За Л. Больцманом, усі процеси спрямовані і перебігають від менш вірогідного стану до більш вірогідного, а всі природні процеси перебігають зі збільшенням ентропії.

Повний диференціал системи

$$dS = \frac{\Delta Q}{T}. \quad (3.6)$$

Узагальнюючи, можна заключити: перший закон термодинаміки є виразом закону збереження енергії  $\Delta Q = \Delta U + pdV$ , тобто кількість теплоти, що підведена до будь-якої системи, витрачається на збільшення внутрішньої енергії  $dU$  і на зовнішню роботу  $dA$ . Згідно з другим законом термодинаміки ентропія системи за будь-яких змін замкнутої системи не може бути менше нуля  $dS \geq 0$ . Відповідно до третього закону термодинаміки ентропія

твердого або рідкого тіла в стані термодинамічної рівноваги прямує до нуля при абсолютній температурі  $\lim S = 0$  при  $T \rightarrow 0$ .

Найбільшою мірою принципи термодинаміки в технології зберігання зерна використали А.С. Гінзбург та Г.А. Єгоров. З термодинамічної точки зору зерно являє відкриту систему, тобто при зволоженні одночасно мають місце два явища:

– дифузійне проникнення молекул води в зернину, що супроводжується зміною ентропії;

– адсорбційне зв'язування молекул води активними центрами макромолекул білків і вуглеводів, що супроводжується тепловим ефектом (зміною ентальпії).

Основні термодинамічні параметри стану системи (зернини) пов'язані між собою співвідношеннями

$$\Delta E = \Delta J - T\Delta S, \quad (3.7)$$

де  $\Delta J, \Delta S$  – зміни ентальпії і ентропії, Дж/кг і Дж/(кг, °K);

$T$  – абсолютна температура, °K.

Зміну енергії  $\Delta E$ , або ізобарно-ізотермічного потенціалу, визначають також за формулою:

$$\Delta E = R \cdot T \cdot \ln \frac{P}{P_0}, \text{ кДж/моль}, \quad (3.8)$$

де  $R$  – газова стала 8,3 кДж/кг;

$P, P_0$  – тиск пари води у звичайних умовах і повному насиченні атмосфери.

Приріст ентальпії визначають за формулою:

$$\Delta J = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (3.9)$$

де  $P_1, P_2$  – тиск пари при температурах  $T_1, T_2$ , Па.

З рівняння (3.7) видно, що умови  $\Delta E < 0$  виконується тоді, коли  $\Delta J < 0$  і  $\Delta S > 0$ ;  $\Delta J < 0$  і  $\Delta S < 0$ . Але за абсолютним значенням  $|\Delta J| > |T\Delta S|$ .  $\Delta J > 0$ , але за абсолютним значенням  $|\Delta J| < |T\Delta S|$ , що можливо за умови переважної ролі дифузії. Умова  $\Delta J < 0$  відповідає вилученню теплоти.

Сумісна дія окремих часток неупорядкованої неоднорідної системи призводить до їх самоорганізації, тобто до зростання ентропії.

При збільшенні вологості ентропія зменшується і досягає нуля в області гігроскопічного стану, що, мабуть, вказує на підвищення порядку структурних елементів зерна на молекулярному рівні, тобто при зволоженні зерна  $\Delta J < 0$  і  $\Delta S < 0$ , але при абсолютному значенні  $|\Delta J| > |T\Delta S|$ , що забезпечує зниження вільної енергії  $E$  та визначає довільний перебіг процесу зволоження зерна в гігроскопічній області. Тобто зволоження зерна може відбуватись за умови зменшення ізобарно-ізотермічного потенціалу  $\Delta E < 0$ .

За визначенням Г.А. Єгорова, основний рівень енергії зв'язку в межах моношару молекул становить 20,9 кДж/моль і відповідає рівню водневого зв'язку, тобто хімічно зв'язаної вологи нема, оскільки нижній рівень енергії хемосорбції дорівнює 125 кДж/моль. Оскільки мікрокапіляри не перевищують  $10^{-8}$  м і макрокапіляри – більше  $10^{-7}$  м, то в цьому випадку нема й механічного зв'язку.

За термодинамічний потенціал вологого переміщення у відповідності з рівнянням (3.8) беруть енергію зв'язку вологи  $\Delta E$ :

$$\Delta E = R \cdot T \cdot \ln \frac{P}{P_0}, \text{ кДж/моль.} \quad (3.10)$$

Таким чином, зі збільшенням вологості енергія зв'язку зменшується.

За А.С. Гінзбургом, при висушуванні (зневодненні) відбуваються зворотні процеси. Зі зменшенням внутрішньої енергії  $\Delta E$  при сталій температурі, або енергії зв'язку, яку виражають роботою, необхідною для відривання одного моля води, і виражають у зворотному напрямі, тобто:

$$\Delta E = R \cdot T \cdot \ln \frac{P}{P_0} = -R \cdot T \cdot \ln \varphi,$$

де  $\varphi$  – відносна вологість повітря, %.

При збільшенні міцності зв'язку води з матеріалом величина парціального тиску пари  $P_{II}$  над зерниною зменшується, а для вільної вологи вона стає рівною  $P$ , тобто  $\varphi = 1$ , а енергія зв'язку  $E = R \cdot T \cdot \ln 1 = 0$ .

Зі зменшенням вологості збільшується ентропія, знижується можливість перебігу енергії, збільшується частка вилученої адсорбційно зв'язаної вологи і починає вилучатись хімічно зв'язана

волога, тобто робота на вилучення вологи  $E$  значно збільшується. Це може бути підтверджено такими даними. Хімічно зв'язана вода має енергію зв'язку  $E = 8,4 \cdot 10^3$  Дж/моль; адсорбційно зв'язана при  $\varphi = 0,25$   $E = 3,74 \cdot 10^3$  Дж/моль; капілярні зв'язки при  $2r = 10^{-8}$  м  $E = 5,3 \cdot 10^2$  Дж/моль.

Всі процеси технології відбуваються у певній строго визначеній послідовності з визначеними режимами, відхилення від яких контролюється системою керування, яка і визначає запобіжні заходи для забезпечення сталого функціонування системи.

Оскільки технологія розглядається і як соціотехнічна система, то наукові основи технології повинні включати або розглядати в теоретичному плані, крім принципів перетворення, розподілення і змішування, і правила будови та послідовності виконання технологічних операцій і принципи керування технологічною лінією.

Оскільки основні технологічні операції здійснюються відповідними апаратами і машинами, і зв'язок між ними підтримується за допомогою певних транспортних засобів, то виникають практичні проблеми технології – вибору відповідного транспортного засобу та режимів їх функціонування і визначення місця і способу контролю.

Наука про технологію заснована на фундаментальних наукових положеннях біології, хімії, фізики, які узагальнює термодинаміка, і широко використовує економіку, математику, теорію інформації тощо.

Основну мету технології як науки можна сформулювати як наукове обґрунтування і застосування найбільш доцільних або можливих способів одержання певного продукту із заданими властивостями при найменших затратах і як прикладну – втілення науково обґрунтованих рішень у виробництво.

Наукові основи складаються з теоретичних положень та технічних рішень, які не суперечать трьом принципам термодинаміки.

Теоретичні основи засобів переробки сировини складаються, з одного боку, із загальних фундаментальних уявлень про перебіг основних процесів – перетворення, розподілення і змішування речовин (матеріалів), а з іншого боку – визначають пра-

вила, або закономірності (послідовність виконання), технологічних операцій.

Перетворення здійснюють зазвичай з метою зміни властивостей або ознак розподілення складових речовин за хімічним складом, фізичними властивостями або з метою визначення здатності до змішування, якщо не передбачають інших вимог.

Фізична природа процесів розподілення, як і перетворень, може бути різною, але основним завданням теорії цих процесів є пошук і встановлення найбільшої різниці ознак розподілу за розмірами, масою, густиною, в'язкістю, температурою та іншими ознаками.

Змішування здійснюють з метою одержання однорідних за складом сумішей, визначення правил або засобів, які забезпечують склад кінцевого продукту змішування у визначеному співвідношенні при належній якості, яка визначається рівномірним розподілом змішуваних речовин, якщо нема інших вимог.

Усі перелічені процеси відбуваються і здійснюються не всупереч трьом принципам термодинаміки.

Перетворення властивостей речовин здійснюються різними за природою процесами: хімічні та біохімічні реакції, нагрівання, охолодження, подрібнення, стиснення, опромінення, зневоднення, зволоження, перетворення рідини в пару, твердої речовини в рідину, розпилення, емульгування, диспергування, гомогенізація, піноутворення, розчинення, плавлення, конденсація, заморожування, твердіння, пастеризація, абсорбція, адсорбція, ректифікація, сушіння, кристалізація.

Таким чином, перетворення, розподілення, змішування можна вважати основними поняттями технології.

Теоретичною основою, тобто основними положеннями, цих процесів є кінетика хімічних та біохімічних перетворень, тепломасоперенесення, розчинення, стиснення тощо. Тобто, вони здійснюються на основі загальних принципів термодинаміки, за якими можна дати якісну оцінку конкретним процесам. Цей конкретний прояв принципів термодинаміки описується рівнянням матеріального і енергетичного балансу, кінетики і рівноваги, за якими дають кількісну оцінку за умови визначення так званих коефіцієнтів перенесення.

Перетворення здійснюють з різною метою. Наприклад, для вилучення радіоактивного урану 235 із урану 238 (збагачення) по-

ряд з іншими операціями суміш перетворюють у рідину або газ і дозволяють здійснити це збагачення за допомогою створення ознак розподілу фільтруванням, ректифікацією тощо.

Для рафінації цукру його розчинюють, а потім вилучають із розчину небажані домішки.

При переробці зерна в борошно його зволожують і подрібнюють на такі частки, тобто компоненти, з такими властивостями, які дозволяють вилучити найбільш цінну речовину (ендосперм).

Круп'яні культури пропарюють, зволожують з метою змінити фізичні властивості оболонки і ядра для збільшення ознаки їх розподілу. Пропарювання крупи здійснюють також з метою покращення її поживних властивостей.

Первинні продукти комбікормів нагрівають, пропарюють, піджарюють, екструдують теж для одержання кращих поживних властивостей. Тут відбуваються хімічні (біохімічні) перетворення.

Зерно зневоджують для більш надійного його зберігання.

Гомогенізацію молока здійснюють з метою зменшення ознак розподілу жирових кульок і рідини, що сприяє стабілізації складу суміші.

Опромінення при різних частотах коливань, як один із можливих засобів перенесення енергії (нагрівання), здійснюють в об'ємі маси сировини.

Подрібнення можна розглядати, з одного боку, як процес перетворення, а з іншого боку – як процес розподілу в залежності від його призначення.

Розподілення (сортування, сепарування) здійснюють осадженням, фільтруванням у гравітаційному полі та в полях відцентрових, електричних та інших сил.

Сортування на фракції здійснюють за різницею розмірів, форми, електромагнітних властивостей, густини тощо.

При розподілі речовин застосовують здебільшого комбіновані методи, які здійснюють розподілення за сукупністю ознак, що забезпечує вилучення більшої частини складових розподілу.

Змішування твердих часток рідини і газу здійснюють з метою одержання рівномірного складу продукту (морозиво, маргарин, комбікорм, тісто тощо) різними машинами або в процесі транспортування. Зазвичай процесу змішування передують процес дозу-

вання. При цьому можуть відбуватись і процеси перетворення. Якість процесу змішування можна оцінити мірою збільшення ентропії.

Таким чином, можна зазначити:

1. Незалежно від призначення основних процесів технології всі вони засновані на трьох принципах термодинаміки і можуть бути узагальнені на якісному рівні. Основні положення термодинаміки визначаються конкретно рівняннями матеріального та енергетичного балансу, кінетики й рівноваги, які використовують для кількісної оцінки технологічних процесів.

Рівняння матеріального і енергетичного балансу відповідають першому закону термодинаміки, а рівняння кінетики і рівноваги – другому та третьому.

2. У залежності від природи процесу взаємодії між об'єктами перетворення, розподілення, змішування і переміщення рушійна сила в процесі технології визначається по-різному. Для процесів теплоперенесення – різниця температур  $\Delta T$ ; хімічних перетворень – різниця концентрацій  $\Delta C$ , вологоперенесення – різниця вологовмісту  $\Delta U$ ; стиснення – різниця тисків  $\Delta P$  та ін.

3. У термодинаміці рушійна сила визначається в узагальненому вигляді хімічним потенціалом, який безпосередньо не вимірюється, а визначається через термодинамічний потенціал, як частинна похідна від будь-якої характеристичної функції  $dF_i$  системи  $P, V, T$  за числом молей  $m_i$  певної речовини, що визначає його масу (вільна енергія  $F_i$  по масі  $m_i$ ):

$$\mu_i = \left( \frac{\partial F_i}{\partial m_i} \right)_{V, T, m},$$

або як функція волого вмісту і температури  $\mu_i = (U, T)$  – для харчових продуктів, або  $\mu_i = R \cdot T \cdot \ln \frac{P_0}{P_{II}}$  – для вологого повітря.

4. Використання хімічного потенціалу для практичного визначення затрат енергії вимагає визначення характеристик робочого агента та об'єкта перетворення в заданому або визначеному діапазоні зміни властивостей.

Для спрощення використання хімічного потенціалу треба частинну похідну подати у вигляді конкретного виду рушійної сили

$\Delta T$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta P$ , що дозволяє її виміряти або визначити іншим більш доступним способом.

5. Оскільки характеристики технологічного процесу мають вірогіднісний характер, то поряд з переліченими методами для визначення характеристик використовують теорію імовірності, яка є математичною основою загальних принципів термодинаміки.

## **3.2. Фізико-хімічні та біохімічні закономірності технології**

### **3.2.1. Закони збереження маси та енергії в умовах рівноваги систем**

Перш ніж розглядати питання рівноваги, повторимо визначення поняття система. Фізичною або хімічною системою називають сукупність взаємодіючих тіл. Якщо ця взаємодія визначається фізичними закономірностями, то розуміють фізичну систему, якщо хімічними – хімічну систему тощо.

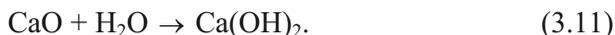
Біологічною системою в залежності від рівня розгляду живої природи звичайно називають сукупність взаємодіючих молекул у клітині (клітинно-молекулярний рівень), клітин в організмі (організмений рівень), організмів у популяції (популяційний рівень) та різних популяцій у навколишньому середовищі (біогеоценологічний). Відносно технології вочевидь має сенс ввести поняття біохімічної системи, під якою належить розуміти сукупність взаємодіючих тіл (мікроорганізмів та компонентів) середовища, які підлягають законам біохімічних перетворень.

Технологічною системою можна називати сукупність виконуваних у певній послідовності технологічних операцій над перероблюваним продуктом. Технологічну систему можна сформувати із різних окремих елементів у різній комбінації, але при цьому має бути чітко сформульована технологічна мета системи у вигляді кількісних та якісних характеристик.

Закони рівноваги систем пристосовані до фізичних, хімічних та біологічних систем. Системи, які знаходяться у рівновазі, не змінюють свого стану протягом часу. Стан системи визначається її відстанню від стану рівноваги. Наприклад, при взаємодії сушильного агента і висушуваного матеріалу найбільша швидкість су-

шіння має місце при найбільших значеннях вологості матеріалу та найменшому вологоутриманні сушильного агенту, тобто при найбільшому віддаленні від кривої рівноваги стану. Для виводу системи з рівноваги необхідно на неї якимось чином вплинути зовні шляхом зміни температури, тиску, концентрації тощо.

Усі хіміко-технологічні процеси поділяються на зворотні та незворотні. Незворотні процеси перебігають лише в одному напрямі. Більшість процесів технології є незворотними або протікають за таких технологічних режимів, за яких процеси можуть перебігати тільки в одному напрямі (сушіння, ректифікація, адсорбція, подрібнення, пресування, тощо). Інші процеси є зворотними (абсорбція, кристалізація) навіть за прийнятих технологічних режимів. Хімічні реакції, як правило, зворотні в тому відношенні, що залежно від умов вони можуть перебігати як у прямому, так й у зворотному напрямі. Проте в умовах виробництв багато хімічних реакцій практично незворотні. Наприклад, реакція, яка відбувається при гасінні вапна, практично незворотна:



Незворотним є також багато складних реакцій, які являють собою сукупність ряду стадій. Наприклад, реакція бродіння:

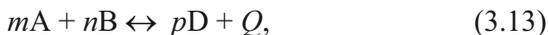


У гетерогенних системах зворотними називають такі процеси, в яких можливий перехід речовини або енергії (теплоти) як із однієї фази в іншу, так і навпаки. Усі зворотні хіміко-технологічні процеси протікають, як правило, поблизу стану рівноваги та наближаються або прямують до рівноваги, при якій швидкості прямого та зворотного процесів вирівнюються, в результаті чого співвідношення компонентів у взаємодіючій системі залишається незмінним, поки не зміняться зовнішні умови. При зміні температури, тиску або концентрації одного з компонентів рівновага порушується і в системі самочинно проходять дифузійні та хімічні процеси, які ведуть до відновлення рівноваги в нових умовах. До хімічної рівноваги можливо вжити другий закон термодинаміки в загальному виді, тобто однією із умов хімічної рівноваги в ізольованій системі є максимум ентропії  $S$ . Подальший приріст ент-

ропії, обов'язковий для всіх самочинних процесів у стані рівноваги, не відбувається, тобто  $dS = 0$ .

Закономірності рівноваги дозволяють визначити лише максимально можливий (теоретичний) вихід продукту. Проте теоретичний вихід у виробничих умовах звичайно не досягається через зменшення сумарної швидкості різних перетворень (хімічних, біохімічних та інших)  $v = v_1^{\rightarrow} - v_2^{\leftarrow}$  за мірою зниження величини рухомої сили. У незворотних процесах, тобто при  $v = 0$ , швидкість реакції прямує до нуля ( $v^{\leftarrow} \rightarrow 0$ ) при повному витрачанні одного з початкових реагентів у зворотних процесах ( $v^{\rightarrow} \rightarrow 0$ ) при  $v_1^{\rightarrow} = v_2^{\leftarrow}$ , тобто при досягненні рівноваги. Наприклад, швидкість технологічного процесу по цільовому продукту при хімічних перетвореннях є результуючою швидкістю прямої, зворотної та побічних реакцій, а також дифузії початкових речовин у зону реакції та продуктів із цієї зони.

Вплив основних параметрів технологічного режиму на рівновагу в гомогенних та гетерогенних системах визначається принципом Ле-Шательє, який визначає другий закон термодинаміки. У системі, виведеній зовнішніми діями із стану рівноваги, відбуваються зміни, спрямовані на послаблення дій, які виводять систему з рівноваги. Для прикладу розглянемо використання принципу Ле-Шательє до екзотермічної реакції синтезу:



де  $m$ ,  $n$  і  $p$  – кількість молей речовин А, В та D;

$Q$  – тепловий ефект реакції.

Позначаючи об'єми речовин через  $V$ , припустимо, що реакція йде зі зменшенням об'єму, тобто:

$$V_A + V_B > V_D. \quad (3.14)$$

Основні умови, які впливають на кількість одержаного продукту, – температура  $t$ , тиск  $P$  та концентрація  $C$  (співвідношення в реакційному об'ємі) реагуючих речовин  $C_A$ ,  $C_B$  і  $C_D$ . Для зрушення рівноваги вправо, тобто збільшення кількості продукту (підвищення рівноваги виходу), відповідно з принципом Ле-Шательє,

необхідно понизити температуру  $t$  та концентрацію продукту  $C$ , тобто вивести продукт із реакційної зони, а також збільшити тиск  $P$  та концентрації початкових речовин  $C_A$  і  $C_B$  в реакційній зоні. Причому підвищення  $C_A$  сприятиме більш повному перетворенню речовин, а також підвищенню  $C_B$ , тобто сприятиме більш повному перетворенню речовини  $A$ . Ці обставини використовують у харчовій промисловості. Наприклад, при випічці мучних кондитерських виробів із бездріжджового тіста для його розпушення використовують хімічну реакцію між лимонною кислотою та содою, внаслідок якої виділяється вуглекислий газ, який розпушує тісто. Реакція повинна перебігати при надлишку соди, тобто присутність кислоти, яка погіршує якість тіста, небажана:



У гетерогенних екзотермічних процесах абсорбція якого-небудь компонента газової суміші рідиною, згідно з принципом Ле-Шательє, рівноважна концентрація газу в рідині, або рівноважна ступінь абсорбції газового компонента (вихід продукту) збільшується при зниженні температури та підвищенні загального тиску, а також при зменшенні парціального тиску поглиненого компонента над рідиною. Зменшення парціального тиску над рідиною може бути досягнуте при виведенні продукту із зони абсорбції. Наприклад, осадження його у вигляді твердих кристалів. Підвищення концентрації (парціальний тиск) поглинаемого компонента в суміші збільшує рівноважну концентрацію його в рідині, але ступінь абсорбції може не змінюватись.

Розчинність кристалічних речовин у рідині, відповідно з принципом Ле-Шательє, підвищується з підвищенням температури, якщо цей процес є ендотермічним, оскільки енергія, яка витрачається на руйнування кристалічних ґраток, більше теплоти сільвації молекул.

Константа рівноваги служить кількісною мірою встановлення рухомої рівноваги і визначається взагалі як величина термодинамічна. Проте її можна одержати також із закону дії мас, згідно з яким швидкість діючої реакції в даний момент часу прямо пропорціональна добутку молярних концентрацій реагуючих речовин. Для реакції синтезу швидкість прямої реакції

$$\bar{v} = K_1 A^m B^n, \quad (3.16)$$

а швидкість зворотної реакції

$$\bar{v} = K_2 D^p, \quad (3.17)$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – константи швидкостей прямої та зворотної реакцій;  
 $A$ ,  $B$  і  $D$  – молярні концентрації (або парціальні тиски) реагуючих компонентів у даний момент часу, тобто величини, змінні в часі.

Константа рівноваги  $K$  обчислюється як відношення константи швидкості прямої реакції до зворотної при рівновазі, тобто при рівності  $\bar{v}_1 = \bar{v}_2$ , або

$$K_1[A^x]^m [B^x]^n = K_2[D^x]^p. \quad (3.18)$$

Звідки

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[D^x]^p}{[A^x]^m [B^x]^n}, \quad (3.19)$$

де  $A^x$ ,  $B^x$  і  $D^x$  – концентрації або парціальні тиски реагуючих компонентів у стані рівноваги.

Для газів константу рівноваги можна виразити через парціальні тиски реагуючих компонентів  $P_i$ , концентрації компонентів  $C_i$  (наприклад, в моль/м<sup>3</sup>) та нарешті через їх молярні частки  $N_i$ . Відповідно одержують константи рівноваги, які позначають  $K_p$ ,  $K_c$ ,  $K_n$ . Вони пов'язані між собою рівняннями:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta N} \quad \text{і} \quad K_p = K_n P^{\Delta N}, \quad (3.20)$$

де  $P$  – загальний тиск газової суміші;

$\Delta N$  – приріст числа молей газів після реакції.

Для модельної реакції

$$\Delta N = p - (m + n). \quad (3.21)$$

Для одержання безрозмірних значень константи рівноваги у формулу підставляють відносні величини. Наприклад, відношення дійсних парціальних тисків до стандартних, рівним 0,1 МПа. Для розчинів користуються молярними концентраціями, або ж концентраціями іонів. Рівняння для обчислення рівноваги не го-

диться, оскільки рівноваги концентрацій зазвичай невідомі і визначаються тільки при відомих початкових концентраціях. Чисельні значення констант рівноваги для різних реакцій визначаються дослідами або розраховуються аналітично в залежності від температури та тиску, наведених у вигляді таблиць, номограм у довідниках. Для їх визначення за дослідними даними константи виражають через вихід продукту.

Застосовуючи принцип Ле-Шательє до конкретних процесів, можна встановити величину зміни параметрів, які необхідні для виміру стану системи.

Застосовуючи правило фаз Гібса

$$S = K - f + 2, \quad (3.22)$$

можна встановити кількість змінних (число ступенів свободи  $S$ ), які визначають рівновагу системи при числі компонентів системи  $K$  та числі фаз  $f$ .

### **3.2.2. Кінетика технологічних процесів**

Кінетика вивчає закономірності зміни характеристик процесу протягом часу. В основі цієї науки лежить поняття про швидкість процесу. Кінетика пов'язана з теорією диференціальних рівнянь, термодинамікою та статистичною фізикою. Теорією диференціальних рівнянь користуються для формального опису зміни характеристик протягом часу. Термодинаміка дає можливість визначити напрямок процесу, а апарат статистичної фізики лежить в основі побудови молекулярних кінетичних теорій.

Для складання математичного опису широко використовують кінетичні рівняння. Спільність різних одиничних процесів полягає в єдності їх кінетичних закономірностей, які наука про процеси та апарати формулює таким чином.

Значення швидкості перебігу якого б не було явища дорівнює добутку його потенціалу на кінетичний коефіцієнт, а спільна форма математичного запису єдності явищ має вигляд:

$$I = L X, \quad (3.23)$$

де  $I$  – швидкість;

$L$  – кінетичний коефіцієнт;

$X$  – потенціал.

Під потенціалом звичайно розуміють міру відхилення системи від рівноважного стану (градієнти концентрації, тиску, температури тощо). Під кінетичним коефіцієнтом розуміють швидкість перебігу явищ при потенціалі, що дорівнює одиниці (коефіцієнти тепловіддачі, теплопровідності, константи швидкості хімічної реакції тощо).

Фізичну або фізико-хімічну кінетику можна розглядати як теорію нерівноважних макроскопічних процесів, які виникають у системах, виведених із стану термодинамічної рівноваги. Вона вивчає тепло- та масообмінні процеси, а також подрібнення, розподілення та інші механічні процеси.

Біологічна кінетика вивчає закономірності явищ, які перебігають у живій природі. Вона поділяється на чотири основних напрями: біохімічна, біофізична, мікробіологічна та популяційна кінетика. Для харчових виробництв найбільше значення має біохімічна кінетика, яка вивчає швидкості біохімічних реакцій, а її методи дозволяють встановити механізм ферментативного каталізу.

Біохімічна кінетика має свої особливості, пов'язані зі специфікою ферментативних каталітичних реакцій. Ферменти не відрізняються від звичайних каталізаторів абіогенної природи в тому розумінні, що вони не порушують рівновагу реакції. Ферментативні реакції забезпечують повний вихід продуктів без утворення побічних речовин. Завдяки ферментам швидкість перебігання реакцій при м'яких фізіологічних умовах ( $pH = 7$ ;  $t = 37^\circ C$ ) збільшується в  $(10^{12} \dots 10^{18})$  разів.

Кінетика фізико-хімічних процесів вивчає закономірності фізичних та фізико-хімічних явищ: нагрівання, охолодження, сушіння, сорбції, перегонки, кристалізації, перемішування, осадження, подрібнення, гранулювання, розподілу, сепарування тощо.

Для окремих класів явищ загальний вид кінетичного рівняння може бути представлений у вигляді відомих законів переносу:

$$\text{для теплопровідності – законом Фур'є: } Q = \lambda \frac{dt}{dx} \tau ;$$

$$\text{для молекулярної дифузії – законом Фіка: } G = D \frac{dc}{dx} \tau ;$$

для фільтраційного переносу речовин – законом Дарсі:

$$G = k_1 \frac{dp}{dl} \tau;$$

або:

$$G = k_2 \frac{dz}{dx} \tau \quad (3.24)$$

перенесення кількості руху (внутрішнє тертя) – законом Ньютона:

$$F = \mu \frac{dv}{dx} \tau;$$

для електропровідності – законом Ома:  $q_e = k_3 \frac{du}{dx} \tau$ .

У цих рівняннях відповідно  $Q, G, q_e, f$  – кількість теплоти маси, сили тертя, електрики;  $\lambda, D, k_1, k_2, \mu, k_3$  – коефіцієнти теплопровідності, дифузії, фільтрації, тертя та інші – є кінетичними коефіцієнтами;  $\frac{dc}{dx}; \frac{dt}{dx}; \frac{dv}{dx}; \frac{du}{dx}; \frac{dz}{dx}; \frac{dp}{dx}$  – градієнти концентрації, температури, швидкості, напруги, тиску, положення, які є потенціалами переносу.

Наведені кінетичні закономірності описують явища переносу в якійсь тільки визначений момент часу у визначеній точці простору, тобто у зв'язку з нестаціонарністю технологічних процесів, які здійснюються у виробничих машинах та апаратах, градієнти та потенціали не залишаються сталими.

У нестаціонарних умовах явище молекулярної дифузії, яке, наприклад, має місце при сушінні, описується рівнянням, відомим під назвою другого закону Фіка:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (3.25)$$

Щоб одержати залежність концентрації в даній точці системи від часу, координати, фізичних властивостей  $c = f(\tau, x, c)$ , тобто щоб розв'язати це рівняння, треба задатися умовами однозначності. Наприклад, нехай дифузія перебігає в умовах нескінченної пластини товщиною  $l$ , а концентрація речовин у пластині в початковий момент часу розподілена рівномірно, тобто:

$$\tau = 0, \quad C = C_0, \quad 0 \leq x \leq 1.$$

У будь-який час  $\tau$  концентрація дифундууючої речовини на межі розділу фаз дорівнює нулю:

$$\tau = \tau_i; \quad x = 0; \quad x = 1; \quad C = 0.$$

Спільність механізму перебігання – ознака класу явища. Спільність фізичної природи – ознака типу явища.

При послідовному перебігу декількох явищ кінетичні коефіцієнти перетворюються, а явища описується рівняннями:

$$\text{тепловіддача від рідини до стінки} \quad Q_1 = \alpha_1 \cdot F \cdot (t_{p1} - t_{cr1}); \quad (3.26)$$

$$\text{теплопровідність через стінку} \quad Q_2 = \frac{\delta}{\lambda} \cdot F \cdot (t_{cr1} - t_{cr2});$$

$$\text{тепловіддача від стінки до рідини} \quad Q_3 = \alpha_2 \cdot F \cdot (t_{cr2} - t_{p2}).$$

$$\text{Прирівнюючи, одержимо:} \quad Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = k \cdot F \cdot (t_{p1} - t_{p2}),$$

$$\text{де } \alpha_1, \alpha_2, \lambda_i, k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} - \text{відповідно коефіцієнти теп-}$$

ловіддачі, теплопровідності та теплопередачі. У цьому випадку коефіцієнт теплопередачі є комбінацією коефіцієнтів тепловіддачі та теплопровідності.

Одночасно перебіг декількох типів та класів, взаємно впливаючих один на одного явищ, призводять до появи складних явищ, які вивчаються термодинамікою незворотних процесів. Накладення явищ різної природи призводить до того, що перебіг процесу характеризується новими кінетичними коефіцієнтами. Згідно з основним положенням в термодинаміці незворотних процесів будь-яка течія виникає під дією всіх сил:

$$I_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_k, \quad i = 1, 2, 3, \dots, \quad (3.27)$$

де  $L_{ik}$  – так звані власні феноменологічні коефіцієнти або взаємні коефіцієнти.

### **3.3. Технологічні закономірності технології**

#### **3.3.1. Використання законів фундаментальних наук у технології**

Основні або загальні завдання в технології (забезпечення заданих або оптимальних властивостей готової продукції, відповідність виробництва екологічним умовам та безпеки для працюючих, ресурсота енергозбереження, інтенсифікація, інформаційне забезпечення виробництва та досягнення найбільшого прибутку) можуть бути реалізовані тільки при врахуванні основних технологічних принципів: найкращого використання сировини, скорочення часу протікання процесів, раціонального використання енергії та устаткування, технологічної домірності та утилізації відходів.

Загальним інтегральним показником довершеності технологічного процесу є питомі або зведені витрати на одиницю готової продукції при обмеженнях за якістю продукції, відсутності або мінімально можливого нанесення шкоди довкіллю та додержання правил техніки безпеки. Додержання цих технологічних принципів можливе тільки з урахуванням фундаментальних фізико-хімічних та біологічних законів одиничних процесів, законів економіки та кібернетики (управління). Будь-яке технологічне рішення не повинно суперечити основним законам науки, має бути на рівні її сучасних досягнень, а також відповідати сучасному стану техніки та сприяти соціальному прогресу.

У зв'язку із суперечливістю деяких вимог вибір оптимального варіанта технологічного процесу можливий прямим перебором великого числа варіантів або використанням сучасних методів оптимізації складних систем з використанням обчислювальної техніки, які знижують витрати на пошук найкращого варіанта.

Розглянемо послідовність принципів найкращого використання сировини, підвищення швидкості процесів, найкращого використання устаткування та енергії, оптимального варіанта та утилізації відходів.

Застосування законів фундаментальних наук іноді дозволяє знайти єдино правильне рішення. Однак у технології, що спирається на цілу систему принципів фундаментальних наук, необхідно враховувати суперечність різних принципів, які, до того ж,

обумовлюються конкретними місцем та часом. Тому знайти правильне рішення доволі важко.

Рекомендації, засновані на різних технологічних принципах, можуть суперечити вимогам деяких фізико-хімічних або біологічних закономірностей. Наприклад, додержуючись принципу підвищення швидкості перетворення речовин, треба збільшити поверхню фазового контакту реагуючих фаз. Проте розвинена поверхня контакту в разі значного теплового ефекту реакції може призвести до надлишкового перегріву системи та до роботи при температурах, невідповідних для стану рівноваги. Іншим прикладом може бути небажаність застосування теплового протитоку з точки зору якості кінцевого продукту або стійкості конструктивних матеріалів устаткування.

Крім того, основні закони фізики, хімії, біології, економіки та кібернетики часто мають лише якісні характеристики для технологічного процесу. Для їх ефективного використання потрібна кількісна оцінка. Наприклад, при розрахунках одиничних процесів треба знати константи швидкостей реакції, коефіцієнти тепло- та масообміну, властивості проміжних продуктів і робочих агентів у конкретних умовах даної технологічної операції, а при виборі оптимального рішення треба ще й визначити метод розв'язання поставленої задачі.

Найбільш економічний (оптимальний) процес повинен проходити з найбільш можливою швидкістю на всіх етапах при максимальному використанні сировини, мінімальних витратах енергії (ресурсоенергозбереження) та при високому виході кінцевого продукту з одиниці об'єму або робочої площі устаткування. У промисловості через велику вартість та обмежені терміни зберігання сировини суттєвим є принцип найкращого її використання. Основою положенням для збільшення швидкості перетворень є принцип збільшення різниці потенціалів. Необхідно також враховувати опір системи перетворенню сировини у готові продукти. Зменшення опору сприяє найкращому використанню енергії та устаткування. Принцип оптимального варіанта полягає в усуненні суперечностей, які виникають при застосуванні перших чотирьох принципів, а також у забезпеченні безперервності, зручності обслуговування, можливості керування тощо. Кількісні оптимальні рішення можна одержати складанням відповідних математичних

моделей, які дозволяють використати один із можливих методів оптимізації складних систем з наступним розрахунком на ЕОМ.

### **3.3.2. Принципи ресурсо- та енергозбереження в технології**

Вартість сировини, тобто речовини, з якої виробляють готову продукцію, складає значну частину вартості виробництва. У зв'язку з цим для всіх без винятку виробництв максимальне використання сировини є одним із основних засобів зниження питомих витрат на виготовлення продукції.

Основними показниками якості сировини вважають наявність або концентрацію в ній корисної речовини. Наприклад, у залізній руді міститься (50...70)% заліза, в мідній (0,5...3,0)% міді, в марганцевій (20...50)% марганцю, урану в урановій руді міститься близько 1%. У цукровому буряці міститься (16...24)% цукру. Вихід м'яса становить близько 50% від живої ваги тварини, тощо.

Крім основної сировини використовують допоміжну, яка полегшує вилучення цільового продукту: розчинники при екстрагуванні, піноутворювачі при флотації, поглиначі при адсорбції бажаних або шкідливих (небажаних) речовин.

Наприклад, для вилучення олії з рослинної сировини на кожен тону сировини витрачають 8 кг бензину. Дуже важливою допоміжною сировиною є вода, оскільки в більшості виробництв без її використання взагалі неможливе виготовлення продукції. Не меншу роль як робочий агент відіграє повітря.

Комплексне використання сировини полягає у переробці всіх її складових частин без відходів. Воно частково розв'язує питання екологічності виробництва, бо при цьому не потрібні витрати на будівництво очисних споруд.

Вважають, що кожні 11 років потреба у сировині у світі подвоюється. Людство вже давно використовує природні ресурси – вугілля, торф, нафту, газу, руди, мінерали, різні солі. А вартість сировини становить (60...70)% собівартості продукту. І хоч поки що підприємства забезпечуються всіма видами сировини, нестача деяких з них стає відчутною, і виникає проблема матеріальних ресурсів. Є декілька способів їх розв'язання:

– використання доступної сировини (природного газу, продуктів нафтопереробки тощо);

– використання концентрованої сировини (з великим вмістом корисних компонентів). Концентрують таку сировину на збагачувальних фабриках, в результаті цього стають дешевшими транспортування і переробка сировини, забезпечується швидке протікання хімічних реакцій та більший вихід продукту;

– заміна харчової сировини нехарчовою. Так, замість жиру для добування миючих засобів використовують парафіни нафти, етиловий спирт добувають не з картоплі, пшениці і жиру, а з етилену, тощо. Для добування 1000 т натурального каучуку необхідна праця 15 500 робітників, а для такої ж кількості синтетичного – тільки 15 робітників. Як бачимо, цей напрям пов'язаний із зменшенням матеріальних та трудових витрат.

Зараз ці концепції переглядаються, оскільки природне паливо (газ, нафта) стає дуже дорогим. При складанні матеріального балансу враховують усі корисні речовини в сировині та їх теоретично можливий вихід на всіх технологічних операціях (основні, допоміжні, інертні). Складання балансу або продуктового розрахунку є важливим та першим етапом як аналізу, так і синтезу технологічної схеми виробництва.

На відміну від матеріального балансу, який складають для дослідження та розрахунку одиничних процесів, продуктової розрахунок більш близький до дійсних умов протікання процесу, оскільки враховує втрати на всіх етапах технологічного процесу.

Продуктові розрахунки враховують усі можливі відхилення від теоретичного виходу основного продукту, які виникають за термодинамічними (стан рівноваги зворотного ходу реакцій не дозволяє доводити основні перетворення до кінця), кінетичними (теоретична можливість перетворення не досягається через низькі швидкості реакцій) та іншими причинами, обумовленими самим механізмом процесу (наприклад, побічні реакції зменшують вихід основного продукту). За основу матеріального балансу беруть одиницю маси продукту або кількість продукту, який одержують протягом певного періоду (година, доба, рік).

Основні або головні показники якості сільськогосподарської сировини пов'язані з можливостями вилучення певних компонентів (цукру, олії, крохмалю тощо), тому високий вміст потрібного

компонента, мінімальна кількість домішок, відсутність пошкоджень, які ведуть до втрат при зберіганні сировини та до погіршення якості продукції, є важливими показниками якості сировини. Якість руд визначається вмістом основного компонента (заліза, міді, урану тощо).

Завищені витрати сировини призводять до зниження потужності технологічних ліній по виходу готового продукту. Для тих галузей промисловості, в яких потужність визначається кількістю переробленої сировини за одиницю часу, від якості сировини залежить кількість виробленої продукції та міра використання устаткування. Завищені витрати сировини призводять до збільшення витрат палива, електроенергії, води на одиницю продукції, тобто призводять до збільшення собівартості продукції.

При виробництві продуктів з особливими вимогами до смаку та аромату (вина, соки тощо) уважно ставляться до підбору сортів з відповідним складом органічних кислот, цукру та інших компонентів, які забезпечують передбачені стандартами показники якості готового продукту. Особливе значення має вибір таких видів сировини, які мають більші періоди зберігання, оскільки при підвищенні припустимих періодів зберігання якісні показники готового продукту знижуються, а вихід його зменшується.

Поряд з чистотою сировини та відсутністю вад і пошкоджень важливе значення мають стандартні розміри та правильна форма сировини. Для вироблення деяких видів продукції спеціально підбирають та вирощують сорти городини та садовини певної форми з незначною глибиною залягання очок, з оптимальною товщиною шкірки тощо. У таких виробництвах якість сировини визначає рівень механізації та автоматизації процесів очищення. У консервній галузі механізація процесів (очищення) можлива при правильній формі та стандартних розмірах городини та садовини. При неправильній формі та різних порушеннях (вадах) використовується ручне доочищення, яке значно знижує ефективність, призводить до перевитрат сировини та підвищення собівартості продукції.

Особливі вимоги до якості сировини ставляться при виробництві дієтичних продуктів та продуктів дитячого харчування, які пов'язані з суворими обмеженнями щодо використання добрив і ядохімікатів при вирощуванні та рільничій обробці землі.

З розвитком технологічних процесів, розширенням асортименту продукції, підвищенням рівня механізації та автоматизації вимоги до якості сировини не тільки підвищуються, а зовсім змінюються.

Вимоги до виведення нових сортів плодів, зерна, олійних та інших культур ставляться перед селекціонерами. Хімічний склад, фізичні властивості та форма сировини повинні відповідати новим прогресивним технологіям та забезпечувати одержання продукції підвищеної якості.

Синтез їжі з неорганічних речовин поки є більше теоретичною науковою проблемою, але породжує проблему знаходження нових видів сировини. Є деякі успіхи у перетворенні природних органічних речовин шляхом використання хімічних та мікробіологічних методів обробки. Технологія в основному складається з операцій по виведенню з органічних сполук окремих складових частин та їх комбінації для створення продуктів з новими поживними і смаковими властивостями з непридатної для виготовлення харчів сировини. Створенням таких технологій можна збільшити харчові ресурси та особливо ресурси білка. Найбільш відомим продуктом є штучна чорна ікра (кав'яр). Основним напрямом досліджень цієї проблеми вважають пошук ефективних методів одержання та використання білків мікробіологічного походження, а також одержання білків із риби, сої, насіння олійних культур, водоростей, вторинних молочних продуктів та ін.

При розширенні виробництва білків рослинного походження можна буде замінити значну частину м'яса при виготовленні м'ясних продуктів та молока. Для одержання харчового білка поряд з продуктами рослинного походження є можливість використати малоцінні продукти тваринного походження (малоцінну рибу та інші морські організми).

Важливим джерелом білка є дріжджі. З хлібопекарських дріжджів можна одержати чисті білки та амінокислоти у вигляді порошку для збагачення різних мучних продуктів та кулінарних виробів.

Промисловість споживає значну кількість енергії, яка витрачається на безпосереднє здійснення технологічних операцій, транспортування та інші допоміжні операції. Витрати енергії визначають кількістю кіловат-годин на одиницю (маса, об'єм, штука) продукції – для електричної енергії та кількістю палива або теплоти на одиницю продукції – для теплової. Електрична енергія

використовується головним чином для приводу машин та апаратів, транспортуючих пристроїв, а іноді для перетворення у теплову. Теплова енергія використовується в основному для технологічних операцій нагрівання, стерилізації, пастеризації, плавлення, сушіння, випаровування, ректифікації та ін. Теплова енергія частіше за все використовується у вигляді пари або гарячої води. Енергоємні підприємства (хімічні, металургійні, цукрові заводи), як правило, мають свої котельні значної потужності та навіть електростанції. У такому разі витрати енергії визначаються одним показником.

На жаль, витрати енергії на виробництво харчових продуктів в Україні майже в 2...4 рази більші, ніж в Європі.

Ефективність використання енергії в технологічному процесі встановлюється за допомогою енергетичного балансу. Основою служить закон збереження маси та енергії.

Частку використання теплоти в технологічному процесі або технологічній операції зображають тепловим ККД або коефіцієнтом використання енергії, під яким розуміють відношення кількості теплоти, що використана на ведення технологічної операції,  $Q_T$ , до загальної кількості витраченої теплоти  $Q_3$ :

$$\eta_T = \frac{Q_T}{Q_3}. \quad (3.28)$$

Якщо у ході процесу енергія підводиться або відводиться в іншій формі, то в загальному балансі вона враховується за допомогою відповідних еквівалентів теплоти. У цьому разі кількість енергії, підведеної до системи та одержаної в результаті перетворень (відвід теплоти), має бути рівним кількості енергії, яка витрачається на проведення окремих етапів процесу, перетворюється в інші види енергії та відводиться із системи матеріальними потоками, а також втрачається у навколишнє середовище (втрати теплоти). Для складання теплового балансу необхідно мати кількісні значення питомих теплоємностей, які беруть участь у процесі обміну речовин, теплових ефектів хімічних реакцій (з термохімічних розрахунків) та теплоти фазових перетворень.

На основі цих даних, а також хімічного складу та кількості речовин (витрат) в окремих потоках можна розрахувати теплову ча-

стку різних перетворень, які являють собою статті приходу та витрат (балансу) теплоти на окремих етапах та протягом усього технологічного процесу.

Теплові втрати визначаються за відомими формулами, проте вони залежать від умов протікання процесу (поток матеріалів, товщини стінок та ізоляції). У попередньому балансі їх значення використовують як приблизні, встановлені за даними аналогічних реалізованих раніше процесів. Подібні приблизні значення беруться і для визначення витрат електроенергії (подрібнення, сортування, перемішування, транспортування).

Економії енергії досягають створенням більш сучасних видів устаткування, використанням менш енергоємних технологічних операцій, багатократним використанням теплоти, зменшенням витрат теплоти в доквілля.

Наприклад, у процесі подрібнення твердих тіл вихідний подрібнений продукт повинен містити фракції тільки заданого «непереподрібненого» продукту, а в процесі сушіння його не можна пересушувати. «Переподрібнення» та «пересушування» пов'язані з надлишковими витратами енергії, а крім того можуть привезти до одержання некондиційного продукту.

Одним із засобів економії енергії є вилучення з потоку початкового продукту частинок необхідної кінцевої якості (розмірів, вологості) перед тим, як направити матеріал на подальшу переробку, тобто вилучення будь-якого цільового компонента з початкового потоку.

Поширеним засобом скорочення витрат енергії є використання відпрацьованих теплоносіїв на інших технологічних операціях, проведення яких можливе при більш низьких температурах, а також застосування широко відомого у промисловості методу багатократного використання теплоти основного потоку (охолодження дефлегматорів потоком продукту, багатокорпусні випарні установки тощо). Можливо також зменшити втрати теплової енергії найкращим сполученням (поєднанням) напрямів потоків, заміною випарювання виморожуванням вологи, старанною ізоляцією гарячих поверхонь тощо. Але при цьому треба враховувати і капітальні затрати, що можуть звести нанівець економію енергії.

### 3.3.3. Принципи інтенсифікації процесів

Для інтенсифікації процесу (збільшення швидкості, підвищення потужності, тощо) відповідно до наведених вище закономірностей треба збільшити різницю потенціалів, кінетичні коефіцієнти (константи), поверхню контакту фаз. Розглянемо ці засоби більш конкретно.

Під інтенсифікацією звичайно розуміють скорочення часу технологічної операції. Засоби інтенсифікації визначимо виходячи з відомих, наведених вище, теоретичних уявлень про основні технологічні процеси, які використовуються в технології. Загальні уявлення про викладені вище закономірності технологічних процесів можуть бути виражені одним відомим феноменологічним лінійним рівнянням, що відповідає першому закону термодинаміки:

$$q = K \cdot \Delta C, \quad (3.29)$$

де  $q$  – щільність течії теплоти або маси;

$K$  – кінетичний коефіцієнт (залежний від фізико-хімічних властивостей матеріалу);

$\Delta C$  – рушійна сила.

Це рівняння описує всі закони перенесення маси та енергії і проявляється конкретно в кожному виді переносу. Наприклад,

$$Q = k_T F \Delta t \tau; \quad G = k_M F \Delta c \tau; \quad W = k_C F (W - W_p); \quad G = k_P F \Delta p \tau;$$

$$F = \mu F (U - U_0); \quad Q_g = k F (U - U_0); \quad G = k F (c - c_0), \text{ та інші.}$$

Аналізуючи наведені закономірності окремих технологічних операцій, можна зробити висновок про основні принципи або напрями інтенсифікації:

– збільшення рушійної сили процесу, тобто збільшення різниці температур, концентрацій, тисків, напруги, електричного струму, п'єзOMETричних висот та ін.;

– збільшення (або оновлення) поверхні контакту фаз, тобто розширення можливостей контактування (зіткнення) різних потоків;

– збільшення величин кінетичних коефіцієнтів.

Методи інтенсифікації можуть мати різну природу та здійснюватися різними технічними засобами. Класифікація методів інтенсифікації технологічних процесів наведена на рис. 3.1.

Рушійною силою в процесах є градієнт переносимої субстанції: при перенесенні теплоти – градієнт температур, при перенесенні маси – градієнт концентрацій тощо. Тобто рушійну силу можна підвищити збільшенням градієнту субстанції (концентрація, температура, тиск, напруга) у початковій фазі та зменшенням її в кінцевій. При внутрішньому перенесенні – різницею температур, вологи, тиску, концентрацій речовин всередині матеріалу та на його поверхні, а при зовнішньому – різницею субстанцій на поверхні та в середовищі робочого агента.



Рис. 3.1. Класифікація методів інтенсифікації технологічних процесів

Збільшення поверхні контакту фаз досягають подрібненням, диспергуванням, розпилом, перемішуванням, запобіганням злипанню частинок, створенням зваженого або киплячого шару матеріалу, вібрацією, ударними та акустичними діями, своєчасним виведенням із процесу утворених речовин, які «забруднюють», тобто скорочують поверхню контакту фаз.

Для збільшення кінетичних коефіцієнтів існує значна кількість засобів. Основні з них засновані на руйнуванні пограничного шару або зменшенні його товщини, зміні властивостей та структури взаємодіючих фаз.

Зміна властивостей або структури об'єкта технологічної обробки пов'язана зі змінами в ньому на атомно-молекулярному рівні. Це можна зробити за допомогою магнітних, електричних та акустичних коливань, нагріванням та охолодженням. Руйнування або зменшення товщини пограничного шару здійснюють посиленням турбулентності потоків за рахунок збільшення швидкості робочого агента, шорсткості (нерівностей) поверхні, імпульсними діями. Ці дії не тільки зменшують товщину або руйнують пограничний шар, але й збільшують поверхню контакту фаз, тобто мають комбінований характер. Особливу увагу треба звернути на використання імпульсних збуджень для інтенсифікації (удар, вибух, пульсації швидкості, температур, тисків, ступені та інтенсивності перемішування).

Систематизуючи методи інтенсифікації, можна виділити мікроскопічні (міжмолекулярні, іоно-молекулярні, атомарні збудження) та макроскопічні (дії на групи атомів та молекул). Макроскопічний рівень відображає гідродинамічні та теплові фактори. Дії на макрорівні здійснюють на процеси переносу за рахунок конвекції макрочастинок, тобто режими обтікання частинок твердого матеріалу, які дозволяють змінювати швидкість взаємодії груп атомів та молекул. Математичний опис цих явищ засновано на рівняннях тепломасоперенесення та аерогідромеханіки. Лімітуючі та визначаючі інтенсивність переносу фактори встановлюють введенням граничних та початкових умов і сталих параметрів у диференціальних рівняннях перенесення з наступним з'ясуванням їх ролі.

При масообмінних процесах відрізняють тепловий, аеродинамічний та дифузійний пограничні шари. У дифузійному пограни-

чному шарі, який безпосередньо прилягає до поверхні розподілу фаз, перенесення маси здійснюється молекулярним способом, швидкість якого визначає швидкість масоперенесення в цілому. Зменшення товщини шару призводить до зменшення опору в перехідній зоні.

Товщина дифузійного шару визначається за виразом:

$$\delta_D = \frac{1}{Pe} = \frac{1}{\sqrt{\frac{v \cdot l}{D}}}, \quad (3.30)$$

де  $Pe = \frac{vl}{D}$  – число Пекле, що показує співвідношення конвективного і молярного перенесення;  
 $v$  – швидкість робочого агенту, м/с;  
 $l$  – характерний геометричний розмір, м;  
 $D$  – коефіцієнт дифузії, м<sup>2</sup>/с.

Якщо товщина аеродинамічного пограничного шару визначається за виразом

$$\delta_\Gamma = \frac{1}{\sqrt{Re}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{v \cdot l}{\nu}}}, \quad (3.31)$$

то у звуковому полі товщина пограничного шару залежить від частоти звуку

$$\delta_\Gamma = \sqrt{\frac{2 \cdot \nu}{\omega}}, \quad (3.32)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

$\omega$  – частота коливань, 1/с ;

$Re = \frac{vl}{\nu}$  – число Рейнольда, як міра відношення сил інерції і молекулярного тертя.

У газових середовищах число Прандтля  $Pr = Pe/Re \approx 1$ , тобто товщина пограничних аеродинамічного та дифузійного шарів значно не відрізняються. Зменшити товщину пограничного шару можна збільшенням швидкості течії та частотою коливань. Вона

також визначається розмірами, формою твердих частинок, властивостями матеріалу та умовами масообміну.

Наприклад, при сушінні процес прискорюється при високих рівнях звукових коливань (125...133) Дб, при частоті (6...10) кГц. Проте витрати енергії при використанні акустичних коливань у (3...4) рази перевищують витрати при конвективному сушінні. Тобто його використання припустиме для важкосохнущих та дорогих матеріалів. Товщина пограничного шару при акустичних коливаннях знижується до  $(50...100)10^{-6}$  м. Щільність енергії при цьому становить  $(10...20)$  Вт/см<sup>2</sup>.

Фізично це явище можливо було б з'ясувати за рахунок перепаду тиску на поверхні матеріалу, утворення поверхневої кавітації та турбулізації робочого агенту, зниження в'язкості рідини, прискорення дифузії пари в капілярах, руйнування зацімлених бульбашок повітря в шпарах, які сприяють виведенню вологи з шпар.

Із наведених кінетичних закономірностей виходить, що кожний етап будь-якого процесу необхідно проводити в найбільшій відстані від стану рівноваги, тобто при найбільшій різниці потенціалів, або максимальній рушійній силі процесу. Проте при підвищенні ефективності процесу необхідно максимально використати різницю потенціалів, яка виникла, але не використовується. Наприклад, використання теплоти в дефлегматорі для підігріву бражки; використання вторинної пари випарних установок у наступних корпусах багатокорпусної установки; використання потенціальної сили тяжіння при переміщенні продуктів по самопливам тощо.

Якщо при проведенні будь-якої технологічної операції побічні різниці потенціалів не використовуються, то треба шукати можливість їх використання при виконанні інших технологічних операцій на наступних або попередніх етапах технологічного процесу.

Рушійна сила хімічних реакцій, сорбційних процесів, ректифікації тощо виявляється різницею робочих та рівноважних концентрацій реагуючих або приймаючих участь в масообміні речовин. У зв'язку з цим збільшення рушійної сили процесу може здійснюватись зі збільшенням робочої концентрації або зменшенням рівноважної або з одночасною зміною обох величин.

Ефективність підвищення тиску залежить від агрегатного стану реагуючих речовин. Підвищення тиску більше впливає

на швидкість процесів у газовій фазі або при взаємодії газів з рідинами і твердими тілами та меншою мірою на процеси в рідких і твердих фазах. Крім того, підвищення тиску зменшує об'єм газової фази та збільшує концентрації взаємодіючих речовин. Тобто підвищення тиску рівнозначне збільшенню концентрації реагентів. Вплив тиску визначається кінетичним рівнянням. Швидкість гомогенного процесу в газовій фазі можна виразити через парціальний тиск:

$$v = \frac{dp_n}{d\tau} = k\Delta p, \quad (3.33)$$

де  $p_n$  – парціальний тиск речовини в газовій суміші;

$\Delta p$  – рушійна сила процесу;

$n$  – номер речовини.

Для реакції типу



якщо вона незворотна або перебігає далеко від стану рівноваги

$$\Delta p = p^{m_1}A \cdot p^{n_1}B, \quad (3.35)$$

де загальний порядок реакції

$$n = m_1 + n_1. \quad (3.36)$$

Парціальний тиск кожного компонента пропорційний загальному тиску  $P$ , тобто  $P_A = aP$  і  $P_B = bP$ , тобто:

$$v = \frac{dp_n}{d\tau} = \beta p^n, \quad (3.37)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що залежить від константи швидкості реакції та рушійної сили процесу;

$P$  – загальний відносний тиск, тобто відношення фактичного тиску до атмосферного.

Тобто швидкість реакції газових компонентів пропорційна тиску в степені, що дорівнює порядку реакції. Тиск найбільш інтенсифікує реакції високого порядку, проте зі зростанням тиску може змінитися порядок реакції  $n$  та зменшитися константа шви-

дкості. Для адсорбції, абсорбції та інших процесів перехід газового компонента у тверду або рідку фазу визначається за рівнянням:

$$v = \frac{dG}{d\tau} = kF\Delta p, \quad (3.38)$$

де  $F$  – площа контакту фаз.

Якщо процес незворотний або далекий від рівноваги, то  $\Delta p = pr$ , де  $pr$  – дійсна концентрація компонентів у газовій фазі. Тобто  $n = 1$  і, перетворюючи цей вираз, одержимо:

$$v = \frac{dG}{d\tau} = k_1 F \Delta p. \quad (3.39)$$

Тобто швидкість цих процесів прямо пропорційна тиску. Для процесів десорбції газів та випарювання рідин прискорення процесу та підвищення виходу досягається зниженням тиску, тобто використанням вакууму. Для зворотних процесів у газовій фазі рушійна сила процесу визначається рівнянням:

$$\Delta p = (p_A - p_A^P)^{m_1} \cdot (p_B - p_B^P)^{n_1}. \quad (3.40)$$

Значення рівноважних парціальних тисків розраховують для заданого складу газової суміші за відомими константами рівноваги. Залежність константи рівноваги, що виражена в мольних частках від тиску, визначають за рівнянням:

$$m_1 A + n_1 B \rightarrow p_1 D + Q. \quad (3.41)$$

Для модельної реакції типу

$$K_N = K_0 P^{-\Delta N}, \quad \Delta N = p_1 - (m_1 + n_1) \quad (3.42)$$

Ця формула відображує в кількісній формі принцип Ле-Шательє. Зі збільшенням тиску  $P$  для реакцій, які йдуть зі зменшенням об'єму ( $\Delta N$  – величина від'ємна) константа рівноваги збільшується, а рівноважна концентрація початкових компонентів відповідно зменшується. Зворотне явище має місце при підвищенні тиску для реакцій, які протікають зі збільшенням об'єму.

У технології зміну тиску використовують для інтенсифікації випарювання, ректифікації, гідрогенізації, гідролізу полісахаридів та інших цілей в олієжировій, крохмале-патоковій та інших галузях виробництва.

Інтенсифікацію процесу зміною температури використовують головним чином у сорбційних, десорбційних та сушильних процесах.

Рушійна сила процесів абсорбції, адсорбції, конденсації зображається так:

$$\Delta C = C - C^P. \quad (3.43)$$

Знижуючи температуру рідкої фази, зменшують парціальний тиск пари газового (парового) компонента над нею, та відповідно збільшують рушійну силу  $\Delta C$  і загальну швидкість процесу  $\nu$ .

Зниження температури в проточних апаратах частіше за все досягається подачею попередньо охолодженої в холодильниках рідини. Використовують також холодильні елементи (труби, зміювики), розміщені безпосередньо в апараті, або охолодженням стінок апарату. Рушійна сила процесів десорбції та випарювання зображується як

$$\Delta C = C^P - C. \quad (3.44)$$

Зрушення рівноваги та збільшення швидкості цих процесів досягається шляхом підвищення температури рідини перед подачею її в апарат (теплообмінники, трубчасті печі тощо) або безпосередньо в апаратах гарячими газами, гострою або глухою парою. Одночасна зміна температури та тиску розширює можливість збільшення рушійної сили процесу за рахунок обох складових. Застосовують підвищення температури сушильного агента і для інтенсифікації процесів сушіння.

Швидкість сушіння продукту значною мірою визначається потенціалом сушіння  $E$ , рівним різниці температур сухого  $t^c$  та мокрого  $t^m$  термометрів:

$$E = t^c - t^m. \quad (3.45)$$

З підвищенням температури сушильного агента потенціал сушіння збільшується. Визначення швидкості процесу можна дати виходячи з другого закону термодинаміки, відповідно з яким імовірність одержання максимально можливої кількості роботи (ексергія) в даній системі збільшується зі збільшенням різниці температур.

Відведення продуктів реакції з реакційної зони збільшує сумарну швидкість зворотних реакцій  $V = V_1 - V_2$  за рахунок зменшення  $V_2$  або збільшення рушійної сили гетерогенного процесу за рахунок зниження або повного усунення величини рівноважної концентрації.

$$\Delta C = C - C^p, \quad (3.46)$$

Якщо процес перебігає у газовій фазі, то відведення продукту в іншу (рідку або тверду) фазу призводить до зменшення величини рівноважної концентрації. З газової суміші продукт реакції можна відвести конденсацією, виборчою абсорбцією або адсорбцією. Наприклад, при екстракції олії з насіння бензином останній виокремлюють зі шроту шляхом безперервного зниження концентрації, конденсацією, а потім знову використовують його як екстрагент.

Підвищення температури призводить до збільшення констант швидкостей реакцій, коефіцієнтів теплопередачі, тепловіддачі, масообміну, дифузії тощо. В результаті сумарна швидкість процесу збільшується при підвищенні температури до деякого рівня.

Вплив температури реагуючих мас на константу швидкості реакції для процесів, які проходять у кінетичній області, визначається за формулою Ареніуса:

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E}{RT}\right), \quad (3.47)$$

яку звичайно перетворюють до вигляду:

$$2,31 \cdot \lg\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \left(\frac{E}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right), \quad (3.48)$$

де  $k_0$ ,  $k$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  – константи швидкості реакції при початковій та кінцевій температурах  $T_1$  і  $T_2$ ;

$E$  – енергія активації реагуючих речовин, Дж/моль;

$R$  – газова стала, яка дорівнює 8,31 кДж/моль·град.

При підвищенні температури на 10°C, згідно з правилом Вант-Гоффа, швидкість реакції збільшується в (2...4) рази. Проте це правило приблизно виконується в області середніх температур (10...400) °C при енергіях активації порядку (60...120) кДж/моль.

Вплив температури на швидкість процесів у дифузійній області менший, ніж у кінетичній. Залежність коефіцієнта дифузії для газів від температури зображують спрощеною формулою:

$$D_T = B \left( \frac{T^\alpha}{P} \right), \quad (3.49)$$

де  $B$  – коефіцієнт;

$P$  – загальний тиск газу;

$\alpha = (1,5 \dots 2,0)$  показчик степені.

Коефіцієнт дифузії  $D_T$  для газів змінюється в межах  $(0,1 \dots 1,0)$  см<sup>2</sup>/с.

Основні засоби збільшення поверхні (дотику) фаз  $F$ , відповідно до принципу облаштування апаратів у системах «газ–рідина», можна поділити на чотири види.

1) Збільшення поверхні рідкої фази шляхом розподілу її у вигляді тонкої плівки на поверхні насадочних тіл (насадок), що заповнюють об'єм апарату, або утворення спеціальних плівкових течій (насадкові абсорбери для очищення газів, плівкові випарні апарати).

2) Розвиток поверхні рідкої фази за рахунок диспергування, тобто розбризкуванням, розпиленням її пневматичним або механічним засобами в об'ємі або в течії газу, який проходить через порожнини камери чи башти (розпилювальні сушарки для виробництва сухого молока, висушування крові, дріжджів, яєчного порошку, розчинної кави тощо).

3) Розвиток поверхні взаємодії фаз диспергуванням газу в об'ємі рідини, тобто пропусканням (пробулькуванням) бульбашок газу через шар рідини в колонах з решетами або ковпачковими тарілками. Площа контакту дорівнює поверхні всіх бульбашок, а масопередачу називають бульбашковою (тарільчасті брагоректифікаційні апарати та ін).

4) Створення завислого шару, рухомої піни при пропусканні газу знизу наверх через решітку пінного апарату та через рідину, що в ній знаходиться з такою самою швидкістю, при якій сили тертя газу урівноважують масу рідини. Через інтенсивне переміщення фаз та безперервне оновлення поверхні рідини усуваються дифузійний опір та збільшується коефіцієнт масопередачі.

Засоби збільшення поверхні для систем «газ–тверде тіло» та «рідина – тверде тіло» теж можна розподілити на чотири види.

1) Перемішування подрібненого твердого матеріалу механічними мішалками на полицях апарату, що обтікаються зверху газом або рідиною. Тут теж оновлюється поверхня дотику фаз. Для розрахунків умовно приймають поверхню площі всіх полиць.

2) Перемішування тонко подрібненого твердого матеріалу в об'ємі (в течії) газу або рідини, при якому площа контакту досягає граничної величини, що дорівнює загальній поверхні всіх твердих частинок (апарати для очистки дифузійного соку, склеювання вина).

3) Пропуском потоку газу або рідини через рухомий шар шматків або гранул твердого матеріалу, який лежить на колісниках або решетах (фільтруючий шар). Такий шар затримує тверді частинки, які знаходяться в течіях рідини (очищення горілки, вин, соків та інших продуктів в шарі активованого вугілля).

4) Перемішування в завислому (киплячому) шарі, який утворюється при пропусканні газу або рідини знизу наверх через шар зернистого матеріалу з такою швидкістю, при якій частинки пульсують в течії газу або рідини та не покидають границь завислого шару (сушіння харчових продуктів у киплячому шарі, тощо). Принципово нові засоби можуть бути розроблені на базі фундаментальних наук.

### **3.3.4. Принцип найкращого використання устаткування**

Цей принцип можна сформулювати як досягнення максимальної величини продукції, яку одержують з одиниці об'єму або з одиниці поверхні апарату чи машини, з одиниці довжини робочих органів, тобто як найкраще використання робочого простору устаткування. Сформульована таким чином мета стосується як безпосередньо технологічного процесу (максимально можливі швидкості процесів в апаратах), так і до організації виробництва (збільшення завантаження, ліквідація простоїв апаратів та ін.). Використовуючи цей принцип, можна знизити витрати на одержання певного продукту, оскільки величина амортизаційних від-

рахувань залишається незмінною (стала частина), а кількість продукту збільшується.

Одним із засобів реалізації принципу найкращого використання устаткування є повернення (рециркуляція) потоків продукту або робочих агентів для стабілізації режимів, регенерації теплоти або повторного його використання для однієї й тієї самої технологічної операції. Особливо вигідним є використання цього засобу при проведенні технологічних операцій з хімічними перетвореннями. Це забезпечує збільшення рушійної сили процесу та збільшує вихід продукту на одиницю об'єму апарату. Із суміші, відведеної з реактора, виділяються кінцеві продукти, а початкові речовини повертаються в реактор. Цей засіб звичайно використовують тоді, коли положення рівноваги не дуже вигідне і можна легко вивести продукт з реакційної суміші.

Другим засобом найкращого використання устаткування є узгодження одиничних операцій та технологічних потоків. У періодичному процесі робота системи повинна бути заснована на такому виборі тривалості операцій та потужності, щоб ліквідувати або зменшити простої. Кількість матеріалів, перероблюваних у кожному апараті за одиницю часу, має бути однаковою. Якщо час протікання складних операцій різний, треба встановити проміжні ємності (міжопераційні збірники).

У технологічній лінії, яка складається з періодично працюючих апаратів, витрати основного продукту та робочих тіл різко змінюються від мінімальних до максимальних значень. Періоди простою ускладнюють роботу всього підприємства, силової установки, котельної дільниці та невикористані економічно.

Таким чином, організація виробництва повинна виключити одночасне підвищення витрат основного продукту та робочого агента для більш рівномірного споживання енергії, сировини та інших матеріалів. Дуже чітко треба узгоджувати час проведення процесів при паралельно виконуваних операціях, а також в періодичних процесах, де використовують батареї апаратів. Для надійної рівномірності потоків один періодично працюючий апарат треба замінити визначеним числом менших апаратів, кількість яких у крайньому випадку має бути рівним числу операцій, з яких складається процес. На основі аналізу часу проведення окремих операцій встановлюють час найбільш швидкої операції,

а для останніх вибирають кратний їй час. Цикл роботи кожного апарату батареї зсунений відносно циклів сусідніх апаратів на період, рівний часу самої короткої за часом операції. Всі операції проводяться в апаратах одночасно.

Узгодження роботи устаткування при безперервних процесах заснована на правильному виборі потужності апаратів. Пікові ситуації в системах безперервної дії не виникають, оскільки апарати мають сталі завантаження. Міжопераційні збірники в цьому випадку можуть бути використані як аварійні ємності для відведення реагентів. Узгодженість роботи періодично працюючих апаратів та машин може бути забезпечена автоматичним програмним управлінням.

За наявності проміжних ємностей надійність функціонування безперервного технологічного процесу збільшується за рахунок зменшення величини зміни продуктивності при зміні витрат основного продукту. Величина проміжної ємності визначається виходячи з умов необхідного накопичення продуктів за період припинення його подачі:

$$G_{cp} = V / \tau, \text{ звідки } V = G_{cp} \tau \mu, \quad (3.50)$$

де  $G_{cp}$  – середні витрати основного продукту;

$V$  – об'єм апарату;

$\tau$  – період припинення подачі продукту (аварійного стану);

$\mu$  – коефіцієнт степені зменшення витрат (при  $\mu = 1$  має місце повне припинення подачі продукту, а при  $0 < \mu < 1$  часткове; при  $\mu = 0$  витрати продукту відповідають номінальним).

Для використання накопиченого в ємності продукту продуктивність наступних складових елементів технологічної лінії повинна перевищувати нормативну за проміжок часу  $\Delta \tau$  на величину  $\Delta G$ , яку можна визначити із співвідношення:

$$V = G_{cp} \tau \mu = \Delta G \Delta t,$$

тоді 
$$\Delta G = \frac{G_{cp} \tau \mu}{\Delta \tau} \quad (3.51)$$

Введення проміжних ємностей у структуру безперервного технологічного процесу підвищує також надійність лінії щодо відмов, аварійних та інших збуджень.

З принципу найкращого використання устаткування впливають основні вимоги до машин та апаратів:

- максимальна або задана (відповідна всій технологічній лінії) продуктивність та висока інтенсивність праці;

- найбільший вихід продукту та розподільна здатність процесу (виведення цінного або вилучення шкідливого компонента), які забезпечуються оптимальними параметрами (температурою, тиском, швидкістю робочих агентів та органів, концентрацією початкових речовин тощо);

- мінімальні енергетичні витрати на подрібнення, відокремлення, перемішування і транспортування матеріалів та найкраще використання утвореної в апараті та підведеної в апарат теплоти. Зниження енергетичних витрат на переміщення газів і рідин досягається, головним чином, зниженням гідравлічного опору апарату та вибором оптимальних конструктивних параметрів;

- сталість режиму, легка керованість та безпека при обслуговуванні машини або апарату. Ці умови забезпечуються раціональною конструкцією машини і апарату та незначною зміною параметрів технологічного режиму під дією різних збуджень;

- низька вартість апарату та його ремонту, ремонтпридатність і надійність в роботі, які досягаються простотою конструкції, використанням дешевих міцних, стійких проти спрацювання конструкційних матеріалів.

При розробці систем автоматичного керування машинами та апаратами до них ставлять вимоги, пов'язані з можливостями одержання інформації про їх функціонування шляхом встановлення вимірювальних засобів, а також з можливостями встановлення виконавчих механізмів та пристроїв.

Перелічені вимоги взаємопов'язані і значною мірою суперечливі. У звичайних умовах не вдається реалізувати процес в машинах і апаратах таким чином, щоб були виконанні всі вимоги з достатньою повнотою. Міра відповідності машини або апарату цим вимогам визначається мінімальною собівартістю та заданою якістю продукції.

### **3.3.5. Принцип оптимального варіанта**

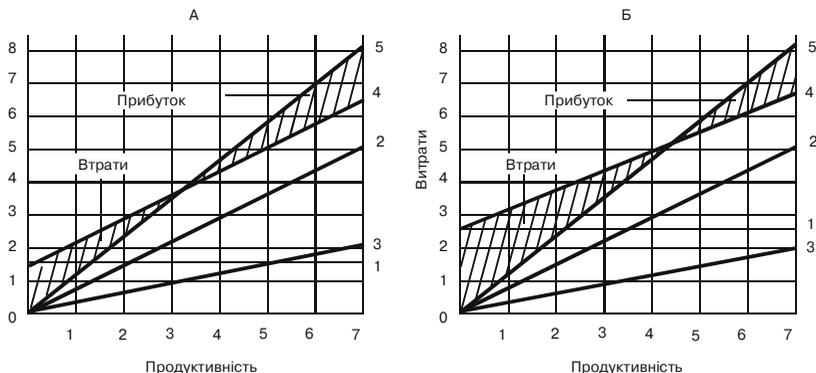
Цим принципом передбачено сполучення послідовності технологічних операцій, їх фізичних та біохімічних закономірностей, технологічних режимів, конструктивних параметрів машин і апаратів, основних законів керування, управління та економіки, кон'юнктури ринку, спрямованих на зниження витрат виробництва та одержання найбільшого прибутку.

Конкретно цей принцип при проектуванні виражається у виборі такої послідовності технологічних операцій, режимів, типів машин, сполучних трубопроводів та інших комунікацій, засобів механізації та автоматизації, яка б забезпечила досягнення заданих технологічних вимог при мінімальних витратах на виробництво.

Поняття оптимального варіанта розміщення устаткування включає:

- мінімальну протяжність комунікацій;
- використання природних напорів для транспортування рідин і сипких матеріалів;
- централізоване розміщення устаткування для використання однотипних процесів (операцій);
- додержання заданої почерговості виконання технологічних операції та правил безпеки праці.

Принцип оптимального варіанта передбачає визначення продуктивності технологічних ліній, відповідність продуктивностей окремих типів устаткування продуктивності технологічної лінії, безперервність або періодичність роботи окремих дільниць (устаткування). При визначенні періодичності або безперервності роботи лінії порівнюють економічні показники обох методів, зокрема за собівартістю продукції. Графіки, які відображають залежність собівартості продукції від сталих та змінних витрат, показано на рис. 3.2.



**Рис. 3.2. Залежність витрат від продуктивності апарату:**  
*а – при періодичному процесі; б – при безперервному процесі*

Сталі витрати (амортизаційні відрахування, експлуатаційні витрати, заробітна платня (пряма лінія 1) від продуктивності не залежать. Для безперервних процесів вони більші, ніж для періодичних.

Змінні витрати (електроенергія, пара, вода) пропорційні продуктивності (пряма лінія 2). Для періодичних процесів, де частіше виконуються пуск, зупинення, періоди прогріву, охолодження, вони вищі. Витрати на сировину (пряма 3) пропорційні продуктивності та однакові для обох процесів. Загальні витрати на виробництво продукту (пряма 4) становлять суму сталих та змінних витрат і собівартості сировини. Відпускна ціна (лінія 5) однакова для періодичного та безперервного процесів.

Із графіку неважко встановити, що потужність, при якій процес має бути збитковим, для агрегату періодичної дії менший, ніж для агрегату неперервної дії. Таким чином, іноді вигідним може бути періодичний процес.

Сучасні методи оптимізації дозволяють знаходити оптимальні рішення тільки для одного критерію. Якщо об'єкт оптимізації необхідно оцінити декількома критеріями, то звичайно вибирають компромісний варіант. У деяких випадках можлива формалізація вибору компромісного варіанта за допомогою методів кваліметрії.

Одним із методів, який визначає та формалізує співвідношення між різними критеріями, є рішення за Парето. Рішення Парето вважають оптимальним, якщо значення будь-якого критерію можливо покращити тільки за рахунок погіршення значень останніх критері-

їв. Методи оптимізації за Парето визначають правила вибору за формальними ознаками переваги одних критеріїв над іншими.

Найбільш простим засобом знаходження оптимального (найкращого в якому-небудь розумінні) рішення є перебір всіх можливих варіантів з наступним їх порівнянням. Цей метод використовують при обмеженому числі варіантів або при порівняно нескладних обчислювальних процедурах. Практично цей метод нереальний, оскільки нескінченне число припустимих варіантів рішень неможливо перебрати за обмежений відтинок часу. При виборі найкращих рішень часто використовують інтуїтивні методи, засновані на досвіді та інтуїції фахівців, але ці рішення не гарантують оптимального варіанта і доступні тільки обмеженому колу фахівців.

В основу всіх математичних методів пошуку оптимальних рішень покладено принцип перебору якоїсь малої частки варіантів, визначеної шляхом логічної процедури аналізу початкової задачі. Наприклад, в основу так званих градієнтних методів пошуку оптимальних рішень покладено принцип: замість експериментального проведення всіх можливих варіантів технологічного процесу обмежуються виконанням невеликої частки дослідів за напрямом градієнта, яка приведе до оптимального рішення. За наявності математичного опису процесу експериментальні досліді замінюють аналітичними, тобто обчисленнями.

Незважаючи на загальний принцип скорочення числа обмежень або вимірів при оптимізації, її методи дуже відрізняються і визначаються в основному формою математичного опису. При цьому початковий математичний опис необхідно змінити так, щоб можна було застосувати один із відомих методів оптимізації, тобто привести задачу до однієї з канонічних форм пошуку оптимальних рішень. Знаходження оптимальних рішень іноді в технології або в економіці формують як задачу оптимального управління, під якою розуміється сукупність рішень, що приймаються на кожному технологічному етапі (стадії) виробництва для досягнення найкращих результатів.

Процес називають керованим, коли є можливість впливати якимось чином на хід цього процесу. Цей вплив на нижніх рівнях звичайно здійснюється зміною величин фізичних параметрів. В економічних процесах керування полягає в розподілі та перерозподілі коштів і матеріалів на кожній стадії виробництва. Напри-

клад, випуск готової продукції підприємством – керований процес, оскільки він визначається зміною об'єму фінансування, об'єктом постачання та якістю сировини, складом і станом устаткування тощо. У зв'язку з цим уся сукупність рішень щодо забезпечення виробництва сировиною, розмірами фінансування, зміною устаткування називається управлінням. Зокрема треба передбачити зміну та ремонт устаткування у зв'язку з його зносом за періодами часу, зміну асортименту у зв'язку зі змінами кон'юнктури ринку, якістю та складом сировини тощо.

Таким чином, економічне управління є поетапним або багатокроковим процесом. Основною економічного управління найчастіше вважають одержання максимального прибутку. Ця складна в математичному плані задача розв'язується методами оптимізації.

При проектуванні та експлуатації технологічних процесів математичні методи оптимізації широко використовується для розв'язання задач з вибору оптимальної рецептури продукту, оптимального асортименту, оптимального використання та зміни устаткування, оптимальної потужності приймальних та відпускних пристроїв та багато інших.

З усіх математичних методів оптимізації найширше використовуються методи лінійного, нелінійного та динамічного програмування. Задача лінійного програмування в найбільш загальному вигляді формулюється так.

Треба знайти максимум або мінімум лінійної функції змінних  $x_1, x_2, \dots, x_n$ :

$$R = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (3.52)$$

де  $c$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) – задані сталі коефіцієнти.

Обмеження на змінні при виборі їх оптимальних значень включають рівності та нерівності:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.53)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = m_{i+1}, \dots, m_2 \quad (3.54)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = m_{2+1}, \dots, m \quad (3.55)$$

$$x \geq 0 \quad (3.56)$$

У задачах лінійного програмування сталі в обмеженнях  $a_{ij}$  можуть бути додатними або від'ємними, а серед них можуть бути й рівними нулю. Змінні  $x_j$  є невід'ємними. Якщо будь-яке значення  $b_i$  від'ємне, то достатньо помножити відповідні співвідношення на  $-1$ , щоб зобразити їх у вигляді, де права частина є додатною величиною. Якщо  $b_i = 0$  в одному із початкових співвідношень, то тоді в рівняння обмежень вводять додаткову змінну  $x_{n+1} \geq b_1$  або  $x_{n+1} \leq b_1$ . Значення додатної величини  $b_i$  в цьому випадку вибирають довільно. У такому разі змінну  $x_{n+1}$  вводять у вираз для функції оптимізації з нульовим коефіцієнтом  $c_{n+1} = 0$ .

Лінійну функцію (3.52) називають лінійною формою задачі, а множину наборів чисел  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які задовольняють умови (3.53...3.56) – областю визначення її лінійної форми. Систему рівнянь та нерівностей (3.53...3.56), яка породжує область визначення задачі, називають системою умов задачі.

При розв'язанні задач вибору оптимальної рецептури коефіцієнти  $c_j$  визначають вартість компонента, а змінні  $x_j$  – їх кількість, коефіцієнти  $a_{ij}$  – кількість речовини  $i$  в  $j$ -му компоненті, а  $b_i$  – обмеження по вводу  $i$ -го компонента в рецептуру. При розв'язанні задач вибору оптимального асортименту мінімальних транспортних комунікацій та використання устаткування, фізичний та економічний зміст цих коефіцієнтів (сталих) змінюється, а метод розв'язання зводиться до стандартної програми на ЕОМ за умови, що технологічна задача буде доведена до канонічної математичної форми.

### **3.4. Основні теоретичні положення про стан фізичних систем**

Термодинамічні величини, що характеризують макроскопічний стан фізичної системи, називають *термодинамічними параметрами* стану. До цих величин належать абсолютний тиск  $P$ , абсолютна температура  $T$ , питомий об'єм  $V$ , а також допоміжні: внут-

рішня енергія  $U$ , ентальпія  $J$  та ентропія  $S$ . Зміна хоча б одного із параметрів стану призводить до зміни самого стану системи.

Значення параметрів стану можуть залежати або не залежати від маси системи. Параметри стану, значення яких пропорційні масі термодинамічної системи чи кількості речовини, називають *екстенсивними*, наприклад: об'єм, внутрішня енергія, ентальпія, ентропія. Параметри стану, величини яких не залежать від маси системи чи кількості речовини, називають *інтенсивними*, наприклад: тиск, температура, питомі і молярні термодинамічні величини. *Питомими термодинамічними величинами* називають екстенсивні параметри стану, віднесені до 1 кг речовини, а *молярними термодинамічними величинами* – екстенсивні параметри стану, віднесені до 1 моля речовини.

Стан термодинамічної системи, в якому значення параметрів в усіх її частинах залишаються незмінними у часі при зовнішній дії потоків енергії, речовини тощо, називають *стаціонарним станом*. Якщо значення параметрів стану змінюються в часі, такий стан системи називають *нестационарним*.

Стан системи, відповідні параметри якої в усіх її частинах однакові і незмінні в часі за сталих зовнішніх умов і відсутності в системі потоків, називається *рівноважним*. Якщо в усіх частинах системи залишається сталою тільки температура, такий стан системи називається *термічною рівновагою*, якщо сталий тільки тиск – *механічним рівноважним станом*. Стан системи, в якій параметри стану (або хоча б один із них) мають різні значення в різних її частинах, називають *нерівноважним*.

У технічній термодинаміці досліджують рівноважний стан систем. Для однозначної характеристики стану системи немає потреби задавати значення усіх параметрів стану. Стани системи, з якими, як правило, мають справу в технічній термодинаміці, можуть бути визначені трьома параметрами. До них належать абсолютний тиск  $P$ , абсолютна температура  $T$  і питомий об'єм  $V$ . Ці параметри характеризують тепловий етап системи і називаються *термічними*, або *основними* параметрами.

Однак незалежними параметрами є будь-які два, оскільки за відомими значеннями двох параметрів визначають третій. Тому рівноважний стан системи може бути представлений точкою в плоскій системі координат, наприклад, у загальному вигляді при па-

раметрах стану  $P$ ,  $T$ ,  $V$  застосовуються системи координат  $PT$ ;  $PV$ ;  $TV$ .

Отже, визначимо властивості параметрів стану:

– значення параметра для даного стану може бути визначено з відомих значень двох інших параметрів, тобто параметр стану є функцією двох змінних:

$$V = f(P, T); T = f'(P, V); P = f''(T, V); \quad (3.57)$$

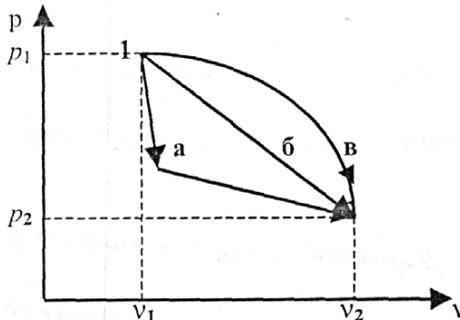


Рис. 3.3. Зміна параметрів стану системи

– зміна параметра стану ( $\Delta P$ ,  $\Delta T$ ,  $\Delta V$ ) не залежить від шляху, за яким термодинамічна система змінювала свій стан (наприклад:  $a$ ,  $b$  або  $v$ , рис.3.3), а визначається значеннями параметра стану в кінці і на початку процесу:

$$T_1 = f_1(V_1, P_1); T_2 = f_1(V_2, P_2); \quad (3.58)$$

Ці співвідношення ґрунтуються на трьох законах термодинаміки, які було викладено у розділі 3.1. Сформулюємо ці закони по-іншому.

**Перший закон** термодинаміки можна сформулювати так: у якій завгодно термодинамічній системі підведена теплота витрачається на зміну внутрішньої енергії  $U$  та роботу  $L$ .

**Другий закон** термодинаміки у найбільш загальному вигляді формулюють так: усі природні процеси є незворотними (по Клаузіусу: передача теплоти від холодного до більш нагрітого тіла неможлива), тобто  $TdS \geq du + \Delta L$ .

$$\text{або } dS \geq \frac{dQ}{T},$$

де  $dS$  – нескінченно малий приріст ентропії;

$dQ$  – нескінченно мала кількість теплоти, одержана від джерела теплоти, при нескінченно малій зміні стану системи;

$T$  – абсолютна температура.

Ентропія  $S$  має розмірність  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$  як і теплоємність, але має інший фізичний зміст, є функцією стану термодинамічної системи та характеризує спрямованість перебігу системи.

**Третій закон** термодинаміки встановлює, що ентропія системи прямує до нуля при наближенні до нуля абсолютної температури, тобто при температурах, близьких до абсолютного нуля всі процеси перебігають без зміни ентальпії.

При  $T = 0$  перетворюються в нуль теплоємності теплового розширення, термічного стану, тобто  $\lim S = 0$  при  $T \rightarrow 0$ .

Ексергія – максимальна зовнішня робота, яку може здійснити система при зворотній взаємодії, тобто від початкового стану до рівноваги з довкіллям:

$$\Delta T_a = \Delta T_g = \Delta T_s = \int T = T_2 - T_1 = f_1(V_2 \cdot P_2) - f_1(V_1 \cdot P_1). (3.59)$$

Оскільки зміна значення параметра не залежить від шляху, за яким система змінює свій стан (рис. 3.3), згідно з положенням математичного аналізу диференціал параметра стану має властивості повного диференціала.

Наприклад:

$$dT = (\partial T / \partial P)_V dP + (\partial T / \partial V)_P dV; (3.60)$$

$$\partial^2 T / (\partial v \partial p) = \partial^2 T / (\partial p \partial v). (3.61)$$

Якщо термодинамічна система, після ряду енергетичних впливів, повертається у початковий стан, тоді зміна параметра стану дорівнює нулю.

Наприклад:

$$\int dT = 0. (3.62)$$

Нагадаємо основні параметри стану.

*Абсолютний тиск*  $P$  – сила дії газу на одиницю поверхні посудини, в якій він міститься. Тиск газу є результатом ударів моле-

кул об стінки посудини. У кожному місці поверхні тиск спрямований за нормаллю до елемента поверхні.

Тиск навколишнього середовища, або атмосферний тиск, вимірюють за допомогою приладу, який називають *барометром*. Тому такий тиск називають *барометричним* і позначають  $P_{\sigma}$ .

Якщо тиск робочого тіла більше за атмосферний, то (поряд з барометром) використовують прилад, який називають *манометром*.

Манометр фіксує *надлишковий тиск*  $P_{\text{н}}$ , тобто показує, наскільки тиск у посудині більше від барометричного. У цьому разі для розрахунку абсолютного тиску використовують співвідношення:

$$P = P_{\sigma} + P_{\text{н}}. \quad (3.63)$$

Якщо в посудині тиск менший за барометричний, тоді застосовують прилад, який називають *вакуумметром*.

Вакуумметр фіксує розрідження або вакуумметричний тиск  $P_{\text{в}}$ . У цьому разі абсолютний тиск виражається так:

$$P = P_{\sigma} + P_{\text{в}} \quad (3.64)$$

За одиницю виміру тиску в СІ беруть  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ . Система СІ дозволяє введення часткових і кратних одиниць:

$1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$ ,  $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$  тощо. До несистемних одиниць тиску, які застосовуються в технічній термодинаміці, належать:

$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па} = 0.1 \text{ МПа}$ ;  $1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,981 \text{ бар}$ .

Тиск можна вимірювати в міліметрах стовпа рідини визначеної густини (мм рт.ст., мм вод. ст.). Тоді зручно користуватися формулою:

$$P = h\rho g. \quad (3.65)$$

$1 \text{ мм рт.ст.} = 133,32 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ атм} = 735,6 \text{ мм рт.ст.}$ ;  $1 \text{ бар} = 750 \text{ мм рт.ст.}$

*Температура* – основна характеристика теплового стану робочого тіла. Вона є мірою інтенсивності поступального руху молекул. У системі СІ температуру вимірюють за так званою *термодинамічною*, або *абсолютною*, *шкалою* (шкалою Кельвіна). Цю температуру називають *термодинамічною*, або *абсолютною температурою*  $T$ . Одиницею виміру абсолютної температури є кельвін ( $K$ ). Згідно з молекулярно-кінетичною теорією газів абсо-

лютна температура  $T$  прямо пропорційна середній кінетичній енергії молекул  $E$  у посудині:

$$T = (2/3k) (mw^2)/2 = (2/3 k) E_k \quad (3.66)$$

де  $k = 1,38 \times 10^{23}$  Дж/К – стала Больцмана;

$m$  – маса молекули, кг;

$w$  – середня швидкість руху молекул, м/с.

У техніці температуру вимірюють за шкалою Цельсія ( $t^{\circ}\text{C}$ , де  $^{\circ}\text{C}$  – градус Цельсія). За цією шкалою  $0^{\circ}\text{C}$  – температура плавлення льоду,  $100^{\circ}\text{C}$  – температура кипіння води за нормального тиску 101 325 Па.

Між абсолютною температурою  $T$  і температурою  $t$  за шкалою Цельсія існує залежність:

$$T(K) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15 = t(^{\circ}\text{C}) + 273, \quad (3.67)$$

але числові значення різниць температур за шкалою Кельвіна і шкалою Цельсія однакові, тобто:

$$T_2 - T_1 = t_2 - t_1 \text{ або } \Delta T = \Delta t. \quad (3.68)$$

Іноді, особливо за кордоном, для розрахунків застосовують шкалу Фаренгейта ( $^{\circ}\text{F}$ ) та шкалу Реомюра ( $^{\circ}\text{R}$ ). Якщо відома температура в  $^{\circ}\text{C}$ , то температуру в  $^{\circ}\text{F}$  та  $^{\circ}\text{R}$  розраховують за формулами:

$$t(^{\circ}\text{F}) = 1,8t(^{\circ}\text{C}) + 32; \quad t(^{\circ}\text{R}) = 0,8t(^{\circ}\text{C}). \quad (3.69)$$

*Об'єм* – третя характеристика термодинамічної системи.

*Питомий об'єм*  $v$  – це об'єм 1 кг речовини. Якщо  $V$  об'єм 1 тіла, а  $m$  – його маса, тоді одержимо,  $\text{м}^3/\text{кг}$ :

$$v = V/m \text{ або } V = m \cdot v. \quad (3.70)$$

*Густина*  $\rho$  – це маса 1  $\text{м}^3$  речовини. Густина – це величина, обернена питомому об'єму,  $\text{кг}/\text{м}^3$ :

$$\rho = m/V = 1/V \text{ або } \rho V = 1 \quad (3.71)$$

*Нормальними фізичними умовами* називають такі, за яких рече тіло знаходиться під тиском  $p = 101\,323$  Па при температурі  $T = 273\text{ K}$  або  $t = 0^{\circ}\text{C}$ , а 1 моль газу займає об'єм  $V = 22,4$  л /моль  $= 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

На цих законах термодинаміки засновані всі технічні розрахунки для визначення затрат на технологічні операції.

### 3.5. Визначення затрат на здійснення технологічних операцій

Здійснення окремих одиничних технологічних операцій (переміщення, нагрівання, охолодження, випарювання, сушіння, тощо) завжди супроводжується певними затратами енергії і відповідними грошовими витратами на закупівлю устаткування чи його власне виготовлення.

**Затрати на переміщення рідин та газів.** Переміщення рідин та газів закритими трубопроводами відбувається під дією тиску, що створюється різницею рівнів рідин або роботою насосів (помп) і вентиляторів. Об'єм рідини або газу, що перетікають через будь-який перетин труби в одиницю часу, називають витратами в  $\text{м}^3/\text{с}$  або  $\text{кг}/\text{с}$ . Швидкістю переміщення називають частку від поділу об'єму чи маси рідини, що перетікає в одиницю часу ( $V$  або  $G$ ) на площу поперечного перетину трубопроводу  $f$ .

$$v = \frac{V}{f}, \text{ м/с.} \quad (3.72)$$

Тоді об'ємні витрати складуть:

$$V = v \cdot f, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.73)$$

Масові витрати:

$$G = v \cdot f \rho, \text{ кг/с,} \quad (3.74)$$

де  $\rho$  – густина рідини або газу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Площа перетину круглого трубопроводу

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} d^2 = 0,785 d^2.$$

Звідсіля визначають необхідний діаметр трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{\pi G}{4v}} = \sqrt{0,785 \frac{G}{v}}. \quad (3.75)$$

Швидкість течії скраплених рідин по трубах приймають 3 м/с, а для дуже в'язких (0,5...1,0) м/с. Для газів під незначним тиском (8...15) м/с, з підвищеним тиском (15...25) м/с, для насиченої водяної пари (20...30) м/с, а для перегрітої (30...50) м/с.

Продуктивність для круглого трубопроводу визначається за формулою:

$$G = v f \rho = v \frac{\pi d^2}{4} \rho = 0,785 v d^2 \rho, \text{ кг/с.} \quad (3.76)$$

Оскільки швидкість течії рідини неоднакова по перетину трубопроводу, то залежність між максимальною швидкістю (осьовою) і середньою така:

а) при ламінарному (струменевому) режимі  $v_{cp} = 0,5 \cdot v_{max}$ ;

б) при турбулентному режимі швидкість переміщення залежить від числа Рейнольдса  $Re = \frac{v_{max} d \rho}{\mu}$ , яке показує співвідношення між силами інерції та в'язкості  $\mu$  рідини.

При турбулентному режимі приблизно  $v_{cp} = (0,8 \dots 0,9) \cdot v_{max}$ ; Ламінарна течія відбувається при  $Re < 2300$ ; перехідний режим при  $2300 < Re < 10000$ , а турбулентний при  $Re > 10000$ .

Коефіцієнт опору на подолання тертя при ламінарній течії становить  $\lambda = 64/Re$ , при турбулентній  $\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$ .

Загальні втрати енергії при переміщенні рідин через перетини 1–1 і 2–2 для реальної (в'язкої) нестискуємої рідини визначають за рівнянням Бернуллі:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - h_n = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}, \quad (3.77)$$

де  $Z$  – геометричний (висотний) напір, м;

$P/\rho g$  – п'єзометричний (статичний) напір, м;

$v^2/2g$  – швидкісний (динамічний) напір, що витрачено на подолання опорів, м.

При визначенні продуктивності або швидкості течії рідини або газу по не круглому трубопроводу (прямокутний, овальний або іншої складної форми) використовують гідравлічний радіус, який визначають за відношенням):

$$r_2 = \frac{f}{\Pi}, \quad (3.78)$$

де  $\Pi$  – змочений периметр трубопроводу, м.

Для круглого трубопроводу гідравлічний радіус

$$r_2 = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4}. \quad (3.79)$$

Діаметр, виражений через гідравлічний радіус, називають еквівалентним

$$d = d_{екв} = 4r_z.$$

Для круглого трубопроводу еквівалентний діаметр дорівнює:

$$d_{екв} = \frac{4f}{\Pi} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = d. \quad (3.80)$$

Для труби прямокутного перетину зі сторонами  $a$  та  $b$  гідравлічний радіус буде таким:

$$r_z = \frac{f}{\Pi} = \frac{ab}{2a + 2b} = \frac{ab}{2(a + b)}, \quad (3.81)$$

а еквівалентний діаметр:

$$d_{екв} = 4r_z = \frac{4ab}{2(a + b)} = \frac{ab}{a + b}. \quad (3.82)$$

Переміщення рідини або газу по трубопроводу пов'язано з певними витратами енергії, які визначаються втратами на створення швидкості, на подолання сил тертя по довжині трубопроводу та місцевих опорів (повороти, заслінки, вентиля, звуження, розширення труби тощо), що визначають повний гідравлічний опір:

$$\Delta P = \frac{v^2 \rho}{2} \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right), \quad (3.83)$$

де  $v$  – швидкість течії рідини (газу), м/с;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$d, l$  – діаметр та довжина трубопроводу, м;

$\xi_i$  – коефіцієнт втрат місцевих опорів;

$\lambda$  – коефіцієнт тертя по довжині трубопроводу, який визначають за формулами:

при  $Re < 2300$ ,  $\lambda = 64/Re$ ;

при  $Re > 2300$ ,  $\lambda = 0,36 / Re^{0,25}$ .

Коефіцієнт місцевих втрат визначають за таблицями значень місцевих опорів (наприклад для відводу  $\lambda = 90$ ;  $\xi = 1,5$ ).

Для повного гідравлічного опору треба додати опір на підняття рідин на висоту  $H$ , тобто  $\Delta P_z = \rho g H$ , та на опір подолання надлишкового тиску  $\Delta P_i$ .

Крім числа Рейнольда  $Re = \frac{vd}{\nu}$  використовують числа Фруда  $Fr = \frac{v^2}{gd}$  та Ейлера  $Eu = \frac{\Delta P}{\rho g^2}$ , що визначають відношення сил інерції і тяжіння та сил тиску і інерції відповідно.

Швидкість витікання рідини із посудини через отвір при сталому рівні визначається за формулою:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (3.84)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості;

$H$  – висота рівня рідини, м.

Потужність двигуна для приводу насоса або вентилятора визначають за формулою:

$$N = \frac{V\rho\Delta P}{1000\eta}, \text{ кВт.} \quad (3.85)$$

Якщо перемножити потужність двигуна  $N$ , кВт, на час його роботи  $\tau$ , годин, то отримаємо кількість витраченої енергії на переміщення речовини:

$$E = N \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.86)$$

Знаючи вартість однієї кіловат-години енергії, можна визначити вартість в грошових одиницях на операцію по переміщенню речовини (рідини або газу).

**Витрати енергії на нагрівання, охолодження, заморожування, сушіння.** Витрати теплоти на нагрівання рідини або будь-якого іншого тіла визначають за формулою:

$$Q = Gc(t_1 - t_2), \text{ Дж,} \quad (3.87)$$

де  $G$  – маса тіла, кг;

$c$  – теплоємність, Дж/(кг·К);

$t_1, t_2$  – початкова та кінцева температура речовини, що нагрівається, °С.

Як відомо, теплоємність визначається як кількість теплоти (енергії) на нагрівання одиниці маси речовини (1 кг) на один °С.

Для води при  $t = 20^\circ\text{C} = 4183 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Витрати теплоти на випарювання рідини визначають за формулою:

$$Q = G r, \text{ кДж}, \quad (3.88)$$

де  $r$  – питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Для води при  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $r = 2258 \text{ кДж/кг}$ .

Теплоту на льодоутворення визначають за формулою:

$$Q = G r_a, \text{ кДж}, \quad (3.89)$$

де  $r_a$  – питома теплота фазового переходу при кристалізації води (питома теплота плавлення льоду),  $r_a = 334 \text{ кДж/кг}$ .

Тобто теплота на льодоутворення значно менше теплоти пароутворення в  $2258/334 = 6-7$  разів.

Для визначення затрат енергії на заморожування треба спочатку визначити затрати на охолодження до теплоти  $Q_{\text{охол}}$ , тобто до температури замерзання ( $t \approx 0^\circ$ ), потім додають затрати на льодоутворення, потім затрати енергії на заморожування (зниження температури від  $0^\circ \text{C}$  до заданої температури):

$$Q_{\text{охол}} = V_p * \rho_p * c_p (t_p - 0), \text{ Дж}, \quad (c_p = 4,2, \text{ кДж/кг}); \quad (3.90)$$

$$Q_{\text{льод}} = G r_a \quad (r_a = 334 \text{ кДж/кг}) \quad (3.91)$$

$$Q_{\text{зам}} = V * \rho_l * c_l [0 - (-t)], \text{ Дж}, \quad (3.92)$$

де  $\rho_l$ ,  $c_l$  – густина та питома теплоємність льоду.

Незважаючи на те, що затрати енергії на заморожування значно менші, капітальні та експлуатаційні затрати на зневоднення розчинів заморожуванням перевищують затрати на випарювання, але вірогідність збереження якості збільшується.

При нормальному тиску  $0,1 \text{ МПа}$  вода має густину при  $4^\circ \text{C}$  ( $3,89^\circ \text{C}$ ).

При охолодженні до  $0^\circ \text{C}$  її густина зменшується з  $1000$  до  $999 \text{ кг/м}^3$ , а при перетворенні в лід додатково зменшується до  $\rho_l = 918,8 \text{ кг/м}^3$ .

Густина льоду пов'язана з температурним співвідношенням:

$$\rho_l \approx 917 (1 - 0,000156) t,$$

тобто змінюється дуже мало (при  $-100^\circ \text{C}$   $\rho_l = 928 \text{ кг/м}^3$ ).

Теплоємність льоду та теплопровідність визначається за формулами:

$$\rho_n = 2,12 + 0,00779 * t; \quad \lambda_n = 2,22(1 - 0,0015 * t);$$

$$c_p = 2,26 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ при } 0^\circ\text{C та } 1,17 \text{ при } -100^\circ\text{C},$$

$$\lambda_n = 2,22 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \text{ при } 0^\circ\text{C та } 3,35 \text{ при } -100^\circ\text{C}.$$

Підвищення тиску на 0,1 МПа знижує температуру плавлення льоду від  $0^\circ\text{C}$  на  $0,0075^\circ\text{C}$ .

При зниженні температури на  $1^\circ\text{C}$  теплота плавлення льоду збільшується на  $2,12 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Теплоємність сухої частки сировини знаходиться в межах:

$$c_c = (1,3 \dots 1,5) \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

**Затрати на висушування матеріалів.** Теоретичні засади сушіння складаються з таких основних положень.

Вологість матеріалу може бути виражена у відсотках від загальної маси речовини (відносна вологість)  $W$  або від маси сухої речовини  $U$  (абсолютна вологість), які пов'язані такими співвідношеннями:

$$U = \frac{100\omega}{100 - \omega}; \quad W = \frac{100u}{100 - u}. \quad (3.93)$$

Кількість вологи, що вилучається із матеріалу в процесі сушіння від початкового значення  $W_n$  до кінцевого  $W_k$ :

$$W = G_n \cdot \frac{W_n - W_k}{100 - W_k}, \text{ або } W = G_k \cdot \frac{W_n - W_k}{100 - W_n} \quad (3.94)$$

Якщо вологовміст подано в абсолютних значеннях вологості, то:

$$W = G_{\text{сух}} \cdot \frac{U_n - U_k}{100} \quad (3.95)$$

де  $G_n$ ,  $G_k$ ,  $G_{\text{сух}}$  – продуктивність сушарки по вологому продукту, кінцевому (висушеному) та по абсолютно сухому матеріалу.

Вологовміст пари у повітрі визначається за формулою:

$$x = \frac{M_n}{M_p} * \frac{p_n}{P - p_n} \quad (3.96)$$

де  $M_p$ ,  $M_r$  – мольні маси пари та газу (сухого повітря);

$P, p_n$  – загальний та парціальний тиск пари. Або інакше:

$$x = \frac{18}{29} * \frac{\varphi \cdot p_{нас}}{P - \varphi \cdot p_{нас}} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_{нас}}{P - p_{нас}}, \quad (3.97)$$

де  $\varphi = p_n / p_{нас}$  – відносна вологість повітря, тобто відношення парціального тиску водної пари  $p_n$  до парціального тиску насиченої пари  $p_{нас}$ ;

$18/29 = 0,622$  – відношення мольних мас водяної пари і повітря.

Якщо температура вологого повітря вище температури насичення водяної пари при тиску  $P$ , то:

$$p_{нас} = P, \quad x = 0,622 \frac{\varphi}{1 - \varphi}.$$

Загальна ентальпія (енерговміст) вологого повітря  $J$  (кДж/кг):

$$J = (+ c_v x)t + r_0 x = (1,01 + 1,97x)t + 2493x,$$

де  $c_v = 1,01$  кДж/кг – середня питома теплоємність води;

$c_n = 1,97$  кДж/кг – середня питома теплоємність водяної пари;

$x$  – вологовміст повітря, кг пари/кг сухого повітря;

$t$  – температура повітря (по сухому термометру), °С;

$r_0 = 2493$  – теплота пароутворення води при 0°С, кДж/кг.

Зв'язок між параметрами вологого повітря  $x, t, \varphi$  визначають за спеціальною  $J$ - $x$  діаграмою Рамзіна.

### 3.6. Практичні завдання з визначення затрат на здійснення одиничних технологічних операцій

**Задача 3.1.** Визначити потужність двигуна помпи для перекачування води по трубопроводу з ємності 1 при атмосферному тиску, в ємність 2 при надлишковому тиску. Трубопровід виконано з гладких сталевих труб. На трубопроводі є два повороти 3 на 90° та два вентиля 4. Висота підняття рідини  $H$ .

Початкові дані:

ККД двигуна і помпи	– $\eta = 0,6;$
продуктивність помпи	– $G = 0,6 \text{ кг/с};$
діаметр трубопроводу (внутрішній)	– $d = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
довжина трубопроводу	– $l = 30 \text{ м};$
висота підняття води	– $H = 1 \text{ м};$
температура води	– $t = 25^{\circ}\text{C};$
сума коефіцієнтів місцевих опорів	– $\Sigma \xi = 5;$
надлишковий тиск в ємності	– $\Delta P_{np} = 0,06 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

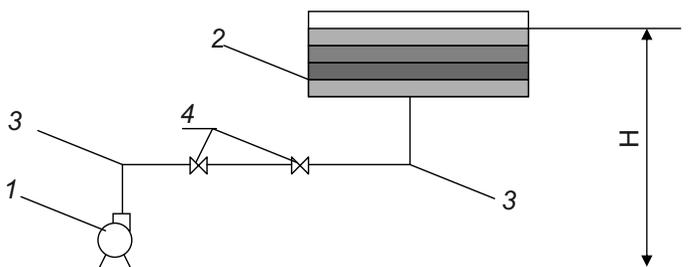


Рис. 3.4. Схема трубопроводу

1. За температурою води, використовуючи Додаток Б, визначаємо її густину  $\rho = 997 \text{ кг/м}^3$  і динамічну в'язкість  $\mu = 902 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

2. За рівнянням витрат знаходимо швидкість течії води:

$$v = \frac{G}{f \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 0,028^2 \cdot 997} = 0,98, \text{ м/с}.$$

3. Режим течії води за Рейнольдом ( $Re$ )

$$Re = \frac{v \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,98 \cdot 0,028 \cdot 997}{902 \cdot 10^{-6}} = 30263.$$

Оскільки  $Re = 30263 > 2300$ , то режим течії рідини у міжтрубно-му просторі турбулентний.

4. У залежності від режиму течії визначають коефіцієнт тертя по довжині стінки  $\lambda$ . Оскільки  $Re > 2300$ , то

$$\lambda = \frac{0,36}{30263^{0,25}} = 0,0273.$$

5. Визначають повний гідравлічний опір трубопроводу:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \left(1 + \frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi\right) + \rho \cdot g \cdot H + \Delta P_{тр} = \\ &= \frac{0,98^2 \cdot 997}{2} \left(1 + \frac{0,0273 \cdot 30}{0,028} + 5\right) + \\ &+ 997 \cdot 9,81 \cdot 1 + 0,06 \cdot 10^6 = 86579,86 \text{ Па} = 0,086 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

де  $\Delta P_c = (\rho \cdot v^2)/2$ , Па – витрати тиску на створення швидкісного напору;

$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$ , Па – витрати тиску на тертя в трубах по довжині;

$\Delta P_{мо} = \sum \xi \frac{\rho v^2}{2}$ , Па – витрати тиску на подолання місцевих опорів;

$\Delta P_n = \rho g H$ , Па – витрати тиску на піднімання рідини на висоту  $H$ .

6. Визначають потужність двигуна помпи:

$$N = \frac{G \cdot \Delta P}{\rho \cdot \eta} = \frac{0,6 \cdot 86579,86}{997 \cdot 0,6} = 86,84, \text{ Вт.}$$

При відомому значенні потужності, часу роботи помпи та ціни за 1 кВт-годину визначають затрати в грошових одиницях.

**Задача 3.2.** Визначити економічно найвигідніший діаметр трубопроводу для транспортування  $V = 6000 \text{ м}^3/\text{год}$  метану при нормальному тиску 0,1 МПа і температурі  $0^\circ\text{C}$  на відстань  $L = 4 \text{ км}$ .

Початкові дані:

ККД нагнічувача з електродвигуном	–	$\eta = 0,5$ ;
ціна електроенергії	–	0,4 грн за 1 кВт-годину;
ціна амортизації трубопроводу	–	2,4 грн на рік на 1 м довжини і 1 м діаметра;
вартість ремонту (експлуатації) трубопроводу	–	1,8 грн на рік на 1 м довжини і 1 м діаметру.

Припустимо, що коефіцієнт тертя по довжині трубопроводу  $\lambda = 0,03$ , а витрати на місцеві опори складають 10% від витрат на подолання сил тертя.

Розрахунки будемо вести для умовної температури  $t = 30^\circ\text{C}$  ( $303^\circ\text{K}$ ), вважаючи що зниження тиску в трубопроводі незначне і середній тиск приблизно дорівнює атмосферному 0,1 МПа. Густина метану  $\rho = 0,64 \text{ кг/м}^3$ .

Об'ємні витрати метану складають:

$$V_0 = \frac{V \cdot T}{3600 \cdot T_0} = \frac{6000 \cdot 303}{3600 \cdot 273} = 1,85, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість:

$$v = \frac{V_0}{0,785 \cdot d^2} = \frac{1,85}{0,785 \cdot d^2} = \frac{2,36}{d^2}, \text{ м/с}.$$

Нехтуючи втратами тиску на створення швидкості ( $\frac{\rho v^2}{2}$ ), одержимо припустиме значення суми втрат тисків для горизонтального трубопроводу  $\Delta P_{\text{ГП}} = 0$ :

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ТР}} + \Delta P_{\text{МО}} = 1,1 \Delta P_{\text{ТР}},$$

$$\text{тобто } \Delta P = \frac{1,1 \cdot \lambda \cdot L \cdot v^2 \cdot \rho}{2d} = \frac{1,1 \cdot 0,03 \cdot 4000 \cdot 2,36^2 \cdot 0,64}{d \cdot 2d^4} = \frac{235}{d^5}, \text{ Па}.$$

За рівнянням Клайперона, густина будь-якого газу при температурі  $T$  К і тиску  $P$  може бути визначена за формулою:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{2,24} \cdot \frac{273P}{T \cdot P_0},$$

де  $\rho = M/22,4 \text{ кг/м}^3$  – густина газу за нормальних умов ( $T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$  і  $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$ ).

$$\text{Тобто для наших умов густина метану } \rho = \frac{16 \cdot 273}{22,4 \cdot 303} = 0,64 \text{ кг/м}^3.$$

У відповідності з прийнятим припущенням можна визначити необхідну потужність при  $\Delta P < 0,01 \text{ МПа}$  за формулою:

$$N = \frac{V_0 \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta} = \frac{1,85 \cdot 235}{1000 \cdot 0,5d^5} = \frac{0,87}{d^5} \text{ кВт}.$$

При 330 робочих днях на рік витрати на електроенергію складуть:

$$0,04 \cdot 24 \cdot 330 = 316 \text{ грн}.$$

Таким чином, річна вартість електроенергії може бути виражена формулою:

$$E_{\text{л}} = \frac{0,87 \cdot 316}{d^5} = \frac{275}{d^5}, \text{ грн/рік.}$$

Річна вартість амортизації трубопроводу як функції діаметру:

$$A = 2,4 \cdot L \cdot d = 2,4 \cdot 4000 \cdot d = 9600 \cdot d, \text{ грн/рік}$$

та ремонту:

$$P = 1,8 \cdot L \cdot d = 1,8 \cdot 4000 \cdot d = 7200 \cdot d, \text{ грн/рік.}$$

Загальні річні затрати як функція діаметру визначається рівнянням:

$$E_{\text{л}} + A + P = \frac{275}{d^5} + 16800 \cdot d.$$

Візьмемо похідну по діаметру  $d$  та прирівняємо її до нуля:

$$\frac{\delta}{\delta \cdot d} (E_{\text{л}} + A + P) = -5 \cdot 275 d^{-6} + 16800 = 0.$$

$$\text{Звідси: } d = \frac{\sqrt[6]{5 \cdot 275 + 1}}{1680} = 0,66 \text{ м.}$$

Перевіримо величину втрат тиску для  $d = 0,66$  м:

$$\Delta P = \frac{235}{d^5} = \frac{235}{0,665} = 1890 \text{ Па (0,019 МПа).}$$

Таким значенням діаметру 0,60 м забезпечує найменші затрати на переміщення аміаку, тобто менше ніж 0,1 МПа, як і було прийнято раніше.

**Задача 3.3.** Визначити витрати повітря, теплоти, а також гріючої пари у безперервній сушарці, що працює за основним варіантом процесу сушіння.

Початкові дані:

продуктивність сушарки по вологому матеріалу

$$- G_{\text{н}} = 0,7 \text{ кг/с;}$$

початкова вологість матеріалу

$$- \omega_{\text{н}} = 58 \% \text{ мас;}$$

кінцева вологість матеріалу

$$- \omega_{\text{к}} = 6 \% \text{ мас;}$$

температура повітря до калорифера

$$- t_{\text{o}} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C;}$$

відносна вологість повітря до калорифера

$$- \phi_{\text{o}} = 50 \%;$$

повітря на виході із калорифера

$$- t_1 = 120^{\circ}\text{C;}$$

температура повітря на виході з сушарки —  $t_2 = 65^\circ\text{C}$ ;  
сушіння відбувається за теоретичним варіантом —  $\Delta = 0$ .

1. Схема сушарки зображена на рис. 3.5.

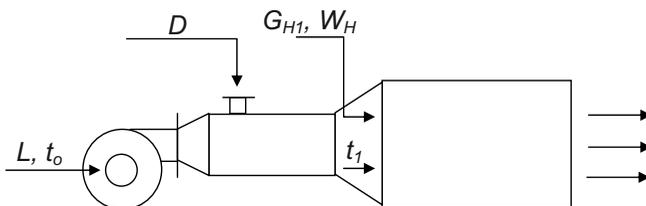


Рис. 3.5. Параметрична схема конвективної сушарки

2. Витрати вилучаємої з продукту вологи:

$$W = G_H \cdot \frac{\omega_H - \omega_K}{100 - \omega_K} = 0,7 \cdot \frac{58 - 6}{100 - 6} = 0,387 \text{ кг/с.}$$

3. За початковими даними будуюмо теоретичний процес сушіння на діаграмі вологого повітря  $J-d$  (рис. 3.6).

На перетині  $t_0 = 8^\circ\text{C}$  і  $\phi_0 = 50\%$  знаходимо точку  $A$ , що характеризує стан повітря перед калорифером. З точки  $A$  проводимо вертикаль до перетину з ізотермою  $t_1 = 120^\circ\text{C}$  і знаходимо точку  $B$ , що характеризує стан нагрітого повітря перед входом в сушильну камеру. Вертикальний відрізок  $AB$  зображує процес нагрівання повітря в калорифері. З точки  $B$  проводимо лінію  $J = const$  до перетину з ізотермою  $t_2 = 65^\circ\text{C}$  і отримуємо точку  $C$ , що характеризує стан відпрацьованого повітря на виході з сушарки. Відрізок  $BC$  паралельний лініям  $J_1 = J_2 = const$ , зображує охолодження повітря в процесі сушіння. З точок  $A$  і  $C$  вертикалі на вісь абсцис покажуть вологість повітря до калорифера  $d_0$  і відпрацьованого повітря  $d_2$ . З точок  $A$  і  $B$  лінії, що паралельні  $J = const$ , до перетину з віссю ординат покажуть ентальпії повітря до ( $J_0$ ), і після ( $J_1$ ) калорифера.

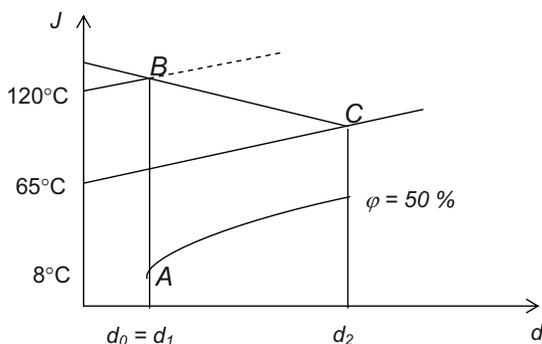


Рис. 3.6. Зображення процесу сушіння на  $J$ - $d$ -діаграмі

Значення параметрів вологи повітря зведемо в таблицю:

Точка	$t$ , °C	$\varphi$ , %	$d$ , г/кг	$J$ , кДж/кг
A	8	50	3,5	19
B	120	—	3,5	130
C	65	—	24	130

За цими даними можна визначити:

4. Витрати сухого повітря на сушіння:

$$L = \frac{W \cdot 10^3}{d_2 - d_0} = \frac{0,387 \cdot 10^3}{24 - 3,5} = 18,9 \text{ кг/с.}$$

5. Витрати теплоти в калорифері:

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0) = 18,9 \cdot (130 - 19) = 2096,7 \text{ кВт.}$$

6. Витрати гріючої пари:

$$D = \frac{Q}{i_n - i_k}, \quad i_n, i_k = f(t_n), \quad t_n = t_l + \Delta t \text{ (візьмемо } \Delta t = 10^\circ\text{C)}$$

$$t_n = 120 + 10 = 130^\circ\text{C.}$$

За Додатком В при  $t_n = 130^\circ\text{C}$ ;  $P = 0,27 \text{ МПа}$ ;

$$i_n = 2720,7 \text{ кДж/кг}, i_k = 546,2 \text{ кДж/кг}.$$

$$\text{Витрати пари } D = \frac{2096,7}{2720,7 - 546,2} = 0,964 \text{ кг/с}.$$

$$\text{Відповідь: } L = 18,9 \text{ кг/с}; Q = 2096,7 \text{ кВт}; D = 0,964 \text{ кг/с}.$$

Знаючи ціну одного кг пари та втрати енергії на підігрівання повітря можна визначити експлуатаційні затрати на сушіння.

**Задача 3.4.** Визначимо затрати енергії на заморожування  $G = 100$  кг риби до температури  $t = -18^\circ\text{C}$  за таких умов:

- початкова температура риби –  $t_n = 20^\circ\text{C}$ ;
- температура заморожування –  $t_3 = -18^\circ\text{C}$ ;
- вологість риби –  $W_n = 85\%$ ;
- теплоємність сухої частки риби –  $c_p = 1,4 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;
- теплота фазового перетворення води –  $r = 334, \text{ кДж/кг}$ .
- теплоємність льоду при  $0^\circ\text{C}$  –  $c_l = 2,26 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;
- теплопровідність льоду  $\lambda = 2,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;

Затрати енергії на охолодження риби до  $0^\circ\text{C}$ :

$$\begin{aligned} Q_1 &= G \cdot c \cdot (t_1 - t_0) \cdot W_n + G \cdot c_p \cdot (t_n - t) \cdot (1 - W_n) = \\ &= 1000 \cdot 4,2 \cdot (20 - 0) \cdot 0,85 + 100 \cdot 1,4 \cdot (20 - 0) \cdot 0,15 = \\ &= 7140 + 420 = 7560 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Затрати енергії на перетворення води в лід:

$$Q_2 = G \cdot r \cdot \frac{W}{100} = 100 \cdot 334 \cdot 0,85 = 28390 \text{ кДж}.$$

Затрати енергії на заморожування риби до  $-18^\circ\text{C}$ :

$$\begin{aligned} Q_3 &= G \cdot c_l \cdot (-t_3 - t_0) \cdot 0,85 + G \cdot c_p \cdot (-t_3 - t_0) \cdot 0,15 = \\ &= 100 \cdot 2,26 \cdot (-18 - 0) \cdot 0,85 + 100 \cdot 1,14 \cdot (18 - 0) \cdot 0,15 = \\ &= 3457 + 378 = 3835 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Загальні витрати енергії:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 9520 + 2839 + 3835 = 41745 \text{ кДж}.$$

Грошові затрати обчислюють за такою ж методикою, як і в попередніх прикладах.

**Задача 3.5.** Визначити для вуглекислотної ( $\text{CO}_2$ ) холодильної установки, що працює по вологому циклу, питому холодопродуктивність холодагента, холодильний коефіцієнт, кількість відведеної в конденсаторі теплоти, кількість циркулюючого холодагента і теоретичну потужність за таких умов:

- температура випарювання –  $-30^\circ\text{C}$ ;
- температура конденсації –  $+20^\circ\text{C}$ ;
- температура переохолодження –  $+16^\circ\text{C}$ ;
- необхідна холодопродуктивність –  $58150 \text{ Вт}$ .

Цикл в координатах  $T$ – $S$  показано на рис. 3.7.

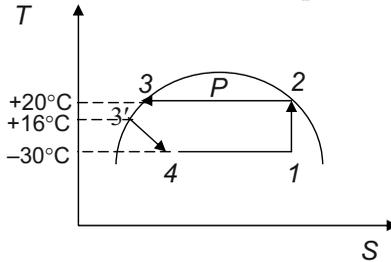


Рис. 3.7. Зображення циклу в  $T$ – $S$ –діаграмі

Питома холодопродуктивність холодагента:

$$q_0 = i_1 - i_4 = 590 \cdot 10^3 - 461 \cdot 10^3 = 129 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг.}$$

Холодильний коефіцієнт:

$$E = \frac{Q_0}{L} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} = \frac{(590 - 461) \cdot 10^3}{(632 - 530) \cdot 10^3} = 3,1.$$

Кількість відведеної теплоти в конденсаторі на  $1 \text{ кг}$  циркулюючого  $\text{CO}_2$ :

$$q = i_2 - i_3 = 632 \cdot 10^3 - 461 \cdot 10^3 = 171 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг.}$$

Витрати холодагента, що циркулює в циклі:

$$G = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{58150}{129 \cdot 10^3} = 0,448 \text{ кг/с.}$$

Витрати теплоти, що відводиться з конденсатора:

$$Q = 171 \cdot 10^3 \cdot 0,448 = 76900 \text{ Вт} = 76,9 \text{ кВт.}$$

Необхідна теоретична потужність:

$$N_m = G \cdot (t_2 - t_1) = 0,448 \cdot (632 \cdot 10^3 - 590 \cdot 10^3) = 0,448 \cdot 42 \cdot 10^3 = 18700 \text{ Вт.}$$

При відомому відрізьку часу і вартості однієї кВт-години енергії можна визначити затрати за заморожування.

**Задача 3.6.** Визначити співвідношення потужності, затраченої тепловим насосом на теплопостачання технологічних процесів, та електричної потужності, витраченої електрогенератором на теплопостачання. Температура, до якої нагріваються поверхні технологічного устаткування,  $t = 115^\circ\text{C}$ , витрати теплоти (потужності)  $N_n = 8 \text{ кВт}$ . Температура повітря у приміщенні  $t_n = 25^\circ\text{C}$ . Вважати, що тепловий насос працює за зворотним циклом Карно, а джерелом теплоти є повітря приміщення. Визначити опалувальний коефіцієнт теплового насоса. Проаналізувати одержані результати розрахунків.

1. Потужність електрогенератора дорівнює витратам теплоти на технологічне устаткування:

$$N_{\text{ел.г}} = N_n = 8 \text{ кВт.}$$

2. Визначимо холодильний коефіцієнт установки, що працює за зворотним циклом Карно:

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{t_{II} + 273,15}{t - t_{II}} = \frac{25 + 273,15}{115 - 25} = 3,31.$$

Тоді опалувальний коефіцієнт теплового насоса дорівнює:

$$\varphi = \varepsilon + 1 = 3,31 + 1 = 4,31.$$

3. Теплота (за одиницю часу)  $Q_1$ , яку віддає тепловий насос на теплопостачання, дорівнює:

$$Q_1 = N_n = 8 \text{ кВт.}$$

4. Знайдемо потужність (роботу за одиницю часу) теплового насоса, яка витрачається в циклі:

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2}; \quad Q_2 = \frac{Q_1}{\varepsilon + 1}; \quad N_2 = \frac{\varepsilon \cdot N_{II}}{\varepsilon + 1};$$

$$L = Q_1 - Q_2; N_{Т.Н} = N_1 - N_2 = N_1 - \frac{\varepsilon \cdot N_1}{\varepsilon + 1} =$$

$$N_1 \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1}\right) = N_1 = \frac{1}{1 + \varepsilon} =$$

$$= \frac{N_{II}}{\varphi} = \frac{8}{4,31} = 1,856 \text{ кВт.}$$

5. Визначимо співвідношення потужностей:

$$\frac{N_{II}}{N_{Т.Н}} = \frac{8000}{1856} = \varepsilon + 1 = \varphi = 4,31.$$

Потужність, витрачена тепловим насосом на теплопостачання, в  $\varphi = 4,31$  рази менше потужності електрогенератора. Економічність процесу можна визначити за різницею від економії енергії і затратами на спорудження та експлуатацію установки.

Теплові насоси (ТН) перетворюють низькопотенціальну теплоту із навколишнього середовища в теплоту більш високого потенціалу. Міру досконалості оцінюють коефіцієнтом перетворення (1,5...5,0), тобто на 1 кВт енергії на привід компресора можна одержати (1,5...5,0) кВт теплоти. Потужність станцій на ТН сягає 1 млн. кВт. Теплоносійми в основному є повітря і вода, а робочі тіла – хладони (R22, R113). ТН використовують для кондиціонування повітря, опалення приміщень, гарячого водопостачання, сушіння деревини тощо.

Термін окупності (2...10) років за кордоном, а у нас (15...20) років.

Принципову схему теплонасосної установки (ТНУ) і процес у тепловому насосі відображено на рис. 3.8.

Для підвищення ефективності циклу в установці здійснюють внутрішній регенеративний теплообмін між течією рідкого робочого тіла перед дроселем ДР і течією пари перед компресором. В результаті теплова течія, що підводиться до випарника В, збільшується на  $\Delta i_{4,5} = \Delta i_{1,7}$  дорівнює:

$$q_H = i_7 - i_6.$$

Корисна кількість теплоти, що відводиться із ТНУ за цією схемою, складається з теплоти:

$$q_K = i_2 - i_3,$$

та теплової течії в холодильнику конденсатора

$$q_{кк} = i_2 - i_4.$$

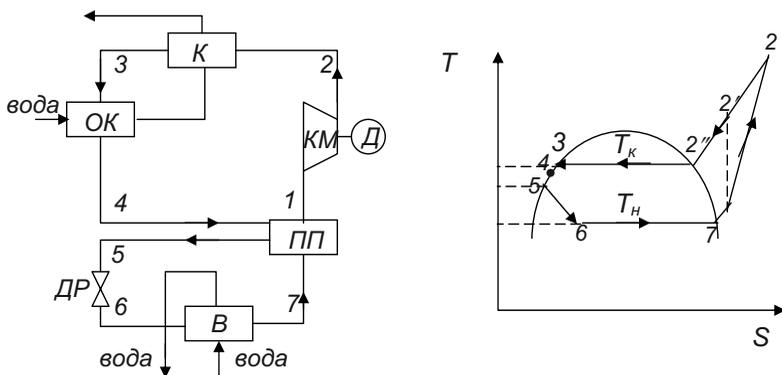


Рис. 3.8. Принципова схема ТНУ і цикл в  $T$ - $S$ -діаграмі:

$\Delta$  – двигун; ОК – охолоджувач конденсату; К – конденсатор; В – випарник; ПП – перегрівач пари робочого тіла; КМ – компресор.

Внутрішня теплота робота електродвигуна компресора

$$l_{eq} = \frac{l_{BB}}{\eta_{EM} - (i_2 - i_1) / \eta_1 \eta_{ED}}.$$

Коефіцієнт перетворення (опалювальний коефіцієнт):

$$\varphi = \frac{q_k + q_{OK}}{l} \quad \text{або} \quad \varphi = \frac{Q}{N},$$

де  $Q$  – теплота, що відводиться від ТНУ, кВт;

$N$  – електрична потужність приводу, кВт.

Для прикладу наведемо характеристики двох типів ТНУ «повітря–повітря», «вода–вода».

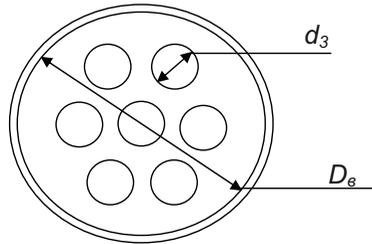
Тепловий насос Мелітопольського ОАО «Рефма» типу «повітря–повітря» марки НКВ60-2-8(08) (00217857-023-94), має потужність електродвигуна 24 кВт, а теплопродуктивність 60 кВт, тобто опалювальний коефіцієнт  $\varphi = 60/24 = 2,5$  при витратах повітря 5,5 м<sup>3</sup>/с. Має масу 1300 кг при значних габаритах 1280×1830×1760 мм.

Тепловий насос НКТ 5-4-9 (08) типу «вода–вода» має потужність електродвигуна 4,1 кВт при теплопродуктивності 16 кВт,

тобто  $\varphi = 16/4,1 = 3,9$ , має масу 560 кг при габаритах  $2320 \times 520 \times 1190$  мм.

**Задача 3.7.** Визначити режим течії рідини вздовж труб у міжтрубному просторі кожухотрубного теплообмінника для нагрівання води за такими даними:

зовнішній діаметр труб	– $d_3 = 30 \cdot 10^{-3}$ м;
число труб	– $n = 64$ шт.;
внутрішній діаметр кожуха	– $D_6 = 0,42$ м;
температура води на вході у теплообмінник	– $t_n = 20$ °С;
температура води на виході з теплообмінника	– $t_k = 80$ °С;
продуктивність теплообмінника	– $G = 0,9$ кг/с.



*Рис. 3.9. Схема розташування труб у теплообміннику*

1. Для визначення густини і в'язкості води треба визначити середню температуру води:

$$t_{CP} = \frac{t_{II} + t_K}{2} = \frac{80 + 20}{2} = 50, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

За цією температурою (додаток Б) знайдемо густину води  $\rho = 988$  кг/м<sup>3</sup> і динамічну в'язкість  $\mu = 549 \cdot 10^{-6}$  Па·с води.

2. Визначимо площу поперечного перетину міжтрубного простору:

$$S = \frac{\pi(D_B^2 - nd_3^2)}{4} = \frac{3,14(0,42^2 - 64 \cdot 0,030^2)}{4} = 0,0933, \text{ м}^2.$$

3. Визначимо еквівалентний діаметр міжтрубного простору:

$$d_e = \frac{4 \cdot S}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,0933}{7,35} = 0,0508, \text{ м,}$$

де  $\Pi$  – змочений периметр, м.

4. Швидкість течії води визначимо за рівнянням витрат:

$$v = \frac{G}{S \cdot \rho} = \frac{0,9}{0,0933 \cdot 988} = 0,0098, \text{ м/с.}$$

5. Визначимо число Рейнольдса і за ним встановлюємо режим течії:

$$Re = \frac{v \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,0098 \cdot 988}{549 \cdot 10^{-6}} = 892,45$$

Оскільки  $Re = 892,45 < 2300$ , то режим течії рідини у міжтрубному просторі ламінарний.

**Задача 3.8.** Визначити потужність електродвигуна пропелерної мішалки для перемішування водяної суспензії за такими даними:

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| частота обертів             | – $n = 5 \text{ с}^{-1}$ ;         |
| діаметр мішалки             | – $d = 0,26 \text{ м}$ ;           |
| температура суспензії       | – $t = 60^\circ\text{C}$ ;         |
| об'ємна частка твердої фази | – $\varphi = 34\%$ ;               |
| густина частинок            | – $\rho_c = 1300 \text{ кг/м}^3$ . |

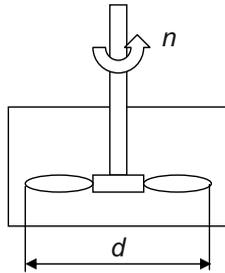


Рис. 3.10. Схема мішалки

1. За температурою суспензії  $t$  знайдемо густину рідкої фази  $\rho_p = 983 \text{ кг/м}^3$  і в'язкість  $\mu_p = 470 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$  води (додаток Б).

2. Густина  $\rho_c$  ( $\text{кг/м}^3$ ) і в'язкість  $\mu_c$  ( $\text{Па}\cdot\text{с}$ ) суміші визначають за рівняннями:

$$\rho_c = \rho_c \frac{\varphi}{100} + \rho_p \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) = 1300 \frac{34}{100} + 983 \left(1 - \frac{34}{100}\right) = 1090 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu_c = \mu_p \left(1 + 4,5 \frac{\varphi}{100}\right) = 470 \cdot 10^{-6} \left(1 + 4,5 \frac{34}{100}\right) = 1189,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

3. Режим перемішування за модифікованим числом Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho_c}{\mu_c} = \frac{5 \cdot 0,26^2 \cdot 1090,8}{1189,1 \cdot 10^{-6}} = 310053.$$

Визначають числа Ейлера, що відповідають режиму перемішування. При  $\text{Re} = 310053$ ,  $E_{\text{UM}} = 0,26$ .

4. Потужність приводу мішалки при сталому режимі перемішування:

$$N = E_{\text{UM}} \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d^5 = 0,26 \cdot 1090,8 \cdot 5^3 \cdot 0,26 = 162 \text{ Вт}.$$

5. Установочна потужність електродвигуна з урахуванням запасу потужності  $K = (1,2 \dots 1,6)$  і ККД передачі  $\eta = (0,8 \dots 0,9)$ ,

$$N = \frac{K \cdot N}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 162}{0,8} = 263,25, \text{ Вт}.$$

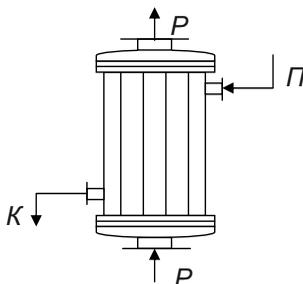
Якщо відомо час роботи двигуна (годин), то можна визначити витрати енергії на перемішування. При відомій ціні за одну кВт/год електроенергії визначають затрати на перемішування в грн.

**Задача 3.9.** Визначити витрати гріючої пари, площу поверхні теплообміну, число труб вертикального кожухотрубного теплообмінника для нагрівання води за таких умов:

витрати води	-	$G = 0,9 \text{ кг/с};$
початкова температура води	-	$t_n = 18^\circ\text{C};$
кінцева температура води	-	$t_k = 90^\circ\text{C};$
тиск гріючої пари	-	$P = 0,18 \text{ МПа};$
довжина труб	-	$L = 2,5 \text{ м};$
зовнішній діаметр труби	-	$d = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
товщина стінки труби	-	$\delta = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м};$

Витрати теплоти в доквілля складають 5% від корисних витрат теплоти.

1. Схему течії теплоносіїв у кожухотрубному теплообміннику представлено на рис. 3.11.



*Рис. 3.11. Схема течії теплоносіїв у вертикальному кожухотрубному теплообміннику:*

*P – рідина, що підігрівасться; П – грійоча пара; К – конденсат.*

2. Знаходимо середню температуру води і її теплофізичні характеристики :

$$t_{CP} = \frac{t_H + t_K}{2} = \frac{18 + 90}{2} = 54^\circ\text{C}.$$

За цією температурою за додатком Б визначаємо:

$$\rho = 986 \text{ кг/м}^3, \mu = 525 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}, \\ \lambda = 0,651 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}, c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}.$$

3. Кількість теплоти, що передається через поверхню теплообміну:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_n - t_k) = 0,9 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (90 - 18) = 270864 \text{ Вт}.$$

4. Витрати грійочної пари (з урахуванням втрат у доквілля):

$$D = \frac{1,05 \cdot Q}{t_H - t_K} = \frac{1,05 \cdot 270864}{(2702,1 - 490,70) \cdot 10^{-3}} = 0,129 \text{ кг/с}.$$

5. За додатком В, при  $P = 0,18 \text{ МПа}$ :

$$i_n = 2702,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}; t_n = 117^\circ\text{C}; \\ i_k = 490,70 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}; t_k = 90^\circ\text{C}.$$

6. Визначаємо середній температурний напір.

Знаходимо при  $P = 0,18 \text{ МПа}$ ;  $t_n = 117^\circ\text{C}$ .

Тоді значення більшої  $\Delta t_{\delta}$  та меншої  $\Delta t_M$  різниці температур будуть такими:

$$\Delta t_{\delta} = t_n - t_k = 117 - 18 = 99^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_M = t_n - t_k = 117 - 90 = 27^{\circ}\text{C};$$

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M} = \frac{99}{27} = 3,67 > 2.$$

$$\text{Тобто } \Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}} = \frac{99 - 27}{\ln 3,67} = 55,42^{\circ}\text{C}.$$

7. Визначасмо коефіцієнт теплопередачі за рівнянням:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{C_M}}{\lambda_{C_M}} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  при конденсації насиченої водяної пари на вертикальній трубі розраховують за формулою:

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r}{l \cdot \mu \cdot \Delta t}}.$$

За додатком В, при  $P = 0,18$  МПа;  $t_k = t_n = 117^{\circ}\text{C}$ ;

$$r = 2211,4 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}.$$

Властивості конденсату при  $t = 117^{\circ}\text{C}$ :

$$\lambda = 68,6 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \quad \rho = 944 \text{ кг/м}^3; \quad \mu = 239 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Різницю температур між парою і стінкою візьмемо такою:  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$ ,

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{(68,6 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 944^2 \cdot 2211,4 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 239 \cdot 10^{-6} \cdot 5}} = 7693 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2$  від внутрішньої стінки труби до води визначаємо в такій послідовності.

Задавши швидкістю течії води  $\nu = 0,7$  м/с, визначимо число Рейнольдса:

$$d_B = d_3 - 2\delta_{CT} = 28 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot \nu \cdot d_B}{\mu} = \frac{986 \cdot 0,7 \cdot 22,6 \cdot 10^{-3}}{525 \cdot 10^{-6}} = 29712.$$

Оскільки  $Re = 892,45 > 10000$  (турбулентний режим), то для визначення числа Нусельта використаємо рівняння:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}.$$

Число Прандтля визначаємо за відомою формулою, а числа  $C$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$  за додатком В:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4,18 \cdot 10^3 \cdot 525 \cdot 10^{-6}}{0,651} = 3,37,$$

Тоді:  $Nu = 0,023 \cdot 29712^{0,8} \cdot 3,37^{0,43} = 146,9$ .

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{вн}} = \frac{146,9 \cdot 0,651}{22,6 \cdot 10^{-3}} = 4231,3.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7793} + \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{46,5} + \frac{1}{4231,3}} = 2365,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки (сталь)  $\lambda_{ст} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

8. Визначимо площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{270864}{2365,6 \cdot 55,42} = 2,07 \text{ м}^2.$$

9. Кількість труб у теплообміннику при

$$n = \frac{F}{f} = 10,40;$$

$$f = \pi \cdot d_{cp} \cdot l = 3,14 \cdot \frac{28 \cdot 10^{-3} + 22,6 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 2,5 = 0,199 \text{ м}^2.$$

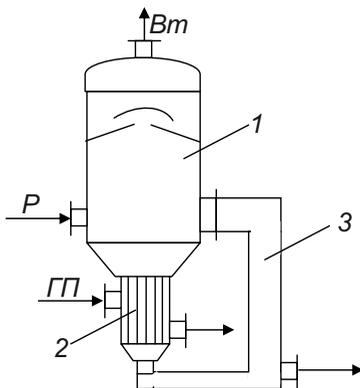
Візьмемо  $n = 11$ . Тоді,  $D = 0,129 \text{ кг}/\text{с}$ ;  $F = 2,07 \text{ м}$ ;  $n = 11 \text{ шт}$ .

Якщо відомо ціну 1 кг грійочої пари, то можна визначити затрати на одержання пари в грн. Ціна теплообмінника в узагальненому вигляді оцінюється ціною 1 м<sup>2</sup> поверхні (від 600 до 1600 грн. за 1 м<sup>2</sup>). Таким чином можна визначити капітальні вкладення для устаткування нагріву води і всі затрати.

**Задача 3.10.** Визначити питомі витрати гріючої пари і площу поверхні теплообміну при безперервному випарюванні в однокопусному апараті за такими даними:

витрати продукту	– $G_H = 1,3$ кг/с;
теплоємність продукту	– $c_n = 3650$ Дж/(кг·К);
початкова концентрація сухих речовин	– $a_n = 5,5\%$ масових;
кінцева концентрація сухих речовин	– $a_k = 50\%$ масових;
тиск в апараті	– $P_{вт} = 0,014$ МПа;
тиск гріючої пари	– $P_{зр} = 0,3$ МПа;
температура продукту, що подається в апарат	– $t_n = 85^\circ\text{C}$ ;
сума температурних втрат	– $\Sigma\Delta t = 6,5^\circ\text{C}$ ;
коефіцієнт теплопередачі	– $K = 900$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К).

1. Схема течії продукту і гріючої пари представлена на рис. 3.12.



**Рис. 3.12. Схема вакуум-випарного апарата:**

*1 – сепаратор; 2 – гріюча камера; 3 – циркуляційна труба;  
 ГП – гріюча пара; К – конденсат; P – початковий вхідний розчин;  
 ЗР – згущений розчин; Вт – втрати.*

2. Визначаємо кількість (витрати) випареної води:

$$W = G \cdot \left(1 - \frac{a_H}{a_K}\right) = 1,3 \cdot \left(1 - \frac{5,5}{50}\right) = 1,18 \text{ кг/с.}$$

3. Загальні витрати теплоти на процес випарювання:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{ВТР}},$$

де  $Q$  – витрати теплоти на нагрівання продукту до температури кипіння, Вт;

$$Q_1 = G_H \cdot c_H \cdot (t_k - t_H), \text{ Вт.}$$

Температура кипіння продукту:  $t_k = t_{Bm} + \Sigma \Delta t$ .

Температура вторинної пари:  $t_{Bm} = f(P_{\text{ем}})$ .

За Додатком В при  $P = 0,014$  МПа, температура вторинної пари:

$$t_{Bm} = 52,58^\circ\text{C.}$$

Температура конденсату:

$$t_k = 52,58 + 6,5 = 59,08^\circ\text{C};$$

$$Q_1 = 1,3 \cdot 3650 \cdot (59,08 - 85) = -122990,4 \text{ Вт.}$$

Витрати теплоти на вилучення з продукту вологи  $Q_2 = W \cdot r_{\text{ем}}$

де  $r_{\text{ем}}$  – теплота пароутворення, що залежить від тиску  $r_{\text{ем}} = f(P_{\text{ем}})$ ,

при  $P_{\text{ем}} = 0,014$  МПа  $r_{\text{ем}} = 2376,4 \cdot 10^3$  Дж/кг.

Тоді:  $Q_2 = 1,18 \cdot 2376,4 \cdot 10^3 = 2811281,2$  Вт.

Теплові втрати  $Q_{\text{ВТР}}$  складають (3...5)% від суми  $(Q_1 + Q_2)$ . Визначимо 5%:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ВТР}} &= 0,05 \cdot (Q_1 + Q_2) = 0,05 \cdot (-122990,4 + 2811281,2) = \\ &= 134414,54 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Загальні витрати теплоти на процес випарювання:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = -122990,4 + 2811281,2 + 134414,54 = 2822705,34 \text{ Вт.}$$

4. Витрати грючої пари:

$$D = \frac{Q}{i_n - i_k}, \text{ кг/с,}$$

де  $i_n, i_k = f(P_{\text{сп}})$  – ентальпії пари і конденсату.

За додатком В, при  $P = 0,3$  МПа, ентальпії пари і конденсату становлять:

$$i_n = 2725,5 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг і } i_k = 561,4 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

Тоді витрати пари:

$$D = \frac{2822705,34}{(2725,5 - 561,4) \cdot 10^3} = 1,304 \text{ кг/с}$$

5. Питомі витрати гріючої пари:

$$d = \frac{D}{W} = \frac{1,304}{1,18} = 1,03 \text{ кг/кг води.}$$

6. Площа поверхні теплообміну випарного апарата:

$$F = \frac{Q_1 + Q_2}{k \cdot \Delta t_{\text{пов}}}$$

$$\Delta t_{\text{нов}} = t_{\text{сп}} - t_{\text{к}}, \quad t_{\text{сп}} = f(P_{\text{сп}}) \text{ при } P_{\text{сп}} = 0,3 \text{ МПа } t_{\text{сп}} = 133,5^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{нов}} = 133,5 - 59,08 = 74,42^\circ\text{C},$$

$$F = \frac{-122990,4 + 2811282,2}{900 \cdot 74,42} = 40,14 \text{ м}^2.$$

$$D = 1,304 \text{ кг/с}; \quad d = 1,03 \text{ кг/кг води}; \quad F = 40,14 \text{ м}^2.$$

Якщо знати вартість пари та води, можна визначити затрати на випарювання.

**Задача 3.11.** Визначити кількість розчинника (води), теплоти, гріючої пари для вилучення цукру з бурякової стружки в екстракторі періодичної дії.

Початкові дані:

початкова температура розчинника	– $t_{\text{вн}} = 50^\circ\text{C};$
кількість в екстракторі стружки	– $G_{\text{н}} = 150 \text{ кг};$
концентрація цукру в стружці	– $X_{\text{н}} = 16\%;$
коефіцієнт масових втрат стружки при екстракції	– $\alpha = 0,95;$
концентрація цукру в стружці після екстракції	– $X_{\text{к}} = 0,3\%;$
концентрація цукру в розчиннику після екстракції	– $U_{\text{к}} = 13\%;$
теплоємність цукрової стружки	– $c_{\text{мн}} = 3650 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К});$
температура (початкова) стружки	– $t_{\text{мн}} = 10^\circ\text{C};$
кінцева температура стружки і розчинника на виході	– $t_{\text{мк}} = t_{\text{вк}} = 52^\circ\text{C};$
теплоємність стружки після екстракції	– $c_{\text{мк}} = 3950 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К});$
тиск гріючої пари	– $P_{\text{зн}} = 0,14 \text{ МПа.}$

У розчиннику цукор на початку процесу відсутній. Теплові втрати в екстракторі дорівнюють 10% від кількості теплоти, що підводиться до екстрактора.

1. Зображуємо схему надходження розчинника і екстрагуємої речовини (рис. 3.13):

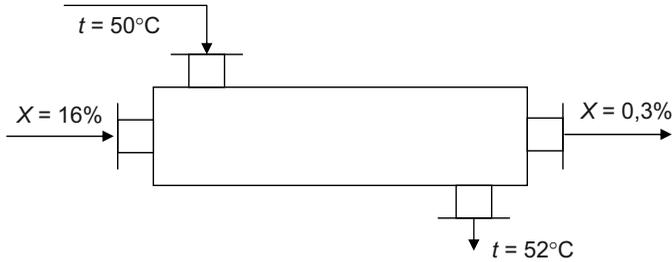


Рис. 3.13. Параметрична схема екстрактора

2. З рівняння матеріального балансу за цукром визначаємо кількість розчинника після екстракції:

$$W_K = \frac{G_H \cdot (X_H - \alpha \cdot X_K)}{Y_K} = \frac{150 \cdot (16 - 0,95 \cdot 0,3)}{13} = 181,3 \text{ кг}$$

3. З рівняння матеріального балансу за загальною масою визначаємо кількість розчинника для екстракції:

$$W_H = (\alpha \cdot G_H + W_K) - G_H = (0,95 \cdot 150 + 181,3) - 150 = 173,8 \text{ кг.}$$

4. З рівняння теплового балансу визначаємо кількість теплоти, що вводитьься до екстрактора (з урахуванням втрат теплоти 10%):

$$Q_E = 1,1 \cdot (G_K \cdot c_{MK} \cdot t_{MK} + W_K \cdot c_{PB} \cdot t_{BK} - G_H \cdot c_{MH} \cdot t_{MH} - W_H \cdot c_{PB} \cdot t_{BH})$$

$$\text{При } t_{CP} = \frac{t_{BH} + t_{BK}}{2} = \frac{50 + 53}{2} = 51,5^{\circ}\text{C}, \rightarrow c_{PB} = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}),$$

$$G_K = \alpha \cdot G_H = 0,95 \cdot 150 = 142,5 \text{ кг.}$$

$$\begin{aligned} Q_E &= 1,1 \cdot (142,5 \cdot 3950 \cdot 53 + 181,3 \cdot 4180 \cdot 51 - \\ &- 150 \cdot 3650 \cdot 10 - 173,8 \cdot 4180 \cdot 50) = \\ &= 31018586,08 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

5. Витрати гріючої пари:

$$D = \frac{Q_E}{i_n - i_k}, \text{ кг.}$$

За додатком В, при  $P = 0,14 \text{ МПа} \rightarrow$   
 $i_n = 2690,8 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}; i_k = 458,42 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг.}$

$$\text{Тоді: } D = \frac{31018586,08}{(2690,8 - 458,42) \cdot 10^3} = 13,89 \text{ кг.}$$

Тобто,  $W_H = 173,8 \text{ кг}; W_K = 181,3 \text{ кг}; Q_E = 31018586,08 \text{ Дж};$   
 $D = 13,89 \text{ кг.}$

При відомій ціні розчинника та пари можна визначити затрати на ці компоненти.

**Задача 3.12.** Визначити холодопродуктивність аміаку, тобто кількість теплоти, що поглинається 1 кг аміаку з охолоджувального приміщення, затрачену роботу в циклі  $l_0$ , теплове навантаження конденсатора  $q$  і холодний коефіцієнт  $E$ .

На рис. 3.14 показано схему *a*) та цикл холодильної установки *б*) в діаграмі  $T-S$ . Аміачна пара при температурі  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  знаходить до компресора  $B$ , де адіабатно стискується до такого тиску, що її температура стає  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ , і сухість  $x_2 = 1$ . З компресора  $B$  пара знаходить до конденсатора  $C$ , де при сталому тиску перетворюється в рідину ( $x_3 = 0$ ), після чого в розширювальному циліндрі  $D$  адіабатно розширюється до температури  $t_4 = -10^\circ\text{C}$ . При цій же температурі аміак надходить до охолоджувального приміщення  $A$ , збирає теплоту від охолоджувальних тіл і випаровується, утворюючись у вологу пару із ступенем сухості  $x_1$ .

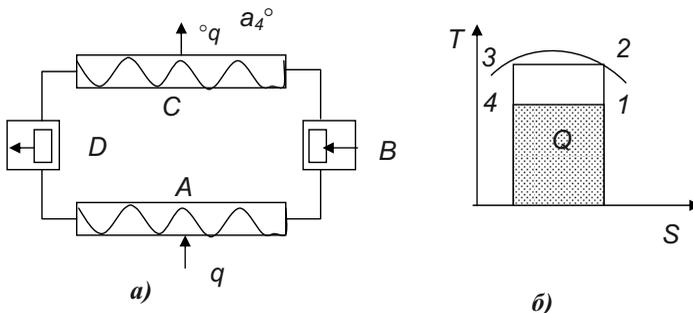


Рис. 3.14. Схема холодильної установки (а)  
та цикл в  $T-S$ -діаграмі (б)

Холодопродуктивність 1 кг холодильного агента визначається за рівнянням:

$$q_0 = i_1 - i_4 = r(x_1 - x_4)$$

де  $r$  – теплота пароутворення аміаку, кДж/кг;

$x_1$  і  $x_4$  – степінь сухості пари в точках 1 і 4.

За довідковими даними насиченої пари для аміаку при  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  теплота пароутворення аміаку  $r_1 = 1296,6$  кДж/кг.

Значення  $x_1$  і  $x_4$  визначимо аналітично, використовуючи сталість ентропії  $S$  у зворотному адіабатному процесі 1–2:

$$S_2 = S_1 = S_1' + (S_1'' + S_2'')x_1.$$

Також визначаємо ентропію рідини аміаку при  $t = -10^\circ\text{C}$ :

$$S_1' = 4,0164 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K}); S_1'' = 8,9438 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K});$$

$$S_2 = S_2'' = 8,5658 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K}).$$

Тоді:

$$x_1 = \frac{S_2'' - S_1''}{S_1'' - S_1'} = \frac{8,5658 - 4,0164}{8,9438 - 4,0164} = \frac{4,5494}{4,9174} = 0,925.$$

Таким же чином визначається  $x_4$ :

$$x_4 = \frac{S_3' - S_1'}{S_1'' - S_1'} = \frac{4,5155 - 4,0164}{4,9174} = \frac{0,4991}{4,9174} = 0,1015$$

Отже, холодопродуктивність становить:

$$q_0 = 1296 \cdot (0,925 - 0,1015) = 1067 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Теплове навантаження конденсатора, тобто кількість теплоти, що відводиться з водою, визначаємо за формулою:

$$q = q_0 + i_0 = i_2 - i_3 = r_2.$$

За цією ж таблицею при  $t = 20^\circ\text{C}$  теплота пароутворення аміаку становить:

$$r_2 = 1186,9 \text{ кДж}/\text{кг}, \text{ тобто } q = 1186,9 \text{ кДж}/\text{кг}$$

Робота, що втрачена в циклі, становить:

$$l_0 = q - q_0 = 1186,9 - 1067,8 = 119,1 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$\text{Холодильний коефіцієнт } E = \frac{q_0}{l_0} = \frac{1067,8}{119,1} = 8,96.$$

## Контрольні запитання

1. Дайте визначення технологічній, фізичній, хімічній і біологічній системі.
2. Дайте визначення «рівноважна система».
3. Вплив основних параметрів технологічного режиму на рівновагу системи (правило Гіббса).
4. Дайте визначення «кінетика процесу».
5. Запишіть рівняння кінетики для фізичних, хімічних і біологічних процесів.
6. Зворотні та незворотні процеси в технології.
7. Швидкість хімічних та біохімічних перетворень.
8. Визначення швидкості перетворення.
9. Основні рівняння ферментативних перетворень.
10. Визначення констант (сталих) в рівняннях кінетики.
11. Основні завдання кінетичного дослідження.
12. Швидкість перетворень в кінетичній та дифузійних областях.
13. Визначення часу перебігу технологічного процесу за допомогою кінетичних рівнянь.
14. Вимоги до якості сировини.
15. Принципи найкращого використання сировини (енергії).
16. Оцінка якості продукції.
17. Основні напрямки інтенсифікації технічних процесів.
18. Основні завдання технології як науки.
19. Принципи ресурсо- та енергозбереження.
20. Принципи найкращого використання устаткування.
21. Завдання та методи оптимізації технологічних процесів.
22. Основні одиниці виміру фізичних величин системи СІ.
23. Похідні одиниці фізичних величин.
24. Несистемні одиниці виміру фізичних величин.
25. Параметри стану фізичних величин речовин.
26. Що таке абсолютний тиск, надлишковий тиск, барометричний тиск?
27. Що таке загальний та парціальний тиск?
28. Визначення затрат на переміщення речовин.
29. Як визначити витрати теплоти на нагрівання речовини?
30. Як визначити витрати енергії на випарювання рідини?
31. Визначення затрат на нагрівання, охолодження, заморожування, сушіння та інші операції.
32. Визначити потужність двигуна помпи для перекачування води.
33. Методика визначення найвигіднішого діаметра трубопроводу для транспортування газу.
34. За яких сталих умов зображається нагрівання повітря?
35. Визначити холодопродуктивність вуглекислотної холодильної установки ( $\text{CO}_2$ ), холодильний коефіцієнт і теоретичну потужність.

## **Розділ 4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК ЯК УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ**

### **4.1. Загальні уявлення про систему**

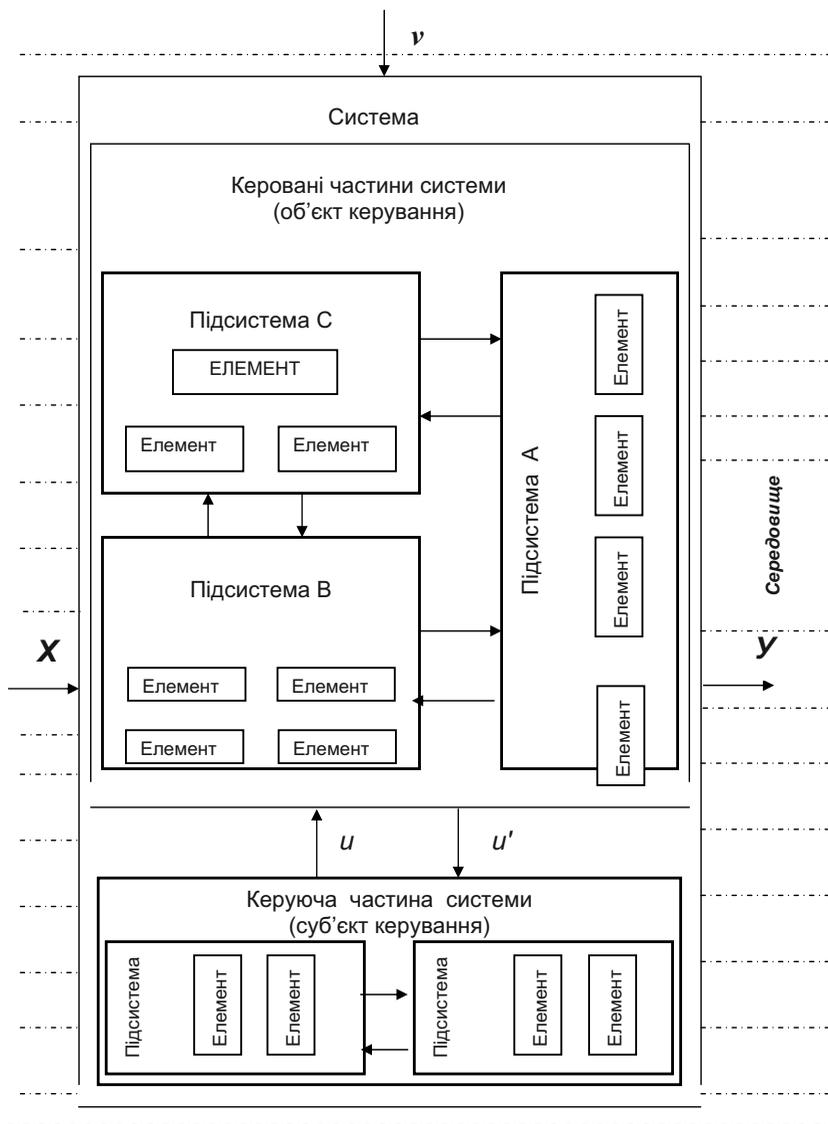
Системні уявлення у вигляді розрізнених знань людини існують дуже давно. Їх перші нариси можна знайти вже в творах найдавніших мислителів.

Системність є однією з універсальних рис і відрізняється від загальних властивостей речей, таких, як якість і кількість, і є менш доступною для безпосереднього спостереження, на якому базується людське пізнання багато тисячоліть.

По-справжньому наукові, широко системні уявлення про різні сфери об'єктивної діяльності з'явилися значно пізніше як продукт фундаментальних наукових теорій XIX та XX ст. В останні десятиріччя всі науки тією чи іншою мірою переживають процес розширення та поглиблення уявлень про предмет власного дослідження. Певною мірою це можна віднести і до технології. Тут також з'явилися поняття про макро- та мікросистемні об'єкти, системоутворюючі фактори тощо.

Формалізація системи здійснюється за допомогою математичних моделей, які можуть бути зв'язком між вихідними параметрами, параметрами стану і вхідними, керуючими та збуджуючими змінними. Складна система зазвичай формалізується як детерміновано-стохастична модель. На різних рівнях ієрархії може переважати як детермінований, так і стохастичний опис підсистем.

На рис. 4.1 представлено графічну модель самокерованої системи. Стан керованої частини визначає поведінку всієї системи, яка характеризує її вихід.



**Рис. 4.1. Графічна модель цілісної самокерованої системи:**  
*X* – вхід системи; *y* – збуджуюча дія; *u* – дія керуючої частини;  
*u'* – дія керованої частини системи; *Y* – вихід системи.

Технологічний зв'язок між виходом (випуском) продукції і затратами (вхід) зазвичай описують виробничою функцією

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (4.1)$$

де  $y$  – об'єм продукції (вихід);

$x_i$  – затрати на випуск (вхід).

Це рівняння у найпростішому випадку може бути лінійним:

$$y = a_1 k + a_2 l, \quad (4.2)$$

де  $k$  – об'єм використовуваних виробничих фондів;

$l$  – чисельність працюючих;

$a_1, a_2$  – коефіцієнти регресії.

Нелінійна функція може бути такою:

$$y = a_0 \cdot k^{a_1} \cdot l^{a_2}. \quad (4.3)$$

Для оцінки ефективності виробничих ресурсів використовують два показники – середню та граничну ефективність:  $a_i = \frac{y}{x_i}$  і

$$m_i = \frac{dy}{dx}.$$

Ефект масштабу виробництва визначається виразом  $f(\alpha) = \alpha^n f(x)$ . При  $n > 1$  має місце зростання віддачі, при  $n < 1$  – її зменшення, а при  $n = 1$  має місце стала віддача виробництва.

Сучасні наукові дослідження в технології, машинобудуванні, економіці чи промисловості характеризуються багатоступеневістю, багатомірністю. Тому системний підхід до технології є реально існуючим у вигляді різноманітних змістових системних уявлень (незалежно від того, чи відображені вони «системною мовою» чи ні). Однак стійка необхідність у підвищенні ефективності вже створених при розробці нових високоякісних складних технічних систем технології, вимагають узгодженого функціонування десятків їх компонентів, неодмінно веде до розробки таких методологічних принципів, основою яких є уявлення про складні функціональні системи.

Сучасне підприємство як система значного розміру складається із взаємопов'язаних підсистем, між якими існують співвідношення підпорядкованості з трьома основними проблемами якості систем (рис. 4.2). Спрощену систему управління можна показати у вигляді схеми (рис. 4.3).

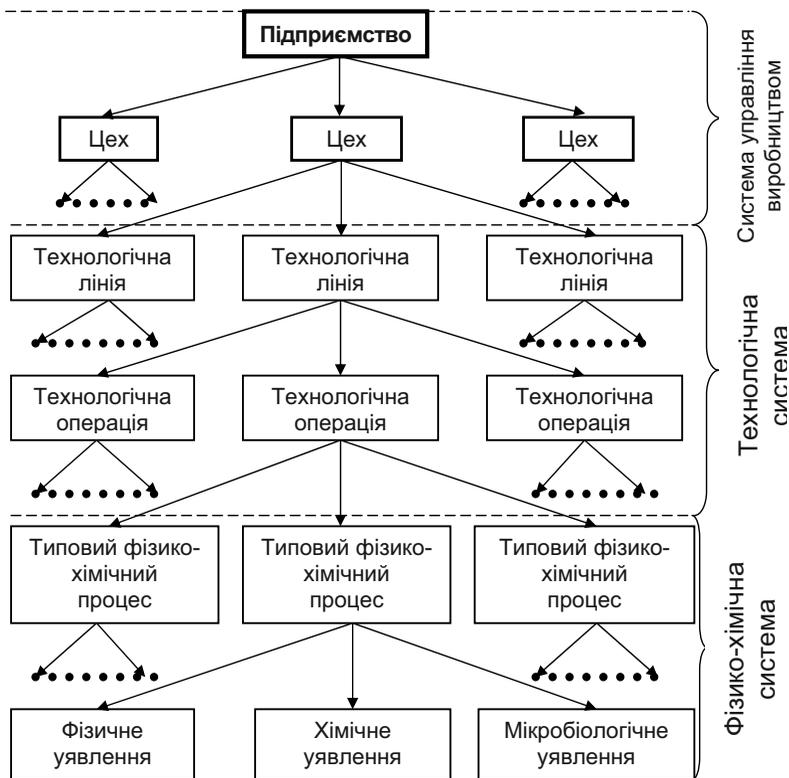


Рис. 4.2. Система підприємства

Підкреслимо, що системне дослідження спрямоване на технологічну лінію в цілому, а в іншій методологічній інтерпретації можна розглянути і процес як систему. При системному дослідженні лінії дослідник розкриває її загальні закономірності будови, функціонування та розвитку.



*Рис. 4.3. Спрощена структура управління підприємством*

Для кращого зрозуміння значення системного дослідження та його різниці з традиційною інженерною та науковою діяльністю перелічимо завдання, які ним розв'язуються:

- збирання та обробка інформації для прийняття керівництвом науково обґрунтованих рішень проектів по удосконаленню технології та техніки, надання послуг тощо;

- розробка загальної програми удосконалення систем як основи взаємоузгодження розвитку окремих підсистем і елементів;

- системний аналіз і системний синтез виробничого прогресу з метою його уявлення як системи і подальшого моделювання в рамках підсистем;

- встановлення особливостей функціонування виробничого процесу, що необхідно для з'ясування причин низької точності, малої сталості та надійності;

- оцінка можливостей управління лінією за допомогою статистичних методів;

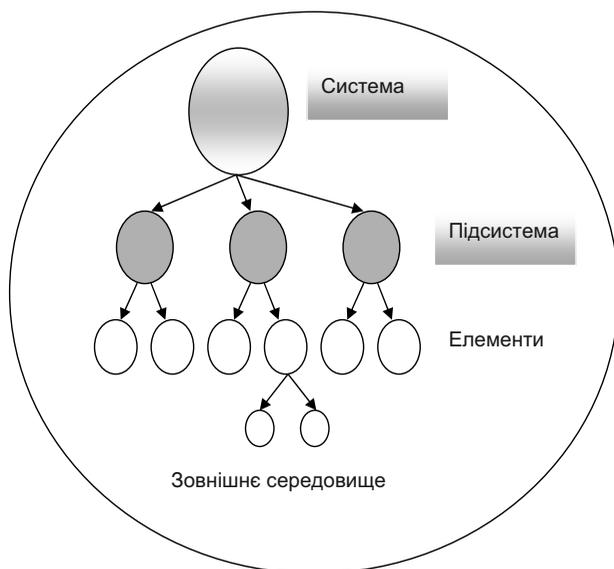
- виявлення рівня розвитку системи шляхом кількісних оцінок цілісності структури, стохастичності зв'язків і чутливості елементів;

– визначення напрямів розвитку технології, обладнання і засобів автоматизації;

– прогнозування перспективи розвитку системи та її частин.

Узагальнене значно спрощене зображення системи подано на рис. 4.4.

Усі перелічені завдання потребують спеціальних досліджень, у тому числі й підготовка інформації для прийняття керівництвом певних рішень.



*Рис. 4.4. Схематичне спрощене зображення системи*

Таким чином, виходячи з викладеного розглянемо технологічний процес як систему.

## **4.2. Технологічна лінія як система та пріоритетні напрями її розвитку**

У загальноприйнятому розумінні під системою розуміють якимось чином упорядковану множину різнорідних взаємозв'язаних між собою та утворюючих певну єдність елементів. Будь-яка технологічна лінія підпадає під це загальноприйняте визначення системи, оскільки складається із певної задалегідь визначеної кіль-

кості різнорідних технологічних операцій, що поєднані певним чином для виготовлення певного продукту визначеної кількості та якості. Окремі технологічні операції об'єднують в угруповання (дільниці, цехи), тобто всередині технологічної лінії (системи) утворюють підсистеми, які повинні мати деякі властивості цілої системи (технологічної лінії).

У відповідності з фундаментальними визначеннями загальної теорії систем треба визначити характерні особливості системи:

- наявність мети функціонування, яка визначає її основне призначення. Для технологічної системи основною метою є випуск продукції певної якості та кількості. Ця мета досягається послідовним виконанням окремих завдань, які здійснюються складовими системи – підсистемами (технологічними операціями);

- наявність управління, тобто упорядкованість системи – приведення її у відповідність з метою та завданнями системи. Управління здійснюється безпосередньо працівниками (ручне управління), працівниками з використанням технічних засобів (автоматизоване управління) або тільки технічними засобами, які працюють за програмами, що розроблені працівниками (автоматичне керування);

- система має визначену структуру і поділяється на підсистеми, основною ознакою яких є її цільове призначення. Мета функціонування кожної підсистеми виходить із загальної мети функціонування системи і є часткою функціонування системи більш високого рівня;

- ієрархічність побудови системи – означає, що кожна складова системи (підсистема) може розглядатись як система, яка у свою чергу сама є складовою системи більш високого порядку;

- безперервна зміна стану елементів підсистем без зміни структури (графа) системи, оскільки при зміні структури змінюється вся система (нова або удосконалена технологія).

На базі цих загальних положень будь-яку технологічну лінію (виробництва хліба, цукру, лугів, кислот, пального тощо) можна розглядати як систему, що складається з окремих технологічних операцій (подрібнення, сортування, нагрівання, вилучення вологи, хімічні й біохімічні перетворення), або підсистем. Комплекс окремих технологічних операцій іноді об'єднують у групи (цехи,

дільниці), розглядаючи їх як підсистеми більш високого порядку в системі технологічної лінії.

Об'єднання окремих технологічних операцій у групи (цехи, дільниці) пов'язано частіше із зручністю управління. Зі зміною систем управління об'єднання окремих операцій в дільниці (цехи) може змінитися.

Технологічна лінія – це відкрита система, яка залежить від умов зовнішнього середовища, визначає її життєдіяльність та взаємоурівноваженість із зовнішнім середовищем (попит ринку, технічний прогрес, наукові доробки, нове устаткування тощо).

Крім того, що технологічна лінія як система складається із фізико-хімічних систем, вони є складовою системи організації виробництва (управління підприємством), через яку здійснюється взаємозв'язок із зовнішнім середовищем (ринок).

Три ступеня ієрархії забезпечують і розподіл функції кожного рівня цієї ієрархії та належне їх виконання. Розглядаючи технологічну лінію як систему або як підсистему середнього рівня підприємства, що складається із сукупності специфічних технологічних операцій, треба відзначити специфіку будови математичних моделей технології. Природно, що в основу математичного опису зв'язків між елементами технологічної лінії повинні бути покладені відомі фізико-хімічні закономірності, які описуються рівняннями матеріального та енергетичного балансу:

$$\sum_{i=1}^n G_i^{ex} = \sum_{i=1}^m G_i^{eux} \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} = \sum_{i=1}^m Q_i^{eux} + \sum_{i=1}^m Q_i^{втр}$$

де  $G_i^{ex}$ ,  $G_i^{eux}$  – маса продуктів, які надходять та виходять із  $i$ -го елемента  $m$ ,  $n$  – частка компонентів у вхідному та вихідному потоках;

$Q_i^{ex}$ ,  $Q_i^{eux}$ ,  $Q_i^{втр}$  – кількість теплоти, що надходить та виходить із  $i$ -го елемента, та втрати теплоти у навколишнє середовище.

До цього треба додати рівняння рівноваги:

$$C + \Phi = K + N, \quad (4.5)$$

де:  $C$  – кількість степенів свободи;  
 $\Phi$  – кількість фаз системи;  
 $N$  – кількість зовнішніх впливових факторів;  
 $K$  – кількість незалежних компонентів системи.

Треба додати також рівняння кінетики фізико-хімічних явищ:

$$I = L \cdot X, \quad (4.6)$$

де  $I$  – швидкість перебігу фізико-хімічного явища;  
 $X$  – потенціал (градієнти температур, концентрацій тощо);  
 $L$  – кінетичний коефіцієнт.

Наведені чотири типи рівнянь значно ускладнюються при зміні структури потоків (зворотна, паралельна, перехресна течії тощо) та конкретизуються для кожного типу фізичних та хімічних явищ.

Математичні зв'язки технологічної системи із системою управління підприємством (вища ієрархія) повинні включати в себе вартісні показники (ціна, собівартість) і є основою для складання математичного опису для визначення собівартості продукції.

Відзначимо, що крім поширеного терміна «системний аналіз» треба використовувати термін «системний синтез», що має бути застосований при проектуванні системи. Системний аналіз та синтез технологічних процесів може бути успішно застосовано тільки при наявності математичної моделі процесу.

Без математичної моделі не може бути й мови про системний аналіз або синтез. При класичному (індуктивному) підході до моделювання, тобто шляхом переходу від часткового до загального, модель синтезується об'єднанням складових, які були розроблені окремо. На відміну від цього, системний підхід передбачає послідовний перехід від загального до часткового, якщо в основу покладено загальну мету досліджень.

Системний аналіз дозволяє розглядати проблему в цілому, із постійним наголосом на ясність аналізу, на кількісні методи оцінки та на виявлення невизначеності. Але ці процедури не гарантують доброякісності, що розроблена на основі аналізу. Невдачі частіше трапляються тоді, коли невдало сформульовано мету або вибрано невдалий критерій для кількісної її оцінки. Проте існують деякі принципи якісного аналізу:

– правильний вибір проблеми. Одержання точної відповіді на неправильно поставлене запитання менш корисне, ніж не зовсім вдала відповідь на правильно поставлене запитання;

– аналіз повинен мати системну спрямованість, не ізолювати процес, не відволікатись від взаємозв'язків із сторонніми елементами, зосереджувати зусилля на розширенні меж дослідження;

– необхідно усвідомити наявність невизначеності та оцінити її вплив, тобто вказати на те, що значення параметра будуть у межах певних меж, та вказати на те, як зменшити межі невизначеності;

– намагались знайти нові альтернативи;

– результати (рекомендації) повинні бути перевірені, ясні та об'єктивні, тобто незалежні ні від особистості, ні від репутації, ні від будь-яких інших інтересів.

Класичний підхід доцільно застосовувати при моделюванні порівняно простих об'єктів. При системному підході до моделювання чітко визначають мету досліджень, а потім утворюють модель. Стосовно моделювання мета виникає із завдання дослідження, що дозволяє вибрати критерії відбору і оцінити склад елементів, які входять у створену модель. Критерії відбору окремих елементів і критерії моделі, що складається, можуть бути різними.

При дослідженні структури системи і її властивостей, у тому числі властивостей системи моделей, розрізняють структурний і функціональний підходи. При структурному підході виявляють склад відокремлених елементів системи та зв'язок між ними. Найбільш загальним описом структури вважають топологічний, який дозволяє визначити частини системи і зв'язок між ними на основі теорії графів. При функціональному описі поведінки системи реалізують функціональний підхід, який оцінює функції, котрі виконує чи повинна виконувати система, що приводять до досягнення мети. Функціональні і структурні (морфологічні) описи можуть бути об'єднані й одержані емпіричним або аналітичним методом аналізу фізико-хімічних явищ.

Класичний підхід до аналізу технологічних ліній або систем застосовують при удосконаленні діючих ліній, розглядаючи кожну складову технологічного процесу послідовно з метою її відповідності кінцевій меті технології за різними ознаками.

Системний підхід застосовують звичайно при проектуванні нових технологічних ліній, починаючи з аналізу ринку готової про-

дукції або послуг (маркетингу). Спочатку вивчають можливість їх збуту в певній кількості та якості, визначають вимоги до продукту, а потім розраховують необхідну потужність виробництва. Виходячи з асортименту, якості та кількості готової продукції, наявності та якості сировини, визначають послідовність технологічних операцій, необхідне устаткування та можливість його постачання.

При визначенні послідовності технологічних операцій встановлюють об'єм та площу приміщень, витрати на її обслуговування, шляхи постачання енергії, сировини, допоміжних матеріалів, робочої сили тощо. Тобто системний підхід починають «з кінця», будуючи відповідні моделі не тільки для проектування, але й для здійснення самого проекту (управління проектуванням).

Все викладене і становить системну модель побудови (синтезу) виробництва. На підставі викладеного можна зробити такі висновки:

- технологічною системою умовно можна назвати сукупність технологічних операцій, що виконуються над перероблюваним продуктом (сировиною) у визначеній послідовності;
- технологічну систему можна сформувати з різних елементів у різних комбінаціях, але при цьому має бути чітко сформульована технологічна мета системи (кількісні та якісні характеристики її функціонування);
- технологічна система перебуває у рівновазі, якщо кількість однорідних частинок (молекул, клітин), що виходять з однієї частини системи (фази, речовини) дорівнює кількості вхідних;
- умовою рівноваги (узгодженості) технологічної системи з вищим рівнем управління є відповідність її продукції попиту та ціні.

### **4.3. Система керування підприємством**

#### **4.3.1. Визначення системи керування**

Під системою керування виробництвом (підприємством) розуміють сукупність організаційно оформлених взаємодіючих груп людей або окремих працівників, що виконують різні види управлінської діяльності (цілеспрямування, прогнозування, планування, організація, координація, мотивація, контроль), що здійснюють вплив на колективи людей, окремих працівників матеріаль-

но-технічної сфери виробництва, спрямованих на реалізацію основної мети, що поставлена перед об'єктом.

Це поняття системи керування є відправним для розгляду таких питань як: вимоги до самої системи керування об'єктом, ефективність системи, якість системи керування, вимоги до організаційних структур керування як інструменту організаційного узгодження.

Виходячи з наведених особливостей функціонування соціально-економічних систем, можна відзначити, що будь-якій системі управління притаманний свій механізм керування, що містить у собі сукупність важелів, методів, стимулів економічного, соціального та організаційного впливу на колективи людей, окремих працівників і спрямований на ефективне функціонування системи керування на кожному рівні управління галуззю.

Як немає системи управління без механізму керування, так немає і механізму керування без системи. Саме для кожного об'єкта (галузь, підприємство, дільниця, ланка), що являє собою техніку або об'єкт керування, створюється система керування, а її функціонування здійснюється через систему методів, свідомо розроблених і застосовуваних суспільством на основі пізнання дії об'єктивних економічних законів з урахуванням соціально-економічних обставин. Тому механізм керування являє собою сукупність організаційних, економічних, технологічних, соціально-психологічних і правових способів управління галуззю (на всіх її рівнях) із властивими йому відносинами, формами і методами впливу, спрямованими на реалізацію основної мети, на забезпечення узгодженості фаз відтворювального процесу.

Виходячи з основної мети виробництва – підвищення ефективності функціонування підприємств на базі реструктуризації виробництва і керування, можна зробити такі висновки:

- у ринкових умовах виконання робіт з реструктуризації виробництва необхідно здійснювати з одночасним формуванням економічного, соціального і правового механізмів керування;

- при формуванні організаційного механізму, основу якого складає організаційна структура управління, необхідно враховувати параметри якості системи керування підприємствами на всіх рівнях;

– при формуванні структури мети кожного із рівнів багатоступеневої системи управління необхідно враховувати функціональний і лінійний поділ у системах керування відповідно до вимог формування вертикальних спеціалізованих структур.

У зв'язку з цим модель технології розробки програми реструктуризації доповнюється новими блоками, що визначають розробку економічного, соціального і правового елементів механізму керування на ієрархічних рівнях.

Відповідно до прийнятої моделі технології розробки програми удосконалення підприємства визначимо основні напрями її реалізації.

Зараз замість слова «керівництво» використовують поняття «менеджмент» в основі якого є англійське дієслово «manage» – керувати. Звідси термін «менеджмент», що буквально означає «керівництво людьми». Тому в сучасній теорії та практиці управління під «менеджментом» розуміють процес керівництва окремим працівником, робочою групою, робітничим колективом. Практично всі відомі зарубіжні енциклопедії трактують поняття «менеджменту» як процес досягнення мети організації руками інших людей. Безпосереднім суб'єктом даного процесу є менеджер.

У багатьох західноєвропейських і американських управлінських структурах менеджерами є чоловіки та жінки, що мають значний обсяг роботи, яку вони можуть виконати лише за допомогою інших людей. Сутність менеджерської діяльності є незмінною, змінюються лише функції менеджера і методи його діяльності.

Сучасний менеджер, чи по-нашому керівник, виступає в системі суспільного виробництва як керівник, дипломат, лідер, вихователь, інноватор, людська істота тощо.

У зв'язку з цим, з нашої точки зору, немає гострої необхідності в усіх випадках використовувати термін «управління<sup>1</sup>», а також не характерний для української мови термін «менеджмент» тощо, який за містом означає керування, тобто сукупність дій, які здійснюють окремі працівники або їх групи, та інші групи працівни-

---

<sup>1</sup> Термін «управління» сьогодні застосовується в усіх нормативно-правових актах України у значенні «управляти», тобто «спрямовувати діяльність, роботу кого-, чого-небудь; бути на чолі когось, чогось; керувати», а також «спрямовувати хід, перебіг якогось процесу, впливати на розвиток, стан чого-небудь» (Великий тлумачний словник сучасної української мови.– К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004.– С. 1300).

ків або окремих виконавців робіт з метою досягнення певних, чітко визначених результатів роботи.

Ці наведені вище терміни мають право на існування, але в кожному конкретному випадку треба визначитися, що саме розуміється під цими термінами. Якщо йдеться про суто управлінську діяльність, то доречно застосовувати термін «управління» (управління державою, галуззю, промисловістю, підприємством), якщо ж йдеться про виконання функції безпосереднього спрямування чийось дій, процесу в якомусь напрямі, до якогось результату, то тут слід вживати термін «керування».

Крім того, треба свої бажання або мету перетворити в накази, розпорядження, які є формальними ознаками керуючих дій.

Керування виробництвом можна показати як перехід системи із одного стану в інший (див. рис. 4.1). Оскільки є керування, то повинні бути і відповідні теорії. Якщо в багатьох професіях теоретизування викликає скепсис, то серед керівників сумніву з цього приводу не виникає. Ніякий досвід окремого чи керівника, чи навіть керівної команди не може врахувати всього різноманіття керівних ситуацій, кожна з яких вимагає прийняття найбільш доцільного рішення.

Керування є особливий вид відносин між людьми. Його зміст полягає в тому, що одна людина хоче домогтися від іншої того, чого ця інша особа сама по собі не робила б. Усі комбінації, що виникають з цих відносин, можуть охопити тільки тисячолітні традиції наукового осмислення і систематизації проблем керування. Таку традицію і складає древня наука – теорія керування, що бере свій початок не з робіт американців кінця XIX століття, а з добутоків античних мислителів, що міркували про мистецтво керувати людьми у будь-якій справі, включаючи торгівлю, війну, дипломатію тощо. Саме з часів античності людство вишукує найбільш ефективні способи керування, придумуючи всі нові тонкощі цієї справи.

#### ***4.3.2. Виявлення і аналіз проблем та суперечностей суперсистеми***

Значну роль у розв'язанні суперечностей має розробка стратегії розвитку об'єктів. Правильна оцінка можливих шляхів розвитку підприємства на тривалий період, можливих наслідків змін, що відбуваються в соціальній, економічній і науково-технічній областях має

дуже істотне значення для зміцнення і розвитку об'єкта-реалізації глобальної мети управління і конкретної мети керування.

В економічній літературі існують два трактування поняття стратегії керування. Одне з них розглядає стратегію керування як процес формулювання довгострокової мети розвитку, визначення кількісних параметрів і шляхів їх досягнення. Прихильники іншого трактування виводять за рамки стратегії керування етап постановки мети, розглядаючи її як частину управлінської діяльності, яка виробляє шляхи та способи реалізації поставленої мети, забезпечує узгодження окремих часткових рішень у єдиній системі керування.

Стратегія керування містить у собі як обґрунтування довгострокової мети, так і розробку засобу реалізації мети в масштабах регіону, галузей, підприємств тощо. При цьому при визначенні стратегії необхідно розуміти як загальні напрями, на яких варто шукати шляхи досягнення мети, так і окремі, що дозволяють розв'язати наявні проблеми.

Поряд із стратегією необхідно спиратись на структуру проблем і суперечностей, яка повинна бути визначена на базі аналізу існуючого стану в галузі і на підприємствах. Для розв'язання кожної проблеми необхідно визначити програму, спрямовану на її розв'язання, зміст мети, досягнення якої забезпечить її розв'язання.

Розуміючи під програмою зміст і план діяльності, перелік різних видів робіт, спрямованих на досягнення накресленої мети, і забезпечених ресурсів, можна визначити методичні підходи формування програми. При цьому однією з вимог при визначенні методичного підходу є врахування специфічних умов функціонування об'єкта. У даному разі особливістю функціонування підприємства є забезпечення задоволення потреб населення обмеженого регіону в певному виді продукції.

Другою вимогою є постійне знання як досягнутого рівня задоволення потреб у продукції, тобто основної функції підприємства, так і досягнутого науково-технічного, економічного і соціального розвитку підприємства.

Третьою вимогою виступає знання нормативів задоволення потреб населення і підприємств регіонів України у певній продукції, а також нормативного прогнозу науково-технічного, організаційного, економічного і соціального розвитку підприємств інших регіонів.

З урахуванням особливостей функціонування малих підприємств як основні рекомендується прийняти такі нормативи:

- нормативи забезпечення задоволення потреб населення у певному виді продукції;
- нормативи технічного забезпечення підприємств, організацій, які беруть участь у задоволенні потреб продукції населення регіонів України з урахуванням конкурентоспроможності випускаємої продукції;
- економічні нормативи, які характеризують рівень економічного розвитку підприємств і галузі у цілому;
- соціальні нормативи, які характеризують рівень соціального забезпечення працівників, трудових колективів підприємств;
- рівень матеріально-технічного забезпечення;
- рівень організаційних відносин у системах керування підприємств і окремих галузей;
- рівень економічних відносин у системах підприємств і галузі.

Практично повинна бути отримана відповідь на запитання – куди, у яких напрямках повинні розвиватися підприємства певного виробництва, виходячи з аналізу специфічних умов функціонування, досягнутого рівня задоволення потреб, рівня науково-технічного, економічного, організаційного і соціального розвитку, нормативного прогнозу.

У даному випадку нормативний прогноз виступає як «нормативні варіанти» керування регіональним відтворенням, які відповідають обраним тенденціям розвитку підприємств на базі схвалених напрямів науково-технічного прогресу, ресурсних, організаційних і соціально-економічних обмежень. При здійсненні нормативного прогнозу велике значення приділяється вивченню динаміки росту населення, промислової і соціальної інфраструктури. При цьому оцінка прогнозованих норм і нормативів повинна здійснюватися на базі конкретних умов.

Таким чином, мова йде про аналіз співвідношення існуючого рівня розвитку підприємств в регіонах України, нормативного прогнозу і конкретних умов розвитку. Враховуючи, що на сьогодні не може бути мови про ідеал розвитку галузі, необхідно шукати компроміс і орієнтуватися не просто на «найкраще нормативне», «ідеальне», а на «найкраще з можливого», тобто на оптимальний варіант розвитку.

Аналіз співвідношень існуючого рівня розвитку підприємств (задоволення потреб науково-технічного, економічного, організаційного і соціального розвитку), нормативів розвитку зазначених напрямів дозволяє виявити на підприємстві суперечності, у тому числі суперечності в системі керування.

**Визначення пріоритетів у розв'язанні проблем і суперечностей.** Питання визначення пріоритетів у розв'язанні проблем і суперечностей на кожному ієрархічному рівні керування – складне, тому що воно пов'язане як із наявністю можливостей (економічних, науково-технічних, організаційних і соціальних), так і з умінням керівників (менеджерів) визначити головну проблему (проблеми), вирішення якої дозволить підготувати до розв'язання інші проблеми і суперечності. Важливу роль у реалізації цього питання виконує знання наявних у підприємств ресурсів і бажання їх ефективно використати.

Практика функціонування економіки України дозволила визначити одну з найважливіших проблем – удосконалення організації керування підприємствами у зв'язку з входженням у ринковий простір. Тому пріоритетність вирішення проблем і суперечностей пов'язано в першу чергу з роллю організації керування і її спрямованість на розв'язання виробничих, науково-технічних, економічних і соціальних проблем. Не забезпечивши підвищення рівня керованості підприємством, не можна досягти розв'язання згаданих вище проблем.

Для цього треба проаналізувати можливі засоби розв'язання проблем. Це може бути здійснено тільки з використанням наукових методів прогнозу, а також з прийняттям ефективних управлінських рішень щодо формування організаційного й економічного механізмів керування.

Для підприємств з виробництва будь-якого товару, як зазначалося вище, найбільш важливим є розв'язання «проблем входу» підприємства і «виходу». У першому випадку необхідно шукати і забезпечити реалізацію ресурсного потенціалу з виробництва сировини. У другому – розширювати ринок збуту готової продукції з використанням функції маркетингу. Проблема «входу» підприємства і можливі способи і засоби її розв'язання розглянуті вище.

Найбільш складними на сьогодні є проблеми, пов'язані з реалізацією готової продукції на споживчому ринку. Тому необхідно

розробити стратегію посилення позицій підприємств на зовнішніх і, в основному, на внутрішніх споживчих ринках.

Іншими проблемами можуть бути: стимулювання збуту продукції, структуризація мети керування, визначення функцій керування, розподіл цих функцій між рівнями, формування економічного механізму, соціальне заохочення працівників, програма розвитку підприємства, упорядкування плану реалізації продукції.

### **4.3.3. Структура об'єкта керування**

Організаційна структура може перебувати тривалий час у відносно сталому стані, проте і тоді в ній відбуваються порушення прийнятних форм взаємодії. Причинами можуть бути такі чинники:

- зміна складу виробленої продукції;
- зміни технології і умов збуту;
- масштаб і тип виробництва;
- рівень технічної оснащеності.

Усі чинники, пов'язані зі змінами виробничої структури й умов збуту продукції, впливають на організаційну структуру управління виробництвом. Згодом вплив деяких із них посилюється, і тоді склад і зміст робіт управлінського персоналу піддається коригуванню. Ступінь впливу тих або інших чинників на організаційну структуру різноманітний. Незначні зміни умов виробництва і збуту продукції можуть викликати коригування складу й змісту робіт управлінського персоналу, значні – зміну принципів організації і управління, трансформацію організаційної структури (наприклад, функціональну форму організації в матричну).

Проблема розробки організаційної структури займає особливе місце. Структура управління в різних компаніях може мати значні відмінності. Відчутний вплив на неї здійснюють рівень стратегічної мети, ступінь адекватності організаційної структури поставленим завданням, ступінь централізації і децентралізації.

Організація роботи підприємства, підбір і взаємодія кадрового складу займають особливе місце в плануванні діяльності підприємства. Організаційний план дає можливість оцінити досвід і вміння чітко і гнучко організувати й спрямувати працюючих на виконання намічених цілей.

Організувати – значить спланувати і визначити ті функції і дії, які необхідні для задоволення тієї або іншої потреби. Організа-

ційна структура – цілісна система обумовлених відносин між працівниками, що виникають у процесі їх спільної праці для досягнення поставленої мети. Вона повинна бути дешевою, забезпечувати оптимальну рентабельність, тобто бути простою, чітко і легко доступною для огляду, охоплювати по можливості мінімальну кількість проміжних ланок (командна та інформаційна системи не повинні бути громіздкими), створювати умови для підготовки керівників (менеджерів) на перспективу.

Проблема вибору організаційної структури керування виробництвом пов'язана зі значними труднощами. Структура керування може значно різнитися в різних компаніях. Виділяються головним чином дві структурні системи керування: централізована і децентралізована.

При централізованій системі усі керівники служб зведені разом і підпорядковані віце-президенту з управління. Така система являє собою цілком інтегровану і функціональну організацію.

Децентралізована система керування дає можливість керуючим різноманітними підрозділами самим здійснювати усі функції, які відносяться до їх діяльності. При цьому кожний із них відповідає за роботу своєї ділянки перед віце-президентом у даній сфері.

Залежно від розмірів підприємства і його підрозділів ієрархічна структура управління може бути:

- двохланковою (вища адміністрація – заводоуправління);
- трьохланковою (вища адміністрація – заводоуправління – адміністрація виробничих дільниць);
- чотирьохланковою (вища адміністрація – заводоуправління – адміністрація виробничих груп – адміністрація виробничих дільниць).

До організаційної структури в умовах ринкових відносин висуваються певні вимоги:

- мінімізація зв'язків для розв'язання поставлених задач;
- виключення дублювання функцій;
- оптимізація витрат, що пов'язані з функціонуванням.

При виборі організаційної структури найкращою буде та, яка забезпечує виконання поставлених завдань з мінімальними ресурсами в рівні проміжки часу або в більш короткі строки з рівними ресурсами. Вирізняють три етапи побудови організаційних структур:

– аналіз діяльності або роботи, що повинна здійснюватися, і засобів її координації;

– аналіз прийнятих рішень і міри участі в них працівника (наприклад, менеджера);

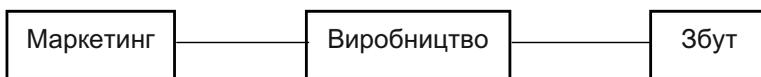
– визначення внеску в загальну справу осіб, з якими менеджер повинен взаємодіяти.

Апарат управління активно впливає на розвиток самої організаційної структури для розв’язання перспективних і поточних виробничих задач. Тому основними завданнями організаційних структур управління є:

– створення умов для виробництва і збуту існуючої продукції;

– забезпечення розробки, освоєння і поставки нових видів продукції або їх модифікації на ринок.

Ці завдання взаємозалежні на кожному рівні управління. Не можна організувати збут продукції нової модифікації, не знаючи якості виробів старої модифікації і попиту на них, тобто задача торкається, принаймні, трьох галузей діяльності на різних ієрархічних рівнях (маркетинг, виробництво і збут), поєднуючи між собою цілі різноманітних тимчасових інтервалів (рис. 4.5).



*Рис. 4.5 Взаємозв’язок завдань управління на різних рівнях*

Цілей у фірми може бути багато, тому необхідно їх ранжирувати і виділяти головну мету. Для її досягнення ставляться цілі другого рівня, а для їхнього досягнення – цілі (завдання) третього рівня тощо. Розподіл завдань або завдання може відбуватися за будь-яким напрямом діяльності маркетингу або виробництва. Ступінь розподілу і взаємозв’язків, а також відповідності між підрозділами управлінської структури визначається раціональною межею – необхідністю і достатністю. У результаті утворюється дерево цілей фірми.

Кожний рівень цілей вимагає свого набору завдань, робіт, керівних процедур. Рівні цілей можуть установлюватися виходячи з тимчасового інтервалу або функціональної ознаки, причому довгострокові цілі визначають середньострокові, що потім є основою

для формування короткострокових цілей і задач. Отже, структурні підрозділи можуть утворюватися за ознакою однорідності виконуваних функцій.

Завдання окремих функціональних підрозділів визначаються відповідно до головної мети, а чисельність персоналу і його кваліфікація – трудомісткістю і складністю виконуваних робіт. На практиці при побудові організаційних структур управління використовується та чи інша ознака, а формування організаційних структур усіх рівнів відбувається за функціонально-тимчасовою ознакою.

На великих підприємствах на базі стратегічного плану ведеться розробка річного плану. Цей процес починається з аналізу і прогнозу ринку – виявляються рівень якості, номенклатура виробів, загальний обсяг продажів. Потім керівники і спеціалісти оцінюють, наскільки прийнятне досягнення таких показників, і роблять розрахунок нормативного часу, необхідного для їх виконання. Чисельність і кваліфікація працівників визначається залежно від трудових витрат, що потребні при даному обсязі і складності робіт. Аналогічним способом для побудови організаційних структур за функціонально-тимчасовою ознакою для будь-якої товарної групи виконується реструктуризація функції по кожному рівню цілей. Потім вони групуються за ступенем однорідності з одночасним розподілом їх на функції поточного контролю та регулювання і функції прогнозу, планування і програмування.

В ідеальному випадку можна було б оцінити трудомісткість кожної управлінської процедури і створити відповідні відділи, набравши контингент працівників, які професійно відповідають змісту і складнощам виконуваної роботи. Проте ринкові умови змінюються, а в зв'язку з цим змінюються обсяг виробництва, номенклатура продукції, виробничі потужності. Все це вимагає коригування цілей і модифікацій організаційної структури. Наприклад, збільшення номенклатури випуску продукції призводить до розвитку базової функціональної моделі по горизонталі в напрямі продуктової спеціалізації, і тоді в організаційній структурі управління виникають нові відділи (наприклад, відділ якості).

У цілому функціонально-тимчасова структура зручна в сенсі чіткого поділу праці, розподілу повноважень, обов'язків і відповідальності. Усе це сприяє досягненню високого професіоналізму менеджерів.

Проте пірамідальна побудова функціональної структури при розвитку виробництва призводить до перевантаження вищої управлінської ланки, збільшення часу для прийняття рішень, погіршення координації.

У зв'язку з цим на практиці при організації і розвитку виробництва користуються популярністю більш гнучкої структури управління – матричні, які дозволяють розв'язувати завдання поточного характеру і здійснювати проекти, використовуючи матеріально-технічну базу і професійний склад працівників підприємства.

Особливості матричної структури полягають у тому, що для реалізації проекту розвитку набирається тимчасова група зі складу спеціалістів підприємства, які мають лінійне підпорядкування керівникові за профілем своєї спеціалізації і функціональне – керуючих проектом. Усі необхідні ресурси зосереджуються в руках керуючих проектами. Переваги такої організації полягають у гнучкості й адаптації до ринку, у швидкій реакції на нові досягнення науково-технічного прогресу. Система оплати праці робітників також становить собою гнучку систему, коли результати досягнення стратегічних цілей залежать від результатів поточної діяльності.

Типи матричних структур досить різноманітні: проектна структура управління, проблемно-цільова тощо. Всі вони створюються для координації робіт, що проводяться у різноманітних напрямках і спрямовані на прискорення й ефективне розв'язання поставлених задач. При структурі управління створюється координаційна група, яка узгоджує діяльність спеціалістів декількох груп. Проблемно-цільові структури можуть призначатися для просування головної ідеї, що входить у стратегію розвитку фірми, і для рішення конкретних організаційних або технічних питань. Цільові групи створюються зі спеціалістів підприємства для розв'язання довгострокових або середньострокових завдань. У галузі маркетингу – це визначення тенденції зміни попиту, розробка програм; у виробництві – це поліпшення системи технічного контролю за якістю вироблюваної продукції тощо.

Значного поширення в американських компаніях набули структури, створені на базі групового підходу. До їх складу входять спеціалісти усіх функціональних служб. Вони несуть повну відповідальність за результати господарської діяльності (прибуток,

збитки, якість). Групова організаційна структура найбільшою мірою підходить до організації складання кінцевої продукції. Працівники, що беруть участь у цьому процесі, одержують можливість планувати поставки матеріалів, відвантаження готових виробів, складати і контролювати графіки виробництва і необхідної чисельності робітників. При такому способі організації робіт кожний працюючий одержує можливість опанувати різноманітними професіями і навичками, брати участь в усьому процесі створення якісного продукту і пишатися результатами своєї праці.

Форма і рівень оплати праці залежать від багатьох чинників і умов. Форма оплати праці не повинна обмежувати мотивації працівника і відповідати характеру праці. Наприклад, на погодинній формі оплати праці знаходяться робітники механізованих виробництв, де виробіток практичного працівника залежить від ступеня зусиль, які ним докладаються.

Рівень оплати праці значною мірою впливає на конкурентоспроможність продукції за ціною, але нижня межа оплати праці не повинна бути нижче, ніж в інших фірмах у даному географічному регіоні. Система оплати праці має бути гнучкою і стимулювати розвиток позитивних мотивів діяльності працівників. Для автоматизованих систем управління підприємствами в нинішніх умовах частіше за все використовують так звану інтегральну систему керування, або як її називають – інтелектуальну, оскільки значну частину розумових функцій людини перекладено на ЕОМ. На рис. 4.6 наведено одну з можливих схем зазначеної системи, яка здійснює такі інтелектуальні функції, як передбачення, системний аналіз, призначення та вибір політики (мета виробництва).

## **4.4. Моделювання систем керування (управління)**

### **4.4.1. Загальна постановка завдань моделювання**

Будь-яке відображення характеризується вибірковістю, тобто відображаються тільки ті властивості та зв'язки, які необхідно знати за даних умов. Особливою перевагою моделей є те, що вони відкидають усі непотрібні або несуттєві властивості, або характеристики. Відокремлюють тільки ті, що необхідні для розуміння цього явища.

Суть (сутність) моделювання зводиться до заміни існуючої системи (оригіналу) іншою (моделлю), яка дозволяє отримати необхідні відомості або знання про існуючу систему (оригінал).

Моделі відіграють багато ролей: інтерпретаторську (пояснювальну); завбачену (передбачену, яка прогнозується); критеріальну (істинність); евристичну (відкриття); проєктивну (розповсюдження); трансляційну (перенесення моделі на інші об'єкти).

Найбільш поширеною помилкою при моделюванні вважають: неправильну (хибну) постановку (формулювання) задачі, а потім використання точних математичних методів для розв'язання довільно поставленої задачі. Тобто помилки або вади переносяться із однієї площини в іншу.

Останнім часом дуже модним або доцільним вважають моделі управління проєктами, які дозволяють прогнозувати розробку будь-якого проєкту, в тому числі підприємства, технологічної лінії, технологічної дільниці, процесу, апарату тощо.

Розробка будь-якого проєкту виконується за чітким планом, обмеженим часом, коштами і якістю, тобто за певною моделлю, яка повинна віддзеркалювати реалізм, спроможність, гнучкість, легкість в користуванні з низькими затратами.

Моделі чітко поділяють на числові моделі (кількісні) та нечислові (якісні). До числових моделей відносять період повернення затрат (ППЗ), середній коефіцієнт повернення (СКП), метод чистої нинішньої вартості (ЧНВ) тощо.

До нечислових моделей відносять: «святу корову», робочу необхідність (аварія), підтримання конкурентоспроможності, розширення лінії виробництва, модель порівняльного прибутку. Моделювання взагалі та математичне зокрема вже декілька десятиріч використовують при вдосконаленні технологічних процесів. За деякими джерелами впровадження методів математичного моделювання підвищує продуктивність праці в (15...18) разів.

Розглядають також моделі субстанційні: «об'єкт – властивість»; функціональні: «середовище – об'єкт», «дія – відгук»; структурні: «елемент – елемент», «елемент – об'єкт».

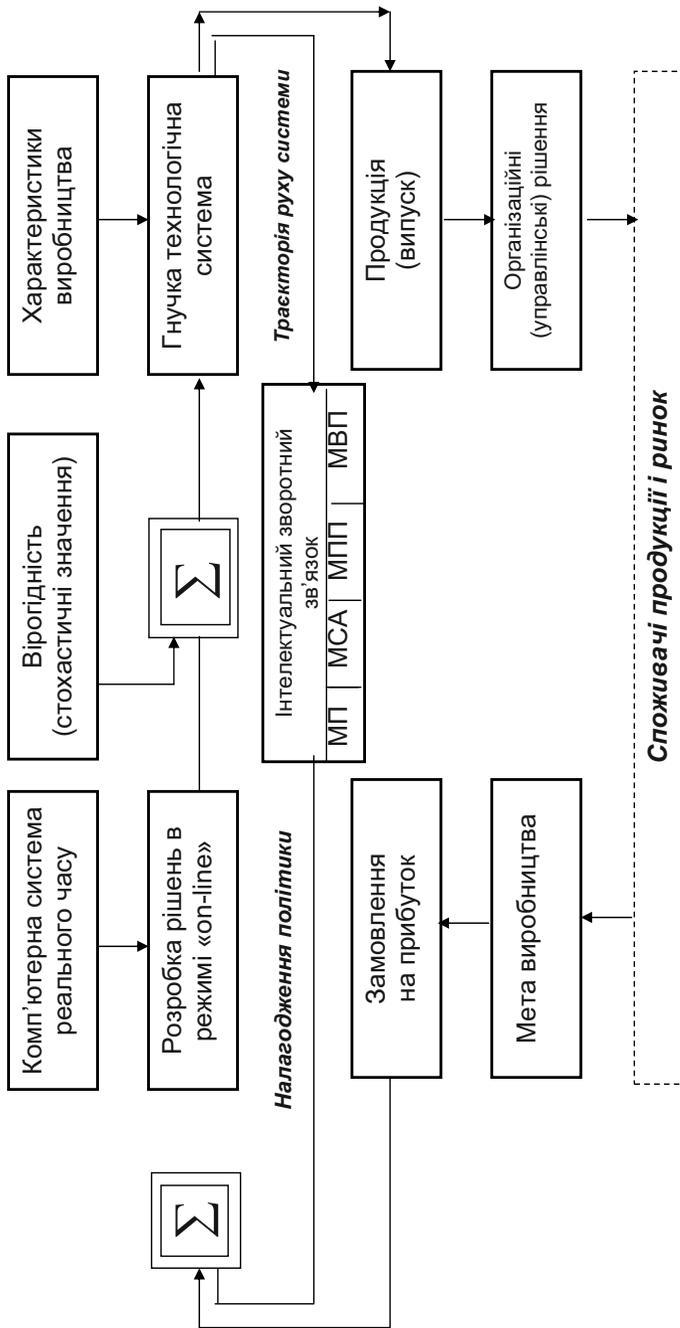


Рис. 4.6. Узагальнена схема інтегральної (інтелектуальної) системи управління;

МП – модуль переобачення; МСА – модуль системного аналізу;

МПП – модуль призначення політики; МВП – модуль вибору політики

#### 4.4.2. Методи одержання інформації при моделюванні систем керування

Математичне моделювання взагалі можна розглядати як багаторівневу ієрархічну систему, для визначення якої використовують всю систему знань з фундаментальних та прикладних наук.

Ці знання або дані скоріше, краще, зручніше може одержати фахівець тієї галузі або розділу науки, до якої належить модель (економісти, технологи, механіки тощо). Вибір алгоритму та відповідної програми на ЕОМ – це вже спільна справа фахівця та програміста. Одну з можливих ієрархічних структур моделі технології наведено на рис. 4.7.

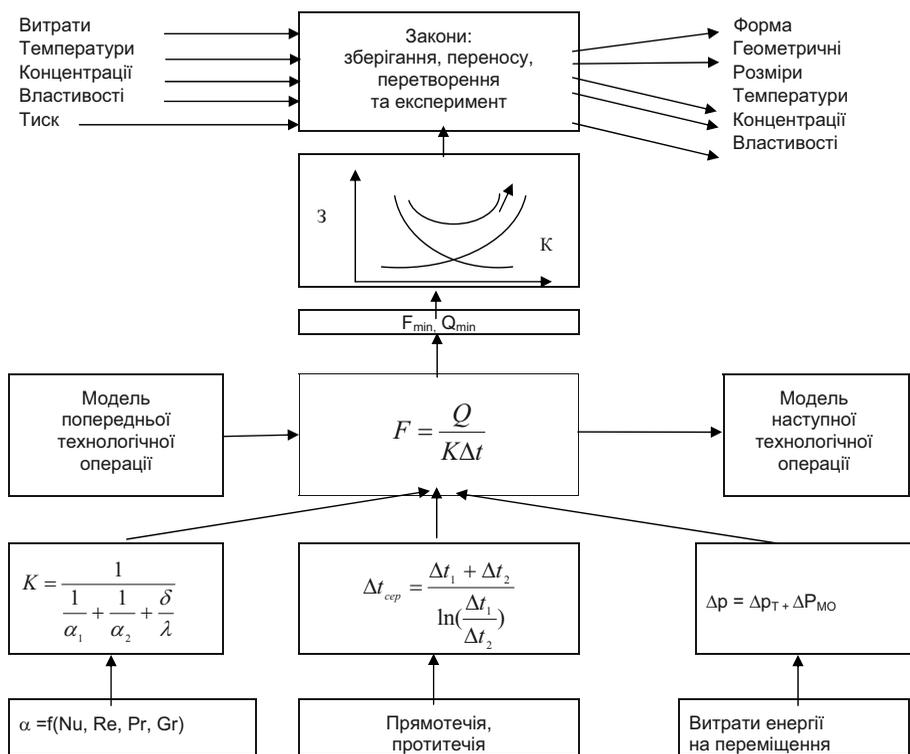


Рис. 4.7. Ієрархічна модель технології

Математична модель вимагає значного часу для її складання, оскільки треба визначитися зі способом пошуку та введення «другорядних» даних (таблична форма або масив даних у вигляді рівнянь регресії тощо). Після того як модель відпрацьована, її можна використовувати багаторазово. У моделях нижнього рівня математичне розв'язання задачі простіше і застосування спеціальних складних математичних методів не вимагає. В інших, більш складних випадках (наприклад, за потреби розв'язання задач оптимізації) розв'язання задачі вимагає участі фахівців з математики, програмування тощо.

Висновок можна зробити такий: математичні моделі можуть і повинні розробляти фахівці тієї галузі, де використовується та чи інша модель. В майбутньому кожна із дисциплін навчального плану повинна бути у вигляді системи моделей (знакових, математичних тощо).

При моделюванні систем регулювання і керування об'єктами використовується загальна процедура складання математичних моделей. Проте при формулюванні мети керування враховуються особливості функціонування об'єкта, які вимагають формулювання алгоритмів функціонування і керування.

**Алгоритми функціонування** систем визначаються як сукупність пропозицій, які ведуть до правильного виконання процесу і є, по суті, стислими змістовними описами послідовності виконання технологічних операцій і їх режимів (технологічного регламенту), які необхідно здійснити для отримання продукту заданої кількості і якості з урахуванням (чи без нього) різних питомих витрат (енергії, праці, загальних витрат).

**Алгоритм керування** є сукупністю приписів (пропозицій), які визначають характер дій зовні на керований об'єкт для здійснення заданого алгоритму функціонування і можуть бути сформульовані по-різному на основі аналізу технологічного процесу і мети керування.

Керування простим процесом зводиться до двох типів: логічної частини керування послідовністю технологічного процесу (пуску-зупинка, вперед-назад та інші) і динамічної частини керування режимом. Більш складною є динамічна частина керування, яка визначає перехідні процеси і, особливо за умов, які вимагають оптимізації показника мети функціонування чи керування.

При моделюванні будь-якого технологічного процесу складають спочатку структурну схему алгоритму аналізу процесу (рис.4.8), а потім за необхідності розробляють алгоритм синтезу систем автоматичного керування (рис.4.9).

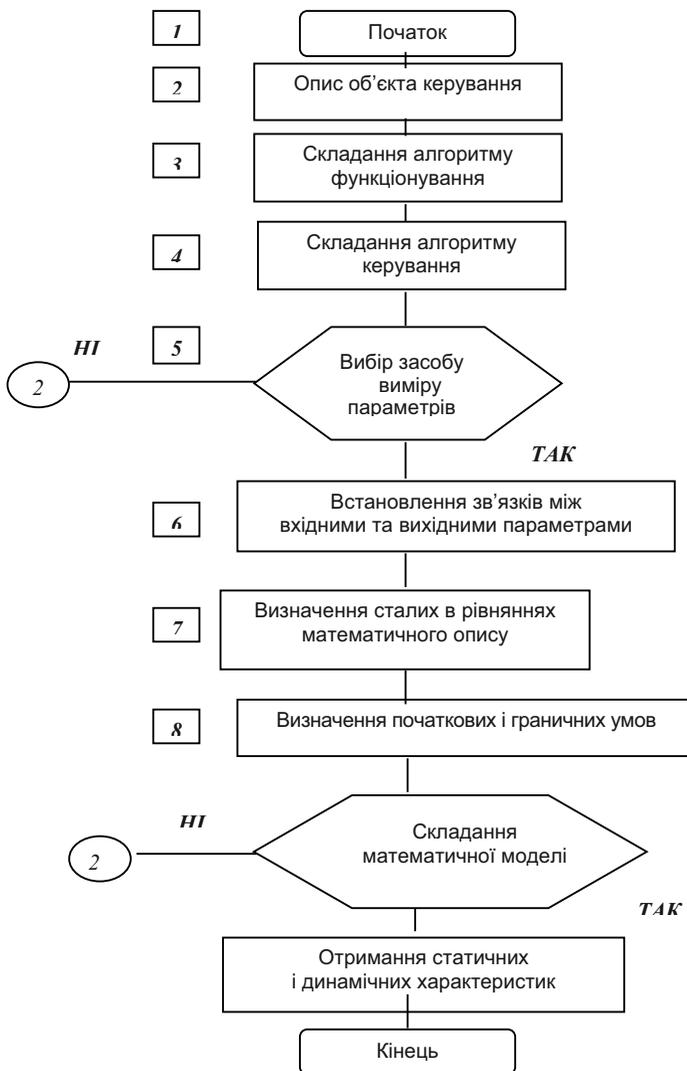


Рис. 4.8. Структурна схема алгоритму аналізу об'єкта керування



*Рис. 4.9. Структурна схема алгоритму синтезу системи автоматичного керування*

Алгоритм керування по суті визначає мету керування, тобто сукупність елементів, за якими передаються зовнішні та внутрішні дії. Потім необхідно визначити статистичні й динамічні характеристики по кожному каналу для вибору засобів керування.

#### **4.4.3. Модель для визначення собівартості продукції. Економічний зміст і класифікація витрат у виробництві**

Собівартість – це грошовий вираз величини ресурсів, використаних з певною метою. Дане визначення включає три важливіших положення. Перше – витрати відображають, скільки і яких ресурсів було використано. Друге – величина використаних ресурсів представлена в грошовому виразі. Гроші забезпечують єдність вимірювача, що дозволяє підсумувати різні види ресурсів. Третє – визначення собівартості (витрат) завжди співвідноситься з конкретними цілями, завданнями. Собівартість є комплексним показником, за яким судять про ефективність використання підприємством різних видів ресурсів, а також про рівень організації праці на підприємстві.

На підприємствах обчислюється собівартість валової, товарної і реалізованої продукції.

Собівартість валової продукції як показник застосовується для внутрішніх потреб підприємств, на яких не є стабільною величиною залишків незавершеного виробництва.

Собівартість товарної продукції підприємства обчислюється двома основними способами. Перший з них синтетичний, ґрунтується на кошторисі виробництва, який коригують у такий спосіб. З кошторису віднімають:

- витрати, які з різних причин не включають у виробничу собівартість продукції (витрати на підготовку та освоєння нової продукції, якщо вони фінансуються з прибутку чи інших джерел, поза виробничі витрати, відшкодування втрат від браку);

- приріст чи зменшення залишків майбутніх платежів (відпускних, винагороди за стаж роботи, за підготовчі роботи в сезонних виробництвах тощо).

Одержана сума є собівартістю валової продукції. Після її коригування на зміну залишків незавершеного виробництва за собіва-

ртістю (приріст віднімається, зменшення додається) одержуємо виробничу собівартість товарної продукції. Якщо до останньої додати позавиробничі (комерційні) витрати, то одержимо повну собівартість товарної продукції.

Інший спосіб обчислення собівартості товарної продукції полягає в підсумовуванні попередньо визначеної собівартості окремих виробів.

Існує ще один метод обчислення собівартості товарної продукції – факторний. Його непогано опрацьовано вітчизняними науковцями і він цілком може бути застосований як допоміжний.

Щодо собівартості нереалізованої продукції, то вона обчислюється коригуванням собівартості товарної продукції на зміну залишків нереалізованої продукції.

У собівартість продукції включаються такі види затрат:

- вартість маркетингових досліджень;
- підготовка та освоєння нової продукції, включаючи затрати на науково-дослідні та експериментально-конструкторські розробки;
- виробництво продукції, включаючи витрати на сировину, матеріали, енергію, амортизацію основних фондів та оплату праці робітників;
- обслуговування виробничого процесу та управління ним;
- витрати, пов'язані зі збутом продукції;
- витрати, пов'язані із підготовкою кадрів (пошук, перекваліфікація, підвищення кваліфікації);
- поточна раціоналізація виробництва.

Витрати можуть бути загальними та питомими – на одиницю продукції.

Стосовно одиниці продукції розрізняють витрати:

- прямі, пов'язані з виробництвом певного виду продукції. Вони можуть бути розраховані безпосередньо на одиницю продукції (наприклад, витрати на конкретні види сировини та матеріалів);
- непрямі, які не можна безпосередньо розрахувати на одиницю продукції (за об'ємом та асортиментом). Наприклад, заробітна плата управлінців та обслуговуючого персоналу.

В залежності від зв'язку з об'єктом виробництва витрати класифікують як:

- сталі, тобто які не змінюються при зміні об'ємів виробництва;

– змінні, тобто ті, що змінюються при зміні об'ємів виробництва.

Класифікація витрат на сталі та змінні має важливе значення для пошуку точки беззбитковості виробництва. Кожне підприємство може спочатку зменшити собівартість продукції, що випускається. Це дає можливість отримати додатковий прибуток. Пропонуються такі шляхи зниження собівартості:

- ринкова реорганізація підприємства;
- максимальне скорочення управлінського апарату, допоміжно-го персоналу, ІТР, некваліфікованих та підсобних працівників;
- значне скорочення відряджень, суворий облік їх ефективності;
- набуття найновішого та ефективного обладнання;
- залучення до співробітництва володарів інтелектуальної власності;
- максимальне використання законодавчих пільг;
- пошуки та придбання сировини і матеріалів за помірними цінами;
- удосконалення наявного технологічного обладнання та спрощеного виробничого процесу;
- зменшення та економія загальнозаводських, цехових та поза-виробничих витрат;
- широке впровадження в практику суміщення обов'язків;
- мінімізація податкових виплат без порушення чинного законодавства;
- підбір висококваліфікованих кадрів;
- виробничі послуги сторонніх організацій за помірними цінами.

В інтересах зниження собівартості продукції виконують в тій чи іншій мірі всі ці рекомендації.

Розрахунок собівартості продукції – є складовою частиною загальної моделі технології, оскільки він виконується за певним алгоритмом, який займає важливе місце в системі техніко-економічних розрахунків собівартості окремих виробів (видів продукції). Об'єктом калькулювання є продукція чи об'єм роботи, собівартість яких розраховується.

Для кожного об'єкта розрахунку вибирається калькуляційна одиниця – одиниця його кількісного виміру. У світовій практиці господарювання застосовують різні методи калькулювання, що зумовлено різним призначенням калькуляцій, типом виробництва та тради-

ціями внутрішнього фірмового управління. Найчастіше застосовується калькулювання за повними та неповними витратами.

Традиційним для вітчизняних виробничих підприємств є метод калькулювання за повними витратами, коли всі види витрат, що стосуються виробництва й продажу продукції, включають у калькуляцію.

Щодо методу калькулювання за неповними витратами, то при його застосуванні частину непрямих витрат не відносять на собівартість окремих виробів, а безпосередньо віднімають від виручки за повний період при визначенні прибутку. Класичним методом калькулювання за неповними витратами є так званий метод «direct-cost», коли на собівартість окремих виробів відносять лише прямі витрати, а непрямі – на певний період.

Істотно впливають на методи калькулювання широта номенклатури продукції підприємства та специфіка виробництва. Найбільш точним і методично простим є калькулювання в однопродуктовому виробництві. Собівартість одиниці продукції тут обчислюється діленням сукупних витрат за певний період на кількість виготовленої продукції. Проте у вітчизняних виробничих галузях економіки переважає багатопродуктове виробництво. За цих умов калькулювання помітно ускладнюється і є менш точним, оскільки виникає проблема правильного розподілу витрат.

Під час калькулювання витрати групують за калькуляційними статтями, номенклатура яких залежить від особливостей виробництва. Установлюючи статті витрат, необхідно дотримуватись таких вимог:

- максимальну частку витрат, які включаються у собівартість, треба обчислювати прямо на окремі вироби;
- статті непрямих витрат необхідно формувати так, щоб їх можна було цілком обґрунтовано розподілити між виробами.

**Цехова (дільнична) та заводська собівартість.** У загальному вигляді в номенклатуру калькуляційних статей входять:

- сировина та матеріали;
- енергія;
- основна заробітна плата працівників;
- додаткова заробітна плата працівників;
- відрахування на соціальні потреби;
- витрати на утримання та експлуатацію машин та обладнання;

- загальновиробничі витрати;
- загальногосподарські витрати;
- підготовка та освоєння виробництва;
- невиробничі витрати (витрати на маркетинг).

Сума перших семи статей становить цехову, дев'яти – виробничу і всіх статей – повну собівартість.

Повна собівартість продукції (робіт, послуг) – це виражені в грошовій формі ресурси, витрачені на її виробництво і реалізацію (збут). До повної собівартості продукції, крім витрат на використання виробничих ресурсів, включаються витрати фінансових ресурсів на створення елементів чистого доходу суспільства (відрахування на соціальне страхування, до позабюджетних фондів тощо).

## **4.5. Технічний рівень об'єктів технології**

### **4.5.1. Показники якості технологічних процесів**

Під якістю будь-якої продукції, в тому числі окремих технологічних процесів, обладнання, технологічних ліній, вироблюваного продукту тощо, розуміють сукупність показників, що обумовлюють придатність продукції задовольнити певні потреби згідно з її призначенням.

Під властивістю продукції розуміють об'єктивну особливість, яка виявляється при її створенні, експлуатації чи споживанні, під ознакою – якісну або кількісну характеристику, до параметрів відносять тільки кількісну. Якщо технологічна лінія, машина, апарат призначені для виконання якої-небудь технологічної операції (відокремлення від домішок, надання певної форми, зміна якостей об'єкта обробки тощо), то якість машини, апарата визначається мірою виконання заданого призначення (ефективністю).

Якість продукції або якогось технологічного об'єкта треба оцінювати показниками якості – кількісними характеристиками об'єкта одної чи декількох властивостей, з яких складається якість. Одиничний показник якості продукції характеризує одну її властивість, комплексний (груповий, узагальнюючий) – декілька властивостей. Визначальним є той показник, за яким вирішено оцінювати продукцію (виріб, машину, агрегат тощо) на певному етапі її аналізу. Інтегральний показник визначається відношенням

сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання продукції по відношенню до сумарних витрат на її створення або експлуатацію. Ці загальні положення і визначення регламентовані міжнародними стандартами, стандартами країн СНД (в т.ч. ГОСТами СРСР, ДСТУ тощо).

Рівень якості продукції визначають як відносну характеристику її якості, основою якої є порівняння показників якості з їх базовим значенням. Технічна досконалість продукції визначається її технічним рівнем, або відносною характеристикою якості, основою якої є порівняння показників, які характеризують їх технічну досконалість, з базовими показниками, тобто з такими значеннями цих показників, які прийняті за основу при порівняльній оцінці. Оцінку за технічним рівнем застосовують при відсутності економічних показників. Як базове значення вибирають зазвичай нормативні, тобто ті значення, які встановлено нормативною документацією (технічними умовами, правилами, інструкціями, тощо).

Базове значення можна обрати виходячи з відомих характеристик найбільш розповсюджених типових машин, апаратів, технологічних ліній тощо. Зазвичай як базові значення вибирають такі, що мають достовірні дані.

Таким чином, для визначення технологічного рівня або удосконалення якого-небудь технологічного засобу (машини, апарату, технологічної лінії тощо) необхідно встановити номенклатуру показників якості, визначити їх базові значення, порівняти отримані таким чином числові показники з базовими і проаналізувати результати порівняння.

#### ***4.5.2. Номенклатура показників якості***

Номенклатура показників якості технічних об'єктів дуже широка і налічує десятки найменувань. Більше того, безперервний технічний прогрес і розвиток наукових знань призводять до введення нових показників якості технічних об'єктів, які до певного часу не відігравали важливої ролі при удосконаленні технічних об'єктів. Декотрі з цих показників узяті за норматив, рекомендований міжнародними стандартами і ДСТУ, а деякі підлягають обов'язковому включенню до нормативних документів, що забезпечують безпечність продукції.

Показники безпеки встановлюють згідно з міжнародними нормативами залежно від виду продукції. Їх перелік рекомендовано УкрСЕПРО, де наведено перелік показників якості продукції, яка характеризує її безпеку і відображає всі відомі види безпеки (механічну, електричну, термічну, пожежну, вибухову, хімічну, біологічну, радіаційну).

Показниками технічного рівня можуть бути: витрати енергії або встановлена потужність двигунів, займана виробнича площа чи об'єм, маса, одинична продуктивність, надійність, ефективність (ступінь досягнення корисних результатів), керованість та ін. Кожен з перелічених показників характеризує одну чи декілька якостей технічного об'єкта і повинен мати кількісну оцінку. У зв'язку з різною природою показників методика їх визначення різноманітна і може бути дуже трудомісткою.

Номенклатура показників якості промислової продукції залежить і від визначених умов її створення і застосування:

- показники призначення, які характеризують функціональну та технологічну ефективність і конструктивну досконалість;

- показники надійності, які оцінюють властивості довготривалості, ремонтпридатності і збереженості;

- показники технологічності, які використовують для оцінки затрат матеріалів, засобів виробництва і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні, технологічному обслуговуванні і ремонті;

- показники стандартизації, які характеризують відповідність продукції стандартам та оригінальним пристроям;

- ергономічні показники, які оцінюють систему «людина–техніка» і враховують комплекс гігієнічних, фізіологічних та психологічних особливостей, що проявляються у виробничих умовах;

- естетичні показники, які оцінюють інформаційну виразність і раціональність форми, цілісність композиції і досконалість виробничого виконання продукції;

- патентно-правові показники, які вказують міру оновлення технічних рішень, використаних у продукції, їх патентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації продукції в країні і за її межами;

– екологічні показники, які оцінюють рівень впливу на навколишнє середовище при експлуатації;

– показники безпеки, що характеризують безпеку персоналу при використанні продукції;

– показники якості, які визначають у натуральних (кг/год; т/добу; м<sup>3</sup>/с; шт/год тощо) одиницях або відносних безрозмірних (наприклад, у відсотках), а також або за допомогою умовної системи чисельних чи вартісних балів.

В області використання можливі:

– показники якості одиничних виробів;

– показники якості сукупності однорідних виробів (рівень якості, коефіцієнт сортності, характеристики розсіяних показників);

– індекси якості або дефектності різномірної продукції за визначений період часу.

#### **4.5.3. Методи визначення показників якості**

Для оцінки показників обладнання використовують методи, які можна поділити на дві групи:

1) за способом отримання інформації (вимірювальний, реєстраційний, органолептичний, розрахунковий);

2) за джерелами отримання інформації (традиційний, експертний, соціологічний).

Так, **вимірювальний метод** ґрунтується на інформації, яка добувається за допомогою технічних вимірювальних засобів. **Реєстраційний метод** полягає у використанні тієї інформації, яка здобута шляхом підрахунку числа якихось подій, предметів або витрат (відмов устаткування, витрат на ремонт тощо). **Органолептичний метод** базується на інформації, яку отримують як результат дії органів чуття (зору, слуху, нюху, дотику та смаку), і залежній від здібностей, кваліфікації та навичок осіб-контролерів. **Розрахунковий метод** застосовують при обробці інформації за допомогою теоретичних та емпіричних залежностей.

Визначення значень показників якості при застосуванні **традиційного методу** здійснюється уповноваженими особами експертних та обчислювальних підрозділів (лабораторій, дослідницьких станцій, конструкторських відділів) організацій і підприємств; при застосуванні **експертного методу** – групою спеціалістів-

експертів; **соціологічного** – фактичними чи потенціальними споживачами продукції шляхом опитування.

Оцінку рівня якості продукції проводять диференціальними, комплексними та інтегральними методами.

При застосуванні **диференціального методу** визначають поодинокі показники якості підконтрольної машини або процесу та його базової моделі (аналогу) відповідно  $P_i^{\kappa}$  та  $P_{ia}^{\kappa}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), що визначають рівень якості безрозмірним (відносним) показником  $q_i^{\kappa} = P_i^{\kappa} / P_{ia}^{\kappa}$  (наприклад, для технічної продуктивності), або  $q_i^{\kappa} = P_i^{\kappa} / P_{ia}^{\kappa}$  (наприклад, для питомої енергоємності). Інакше кажучи обирають ту форму, за якою збільшенню відносного показника відповідає збільшення якості продукції. Якщо задано граничне значення  $i$ -го показника якості продукції  $P_{inp}^{\kappa}$ , тоді:

$$q_i^{\kappa} = \frac{(P_i^{\kappa} - P_{inp}^{\kappa})}{(P_{ia}^{\kappa} - P_{inp}^{\kappa})} \quad (4.7)$$

Коли значення відносних показників якості обладнання протилежно відхиляються від одиниці, застосовують спосіб оцінки рівня якості обладнання узагальнюючим показником  $q_o^{\kappa}$ , який має відношення до сукупності якостей, що його визначають:

$$q_o^{\kappa} = \sum_{i=1}^n \varphi_i q_i^{\kappa}, \quad (4.8)$$

де  $\varphi_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника.

Можливо також використання середнього зваженого геометричного показника якості продукції  $q_o^{\kappa} = \prod_{i=1}^n (q_i^{\kappa})^{\varphi_i}$ , якщо різниця між  $P_i^{\kappa}$  та  $P_{ia}^{\kappa}$  суттєва.

Для визначення коефіцієнтів вагомості застосовують аналітичні способи. Аналітичні способи засновані на використанні співвідношення між конструктивно-технологічними показниками і накопиченими статистичними даними про технологічну та економічну ефективності обладнання в процесі його експлуатації. Зокрема, застосовуються регресивні залежності і способи еквівалентних співвідношень, засновані на побудові наближених залежностей

тей узагальненого показника якості (тобто показника, за яким визначається якість продукції (обладнання) від обраних поодиноких (групових) показників якості для відповідних видів продукції. Пошукові коефіцієнти вагомості визначають як коефіцієнти регресії (наприклад, при недостатній кількості інформації) використання обчислювальних методів. Стандарти регламентують процедуру формулювання мети експертної оцінки, способи формування робочої та експертної груп та правила опитування експертів, методи обробки значень експертних оцінок для визначення показників узгодженості індивідуальних висновків та узагальненого погляду експертних груп.

#### 4.5.4. Економічна оцінка технічного рівня

Економічну оцінку технічного рівня устаткування здійснюють за інтегральними показниками. Інтегральний показник являє собою відношення висловленого в натуральних одиницях (кг, т, м<sup>3</sup>, шт.) підсумкового корисного ефекту експлуатації обладнання  $\Pi_{\Sigma}$  до сумарних затрат – одноразових капітальних вкладень на створення обладнання ( $З_i$ ) і поточних (експлуатаційних затрат ( $З_e$ ) на весь час експлуатації (без урахування амортизаційних відрахувань на реновацію обладнання).

На час експлуатації обладнання більш ніж на один рік інтегральний показник  $\Pi_{\Sigma}^{imm}$  (ефект/грн) обчислюється за формулою:

$$\Pi_{\Sigma}^{imm} = \frac{\Pi_{\Sigma}}{\varphi_i (З_i + З_e)}, \quad (4.9)$$

де  $\varphi_i$  – поправочний коефіцієнт, який при нормативному коефіцієнті економічної ефективності  $E_H = 0,15$  залежить від часу служби обладнання  $T_{cr}$ . При  $T_{cr} = 1; 5; 10; 15$  років значення  $\varphi_i = 1,0; 0,262; 0,174; 0,149$ , відповідно.

Середній сумарний ефект від експлуатації обладнання  $E$  та середні сумарні витрати  $C_s$  обчислюються з урахуванням: собівартості обладнання  $C_{об}$ , грн.; параметра потоків відмов  $\omega$  (1/год) і коефіцієнта готовності  $K_r$  за формулами:

$$E = \gamma_E T_{pec} \quad (4.10)$$

$$C_{II} = C_{об} + \delta_3 T_{pec} + \beta_p \omega T_{pec} + \varepsilon_y T_{pec} (1/K_r - 1) + \beta_{III} \quad (4.11)$$

Для визначення наведених значень розглянутих величин необхідно врахувати інтенсивність експлуатації  $\gamma_E = T_{pec}/T_{cl}$  (за час безперервної експлуатації  $\gamma_E = 1$ ).

Враховуючи, що поточні витрати, які необхідні для забезпечення роботи обладнання, і ефект від його використання розподілені рівномірно на весь термін служби  $T_{cl}$ , а затрати, зумовлені фактом відмови, з'являються в момент визначення величини наведеного сумарного ефекту  $E_{II}$  та наведених сумарних витрат  $C_{II}$ , то їх можна записати в такому вигляді:

$$E_{II} = \frac{\gamma_E T_{pec}}{\chi T_{cl}} [1 - \exp(-\chi T_{cl})]; \quad (4.12)$$

$$C_{II} = \frac{[\delta_3 T_{pec} + \beta_p \omega T_{pec} + \varepsilon_y T_{pec} (1/(K_r - 1) + \beta_{III})]}{\chi T_{cl}} [1 - \exp(-\chi T_{cl})] \quad (4.13)$$

де  $\chi$  – коефіцієнт, який характеризує швидкість зростання початкових капіталовкладень при розширеному відтворенні (1/рік)  $\chi = \ln(1 - E_n) / T_r$ , де  $T_r = 8760$  годин – період, рівний одному року. Тоді  $\chi = 13 \cdot 10^{-6}$  (1/годину).

Далі можна визначити інтегральний показник якості як коефіцієнт надійності:

$$P_{\Sigma}^{um} = E_{II} / C_{II}. \quad (4.14)$$

Отже:

$$P_{\Sigma}^{um} = \frac{\gamma_E T_{pec} [1 - \exp(-\chi T_{cl})]}{C_{об} \chi T_{cl}} + \quad (4.15)$$

$$+ [\delta_3 T_{pec} + \beta_p \omega T_{pec} + \varepsilon_y T_{pec} (1/(K_r - 1) + \beta_{III})] \times [1 - \exp(-\chi T_{cl})],$$

При плануванні технічного рівня обладнання використовують абсолютні показники його якості.

Галузеві стандарти і нормативно-технічна документація (НТД) встановлює базові показники якості і коефіцієнти вагомості обладнання заводів. Вони отримані на основі науково-технічного ана-

лізу результатів випробувань обладнання в порівняльних умовах і обумовлені перспективами розвитку техніки.

Оцінюючи рівень якості обладнання, враховують, що високі початкові технічні показники його є необхідною, але недостатньою умовою регламентованої якості, вони характеризують лише потенційні виробничо-технічні можливості обладнання, які можуть бути реалізовані за умови відповідної надійності. Надійність як комплексна властивість складається з багатьох відносно самостійних властивостей, що характеризують безвідмовність, частість, ремонтоздатність, збереженість.

Залежно від призначення і складності об'єкта можуть бути домінуючі окремі властивості та їх сукупність. У технічних системах оцінка надійності необхідна для визначення сталої можливості їх використання за призначенням у процесі функціонування. Надійність обладнання є однією з найголовніших його властивостей, яка закладається при розробці, забезпечується в процесі виготовлення, зберігається при транспортуванні і зберіганні, підтримується в умовах експлуатації.

Викладені методи кваліметрії застосовуються для оцінки технічного рівня і якості обладнання і знаходять відображення в «Карті технічного рівня і якості продукції» (КУ), яка є складовою частиною конструкторської і нормативно-технічної документації і використовується при оцінці технічного рівня та якості виробів при розробці їх до виробництва, атестації продукції, модернізації або зняття виробу з виробництва. КУ передбачає використання комплексного показника якості – рівня якості  $q_0$ .

Найважливішим показником досконалості технології є собівартість продукції, яка характеризує не тільки технологію, а й організацію виробництва або управління. Собівартість – дуже складний економічний показник. Він складається з так званих «технологічних» та «організаційних», або управлінських, витрат.

Із технологічних складових мають велике значення витрати енергії на виробництво продукції. Показник енергоємності має суттєвий вплив на собівартість продукції.

Окрім перелічених показників, технологічні схеми вироблення будь-якого продукту можуть бути оцінені за такими показниками:

– відповідність властивостей готового продукту їхньому цільовому призначенню;

- відповідність технології вимогам екології та техніці безпеки;
- ресурс- та енергозбереження;
- інтенсифікація виробництва;
- інформаційна забезпеченість і керованість;
- принципи оптимального варіанту.

Крім цього, необхідно враховувати і такі показники, які пов'язані з сучасними вимогами до технічних об'єктів:

- гнучкість – тобто можливість протистояти змінюючимся умовам функціонування;
- стабілізуємість – властивість системи, що пов'язана із якістю перехідних процесів та сталістю;
- живучість – можливість керувати при непрацездатності окремих елементів;
- надійність – виключення аварійних ситуацій.

Виходячи із сучасних уявлень про оцінку якості технологічних процесів, вважають, що економічні характеристики технологічних ліній, обчислені за загальноприйнятими методиками, є другорядними характеристиками, які отримані розрахунковими методами на основі першорядних.

Числова оцінка кожного з наведених показників технологічних процесів виводиться за існуючими нормативами, законодавчими та методичними документами. Наприклад, ресурсозбереження можна оцінити за виходом готової продукції та за витратами допоміжних матеріалів, екологічність – за кількістю і концентрацією викидів тощо. Є пропозиції оцінювати екологічність встановленням ціни на одиницю маси шкідливих викидів або їх концентрацію.

Знаючи сучасний стан вітчизняної промисловості та враховуючи наведене, можна дійти висновку, що показники якості технологічних процесів переробних виробництв не завжди відповідають національним та міжнародним стандартам, оскільки за багатьма показниками ці процеси не оцінюються взагалі, а частина показників визначається згідно з методикою, яка не відповідає національним і міжнародним стандартам.

Вважається, що технічний рівень виробів перевищує найбільші світові досягнення, якщо кожен з обраних для порівняння показників перевищує більш ніж на 5% відповідні значення показників кожного аналога. Якщо ж відхилення значень параметрів оціню-

ваного зразка і аналогів знаходиться в межах  $\pm 3\%$ , то прийнято вважати, що виріб відповідає найвищому світовому рівню.

Розрахунковий спосіб застосовують у трьох випадках, якщо немає можливості зробити однозначний висновок, користуючись відносними показниками порівняння (зіставлення).

$$q_i = \frac{P_i}{P_{ik}}, \quad (4.16)$$

де  $P_i$  – абсолютне значення  $i$ -го показника оцінюваного виробу;

$P_{ik}$  – абсолютне значення  $i$ -го показника аналога цього виробу.

Узагальнений показник ступеня або міри відповідності технічного рівня оцінюваного зразка вищим світовим досягненням обчислюють за формулою:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^n}{n}, \quad (4.17)$$

де  $n$  – число показників.

Якщо  $K_{my}$  менше одиниці, то технологічний рівень виробу не відповідає світовому рівню, якщо тотожний або більше одиниці – технічний рівень зразка відповідає світовому рівню.

Узагальнюючий показник економічної ефективності  $K_E$  розраховують за формулою:

$$K_E = \frac{(C_{ia} + K_{ia}E_n)K_{myia}}{(C_i + K_iE_H)K_{my}}, \quad (4.18)$$

де  $C_i, C_{ia}$  – собівартість оцінюваного зразка і аналога (прототипу);

$K_i, K_{ia}$  – питомі капітальні вкладення до виробничих фондів зразка нової техніки та аналога;

$K_{my}, K_{myia}$  – узагальнюючий показник технічного рівня оцінюваного зразка та аналога;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень.

Визначити відповідність світовому рівню більшості машин не є можливим через відсутність повних технологічних характеристик і даних щодо питомих витрат енергії і робочих агентів. Це можна

зробити лише за тими показниками, які наведено у паспортах зразків техніки.

#### **4.5.5. Визначення затрат на здійснення технологічних операцій**

Здійснення окремих одиничних технологічних операцій (переміщення, нагрівання, охолодження, випарювання, сушіння, тощо) завжди супроводжується певними затратами енергії і відповідними грошовими витратами на закупівлю чи її власне виготовлення.

**Затрати на переміщення рідин та газів.** Переміщення рідин та газів по закритих трубопроводах відбувається під дією тиску, що створюється різницею рівнів рідин або роботою насосів (помп) і вентиляторів. Об'єм рідини або газу, що перетікають через будь-який перетин труби в одиницю часу, називають витратами в м<sup>3</sup>/с або кг/с. Швидкістю переміщення називають частку від поділу об'єму чи маси рідини, що перетікає за одиницю часу ( $V$  або  $G$ ), на площу поперечного перетину трубопроводу  $f$ :

$$v = \frac{V}{f}, \text{ м/с.} \quad (4.19)$$

Тоді об'ємні витрати складуть:

$$V = v \cdot f, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (4.20)$$

Масові витрати становитимуть:

$$G = v \cdot f \rho, \text{ кг/с,} \quad (4.21)$$

де  $\rho$  – густина рідини або газу, кг/м<sup>3</sup>.

Площа перетину круглого трубопроводу

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} d^2 = 0,785 d^2.$$

Звідсіля визначають необхідний діаметр трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{\pi G}{4v}} = \sqrt{0,785 \frac{G}{v}}. \quad (4.22)$$

Швидкість течії скраплених рідин по трубах приймають рівною 3 м/с, а для дуже в'язких – (0,5...1,0) м/с. Для газів під незначним тиском – (8...15) м/с, з підвищеним тиском – (15...25) м/с, для на-

сиченої водяної пари – (20...30) м/с, а для перегрітої – (30...50) м/с.

Продуктивність для круглого трубопроводу визначають за формулою:

$$G = v f \rho = v \frac{\pi d^2}{4} \rho = 0,785 v d^2 \rho, \text{ кг/с.} \quad (4.23)$$

Оскільки швидкість течії рідини неоднакова по перетину трубопроводу то залежність між максимальною швидкістю (осьовою) і середньою така:

а) при ламінарному (струменевому) режимі  $v_{cp} = 0,5 \cdot v_{max}$ ;

б) при турбулентному режимі швидкість переміщення залежить від числа Рейнольда:  $Re = \frac{v_{max} d \rho}{\mu}$ .

При турбулентному режимі приблизно  $v_{cp} = (0,8...0,9) \cdot 5 v_{max}$ ; Ламінарна течія відбувається при  $Re < 2300$ ; перехідний режим при  $2300 < Re < 10\,000$ , а турбулентний – при  $Re > 10\,000$ .

Коефіцієнт опору на подолання тертя при ламінарній течії становить  $\lambda = 64/Re$ , при турбулентній –  $\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$ .

Загальні втрати енергії при переміщенні рідин через перетини 1–1 і 2–2 для реальної (в'язкої) нестискуємої рідини визначають за рівнянням Бернуллі:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - h_n = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}, \quad (4.24)$$

де  $Z$  – геометричний (висотний) напір, м;

$P/\rho g$  – п'єзометричний (статичний) напір, м;

$v^2/2g$  – швидкісний (динамічний) напір, що витрачено на подолання опорів, м.

При визначенні продуктивності або швидкості течії рідини або газу по некруглому трубопроводу (прямокутний, овальний або іншої складної форми) застосовують гідравлічний радіус, який визначають за відношенням):

$$r_c = \frac{f}{\Pi}, \quad (4.25)$$

де  $\Pi$  – змочений периметр трубопроводу, м.

Для круглого трубопроводу гідравлічний радіус дорівнює:

$$r_z = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4}. \quad (4.26)$$

Діаметр, виражений через гідравлічний радіус, називають еквівалентним:

$$d = d_{екв} = 4r_z.$$

Для круглого трубопроводу еквівалентний діаметр дорівнює:

$$d_{екв} = \frac{4f}{\Pi} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = d. \quad (4.27)$$

Для труби прямокутного перетину зі сторонами  $a$  та  $b$  гідравлічний радіус буде таким:

$$r_z = \frac{f}{\Pi} = \frac{ab}{2a + 2b} = \frac{ab}{2(a + b)}, \quad (4.28)$$

а еквівалентний діаметр таким:

$$d_{екв} = 4r_z = \frac{4ab}{2(a + b)} = \frac{ab}{a + b}. \quad (4.29)$$

Переміщення рідини або газу по трубопроводу пов'язано з певними витратами енергії, які визначаються втратами на створення швидкості, на подолання сил тертя по довжині трубопроводу та місцевих опорів (повороти, заслінки, вентиля, звуження, розширення труби, тощо), що визначають повний гідравлічний опір:

$$\Delta P = \frac{v^2 \rho}{2} \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right), \quad (4.30)$$

де  $v$  – швидкість течії рідини (газу), м/с;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$d, l$  – діаметр та довжина трубопроводу, м;

$\xi_i$  – коефіцієнт місцевих опорів;

$\lambda$  – коефіцієнт тертя по довжині трубопроводу, який визначають за формулами: при  $Re < 2300$   $\lambda = 64/Re$ ; при  $Re > 2300$   $\lambda = 0,36 / Re^{0,25}$ .

Коефіцієнт місцевих втрат визначають за таблицями значень місцевих опорів (наприклад, для відводу  $\lambda = 90$ ;  $\xi = 1,5$ ).

Для повного гідравлічного опру треба додати опір на підняття рідин на висоту  $H$ , тобто  $\Delta P_2 = \rho g H$ , та на опір подолання надлишкового тиску  $\Delta P_1$ .

Крім числа Рейнольда  $Re = \frac{vd}{\nu}$ , використовують числа Фруда  $Fr = \frac{v^2}{gd}$  та Ейлера  $Eu = \frac{\Delta P}{\rho \nu^2}$ , що визначають відношення сил інерції і тяжіння та сил тиску і інерції відповідно.

Швидкість витікання рідини із посудини через отвір при сталому рівні визначається за формулою:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (4.31)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості;

$H$  – висота рівня рідини, м.

Потужність двигуна для приводу насоса або вентилятора визначають за формулою:

$$N = \frac{V \rho \Delta P}{1000 \eta}, \text{ кВт.} \quad (4.32)$$

Якщо перемножити потужність двигуна  $N$ , кВт, на час його роботи  $\tau$ , годин, то отримаємо кількість витраченої енергії на переміщення речовини:

$$E = N \tau, \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (4.33)$$

Знаючи вартість однієї кіловат години енергії, можна визначити вартість у грошових одиницях на операцію по переміщенню речовини (рідини або газу).

**Витрати енергії на нагрівання, охолодження, заморожування, сушіння.** Витрати теплоти на нагрівання рідини або будь-якого іншого тіла визначають за формулою:

$$Q = Gc(t_1 - t_2), \text{ Дж,} \quad (4.34)$$

де  $G$  – маса тіла, кг;

$c$  – теплоємність, Дж/(кг·К);

$t_1, t_2$  – початкова та кінцева температури речовини, що нагрівається, °С.

Як відомо, теплоємність визначається як кількість теплоти (енергії) на нагрівання одиниці маси речовини (1 кг) на один °С.

Для води при  $t = 20^\circ\text{C} = 4183 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .

Витрати теплоти на випарювання рідини визначають за формулою:

$$Q = G r, \text{ кДж}, \quad (4.35)$$

де  $r$  – питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Для води при  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $r = 2258 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

Теплоту на льодоутворення визначають за формулою:

$$Q = G r_a, \text{ кДж}, \quad (4.36)$$

де  $r_a$  – питома теплота фазового переходу при кристалізації води (питома теплота плавлення льоду),  $r_a = 334 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

Тобто теплота на льодоутворення значно менше теплоти пароутворення в  $2258/334 = 6,7$  раз.

Для визначення затрат енергії на заморожування треба спочатку визначити затрати на охолодження до теплоти  $Q_{\text{охол}}$ , тобто до температури замерзання ( $t \approx 0^\circ$ ), потім додати затрати на льодоутворення, потім – затрати енергії на заморожування (зниження температури від  $0^\circ\text{C}$  до заданої температури):

$$Q_{\text{охол}} = V_p \cdot \rho_p \cdot c_p (t_p - 0), \text{ Дж}, (c_p = 4,2, \text{ кДж}/\text{кг}); \quad (4.37)$$

$$Q_{\text{льод}} = G r_a, (r_a = 334 \text{ кДж}/\text{кг}) \quad (4.38)$$

$$Q_{\text{зам}} = V \cdot \rho_l \cdot c_l [(0 - (-t))], \text{ Дж}, \quad (4.39)$$

де  $\rho_l, c_l$  – густина та питома теплоємність льоду.

Незважаючи на те, що затрати енергії на заморожування значно менші, капітальні та експлуатаційні затрати на зневоднення розчинів заморожуванням перевищують затрати на випарювання, але вірогідність збереження якості збільшується.

При нормальному тиску  $0,1 \text{ МПа}$  вода має густину при  $4^\circ\text{C}$  ( $3,89^\circ\text{C}$ ).

При охолодженні до  $0^\circ\text{C}$  її густина зменшується з  $1000$  до  $999 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а при перетворенні в лід – додатково зменшується до  $\rho_l = 918,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Густина льоду пов'язана з температурним співвідношенням:

$$\rho_l \approx 917 (1 - 0,000156) t,$$

тобто змінюється дуже мало (при  $-100^\circ\text{C}$   $\rho_l = 928 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

Теплоємність льоду та теплопровідність визначається за формулами :

$$\rho_l = 2,12 + 0,00779 * t; \quad \lambda_l = 2,22(1 - 0,0015 * t);$$

$c_p = 2,26$  кДж/(кг·К) при 0°С та 1,17 при -100°С,

$\lambda_l = 2,22$ Вт/(м·К) при 0°С та 3,35 при -100°С.

Підвищення тиску на 0,1 МПа знижує температуру плавлення льоду від 0°С на 0,0075°С.

При зниженні температури на 1°С теплота плавлення льоду збільшується на 2,12 кДж/(кг·К).

Теплоємність сухої частки сировини знаходиться в межах:

$$c_c = (1,3 \dots 1,5) \text{ кДж/(кг·К)}.$$

**Затрати на висушування матеріалів.** Теоретичні засади сушіння складаються з таких основних положень.

Вологість матеріалу може бути виражена у відсотках від загальної маси речовини  $W$  (відносна вологість) або від маси сухої речовини  $U$  (абсолютна вологість), які пов'язані такими співвідношеннями:

$$U = \frac{100\omega}{100 - \omega}; \quad W = \frac{100u}{100 - u}. \quad (4.40)$$

Кількість вологи, що вилучається із матеріалу в процесі сушіння від початкового значення  $W_n$  до кінцевого  $W_k$ :

$$W = G_n \cdot \frac{W_n - W_k}{100 - W_k}, \quad \text{або} \quad W = G_k \cdot \frac{W_n - W_k}{100 - W_n} \quad (4.41)$$

Якщо вологовміст подано в абсолютних значеннях вологості, то:

$$W = G_{\text{сух}} \cdot \frac{U_n - U_k}{100}, \quad (4.42)$$

де  $G_n$ ,  $G_k$ ,  $G_{\text{сух}}$  – продуктивність сушарки по вологовому продукту, кінцевому (висушеному) та по абсолютно сухому матеріалу.

Вологовміст пари у повітрі визначається за формулою:

$$x = \frac{M_n}{M} * \frac{p_n}{P - p_n} \quad (4.43)$$

де  $M_{п}$ ,  $M_{г}$  – мольні маси пари та газу (сухого повітря);  
 $P$ ,  $p_{п}$  – загальний та парціальний тиск пари. Або інакше:

$$x = \frac{18}{29} * \frac{\varphi \cdot p_{нас}}{P - \varphi \cdot p_{нас}} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_{нас}}{P - p_{нас}}, \quad (4.44)$$

де  $\varphi = p_n / p_{нас}$  – відносна вологість повітря, тобто відношення парціального тиску водної пари  $p_n$  до парціального тиску насиченої пари  $p_{нас}$ ;

$18/29 = 0,622$  – відношення мольних мас водяної пари і повітря.

Якщо температура вологого повітря вище температури насичення водяної пари при тиску  $P$ , то:

$$p_{нас} = P, \quad x = 0,622 \frac{\varphi}{1 - \varphi}.$$

Загальна ентальпія (енерговміст) вологого повітря  $J$  (кДж/кг):

$$J = (+ c_n x)t + r_0 x = (1,01 + 1,97x)t + 2493x,$$

де  $c_v$  – 1,01 кДж/кг – середня питома теплоємність води;

$c_n$  – 1,97 кДж/кг – середня питома теплоємність водяної пари;

$x$  – вологовміст повітря, кг пари/кг сухого повітря;

$t$  – температура повітря (по сухому термометру), °С;

$r_0 = 2493$  – теплота пароутворення води при 0°С, кДж/кг.

Зв'язок між параметрами вологого повітря  $x$ ,  $t$ ,  $\varphi$  визначають за спеціальною  $J$ - $x$  діаграмою Рамзіна.

## Контрольні запитання

1. Основні ознаки системи.
2. Залежність між масовими та об'ємними витратами газу і діаметром трубопроводу.
3. Дайте визначення термінів «система» та «технічна система».
4. Складові системи керування виробництвом.
5. Основні завдання системи керування.
6. Структура системи керування технологічною лінією.
7. Інтегральна (інтелектуальна) автоматизована система керування.
8. Принципи моделювання та синтезу системи керування.
9. Визначення технічного рівня технології за національними та світовими стандартами.
10. Економічна оцінка технічного рівня.

## Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ

### 5.1. Класифікація і облік витрат на виробництво

Будь яке підприємство (фірма) намагається отримати якомога більший прибуток від своєї діяльності, а також прагне не тільки продати вироблений товар за максимально високою ціною, а скоротити свої витрати на виробництво і реалізацію продукції. Тому однією з важливих функцій підприємства (фірми) є мінімізація витрат виробництва, яка досягається відповідною системою керування.

Облік виробничих витрат повинен бути організований так, щоб існувала можливість оперативно впливати на зниження собівартості, тобто керувати, встановлювати таке устаткування, яке впливає на рівень собівартості, і виявляти додаткові резерви її зниження. Тобто система обліку є підсистемою загальної системи керування виробництвом.

Перед обліком процесу будь-якого виробництва стоять такі завдання:

- облік і контроль за випуском продукції за обсягом, асортиментом, якістю та виконанням договорів-замовлень за цими показниками;
- облік виробництва і контроль за дотриманням кошторисів витрат;
- калькулювання собівартості продукції і контроль за виконанням плану собівартості;
- виявлення невикористаних резервів на виробництві і контроль за недопущенням небажаних втрат у виробництві.

Для розв'язання цих завдань необхідно, щоб введення обліку витрат забезпечувало порівняння планових і фактичних показників собівартості.

До собівартості відносять:

- витрати, безпосередньо пов'язані з виробництвом продукції, що обумовлені технологією і організацією виробництва, включаючи витрати на управління;
- паливо і енергія на технологічні цілі;
- основна зарплата виробничих працівників;

- додаткова зарплата виробничих працівників;
- відрахування на соціальне страхування;
- витрати на підготовку і освоєння виробництва;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування (ВУЕУ);
- загальновиробничі витрати;
- загальногосподарські витрати;
- інші виробничі витрати;
- позавиробничі витрати.

Витрати на виробництво групують за такими елементами:

- сировина і основні матеріали за виключенням відходів;
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизація основних фондів;
- інші витрати.

Облік у постатейному розрізі здійснюють системно на відповідних рахунках виробничих витрат. На відміну від цього обмін в поелементному розрізі є позасистемним, тобто здійснюваним за допомогою різних вибірок та додаткових розрахунків.

Крім цього, витрати виробництва групуються за місцем їх виникнення, тобто за ознакою того, до якого виробництва вони відносяться (основного, допоміжного), в якому цеху або на якій ділянці здійснені.

Для контролю і аналізу рівня витрат за окремим етапами технологічного процесу і розрахунку незавершеного виробництва із загальної суми витрат, що відносяться на собівартість тих або інших виробів, виділяють витрати на окремі процеси і операції.

За календарним періодами виробничі витрати поділяються на поточні, тобто постійні (щоденні), й одноразові, тобто однократні, або ті, що здійснюються рідше ніж один раз на місяць. Чіткий поділ витрат виробництва на поточні і одноразові має велике значення для правильного щомісячного осмислення собівартості продукції.

**Облік витрат виробництва.** Залежно від організації і технології виробництва, характеру випущеної продукції вирізняють три методи обліку витрат на виробництво і калькуляції собівартості продукції: позамовний, попередній і нормативний.

**Позамовний метод** обліку витрат на виробництво застосовують у виробництвах з механічним збиранням деталей, вузлів і ви-

робів у цілому: технологічний процес між цехами тісно взаємопов'язаний, і готову продукцію (ГП) випускає тільки один, останній у технологічному ланцюгу, цех. Дані про виробничі витрати одержують спочатку по цехах (дільницях), потім обов'язково сумують по підприємству в цілому, і завдяки цьому розраховують собівартість одиниці продукції, яку перевіряють за сумою витрат усіх дільниць. Позамовний метод застосовується для індивідуального виробництва або при виготовленні серійних виробів на малосерійному виробництві. Непрямі витрати щомісячно розподіляють між замовленнями.

Фактичну собівартість окремих замовлень визначають або після передачі на склад або після здачі замовнику безпосередньо.

При **замовному методі** не можна скласти калькуляцію замовлення доти, доки не буде виконана вся робота; собівартість теж не може бути розрахована, доки не буде виконана вся робота, що є значним недоліком цього методу обліку.

У процесі виконання замовлень витрати матеріалів і затрати на виплату заробітної плати виробничних працівників контролюється за допомогою кошторисної калькуляції, які складають до запуску замовлення у виробництво шляхом лімітування від запуску матеріалів на виробництво і зіставляють начислену зарплату із сумою за цією статтею в кошторисній калькуляції. Але кінцевий результат виконання плану за собівартістю виявляють тільки після виконання замовлення. Це обумовлює необхідність покращення позамовного методу обліку застосуванням принципів нормативного методу обліку витрат виробництва.

**Попередній метод** обліку витрат на виробництво продукції застосовується в таких галузях промисловості, в яких оброблювана сировина проходить декілька окремих самостійних фаз обробки і переробки.

Кожна переробка, за винятком останньої, являє собою завершену фазу обробки сировини, кінцевий продукт обробки, напівфабрикат власного виробництва. Напівфабрикат власного виробництва використовують не тільки у наступних перерозподілах свого виробництва, але й реалізують іншим підприємствам як покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати. Собівартість кінцевого продукту складатиметься із суми витрат усіх переробок.

**Нормативний метод** є значним досягненням економічної науки. Суть його зводиться до того, що витрати на виробництво враховуються з поділом їх на два елементи обліку:

- витрати в межах норми;
- зменшення або збільшення витрат порівняно з нормативними внаслідок змін норми під впливом технічного прогресу.

Нормативний метод обліку застосовують, як правило, у масових і серійних виробництвах різної і складної продукції, яка складається зі значної кількості деталей. Це найбільш прогресивний метод, який дозволяє ефективно використовувати дані обліку для виявлення резервів зниження собівартості і оперативного управління виробництвом. Найважливішим його елементом є своєчасне виявлення відхилень від норм і врахування цих змін.

Особливістю нормативного методу обліку витрат є наявність і можливість поточного і попереднього контролю за витратами матеріалів, сировини, палива, нарахуванням зарплати за встановленими нормами витрат. В них передбачаються ліміти, норми витрат матеріалів, нормований час і розцінки на оплату праці.

Важливим економічним показником ринкового господарства є ціна. За допомогою ціни виражається вартість усіх видів продукції, послуг та ресурсів, вимірюються економічні величини обсягів виробництва, обігу і споживання, основних та обігових фондів, складові вального національного продукту тощо. Ціни слугують інструментом управління у будь-якій економічній системі.

Ціна з'явилась водночас із грошима. Як тільки останні почали відігравати роль товарного еквіваленту, виразника міри вартості, відразу ж виникло запитання про ціну певного товару, тобто грошовий вираз вартості товару. Ціна є об'єктивною економічною категорією, яка визначає функціонування всіх галузей виробництва, розподілу, обміну і споживання. Ціна – величина нестала. Вона, як правило, не збігається з вартістю і може бути вищою за вартість при дефіциті товарів на ринку або нижчою при їх надлишку, а також залежить від купівельної спроможності грошової одиниці.

Коли йдеться про ринкові ціни, необхідно враховувати те, що ціни відображають не тільки стадію виробництва, а й стадію обміну, зокрема конкретне співвідношення попиту і пропозиції, що склалися на ринку, зумовлене передусім споживчою вартістю то-

варів. Тобто, коли попит на певний вид товару перевищує пропозицію, то ціна на ринку буде більшою від суспільно необхідних витрат праці.

До **поточних витрат** відносять витрати виробничих ресурсів, які споживаються протягом одного виробничого циклу. До **капітальних витрат** – витрати на придбання позаобігових активів, що використовуються у декількох циклах виробництва, вартість яких включається до поточних витрат виробництва (обігових) шляхом нарахування зносу.

Залежно від сфери діяльності поточні витрати мають назву: на підприємствах, що здійснюють матеріально-технічний збут, торговельну, посередницьку діяльність – **витрати обігу**, на підприємствах виробничого профілю – **витрати виробництва** чи **собівартість**. Відповідно до типового положення про калькулювання собівартості продукції у промисловості, **собівартість** – це викладені в грошовій формі поточні витрати на її виробництво та реалізацію сировини.

Витрати на виробництво мають назву **виробничо-заводської** собівартості, а витрати на виробництво та реалізацію – **повної собівартості** промислової продукції.

Собівартість – це один з найважливіших показників діяльності підприємства, оскільки вона:

- комплексно характеризує рівень витрат усіх ресурсів підприємства, а таким чином і рівень технології та організації виробництва;

- є базою для визначення прибутковості підприємства;

- є вихідною базою для формування цінової політики підприємства.

Можна з упевненістю стверджувати, що практично немає підприємств, які б не здійснювали облік, аналіз, визначення на перспективу цього показника. Тільки підприємство-монополіст, доходи якого значно перевищують витрати, для якого не мають значення питання розробки цінової політики, може певною мірою ігнорувати цей аспект економічної роботи.

Важливим моментом є те, що обсяг собівартості впливає на обсяг прибутку. Тому, з метою встановлення порядку визначення

прибутку як бази оподаткування, держава регламентує склад витрат, що відносяться до собівартості.

Зміни у податковому законодавстві, що відбулися у 1997 році, призвели до появи поняття **валові витрати**. Склад валових витрат регулюється законодавством з метою визначення оподаткованого прибутку. Відмінність між валовими витратами та собівартістю полягає в тому, що вони характеризують витрати підприємства, пов'язані з усіма видами діяльності підприємства, а собівартість – з виробничою діяльністю. Таким чином, поява поняття валових витрат *не відмінняє поняття собівартості* та необхідність її визначення, бо без розрахунку собівартості продукції неможливо оцінити ефективність виробничої діяльності і розробити цінову політику підприємства. Крім того, розрахунок собівартості потрібен для оцінки ефективності й обсягу використання ресурсів підприємства. Бо собівартість являє собою вартісну оцінку ресурсів, що були використані на виробництво і реалізацію продукції.

Ресурси, що використовуються підприємством, є різноманітними за характером і строком поновлення. Відповідно до цього витрати підприємства мають неоднорідний характер, вимагають їх класифікації.

**Витрати на виробництво** як об'єкт пізнання добре вивчені в теорії обміну та аналізу виробничої діяльності. Класифікація витрат має практичне значення. Групування витрат за окремими ознаками є основою обліку, аналізу та калькулювання собівартості продукції. До того ж, групування витрат допомагає знаходити рішення у нестандартних ситуаціях, у нових сферах діяльності.

Класифікацію витрат на виробництво на базі різних ознак наведено у табл. 5.1.

## Класифікація витрат на виробництво

№ №	Розподіл ознак класифікації	Групування витрат	Характеристика витрат
1	2	3	4
1.	За економічним характером витрат	Економічні елементи витрат	Характеризують використані ресурси за їхнім економічним змістом незалежно від форми і місця їх використання
2.	За статтями собівартості	Статті калькуляції собівартості	Характеризують склад використаних ресурсів залежно від напрямів і місця їх використання
3.	За ступенем однорідності	Одноелементні  Комплексні	Характеризують використані ресурси одного економічного змісту (один економічний елемент витрат). Характеризують використання декількох економічних неоднорідних ресурсів
4.	За способом перенесення вартості на продукцію	Прямі  Непрямі	Витрати, які розраховуються прямими методами, прямо відносяться на об'єкт калькулювання. Пов'язані із декількома об'єктами віднесення витрат і тому розподіляються пропорційно до економічної обґрунтованої бази
5.	За ступенем впливу обсягу виробництва на рівень витрат	Умовно-змінні  Умовно-постійні	Витрати, сума яких змінюється із зміною обсягів виробництва (навантаження потужності виробництва). Витрати, які не змінюються (чи змінюються дуже незначно) при зміні обсягів виробництва
6.	За доцільністю витрат	Продуктивні  Непродуктивні	Витрати, бумовлені нормальним, ефективним процесом виробництва. Витрати, пов'язані з недоцільною виробничою діяльністю

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4
7.	За місцем виникнення	Витрати виробництва цеху, ділянки, служби	Витрати конкретної структурної одиниці
8.	За видами продукції, робіт, послуг	На одиницю продукції  На валову продукцію На товарну продукцію На реалізовану продукцію	Характеризують загальну суму та склад витрат на виробництво та реалізацію одиниці певного виду продукції. Витрати на виробництво валової продукції. Витрати на виробництво товарної продукції. Витрати на виробництво реалізованої продукції
9.	За періодичністю виникнення	Поточні  Одноразові	Звичайні витрати протягом одного місяця. Періодичні витрати за строк понад один місяць, що спрямовуються на забезпечення виробництва
10	За відношенням до технологічного процесу	Основні  На управління виробництвами	Витрати, пов'язані з процесом виготовлення продукції. Витрати на здійснення процесу управління та обслуговування процесу виготовлення продукції
11	За роллю у процесі виробництва	Виробничі  Позавиробничі (комерційні)	Витрати, пов'язані з процесом виробництва. Витрати, пов'язані із процесом реалізації продукції

У наведеній таблиці показано тільки основні види класифікації (в теорії обліку та аналізу їх налічується понад двадцять).

Під час групування витрат за їх **економічним елементом** до кожного елемента включають витрати на конкретний вид ресурсів. При цьому не має значення, на які цілі витрачено ресурси, закінчено виробництво продукції тощо. Важливо, що за звітний період у цілому було витрачено стільки-то грошових одиниць на сировину та матеріали, стільки-то на оплату праці.

У типовому положенні з планування, обліку та калькулювання собівартості у промисловості наводяться п'ять економічних елементів:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні потреби;
- амортизація основних фондів;
- інші витрати.

Класифікація за економічними елементами є єдиною для всіх галузей промисловості. Вона має практичне значення. На її основі складається форма звітності підприємства.

Таке групування дозволяє визначати та аналізувати структуру витрат підприємства, аналізувати її динаміку. Залежно від питомої ваги того чи іншого елемента у собівартості виробництва виділяють: матеріаломісткі (висока питома вага матеріальних витрат), трудомісткі (значна частка витрат на оплату праці), фондомісткі (головне місце займає амортизація основних фондів) галузі.

Якщо класифікація за економічними елементами показує, що (скільки) витрачено в процесі діяльності, то калькуляція – де і на які цілі.

Витрати за статтями калькуляції – це витрати на окремі види продукції, а також витрати на основне і допоміжне виробництво. Перелік і зміст статей визначається галузевими методиками, відображаючи особливості процесу виробництва, місце структурного підрозділу, діючу систему обліку та планування.

### **Типова структура статей калькуляції:**

1. Сировина та матеріали;
2. Придбання комплектуючих, напівфабрикатів, робіт і послуг виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій;
3. Паливо та енергія на технологічні цілі;
4. Зворотні відходи (віднімаються);
5. Основна заробітна плата;
6. Додаткова заробітна плата;
7. Відрахування на соціальне страхування;
8. Витрати, пов'язані з підготовкою та освоєннями виробництва продукції;
9. Відшкодування зносу спеціальних інструментів та пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати;
10. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
11. Загальновиробничі витрати;

12. Загальногосподарські витрати;
13. Втрати у разі технічно виправданого браку;
14. Супутня продукція (віднімається);
15. Інші виробничі витрати;
16. Комерційні (позавиробничі) витрати.

Типову номенклатуру, наведену вище, підприємства мають право змінювати згідно із специфікою виробництва певної галузі: об'єднувати декілька типів статей калькуляції в єдину чи виділяти з однієї декілька статей. В окремих галузях виділяють транспортно-заготівельні витрати (матеріаломісткі галузі, висока питома вага витрат на транспортування), амортизаційні відрахування (фондомісткі виробництва). Головна вимога – визначений для певної галузі перелік статей повинен виділяти витрати, які прямо пов'язані з технологією виробництва окремих видів продукції і можуть прямо включатися у собівартість (підприємство не може доповнювати його комплексними, непрямими статтями).

Класифікація витрат на прямі та непрямі залежить від характеру об'єкта калькулювання, собівартість якого необхідно обчислити, виду продукції (робіт, послуг), виду діяльності.

**Прямі витрати** – це витрати, які в момент їх виникнення можуть бути безпосередньо віднесені на об'єкт калькулювання (на базі первинної документації). Чим більша питома вага прямих витрат у собівартості конкретного об'єкта калькулювання, тим точніші розрахунки собівартості.

**Непрямі витрати** не можуть бути віднесені прямо на об'єкт калькулювання для включення у собівартість. Вони, насамперед, формуються на певному рахунку і потім розрахунковим шляхом відносяться до собівартості окремих об'єктів – видів продукції, робіт, послуг. До непрямих витрат відносять витрати, пов'язані з виробництвом декількох видів продукції: витрати на отримання та експлуатацію обладнання, загальногосподарські витрати. Таке віднесення є умовним. Характер витрат визначається специфікою виробництва, але він і коригується специфікою виробництва. Для прикладу візьмемо амортизацію обладнання в підприємстві легкої промисловості. Якщо на певному обладнанні випускається один вид продукції, то для цього об'єкта калькулювання – це прямий вид витрат. У разі комплексного випуску продукції різних видів –

це непрямі витрати, оскільки неможливо визначити, до якого виду продукції і в якому обсязі ці витрати відносяться.

Залежно від *ступеня впливу обсягів виробництва* на рівень витрат останні поділяються на умовно-змінні та умовно-постійні. **Умовно-постійні** – це витрати, що змінюються із зростанням чи зменшенням, зниженням обсягів діяльності. Традиційно до перших відносять витрати на утримання будівель, споруд, управління виробничою діяльністю цехів, витрати на забезпечення господарських потреб виробництва. До **умовно-змінних** відносять витрати на оплату праці робітників, зайнятих у процесі виробництва, інші витрати.

Треба зазначити, що ця класифікація закріплена в нормативних документах, існує в теорії обміну й аналізу, але широкого практичного застосування на підприємствах не набула. У практиці економічно розвинутих країн ця класифікація є інформаційною базою для проведення економічного аналізу співвідношення параметрів обсягів виробництва, собівартості та ціни (виручки від реалізації).

Теорія управлінського (виробничого) обміну розробила докладну класифікацію витрат на змінні та сталі.

У зарубіжному виробничому обміні до постійних витрат відносять витрати, обсяг яких не змінюється із збільшенням (чи зменшенням) рівня навантаження виробничих потужностей чи обсягів діяльності: нарахована за період амортизації основного капіталу орендна плата, відсотки на запозичений капітал, окремі види заробітку керівників фірми.

До змінних відносять витрати, обсяг яких змінюється залежно від рівня навантаження виробничих потужностей (обсягів діяльності). До них відносять витрати на сировину, матеріали, технологічні витрати енергії.

Є також велика група витрат змішаного типу – напівзмінних, напівсталих. Зміна цих витрат характеризується рівнянням:

$$y = a_0 + ax, \quad (5.1)$$

де  $y$  – обсяг витрат;

$x$  – обсяг виробництва;

$a_0$  – частка постійних витрат;

$a$  – обсяг змінних витрат на одиницю обсягу виробництва, %.

При  $a = 0$  маємо постійні витрати. Змінні витрати залежно від ступеня реагування на зміну обсягів діяльності можуть бути: дигресивними (коефіцієнт реагування змінюється від 0 до 1) та прогресивними (коефіцієнт більше 1).

Змішані статті витрат, які носять напівзмінний характер, аналізують після розподілення витрат на постійну та змінні частки. Для розподілення витрат застосовують методи найвищої і найнижчої точки, метод найменших квадратів та інші.

Теорія класифікації допускає умовність поділу витрат на постійні та змінні, стверджуючи, що характер поведінки витрат залежить від відповідної виробничої ситуації, в якій приймається рішення. Тому підприємство самостійно повинно аналізувати та визначати характер своїх поточних витрат.

Для визначення характеру витрат може бути застосовано коефіцієнт реагування витрат ( $K_{pe}$ ):

$$K_{pe} = \% \text{ зміни витрат} / \% \text{ зміни обсягів навантаження}. \quad (5.2)$$

Практичний інтерес для підприємства має поділ витрат за критерієм доцільності їх здійснення. Неefективні витрати підприємство може мати не тільки як результат недоцільної виробничої діяльності (брак, значні відходи), але і як результат нерозподілення виробничих ресурсів, що передбачаються для виробництва. Так, якщо підприємство придбало обладнання для виробництва, і його потужність використовується на 60%, то частина витрат на утримання та експлуатацію обладнання буде нераціональною.

Важлива класифікаційна ознака – місце виникнення витрат. **Місце виникнення витрат** – це структурні одиниці та підрозділи, в яких здійснюється первинне споживання виробничих ресурсів. Це робочі місця, бригади, цехи, дільниці, служби (вони характеризуються схожістю функцій, виробничих операцій, організацією праці).

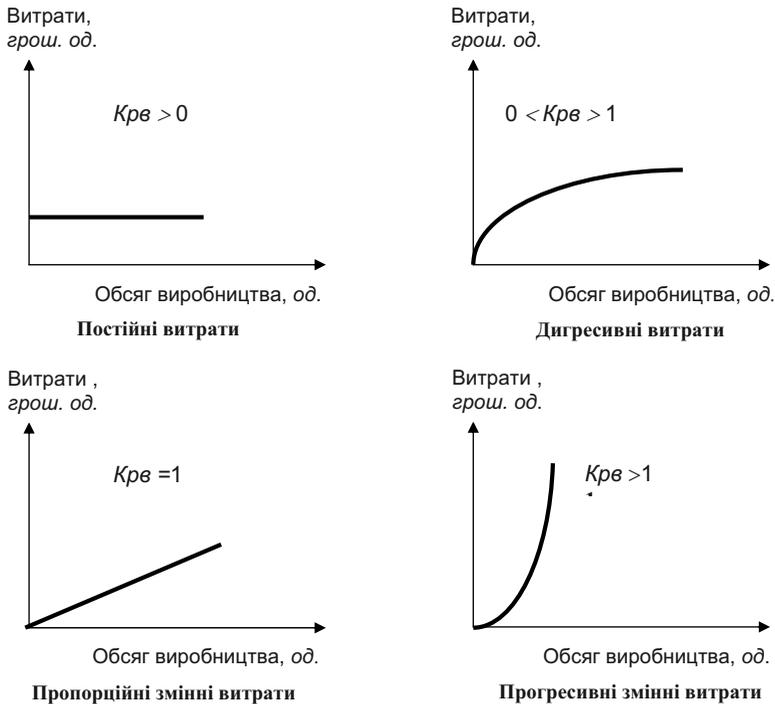
Розрізняють центри виникнення витрат за виробами (місця, де цілком чи частково виробляють продукцію) та центри витрат за послугами, які обслуговують центри витрат за виробами. Групування витрат за місцями виникнення дозволяє деталізувати облік витрат, здійснювати контроль за витратами та збільшити точність калькулювання (при віднесенні витрат на конкретний виріб на-

самперед визначають витрати за місцем виникнення, а потім відносять на виріб).

В управлінському обліку виділяють також «центри відповідальності». Центр відповідальності – це структурний елемент підприємства, в рамках якого менеджер несе відповідальність за доцільність здійснених витрат.

Адміністрація підприємства самостійно вирішує, в яких аспектах класифікувати витрати, наскільки деталізувати місця виникнення витрат та як їх пов'язати із центрами відповідальності.

Всі витрати підприємства за періодами здійснення поділяються на поточні та одноразові. Поточні витрати – це звичайні витрати, періодичність яких становить менше місяця. Одноразові – це витрати, періодичність виникнення яких перевищує місячний термін.



*Рис. 5.1. Графічне відображення сталих та змінних витрат*

За характером зв'язку витрат з процесом виробництва виділяють основні витрати та витрати по управлінню виробництвом (накладні витрати).

*Основні витрати* безпосередньо пов'язані з процесом виготовлення тих чи інших видів продукції: витрати сировини, матеріалів, заробітна плата виробничого персоналу та інші.

Витрати, що виникають у зв'язку з необхідністю обслуговування виробничого процесу на підприємстві та управління ним, є *витратами по управлінню виробництвом*. До них відносяться витрати на утримання цехової, заводської адміністрації, конторські витрати та інші. Треба звернути увагу на те, що у практиці роботи непрямі витрати часто ототожнюють з накладними витратами, але це є помилкою, оскільки то зовсім інша класифікація.

Склад витрат, які включаються у собівартість, не є незмінними. Підприємства мають право самостійно дещо змінювати з різних практичних міркувань. Загальна вимога – витрати за економічною суттю повинні дійсно відноситися до витрат на виробництво продукції.

Крім класифікації витрат, на промислових підприємствах широко застосовується поділ собівартості на два види: індивідуальна та загальна.

Під **індивідуальною собівартістю** розуміють суму витрат на виготовлення певного виду продукції.

Під **загальною собівартістю** розуміють сукупні витрати на виробництво та реалізацію цієї продукції.

Загальну собівартість класифікують за двома ознаками:

1) **залежно від стадії формування**:

- *цехова* – витрати всіх цехів підприємства;
- *виробнича* – включає цехову собівартість плюс загальновиробничі витрати;
- *повна* – включає виробничу плюс позавиробничі витрати (витрати збуту та на наукові дослідження);

2) **за способом розрахунку та сферою використання в управлінні виробництвом**:

- *нормативна* – розраховується за поточними, тобто діючим на початок звітного періоду нормами використання ресурсів;
- *планова* – розрахована на основі планових норм та нормативів;

– *фактична* – відображає витрати, що склалися у звітному періоді, на виробництво та збут продукції.

## 5.2. Показники собівартості виробництва

В економічній роботі підприємства обчислюються декілька показників собівартості, основними з яких є:

– абсолютні показники собівартості, які від ступеня закінченості процесу виготовлення продукції поділяються на собівартість валової, товарної, реалізованої продукції;

– відносні показники собівартості: собівартість одиниці продукції, собівартість на 1 гривню реалізованої продукції.

Показник собівартості валової продукції застосовується для внутрішніх потреб підприємства. Він доцільний для підприємств, що мають значні коливання залишків незавершеного виробництва. Для визначення цього показника із загальної суми витрат виділяють витрати на роботи (послуги), що не включаються до складу валової продукції (будівельно-монтажні роботи капітального характеру, послуги транспорту для сторонніх підприємств та ін.). Визначений обсяг коригується на зміну залишків майбутнього періоду та залишків майбутніх платежів (підготовчі роботи сезонного характеру тощо).

$$C_{ВП} = B_{ЗАГ} - B_{ПВС} \pm \Delta Z_{ВМП} + \Delta Z_{РМП}, \quad (5.3)$$

де  $C_{ВП}$  – собівартість валової продукції;

$B_{ЗАГ}$  – загальна сума витрат підприємства;

$B_{ПВС}$  – витрати, що не включаються до складу валової продукції;

$\Delta Z_{ВМП}$  – приріст (віднімається), зменшення (додається) витрат майбутнього періоду;

$\Delta Z_{РМП}$  – приріст (зменшення) резерву майбутніх платежів.

На підприємствах, де відсутній облік та планування залишків незавершеного виробництва, собівартість валової продукції дорівнює виробничій собівартості товарної продукції.

Для визначення виробничої собівартості товарної продукції сума витрат на виробництво валової продукції коригується на зміну залишків незавершеного виробництва.

$$C_{ТП} = НЗВ_{Н} - C_{ВП} - НЗВ_{К} - В, \quad (5.4)$$

де  $C_{ТП}$  – виробнича собівартість товарної продукції;

$НЗВ_{Н}$  – собівартість залишків незавершеного виробництва на початок та кінець періоду;  $НЗВК$ ;

$V$  – відходи (в окремих галузях виробництва).

Повна собівартість товарної продукції визначається додаванням до виробничої собівартості позавиробничих (комерційних) витрат.

$$PC_{ПС} = C_{ТП} + B_{К}, \quad (5.5)$$

де  $PC_{ПС}$  – повна собівартість товарної продукції;

$B_{К}$  – витрати позавиробничі (комерційні).

До комерційних витрат відносять: витрати на доставку продукції до пункту, обумовленого договором; навантаження у транспортні засоби; оплату послуг транспортно-експедиційних контор, товарно-комісійні, факторингові послуги, витрати на рекламу та ін.

Повна собівартість товарної продукції, крім визначеного методу, може бути обчислена й іншим шляхом:

– як сума калькуляцій всіх видів виробленої продукції та їх товарного випуску;

– як розрахунок зміни повної товарної собівартості товарної продукції за техніко-економічними факторами.

Для визначення повної собівартості реалізованої продукції собівартість товарної продукції коригується на залишки нереалізованої товарної продукції.

$$C_{Р} = PC \pm \Delta C_{НТП} + \Delta C_{ВП} \quad (5.6)$$

де  $C_{Р}$  – собівартість реалізованої продукції;

$\Delta C_{НТП}$  – приріст (віднімається) чи зменшення (додається) залишків товарної нереалізованої продукції – залишки на складі готової продукції;

$\Delta C_{ВП}$  – приріст (зменшення) залишків відвантаженої продукції, яка не перейшла у власність покупця.

Вихідним (базовим) показником для всіх підприємств є собівартість одиниці продукції (робіт, послуг), яка обчислюється діленням повної собівартості товарної продукції на кількість одиниць виготовленого виду продукції.

$$C_0 = \Sigma B_0 \quad (5.7)$$

де  $C_0$  – середні витрати на одиницю продукції;  
 $\Sigma B_0$  – собівартість певного виду продукції.

Іншим важливим показником собівартості є такий показник, як собівартість витрат на одну гривню товарної реалізованої продукції. Загальний принцип визначення цього показника такий:

$$C_{опт} = \Sigma B_0 \cdot q_i / \Sigma P \cdot q_i \quad (5.8)$$

де  $C_{опт}$  – витрати на одну гривню товарної продукції;  
 $P$  – ціна одиниці продукції;  
 $q_i$  – кількість одиниць продукції кожного виду.

Витрати на одиницю товарної продукції є узагальнюючим, синтезуючим показником, який характеризує середню величину витрат по всьому асортименту продукції. На нього впливають як структура, так і рівень виробництва. Поліпшити цей показник можна шляхом зниження собівартості або підбором більш вигідного асортименту.

У сучасних умовах фінансовий стан та загальний успіх підприємства у конкурентній боротьбі значною мірою залежить від його можливості підтримувати витрати на рівні не вище середньогалузевого та забезпечувати їх поступове зниження.

Можливості зниження витрат виробництва розглядаються та досліджуються за двома напрямками: за джерелами та за факторами.

Як *джерела* розуміють витрати, за рахунок яких можуть бути знижені витрати. Основними джерелами зниження витрат є :

- зниження витрат сировини, матеріалів, палива, енергії на одиницю продукції;
- зниження розміру амортизаційних відрахувань на одиницю виробу;
- зниження витрат заробітної плати на одиницю продукції;
- зниження накладних (управлінських) витрат;
- ліквідація непродуктивних витрат.

Під *факторами* розуміють технічні, економічні та організаційні причини у виробничо-господарській діяльності підприємства, наслідком яких є зміна абсолютного обсягу чи рівня витрат на виробництво одиниці продукції. За допомогою економічних роз-

рахунків визначається кількісна оцінка впливу різних факторів на зміни рівня витрат.

Чинники, що впливають на собівартість продукції, поділяють на зовнішні (позавиробничі) та внутрішньовиробничі. Основні чинники, що впливають на зміну собівартості, наведено на рис. 5.2.

До *позавиробничих* факторів належать ті, що не залежать від якості роботи певного підприємства: ціни на матеріальні ресурси, транспортні тарифи, відрахування, податки, мита, відсотки за кредитами та ін. Підприємству слід врахувати вплив позавиробничих факторів. Хоч впливати на їх величину воно не в змозі.

Основними *внутрішньовиробничими* чинниками зниження собівартості продукції є такі:

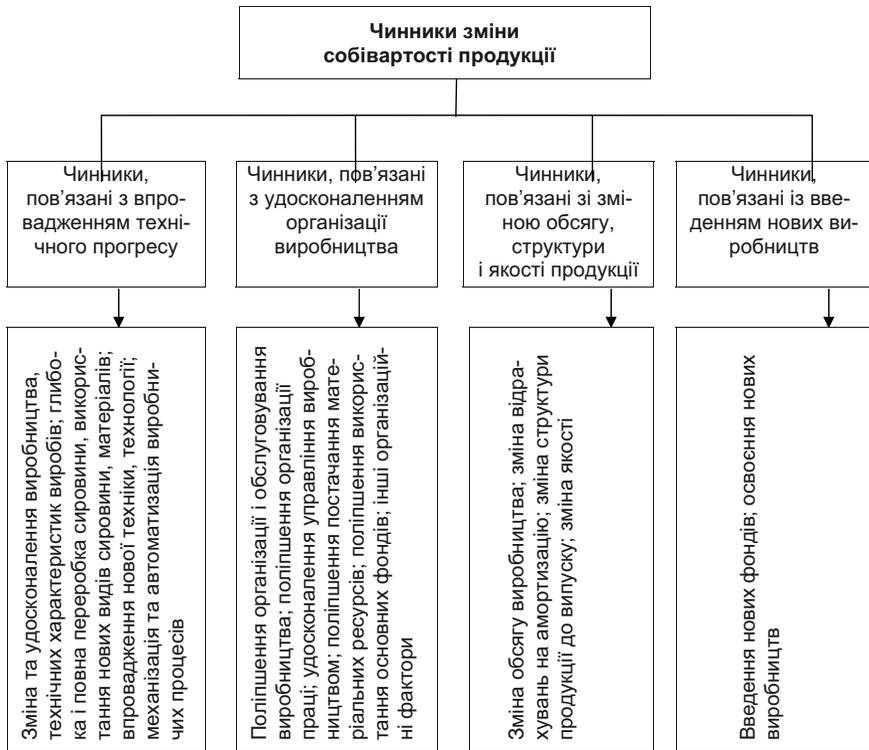
- підвищення технічного рівня виробництва: впровадження нової техніки та прогресивної технології, механізація та автоматизація виробничих процесів, поліпшення використання та застосування нових видів сировини, матеріалів, зміна технічних характеристик виробів тощо;

- удосконалення організації виробництва та праці: розвиток спеціалізації виробництва, поліпшення обслуговування виробництва, удосконалення управління, поліпшення матеріально-технічного забезпечення та використання матеріальних ресурсів, зниження витрат на транспортування, ліквідація непродуктивних витрат;

- зміна обсягів та структури продукції: відносне зменшення умовно постійних витрат; відносна зміна амортизаційних відрахувань; зміна асортименту та якості продукції;

- поліпшення використання природних ресурсів;

- розвиток виробництва: підготовка та освоєння виробництва.



*Рис. 5.2. Основні чинники зміни собівартості*

На підприємстві перелік факторів змінюється та доповнюється з урахуванням специфіки й умов виробництва.

Використання всіх джерел і факторів зниження витрат виробництва передбачається програмою підвищення ефективності виробництва. У ній відображаються резерви зниження собівартості. Суму економії, яка має бути одержана в результаті впровадження заходів, включають до планової собівартості.

### 5.3. Мета процесу керування собівартістю продукції

Головною метою керування собівартістю продукції є підвищення ефективності процесу виробництва. Будучи однією з найважливіших складових частин процесу управління підприємством, керування собівартістю продукції спрямоване на вирішення таких завдань:

- організація контролю за перебігом господарської діяльності підприємства;
- виявлення тенденцій у зміні розміру та структури собівартості продукції, й оцінка впливу окремих факторів на рівень собівартості продукції та витрат обігу;
- визначення резервів економії та шляхів підвищення ефективності витрат виробництва та обігу;
- обґрунтування розміру собівартості продукції на планований період;
- підготовка інформаційної бази для прийняття управлінських рішень у сфері калькулювання цін та формування виробничої програми.

Управління собівартістю продукції є досить важливим і відповідальним процесом, який складається з п'яти елементів.

**До цих елементів належать:**

1. **Організація обліку витрат виробництва та обігу.** На підприємствах здійснюється облік за економічними елементами витрат, за об'єктами калькуляції, за місцями виникнення витрат та центром відповідальності. Основна мета організації обліку полягає у створенні інформаційної бази для здійснення аналізу собівартості та прийняття управлінських рішень.

2. **Аналіз собівартості продукції.** Здійснюється з метою визначення ступеня раціональності витрат та оцінки впливу факторів на обсяг собівартості продукції. Він також є інструментом пошуку резервів економії витрат виробництва та обігу.

3. **Нормування витрат матеріальних і трудових ресурсів.** Цей елемент процесу управління собівартістю продукції є також елементом процесу управління матеріально-технічним постачанням та управління трудовими ресурсами.

4. **Планування собівартості продукції.** Здійснюється з метою визначення планової собівартості окремих виробів та планової собівартості валової та товарної продукції.

5. **Визначення шляхів та розробка заходів щодо зменшення собівартості та підвищення ефективності витрат виробництва й обігу.**

Усі елементи процесу управління собівартістю продукції тісно пов'язані між собою і утворюють відповідну систему управління.

**Аналіз поточних витрат.** Розробка плану по собівартості базується на всебічному аналізі собівартості, який здійснюється одночасно із комплексним техніко-економічним аналізом роботи підприємства, а саме: вивченням рівня організації виробництва та праці, стану техніки, використання виробничих потужностей і матеріальних ресурсів, структури та якості продукції.

Мета аналізу собівартості продукції полягає в інформаційному забезпеченні і всебічній оцінці досягнутих результатів (формування витрат), обґрунтуванні управлінських рішень на перспективний період.

Аналіз включає такі складові: визначення відхилень від плану, встановлення причин, які спричинили ці відхилення, розподіл відповідальності та пошук резервів можливого зниження витрат та недоцільних перевитрат.

Як уже зазначалося вище, у господарській практиці підприємств застосовують такі показники собівартості, як повна собівартість товарної (реалізованої) продукції і витрати на одну гривню товарної (реалізованої) продукції, собівартість одиниці виробів. Виходячи з цих показників, практикою сформовані такі основні етапи (напрями) аналізу собівартості продукції:

I етап – загальний аналіз собівартості продукції;

II етап – аналіз виконання кошторису витрат на виробництво продукції;

III етап – аналіз витрат на 1 грн. товарної продукції;

IV етап – аналіз собівартості продукції за калькуляційними статтями витрат;

V етап – аналіз нормативної бази формування витрат на виробництві;

VI етап – аналіз собівартості продукції на рівні структурних підрозділів підприємства;

VII етап – загальний аналіз кінцевих результатів зміни собівартості продукції.

Інформаційна база здійснення аналітичних розрахунків містить:

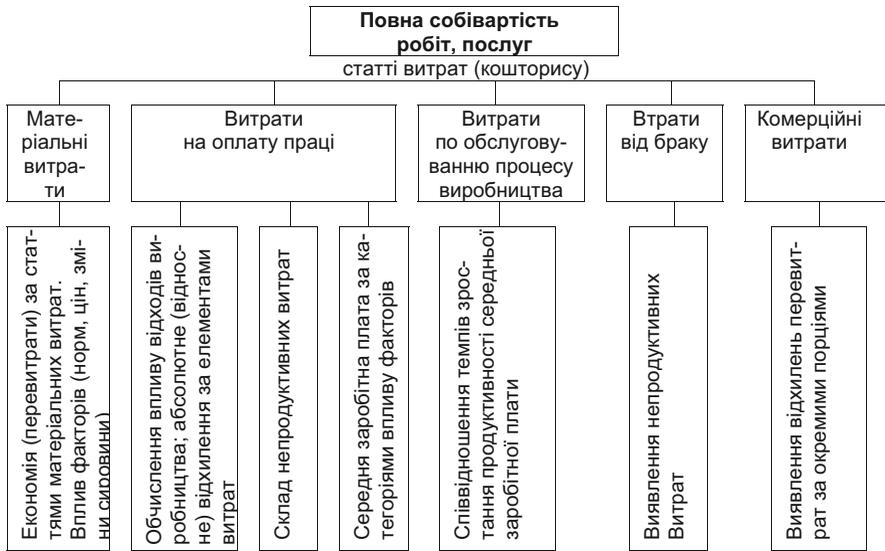
- кошториси витрат на виробництво продукції;
- норми і нормативи споживання матеріальних, трудових та інших ресурсів;
- первинні документи про випуск та використання матеріалів, облік виробітку і заробітної плати, зміни норм та відхилень від них тощо;
- дані оперативного, бухгалтерського і статистичного обліку;
- матеріали обстежень, перевірок, нарад, конструкторської і технологічної документації.

Періодичність і глибину дослідження підприємство встановлює самостійно, виходячи з часу виробничого циклу, потреб оперативного управління витратами тощо.

Розглянемо сутність етапів аналізу витрат виробництва.

**I етап.** Узагальнюючий аналіз витрат. Цей етап передбачає оцінку змін у обсязі витрат, які відбулися порівняно з попередніми аналітичними періодами. Визначається абсолютне відхилення в цілому обсязі, темпи зростання окремих показників собівартості.

**II етап.** Аналіз повної собівартості продукції (робіт, послуг) здійснюється за статтями витрат кошторису. Найбільш важливими з них є: матеріальні витрати, витрати на оплату праці, витрати щодо управління та обслуговування виробництва, втрати від браку, комерційні витрати. Загальна схема цього етапу аналізу зображена на рис. 5.3.



*Рис.5.3. Схема аналізу повної собівартості продукції (робіт, послуг)*

Аналіз матеріальних витрат передбачає виявлення економії чи перевитрат за статтями витрат (сировина, матеріали, паливо, електроенергія тощо) та розгляд факторів, що вплинули на відхилення від планової (нормативної) величини, а саме: цін на матеріальні ресурси; якості придбаної сировини (матеріалів); виконання норм витрат (мають бути встановлені реальні для рівня виробництва даного підприємства); обсягів відходів виробництва. У процесі аналізу визначаються абсолютні відхилення та відносні показники (%).

Витрати на оплату праці аналізують за їх складовими елементами, підраховуючи абсолютне та відносне відхилення, здійснюючи пошук неефективних виплат. Важливим моментом аналізу є визначення, дослідження динаміки середньої заробітної плати по структурних підрозділах і в цілому та по категоріях промислововиробничого персоналу зокрема. Підприємство має підтримувати певне співвідношення темпів зростання середньої заробітної плати, продуктивності праці, обсягів виробництва, стежити за їх доцільною пропорцією.

Комерційні витрати та втрати від браку аналізують з метою пошуку непродуктивних витрат та невиправданих витрат.

На **III етапі** здійснюють аналіз узагальнюючих показників витрат виробництва на одну гривню товарної продукції та реалізованої продукції. Загальна схема аналізу цього етапу відображена на рис. 5.4.



*Рис.5.4. Аналіз витрат на 1 гривню товарної продукції*

Аналіз витрат на одну гривню товарної продукції на підприємстві здійснюють у динаміці: обчислюють абсолютне та відносне відхилення цього показника та оцінюють вплив окремих факторів: структурних зрушень у складі продукції, зміни цін на матеріальні ресурси, цін на продукцію підприємства.

Витрати на одну гривню реалізованої продукції здійснюють аналогічним чином, доповнюючи аналізом витрат за елементами витрат. Для цього досліджують показники амортизаційної місткості продукції, зарплатоємність та інші (схему аналізу відображено на рис. 5.5). На кожний із наведених показників впливають фактори, які обчислюють і розглядають можливі резерви зменшення витрат.



*Рис. 5.5 Фактори, що впливають на 1 грн. товарної продукції*

**На IV етапі** аналізують собівартість продукції за калькуляційними статтями. Важливим моментом цього етапу є не тільки аналіз динаміки витрат взагалі та по окремих статтях, а й дослідження відхилень по статтях від стандартів (нормативної калькуляції), вивчення причин відхилень.

Матеріали цього етапу використовуються **на V етапі** аналізу нормативної бази формування витрат.

**VI етап.** Аналіз собівартості продукції на рівні структурних підрозділів підприємства залежить від обсягів, організаційної структури підприємства, технології виробництва. Витрати аналізують за повною собівартістю на одну гривню товарної продукції.

**На останньому етапі** підбивають підсумки чи розраховують вплив техніко-економічних факторів на зниження собівартості, узагальнюють аналітичні матеріали структурних підрозділів та кінцеві фінансові результати зміни собівартості продукції.

## 5.4. Планування собівартості продукції

План по собівартості продукції складається відповідно до інших розділів плану, розрахунки за якими передують його розробці (план виробництва та реалізації продукції, план з праці).

Планування собівартості продукції є складним процесом, загальну схему якого зображено на рис. 5.6.

Процес планування собівартості продукції поділяється три етапи:

1. Розробка планових калькуляцій окремих виробів та зведеної планової калькуляції товарної продукції.

2. Складання кошторису витрат на виробництво та визначення собівартості валової і товарної продукції.

3. Складання контрольної відомості (зведення витрат на виробництво).

Під калькуляцією тут розуміють визначення собівартості одиниці продукції за статтями видатків.

Для калькулювання необхідно здійснити вибір калькуляційної одиниці. Калькуляційна одиниця являє собою одиницю виміру обсягу виробництва продукції, на яку складають калькуляцію.



Рис. 5.6. Загальна схема планування собівартості продукції

Калькулювання дозволяє:

– отримати базу ціноутворення, якою є собівартість одиниці продукції;

– розрахувати собівартість товарної продукції на основі плану випуску продукції та собівартості одиниці продукції.

Наступним етапом процесу планування та інструментом визначення загального обсягу витрат підприємства є складання кошторису витрат на виробництво. При складанні кошторису визначаються витрати не тільки на виробництво товарної та валової продукції, а також і витрати, що не входять до складу валової продукції. До таких витрат належать витрати на освоєння нової продукції, капітальне будівництво для свого підприємства та деякі інші.

Розрахунок кошторису здійснюється за економічними елементами витрат. Матеріальні витрати плануються на основі норм витрачання сировини та матеріалів. Витрати на оплату праці визначаються на основі плану по праці. Амортизація обчислюється за встановленими згідно із законодавством нормами. Відрахування на соціальні потреби обчислюються на основі встановлених норм від витрат на оплату праці.

Інші витрати плануються залежно від їх складу за нормами, ставками та із застосуванням інших методів.

До кошторису витрат не включається вартість продукції власного виробництва, яка споживається на підприємстві, тобто вона включається у внутрішній заводський обіг.

Основним методом складання кошторису на виробництві є метод цехових кошторисів, при застосуванні яких відбувається послідовне складання кошторисів цехових витрат по основних та допоміжних цехах, кошторису загальнозаводських витрат, кошторису позавиробничих витрат.

Таблиця 5.2

## Економічні елементи витрат (грош. од.)

Статті калькуляції	Економічні елементи витрат					Разом
	Матеріальні витрати	Витрати на оплату праці	Відрахування на соціальні витрати	Амортизація основних фондів	Інші витрати	
1. Сировина та матеріали	100					100
2. Покупні, комплектуючі, напівфабрикати, роботи, послуги	80					80
3. Паливо та енергія на технологічні цілі	20					20
4. Основна заробітна плата		90				90
5. Додаткова заробітна плата		50				50
6. Відрахування на соціальне страхування			70			70
7. Знос інструментів, пристосувань				10		10
8. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування				20		20
9. Загальногосподарські витрати виробництва		20	10		5	35
10. Інші витрати					60	60
РАЗОМ	200	160	80	30	65	535

При розрахунку кошторисів виділяють дві групи витрат:

– витрати на виробничу програму з виділенням витрат на зміну залишків незавершеного виробництва;

– витрати, пов'язані з виконанням робіт та послуг, які не включаються до складу валової продукції.

Таким чином, визначаються розмір загальної собівартості товарної та валової продукції, а також обсяг повних витрат підприємства.

На останньому етапі планування складається контрольна відомість (зведення витрат на виробництво), що дозволяє пов'язати собівартість товарної продукції, розраховану за елементами витрат та за статтями калькуляції. Приклад контрольної відомості наведено у табл. 5.2.

### **5.5. Методичні підходи до визначення собівартості продукції**

Важливою складовою процесу планування собівартості продукції є калькулювання, що являє собою обчислення собівартості окремих виробів. Калькулювання на підприємстві здійснюється з метою:

- знання достовірної величини витрат на одиницю продукції;
- контролю рентабельності виробництва окремих видів продукції;
- визначення ефективності конструкторських, організаційних, технологічних умов виготовлення продукції;
- забезпечення порівнянності калькуляцій продукції для порівняльного аналізу.

У процесі калькулювання вирішуються питання:

- встановлення об'єкта калькулювання;
- вибір калькуляційних одиниць;
- визначення калькуляційних статей та конкретизація методів обчислення за статтями.

Об'єктом калькулювання (фактичну собівартість якого необхідно обчислити) є продукт виробництва підприємства, його підрозділів, технологічних фаз.

Процес калькулювання включає в себе роботи по розрахунку собівартості:

- продукції (робіт, послуг) основного виробництва;
- продукції, робіт допоміжного виробництва, що споживаються основним виробництвом;
- напівфабрикатів підрозділів основного виробництва;
- продукції структурних підрозділів підприємства для визначення результатів їх діяльності;
- усього товарного випуску продукції.

Головний об'єкт калькулювання – одиниця готового виробу, що постачається за межі підприємства.

Для кожного об'єкта калькулювання обирається відповідна калькуляційна одиниця (штуки, маса тощо). Калькуляційна одиниця має відповідати одиниці виміру обсягу виробництва продукції у натуральному виразі.

Розрізняють планові, звітні, нормативні калькуляції. Різновидами планових калькуляцій є нормативні та проектно-кошторисні.

*Планова калькуляція* розробляється як завдання (прогноз) по собівартості кожного виробу на плановий період. До планової калькуляції не входять непродуктивні витрати.

*Нормативна калькуляція* розробляється на всі види продукції підприємства на базі конструкторської, технологічної документації, чинних на підприємстві норм витрат матеріальних ресурсів, коопераційних розрахунків, трудових витрат та є основою для планування собівартості продукції, обліку виробничих витрат, здійснення оперативного контролю. Нормативна собівартість застосовується також для оцінки браку, залишків незавершеного виробництва, обчислення обсягу трудомісткості та матеріаломісткості виробництва за певний період, а також для розрахунку цін.

*Проектно-кошторисна калькуляція* складається на разові замовлення.

*Звітна калькуляція* відображає фактичні витрати на виробництво та реалізацію продукції, у тому числі й непродуктивні витрати.

Планові калькуляції розробляються на рік (з розподілом по кварталах). Для підприємств із сезонним характером виробництва встановлюється відповідний період.

Планова калькуляція може розроблятися на одиницю продукції, на всю групу виробів (однорідні вироби із модифікаціями) чи щодо типових представників продукції. У ній наводяться справжня оптова ціна на продукцію, сума прибутку, відсоток ставки та сума акцизного збору, податок на додану вартість, відпускна ціна.

У процесі розробки планової калькуляції визначається обсяг прямих і непрямих витрат на виробництво та збут одиниці продукції. Чим більше прямих витрат, тим точніші розрахунки.

Формування собівартості продукції вимагає єдиних засад, які регламентують такі документи:

– Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робот, послуг) у промисловості, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 1996 р. № 473 (надалі Типове положення);

– Стандарт бухгалтерського обліку 16 «Витрати», затверджений наказом Міністерства фінансів України від 31 грудня 1999 р. № 318;

– Стандарт бухгалтерського обліку 3 «Звіт про фінансові результати», затверджений наказом Мінфіну України від 31 березня 1999 р. № 87;

– Стандарт бухгалтерського обліку 9 «Запаси», затверджений наказом Мінфіну України від 20 жовтня 1999 р. № 246.

Обсяг собівартості впливає на обсяг прибутку. Тому, з метою встановлення порядку визначення прибутку як бази оподаткування, держава регламентує склад витрат, що відносяться на собівартість, згідно із Законом «Про оподаткування прибутку підприємств» (у редакції від 22 травня 1997 р. № 283/97–ВР).

Зміни у податковому законодавстві, що відбулися у 1997 році, призвели до появи поняття валові витрати. Склад валових витрат регулюється законодавством з метою визначення оподаткованого прибутку. Відмінність між валовими витратами та собівартістю полягає в тому, що валові витрати характеризують витрати підприємства, пов'язані з усіма видами його діяльності, а собівартість – з виробничою діяльністю. Таким чином, поява поняття валових витрат не відмінює поняття собівартості та необхідність її визначення.

Склад калькуляційних статей витрат за типовим Положенням та за новими Стандартами бухгалтерського обліку майже не відрізняється. Але є й суттєві різниці. Розглянемо їх.

Перш за все, відрізняються назви калькуляційних статей витрат. Типове положення містить такі їх назви: «Загальногосподарські витрати», «Позавиробничі витрати», «Інші витрати». Згідно з новими Стандартами ті ж самі статті витрат мають назви: «Адміністративні витрати», «Витрати на збут» та «Інші операційні витрати». Надалі ми будемо користуватися останню термінологію.

Типове положення визначає, що до складу виробничої собівартості не включено статті «Позавиробничі витрати» та «Інші витрати», які віднесено до повної собівартості (рис. 5.7).



*Рис. 5.7. Склад повної собівартості продукції відповідно до Типового положення*

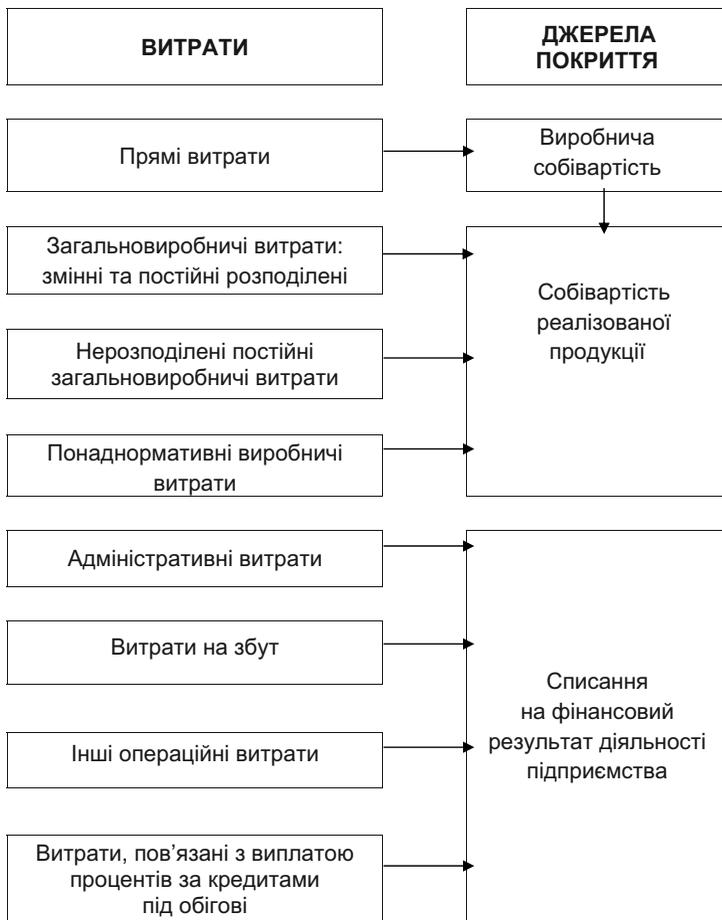
Відповідно до сучасних стандартів бухгалтерського обліку витрати, залежно від джерела покриття, підрозділяються на такі, що (рис. 5.8):

- включаються у виробничу собівартість;
- включаються у собівартість реалізації або реалізованої продукції;
- відшкодовуються за рахунок фінансового результату.

У складі витрат за Стандартами бухгалтерського обліку існують такі відмінності від складу за Типовим положенням:

- у виробничу собівартість не включено адміністративні витрати;
- загальновиробничі витрати розділено на змінні та постійні; постійні загальновиробничі витрати, у свою чергу, розділено на розподілені й нерозподілені. Остання класифікація пов’язана із введенням поняття нормальної виробничої потужності. Нормальна виробнича потужність – це очікуваний середній (плановий) обсяг діяльності, який може бути досягнуто в умовах звичайної діяльності підприємства за декілька років.

У процесі діяльності підприємства фактичні загальновиробничі витрати можуть перебільшувати планові: змінні – за рахунок неточного визначення нормативів, і тоді їх відшкодовують як понаднормативні; постійні – за рахунок неточного їх планування, і якщо фактичний випуск продукції перебільшує нормальну виробничу потужність, то їх відшкодовують як нерозподілені постійні загальновиробничі витрати;



*Рис. 5.8. Формування собівартості продукції відповідно до Стандартів*

– змінні загальновиробничі витрати й розподілені загальновиробничі витрати включено до виробничої собівартості. Нерозподілені постійні загальновиробничі витрати й понаднормативні витрати в період їх виникнення включаються до складу собівартості реалізованої продукції;

– введено поняття собівартості реалізованої продукції. Вона складається з виробничої собівартості продукції, реалізованої за

звітний період; нерозподілених виробничих витрат; понаднормативних виробничих витрат. При плануванні розмір собівартості реалізованої продукції дорівнює розміру виробничої собівартості і планується остання (у той час як фактична собівартість реалізованої продукції може відрізнятись від фактичної виробничої собівартості);

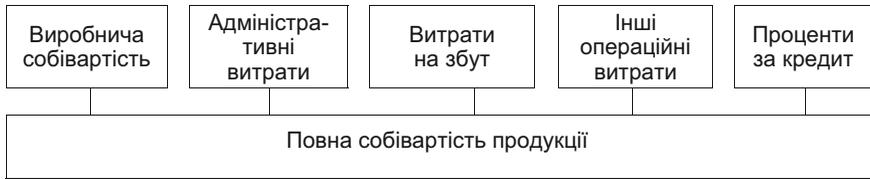
– відсутнє поняття повної собівартості продукції. Адміністративні витрати, витрати на збут та інші операційні витрати відшкодовуються у повному обсязі за рахунок фінансових результатів;

– до виробничої собівартості не включено витрати, пов'язані з використанням запозиченого капіталу. Їх не включено й до складу адміністративних витрат. Ці витрати віднесено до фінансових витрат і вони відшкодовуються за рахунок фінансових результатів;

– не виділено окремо статті «Витрати на підготовку й освоєння виробництва продукції». Ці витрати включено до складу загальновиробничих витрат;

– витрати на гарантійний ремонт включено не до складу «Інших операційних витрат», а до складу статті «Витрати на збут».

Оскільки планування завжди пов'язано з бухгалтерським обліком, у сучасних умовах доцільно при плануванні собівартості продукції адміністративні витрати не включати до виробничої собівартості та склад витрат формувати згідно з Стандартами бухгалтерського обліку. Собівартість реалізації при плануванні визначати не потрібно. Що стосується повної собівартості продукції, то її формування не викликає сумніву. Тому її доцільно планувати як суму виробничої собівартості, адміністративних витрат, витрат на збут, інших операційних витрат та витрат, пов'язаних з виплатою процентів за кредит під обігові кошти (рис.5.9).



*Рис. 5.9. Склад планової собівартості продукції у сучасних умовах*

Відповідно до Закону України «Про оподаткування прибутку підприємств» до складу валових витрат відносяться будь-які витрати, пов'язані з виплатою або нарахуванням відсотків за борговими зобов'язаннями, якщо такі виплати здійснюються у зв'язку з веденням господарської діяльності платника податку. Оскільки нові Стандарти не передбачають включати ці витрати до статті «Адміністративні витрати», то до повної планової собівартості доцільно включити окрему статтю «Відсотки за кредити».

Треба зазначити, що планова калькуляція розробляється відповідно до статей.

Витрати на сировину, матеріали, покупні комплектуючі, напівфабрикати ( $B_{CM}$ ) визначаються на базі технічно визначених норм їх витрат на виробництво та цін на відповідні види матеріальних ресурсів:

$$B_{CM} = \sum_{i=1}^n H_{Pi} \cdot Y_{MI} + B_{TP} - T_B, \quad (5.9)$$

де  $H_{Pi}$  – норма витрат;

$i$  – вид (номенклатура) матеріалів;

$Y_{MI}$  – ціна відповідного виду;

$n$  – кількість видів сировини (матеріалів), необхідних на виробництво;

$B_{TP}$  – транспортно-заготівельні витрати на сировину і матеріали;

$T_B$  – сума відходів (за ціною можливої реалізації).

Витрати на енергію  $B_E$ , що споживається на технологічні цілі, визначаються на базі норм витрат різних видів енергії:

$$B_E = \sum_{i=1}^n H_{Pei} \cdot Y_i \quad (5.10)$$

де  $H_{Pei}$  – норми витрат окремих видів (теплова, електрична);

$i$  – вид енергії;

$Y$  – середня ціна одиниці енергії (може бути внутрішня, розрахункова).

Планові витрати на заробітну плату визначаються з урахуванням трудомісткості робіт, системи оплати праці. За основу беруться нормативні ставки основної заробітної плати, визначені виходячи з переліку робочих місць, норм їх обслуговування, відрядних розцінок, тарифних ставок, посадових окладів та планового обсягу виробництва відповідних видів продукції. Сума додаткової заробітної плати  $Z$  визначається множенням суми основної заробітної плати на середні норми додаткової заробітної плати.

$$Z = \sum_{n=1}^n C \cdot t_i \cdot K_0 \quad (5.11)$$

де  $C$  – годинна тарифна ставка основного робітника  $j$ -го розряду, грн;

$K_0$  – коефіцієнт доплат (чи додаткової заробітної оплати);

$t_i$  – трудомісткість роботи  $i$ -го виду нормо/год;

$n$  – кількість видів робіт, що виконуються у процесі виготовлення.

Величина відрахувань на соціальне страхування визначається згідно із законодавством.

Непрямі витрати відносяться на собівартість окремих видів продукції шляхом розподілу. Розподіл цих витрат здійснюється:

– методом розрахунку кошторисних ставок залежно від часу обробки одного виробу та нормативних витрат за одну годину. Цим методом розділяють витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

– методом пропорційного віднесення непрямих витрат на суму основної заробітної плати робітників, зайнятих у виробництві;

– методом пропорційного віднесення непрямих витрат на суму основної заробітної плати робітників, зайнятих у виробництві

продукції, і витрат на утримання та експлуатацію обладнання. Цим методом розподіляють загальновиробничі та загальногосподарські витрати.

Підприємство може здійснювати розподіл, застосовуючи один чи декілька методів відповідно до специфіки виробництва.

Стаття «Утримання та експлуатація машин та устаткування». На ці витрати складається кошторис по кожному цеху (виробництву) на рік (квартал). На одиницю кожного різновиду продукції витрати визначаються залежно від часу його обробки і нормативних витрат на одиницю часу.

$$B_{\text{veo}} = \sum_{i=1}^n B_{\text{МНГІ}} t_i, \quad (5.12)$$

де  $B_{\text{veo}}$  – витрати на утримання та експлуатацію обладнання;  
 $n$  – кількість машин (технологічних груп машин), на яких обробляється виріб;

$B_{\text{МНГІ}}$  – нормативні витрати на утримання та експлуатацію  $i$ -ої машини за одну годину;

$t_i$  – тривалість обробки виробу на  $i$ -й машині.

Поширеним на підприємстві є розподіл цих витрат пропорційно основній заробітній платі:

$$B_{\text{veo}} = Z_{\text{ПО}} P / 100, \quad (5.13)$$

де  $Z_{\text{ПО}}$  – основна заробітна плата виробничих робітників, що припадає на певний вид виробу;

$P$  – відношення витрат на утримання та експлуатацію машин і устаткування до загальної суми основної заробітної плати виробничих робітників, %.

Цей метод, як і будь-який інший метод розподілу, має свої недоліки: заробітна плата не є точною базою розподілу, не звертається увага на те, на якому саме обладнанні здійснюється обробка, тощо.

Стаття «Витрати на підготовку та освоєння виробництва». Базою розподілу за видами витрат продукції є заробітна плата як показник, що найбільш точно відображає трудомісткість продукції. На підприємстві складають кошторис по цій статті і суму від-

носять до основної заробітної плати з визначенням відсотку витрат від основної заробітної плати.

Статті «Загальновиробничі витрати», «Загальногосподарські витрати» є близькими за змістом і розподіляються у більшості випадків пропорційно основній зарплаті виробничого персоналу (чи пропорційно основній заробітній платі і витратам на утримання та експлуатацію обладнання):

$$B_{36i} = (B_{VEO} + 3П_{ОСП}) P_{3B} / 100 \quad (5.14)$$

де  $B_{36i}$  – загальновиробничі витрати;

$B_{VEO}$  – витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

$3П_{ОСП}$  – основна заробітна плата виробничих робітників;

$P_{3B}$  – відношення загальновиробничих витрат до сукупності витрат на утримання та експлуатацію обладнання і заробітної плати робітників.

$$P_{3B} = \frac{B_{BB}}{B_{VEO} + 3П_{ОСП}} \cdot 100\%. \quad (5.15)$$

Аналогічним чином обчислюються загальногосподарські витрати:

$$B_{3Г} = (B_{VEO} + 3П_{ОСП}) \cdot P_{3B} / 100\%, \quad (5.16)$$

$$P_{3Г} = \frac{B_{3Г}}{B_{VEO} + 3П_{ОСП}} \cdot 100\%, \quad (5.17)$$

де  $B_{3Г}$  – загальногосподарські витрати.

При зміні умов виробництва ці показники переглядаються.

Відтворення зносу інструментів цільового призначення визначається у плановій собівартості окремих виробів на базі прямих розрахунків їх величини.

Інші виробничі та позавиробничі витрати визначаються на основі прямих розрахунків, а та їх частина, яка не може бути визначена прямо, відноситься пропорційно виробничій собівартості продукції.

Якщо виробництво має комплексний характер (з одного боку за результатами єдиного технологічного процесу отримують два та більше різнорідних продуктів) та загальні витрати не можуть бути розподілені між ними, собівартість одиниці продукції визнача-

ється методами: виключення витрат, розподілу витрат, комбінування.

**Метод виключення витрат** застосовується, якщо один із видів продукції є основним, а інший – супутнім. Його суть полягає у тому, що із загальної суми  $\Sigma$  витрат на виробництво віднімається собівартість супутньої продукції, а розрахована величина розглядається як собівартість основного виробництва.

**Метод розподілу витрат** застосовується там, де одночасно виробляють декілька основних видів продукції і відсутня супутня продукція. У цьому випадку загальні витрати розподіляють пропорційно економічно обґрунтованим коефіцієнтам. Вони розраховуються виходячи з норм виходу окремих продуктів із одиниці сировини, співвідношення витрат на обробку, загальних споживчих якостей продуктів тощо.

**Комбінований метод** застосовується у випадках, коли паралельно виробляється декілька основних та супутніх виробів. При цьому об'єднують обидва вищезгадані методи. Собівартість окремих видів продукції визначається таким чином:

- із загальної  $\Sigma$  витрат віднімається собівартість супутньої продукції;

- від визначеної суми віднімається частина витрат, яка може бути віднесена прямо на окремі види продукції;

- залишок розподіляється згідно із визначеними коефіцієнтами.

Традиційний підхід до калькуляції собівартості та обміну витрат полягає в їх розподілі на прямі та непрямі і спрямований на визначення повної собівартості (повних витрат).

Новий, більш ринковий, підхід спрямований на вдосконалення методики прийняття управлінських рішень, формування вміння їх коригувати залежно від зміни ринкової кон'юнктури та інших зовнішніх факторів, в основу якого покладено:

- розподіл витрат на *змінні* та *постійні*;

- визнання головним оціночним показником у цій системі *результату бруто*, який також має назву внеску на покриття. Він розраховується як різниця між виручкою від реалізації та змінними витратами і застосовується для покриття постійних витрат та формування прибутку;

– розгляд як *єдиного цілого* постійних витрат, що не зіставляються з конкретними виробами.

Таким чином, другий підхід характеризується частковим, а не повним обліком собівартості витрат. Значення цього підходу полягає у тому, що він дозволяє:

– спростити облік собівартості, зводячи його до моделювання однієї змінної, а саме змінних витрат від обсягу та структури виробництва;

– досягти гнучкості та простоти при короткострокових розрахунках у сфері ціноутворення за системою, коли ціна дорівнює собівартості за змінними витратами, плюс націнка на покриття постійних витрат та формування прибутку. Недоліком цієї системи є те, що дуже важко розрахувати націнку, до якої входять як витрати, так і прибуток. Поєднання в націнці витрат та прибутку робить цю систему непридатною для прийняття середньо- та довгострокових рішень. Отже ця система ефективна при прийнятті короткострокових управлінських рішень, оскільки дозволяє легко встановлювати нижчий рівень калькульованої відпускної ціни.

## **5.6. Підвищення ефективності витрат підприємства**

Кожне підприємство розробляє свою стратегію підвищення ефективності витрат виходячи з особливостей його функціонування. При цьому можуть бути використані два шляхи підвищення ефективності використання витрат виробництва та обігу.

Перший шлях – це шлях зменшення собівартості за рахунок пошуку та реалізації резервів скорочення витрат. Інструментом пошуку є аналіз собівартості продукції. Підприємство, яке йде цим шляхом, повинно визначати напрями пошуку резервів скорочення витрат виробництва. Загальна схема напрямів пошуку резервів скорочення витрат виробництва зображена на рис. 5.10.

Другий шлях – це шлях оптимізації витрат. Термін оптимізації визначає вибір найліпшого варіанта витрат. Тобто, цей шлях полягає у виборі найкращого варіанта використання наявних ресурсів.



*Рис. 5.10. Загальна схема напрямів пошуку резервів скорочення витрат виробництва*

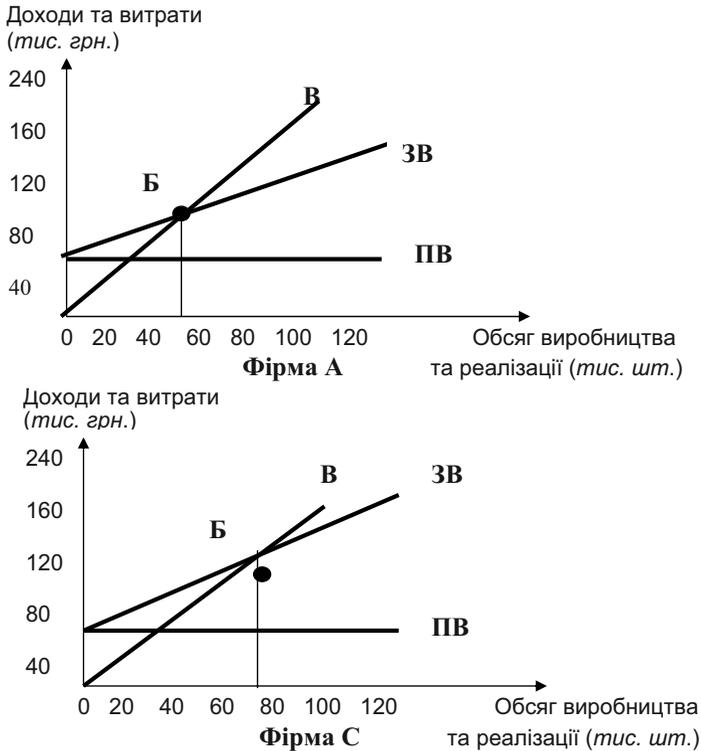
Оптимізація витрат може мати такі форми:

- оптимізація розміру витрат за окремими статтями;
- оптимізація структури витрат.

Прикладом оптимізації розміру витрат за окремою статтею може бути визначення розміру витрат на рекламу. Критерієм оптимізації цих витрат є максимізація приросту реалізації продукції у розрахунку на одиницю витрат на рекламу.

До прикладу оптимізації структури витрат можна віднести визначення оптимального співвідношення постійних та змінних витрат. Про фірми, які мають високі постійні витрати говорять, що вони мають високий рівень операційного левериджу (від англ. leverage – важіль впливу; спосіб, засіб для досягнення мети).

До таких відносяться підприємства з високоавтоматичним виробництвом, які мають великий розмір витрат на амортизацію обладнання та великі витрати на утримання персоналу. Високий рівень операційного левериджу при інших незмінних умовах веде до ефекту, який полягає у тому, що відносно невелика зміна обсягу реалізації веде до великої зміни у прибутку (рис. 5.11).



**Рис. 5.11. Ілюстрація дії операційного визначення:**  
*В* – виручка від реалізації; *ПВ* – постійні витрати; *ЗВ* – загальні витрати;  
*Б* – точки беззбитковості

У той же час таким виробництвам притаманний високий рівень господарського розвитку. Так, щоб досягти точки беззбитковості, їм потрібно досягти більш високого рівня виробництва та

реалізації продукції. При цьому дуже важливо, що лінія змінних витрат у таких фірм буде менш крутою, а різниця між ціною та змінними витратами на одиницю продукції буде більшою, ніж у фірм з меншим розміром операційного левериджу. Оптимізація співвідношення постійних витрат полягає у забезпеченні припустимого рівня ризику стосовно коливань обсягу реалізації продукції та використання ефекту оперативного левериджу (важливо впливу).

### 5.7. Завдання і методи оптимізації технологічних процесів

Оптимізацією в загальному випадку називається отримання якнайкращих результатів у даних умовах. Математично формалізована постановка завдання оптимізації у загальному вигляді найчастіше полягає у знаходженні максимуму деякої функції кінцевого числа дійсних змінних  $x_1, \dots, x_n$  и  $\eta_1, \dots, \eta_m$ .

$$R = f(x_1, \dots, x_n; \eta_1, \dots, \eta_m) \quad (5.18)$$

Звичайно при цьому максимум  $R$  повинен визначатися за умови, що вектор змінних  $x = (x_1 \dots x_n)$  належить певній множині  $n$ -мірного простору, а вектор  $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_m)$  фіксований у даному конкретному випадку, але може змінюватися при зміні ситуації.

Змінну  $R$  називають критерієм оптимізації і вона є кількісною характеристикою одержаних результатів.

Керовані, або варійовані, змінні  $x_1, \dots, x_n$  характеризують умови, на які ми можемо якимсь чином впливати з метою отримання якнайкращих результатів. Некеровані змінні  $\eta_1, \dots, \eta_m$  характеризують умови, на які ми не можемо впливати, і вони визначаються зовнішніми, не залежними від нас чинниками. Зв'язок змінних з критерієм  $R$  виражається наведеною функціональною залежністю.

Розрізняють два класи завдань оптимізації: оптимізація при проектуванні технологічного процесу і оптимізація управління технологічним процесом.

Завданням оптимального проектування є оптимізація даної технологічної схеми або її оптимального в економічному розумінні найкращого вибору. Розв'язання задачі оптимального проекту-

вання ми розглянули раніше, а тут розглянемо тільки завдання оптимального управління.

У розв'язанні задачі оптимального управління можна виділити такі основні етапи:

I – загальна постановка і аналіз завдання оптимізації;

II – визначення критерію оптимізації;

III – вибір керованих змінних і аналіз їх впливу на критерій оптимізації;

IV – облік і аналіз обмежень на змінні процесу;

V – вибір методу розв'язання оптимізаційної задачі.

При цьому передбачається, що діючий технологічний процес досить добре вивчений і математично описаний.

**Перший етап** припускає визначення характеристик реального процесу, взаємозв'язків параметрів управління, вигляду і характеру зміни незалежних дій, умов експлуатації об'єкта при існуючих способах неоптимального управління. Важливе значення тут має визначення альтернативних варіантів управління технологічним процесом.

На **другому етапі** вибору критерію оптимізації визначаються мета, яку переслідують при оптимізації системи управління, і значною мірою результати розв'язання оптимальної задачі. При виборі критерію оптимізації необхідно враховувати взаємозв'язки параметрів процесу, характер зовнішніх дій, структуру і фізико-механічні властивості сировини, що переробляється, тощо.

Істотними питаннями, що виникають на другому етапі, є можливість введення часткових критеріїв оптимізації для окремих блоків і підсистем блоків, їх зв'язок із загальним критерієм оптимізації, і залежні від цього питання підоптимізації. Важливе значення при такому аналізі мають наявність і вид технічних засобів на виробництві, а також орієнтування на використання обчислювальної техніки.

**Третій етап** вимагає ретельного аналізу і виявлення можливого якісного впливу керованих змінних на критерій оптимізації. Тут важливо, з одного боку, врахувати всі істотні для оптимізації змінні, а з іншого – виключити з розгляду змінні, що мало впливають на величину критерію оптимізації, оскільки складність завдання значною мірою визначається числом змінних, за якими проводиться оптимізація.

**Четвертий етап** передбачає вибір і обґрунтування обмежень, що накладаються на змінні процесу, і перш за все на вхідні і вихідні змінні. Так, наприклад, продуктивність апаратів може бути заданою величиною або змінюватись у певному інтервалі; те ж саме стосується складу і якісних показників початкової сировини. Вихідні змінні не повинні перевищувати певних значень температури, тиску, складу тощо. Врахування всіх необхідних обмежень на змінні процесу є обов'язковим, оскільки, з одного боку, за деяких змінних оптимум часто припадає на обмеження, з іншого – важливо за допомогою проведеного аналізу намагатися виключити всі обмеження, які свідомо не досягатимуться в оптимальному режимі.

**П'ятий етап** є математичним завданням знаходження максимуму критерію  $R$  в області зміни керованих змінних, визначуваного обмеженнями системи. Цей етап розв'язання задачі характеризується складністю математичних моделей окремих блоків системи і самої структури системи, значним числом керованих змінних.

Завдання оптимального управління діючим процесом у порівнянні із завданням оптимального проектування має ряд особливостей. При здійсненні технологічного процесу некеровані змінні, як правило, змінюються в часі, що можна врахувати в математичній моделі тільки за допомогою коефіцієнтів, що визначаються за наслідками роботи даної схеми. Тому істотного значення набувають питання про налагодження математичної моделі, яке має виконуватись кожного разу, коли змінюються значення некерованих змінних, якщо ці зміни відбуваються не часто (низькочастотні збурення). При високочастотних збуреннях налагоджувати модель під кожне їх миттєве значення неможливо. У такому разі модель підстроюється під середнє значення цих збурень, а самі збурення мають характер шуму, що значно ускладнює отримання математичного опису процесу.

Із перелічених етапів найвідповідальнішим є вибір критерію оптимізації. Основні труднощі у формуванні економічного критерію оптимізації обумовлені тим, що з математичної точки зору постановки завдання витікає вимога використовувати один критерій – узагальнений показник. У той же час економічну ефективність виробництва оцінюють численними самостійними показниками, такими як продуктивність, собівартість продукції, при-

ведені затрати, фондовіддача, прибуток, рентабельність, питомі капіталовкладення тощо.

Отже, формування єдиного узагальненого економічного показника, що відображає всі основні і часткові аспекти економічної суті технологічних процесів, є основою вибору критерію оптимізації. При цьому важливо те, що можливі критерії оптимізації повинні не тільки відображати аспекти економічної ефективності, але й представляти порівнювані результати в еквівалентних співвідношеннях. Ця вимога впливає з компромісного характеру більшості завдань оптимізації. Зміна параметрів технологічного процесу в межах оптимуму призводить до бажаної зміни лише деяких часткових показників ефективності і водночас супроводжується несприятливою зміною їх решти.

До основних (істотних) економічних параметрів, які при заданих цінах і звичайних показниках однозначно визначають значення переважної більшості економічних показників, до яких можна віднести такі:

- кількість реалізованої продукції. Для складного виробничого комплексу з багатьма видами продукції цей аспект ефективності характеризується не одним параметром, а деякою їх сукупністю;

- якість продукції, яка по кожному з кінцевих продуктів у загальному випадку також може оцінюватися сукупністю фізичних або фізико-хімічних параметрів (наприклад, температурою кипіння, вмістом домішок, каламутністю розчину тощо);

- експлуатаційні, тобто регулярні затрати на виробництво продукції;

- капітальні, тобто одноразові витрати, включаючи затрати на створення необхідних для функціонування виробництва обігових фондів.

Характерною особливістю більшості технологічних процесів є протилежні тенденції в зміні різних показників ефективності у межах оптимуму. У зв'язку з цим вибір власне оптимального рішення є, як правило, вибором найвигіднішого компромісу між різними показниками.

Як узагальнений показник економічної ефективності виробництва рекомендується приведений доход:

$$D_{np} = \sum_{i=1}^n C_i B_i - Z_c - EK_t, \quad (5.19)$$

де  $C_i$  – відпускна ціна на продукт  $i$ -го виду, що враховує його якість;

$B_i$  – об'єм випуску і реалізації  $i$ -го виду кінцевого продукту за певний інтервал часу;

$Z_e$  – сумарні експлуатаційні витрати;

$E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K_i$  – виробничі фонди, тобто одноразові витрати з урахуванням чинника часу.

Узагальнений показник може бути тією чи іншою мірою змінено на підставі аналізу особливостей конкретної постановки завдання оптимізації, що визначається сукупністю характерних властивостей даної технології. Для більшості харчових галузей, незважаючи на відмінність технологічних операцій, можна виділити загальну сукупність ознак:

- переробка швидкопсувного продукту;
- висока вартість сировини;
- порівняно низькі експлуатаційні витрати;
- сезонність роботи підприємств.

Кожна з цих ознак характерна для більшості підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію.

Так, втрати сировини при зберіганні (тобто в очікуванні черги на переробку) в окремих випадках порівнянні і навіть перевершують у вартісному виразі втрати продукту при безпосередній технологічній переробці. Зокрема, при дотриманні умов зберігання буряка і тривалості виробництва до 150 діб втрати цукру на дихання можуть в середньому становити близько 0,01% на добу. При недотриманні умов зберігання буряка і затягуванні переробки втрати збільшуються до 50% (тобто вихід цукру на заводі становить лише 7% по буряку, що зберігався за таких умов замість 14% із свіжого, здорового буряка). Аналогічне становище має місце практично в усіх галузях, що переробляють швидкопсувну сільськогосподарську продукцію: масложировій, виноробній, консервній та ін.

Вартість початкової сільськогосподарської сировини, що надходить на переробку, іноді становить (80...90)% собівартості готового продукту.

Експлуатаційні витрати, пов'язані із споживанням теплової, електричної енергії і допоміжних матеріалів у процесі керування об'єктами харчової технології, незрівнянно нижче вартості втрат продукту при його переробці.

Оцінці якості харчових продуктів надається важливе значення, тобто ця оцінка визначає в результаті вартісний вираз готового продукту.

При розв'язанні задач оптимального управління технологічним процесом ставиться завдання вибору оптимальних значень тільки режимних параметрів.

Під час управління діючими об'єктами капітальні витрати  $K_i$  можна вважати незмінними. У цьому випадку вимога максимізації приведеного доходу співпадає з вимогою максимізації доходу (прибутку):

$$D = \sum_{i=1}^n C_i B_i - Z_e. \quad (5.20)$$

Показник прибутку дозволяє зробити найкращий вибір при порівнянні експлуатаційних витрат і обсягу випуску продукції. Структура експлуатаційних витрат  $Z_e$  складається з витрат на сировину і матеріали  $Z_c$ , енергію  $Z_{en}$ , допоміжні матеріали  $Z_{don}$ ; заробітної платні  $Z_z$ ; амортизаційних відрахувань  $Z_a$ ; витрат на ремонт  $Z_p$ ; цехових загальнозаводських витрат  $Z_n$ :

$$Z_e = Z_c + Z_{en} + Z_{don} + Z_z + Z_a + Z_p + Z_n.$$

Енергетичні витрати і витрати на допоміжну сировину і матеріали відносно незначні і практично не залежать від режимних параметрів роботи більшості апаратів харчової промисловості. Заробітна плата робітників є функцією обсягу випуску продукції та інших показників виробництва. Проте, враховуючи що в харчовій промисловості питома вага заробітної плати в структурі собівартості поки що порівняно мала, ці витрати, так само як цехові і загальнозаводські витрати, нерідко вважають не залежними від режиму роботи підприємства. Амортизаційні відрахування, витрати па ремонт, цехові і загальнозаводські витрати в плані даних завдань можна також вважати не залежними від режиму роботи об'єктів і прийняти як постійні. У зв'язку з цим вираз (5.20) набере вигляду:

$$D' = \sum_{i=1}^n C_i B_i - Z_c. \quad (5.21)$$

Одним з основних завдань, що стоять перед харчовою промисловістю, є максимально можливе вилучення цільового продукту із сировини. Рівняння матеріального балансу всіх апаратів харчової промисловості характеризується таким співвідношенням:

$$M_{cn} x_{cn} = M_{z.np.} x_{впр.z} + M_{впр.n} x_{впр.n}, \quad (5.22)$$

де  $M_{cn}$ ,  $M_{z.np.}$ ,  $M_{впр.z}$  – маси сировини, що переробляється, одержаного готового продукту і відходів (втрат) при технологічній переробці;

$x_{cn}$ ,  $x_{впр.z}$ ,  $x_{впр.n}$  – основні якісні показники сировини, що надходить на переробку, готового продукту і відходів.

Якщо припустити, що на даній технологічній ділянці виробляється один вид продукції ( $i = 1$ ), партія сировини, що переробляється, має сталий об'єм, кінцеві розміри  $M_c = const$  і певний якісний склад  $x_{cn} = const$ , то й вираз для доходу з урахуванням останнього співвідношення (5.22) набере вигляду:

$$D'' = \int_0^T C_{г.пр} G_{г.пр} x_{г.пр} dt - \int_0^T C_c G_c x_c dt + \int_0^T C_{втр} G_{втр} x_{втр} dt, \quad (5.23)$$

де  $G_{г.пр}$ ,  $G_c$ ,  $G_{втр}$  – поточні значення виходу готового продукту, витрати сировини і відходів, що реалізуються, при переробці;

$x_{г.пр}$ ,  $x_c$ ,  $x_{втр}$  – склад відповідно готового продукту, сировини і відходів, що реалізуються;

$C_{г.пр}$ ,  $C_c$ ,  $C_{втр}$  – ціни на готовий продукт, сировину і відходи, що реалізуються;

$t$  – час, що витрачається на переробку партії сировини.

Відходи можуть бути двох видів: такі, що реалізуються, тобто мають певну ціну, і такі, що не реалізуються, тобто не мають ціннісної оцінки. До складу останнього рівняння (5.23) входять тільки ті відходи, що реалізуються.

Кількість відходів, що не реалізуються, так само як і тих, що

реалізуються, залежить від режиму роботи апаратів і становить від 30 до 60% від загального обсягу відходів, у зв'язку з чим доцільно відобразити їх вартісне значення в критерії оптимальності. Це можна зробити, якщо розглядати відходи як частину готового продукту, недоотриманого в процесі переробки через недосконалість управління і недовершеність технології. При цьому для спрощення завдання всі відходи доцільно оцінювати за ціною готового продукту. Таке допущення є правомірним, оскільки в більшості випадків  $\Pi_{г.пр} > \Pi_{втр}$ .

Згідно з рівнянням матеріального балансу можна записати:

$$\int_0^T G_{г.пр} x_{г.пр} dt = M_{ан} x_{ан} - \int_0^T G_{втр} x_{втр} dt, \quad (5.24)$$

де  $M_{ан}$ ,  $x_{ан}$  – кількість і склад цільового продукту в сировині, що надходить на переробку, при повному його вилученні без відходів;

$G_{втр}$ ,  $x_{втр}$  – кількість і склад всіх відходів при переробці початкової сировини.

З урахуванням цього критерій оптимізації набере такого вигляду:

$$Q_I = \Pi_{г.пр} M_{ан} x_{ан} - \int_0^T \Pi_{втр} G_{втр} x_{втр} dt - \int_0^T \Pi_c G_{г.пр} x_{г.пр} dt. \quad (5.25)$$

Очевидно, що величина  $Q_I$  не відповідає змісту приведенного доходу як економічної категорії, у зв'язку з чим її називають умовним доходом.

Вартість виділених у структурі критерію оптимізації відходів залежить від організації керування технологічними апаратами і з погляду матеріального балансу характеризує ефективність вилучення цільового продукту із сировини. Необхідно зазначити, що кількість цільового продукту, що вилучається із сировини, визначається часом перебування його в апараті і в загальному випадку підкоряється експоненціальному закону:

$$\int_0^T G_{г.пр} x_{г.пр} dt = k_1 (1 - e^{-tk_2}), \quad (5.26)$$

де  $k_1$ ,  $k_2$  – коефіцієнти, що залежать від конструктивних характеристик апарату, особливостей технології і структурно-механічних властивостей матеріалу.

При  $t \rightarrow \infty \int_0^T G_{г.пр} x_{г.пр} dt \rightarrow M_{ан} x_{ан}$ .

За протилежним законом убувають відходи готового продукту (рис. 5.1) і при  $t \rightarrow \infty \int_0^T G_{втр} x_{втр} dt \rightarrow 0$ . У зв'язку з цим вираз матиме фізичний екстремум на межі, що визначається параметрами роботи устаткування, перш за все можливим ступенем вилучення цільового продукту із сировини. При цьому продуктивність апарату може бути істотно нижче необхідної.

Якість готового продукту безпосередньо формується на всіх етапах його обробки. Значне місце в технології займають зберігання і підготовка сировини. На цих етапах здійснюється комплекс технологічних заходів, спрямованих на збереження початкових якісних характеристик сировини, і перш за все на запобігання прямих втрат.

Для більш повної оцінки роботи підприємства як об'єкта управління доцільно враховувати величину втрат сировини при зберіганні. Вона, перш за все, залежить від часу зберігання і пов'язана з роботою основного устаткування.

Матеріальний баланс для системи «сировинний цех – цех переробки» матиме вигляд:

$$M_{сх} x_{сх} = M_{г.пр} x_{г.пр} + M_{втр.х} x_{втр.х} + M_{втр.п} x_{втр.п}, \quad (5.27)$$

де  $M_{сх}$ ,  $x_{сх}$  – маса і склад продуктів, що знаходяться на зберіганні у сировинному цеху;

$M_{втр.х} x_{втр.х}$  – маса і склад втрат продукту при зберіганні.

Критерій оптимізації з урахуванням виразу (5.25) можна записати так:

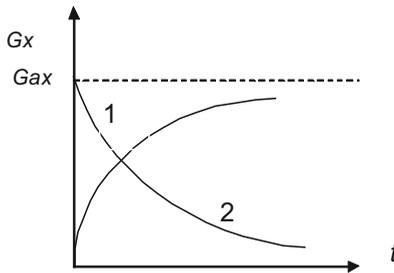
$$Q_I = \Pi_{г.пр} M_{ак} x_{ак} - \int_0^T \Pi_c G_c x_c dt - \int_0^T \Pi_{г.пр} G_{втр} x_{втр} dt - \int_0^T \Pi_{г.пр} M_{втр.х} x_{втр.х} dt \quad (5.28)$$

де індекси (п) і (х) позначають переробку та зберігання.

З одержаного виразу критерію впливає, що завдання оптимізації зводиться до двох часткових завдань підоптимізації: продуктової і тимчасової.

Продуктове завдання орієнтоване на максимально можливе вилучення цільового продукту із сировини, що можливо при мінімальних втратах при його технологічній переробці. Розв'язання тимчасової задачі, у свою чергу, спрямоване на скорочення загального часу переробки сировини, тобто на скорочення строків її зберігання і відповідно зменшення втрат.

Суперечність цих двох вимог полягає в тому, що підвищення виходу цільового продукту в харчовій технології досягається при збільшенні часу перебування продукту в апаратах (наприклад, вилучення масла з олійної сировини шляхом пресування і екстракції, цукру із стружки в дифузійних апаратах, отримання томатного соку, виноматеріалів і соків з виноградної і фруктових сировини, всі види процесів помелу зерна і розподілу продуктів помелу по фракціях тощо). У всіх цих випадках збільшення загального часу перебування продукту в апаратах сприяє зниженню втрат і, відповідно, збільшенню виходу цільового продукту ( рис.5.12).

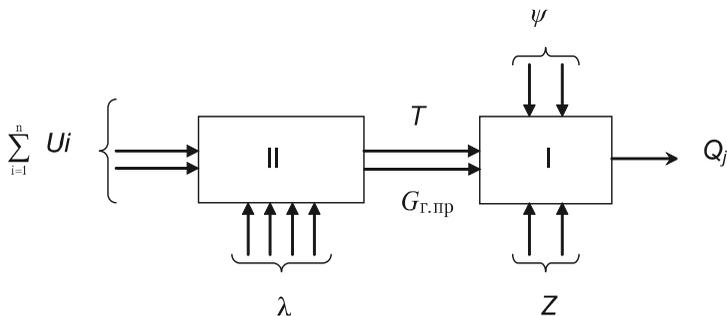


*Рис. 5.12. Зміна виходу готового продукту (1) і кількість відходів (2) залежно від часу перебування в апараті*

Збільшення часу перебування продукту в апараті знижує його продуктивність і, відповідно, збільшує час  $t$  переробки партії сировини  $M_{cx}$ . Проте із збільшенням часу зберігання сировини зростають втрати в ній цільового продукту. Таким чином, розв'язання оптимізаційної задачі виходу є визначення такого часу  $t$ , необхідного для переробки партії сировини, яка забезпечить максимум цільової функції  $Q_1$ .

Критерій оптимізації таким чином характеризує ефективність роботи всієї ділянки в цілому.

Спрощена блок-схема алгоритму розв'язання задачі за визначенням екстремального значення величини  $Q_I$  може бути представлена у вигляді, наведеному на рис. 5.13.



**Рис. 5.13.** Спрощення схеми алгоритму розв'язання задачі оптимального керування:

$U$  – можливі керуючі дії;  $T$ ,  $G_{T,пр}$  – параметри оптимізації (час, кількість вилученого продукту);  $\lambda$  – збурення;  $Z$  – початковий стан;  $\psi$  – економічні показники.

Обчислювальні операції блоку I зводяться до вибору параметрів оптимізації, тобто часу переробки партії сировини і кількості продукту, що вилучається, в такому співвідношенні, яке дозволяє набути максимального значення величини  $Q_I$ . Обчислювальні операції блоку II визначають вибір управлінь  $U$ , що дозволяють забезпечити реалізацію параметрів оптимізації, одержаних на першому етапі.

Види і число обмежень, що становлять додаткові умови завдання, вибираються залежно від конкретних умов технологічного процесу.

Виходячи з цього, завдання статичної оптимізації технологічного комплексу «сировинний цех – цех переробки швидкопсувних сільськогосподарських продуктів» може бути сформульовано таким чином: визначити керування режимами роботи апаратів (апарату), які забезпечують максимум цільової функції – умовного доходу  $Q_I$ , для різних партій початкової сировини, її складу і цін, за наявності обмежень типу нерівностей, що знайдені виходячи з умов фізичної реалізованості технологічних процесів.

## 5.8. Економічні моделі складних систем (модель «витрати–випуск»)

У попередніх розділах ми розглянули різні аспекти економічної діяльності порівняно простих економічних систем на рівні підприємства або фірми. Але всі види підприємств мають між собою тісні безпосередні або опосередковані зв'язки, входять в деякі макросистеми і не можуть не впливати як на загальний стан цієї макросистеми, так і на стан її окремих складових. Зовнішнім середовищем таких складних систем є інші економічні системи, природне середовище та суспільство взагалі.

Прикладом такої макросистеми може бути сукупність «сільське господарство – харчова промисловість – машинобудування». Сільське господарство постачає сировину, харчова промисловість її переробляє за допомогою машин із галузі машинобудування. А з харчових підприємств продукція повертається у вигляді харчових продуктів як у сільськогосподарські підприємства, так і в машинобудування. Є інші зв'язки – трудові, інтелектуальні, інформаційні тощо.

Для опису складних економічних систем лауреат Нобелівської премії 1973 року Василь Леонт'єв запропонував модель «витрати – випуск», яку використовують для визначення найбільш доцільного розвитку взаємозв'язаних систем економіки (галузей) у певному розумінні. Тобто можна сказати, що ця модель може бути використана для розв'язання задач оптимального міжгалузевого управління, у тому числі й для задач розподілу інвестування в окремих секторах чи галузях народного господарства.

Розглянемо найбільш агреговану, узагальнену форму моделі деякої економічної системи.

Зовнішнім середовищем системи є природа та суспільство і, можливо, інші економічні системи. До входу системи надходять різні ресурси, які система використовує як фактори виробництва. Це природні, трудові інтелектуальні ресурси, інформація, капітали і, можливо, деяка продукція інших економічних систем. Кінцева продукція, вироблена системою, товари та послуги, відходи діяльності системи, що забруднюють природне середовище, відносяться до виходу системи.

Сама система складається з підсистеми виробництва товарів та послуг і підсистеми розподілу. Остання передає частину валової, тобто сукупно виробленої продукції (так званий проміжний продукт), у підсистему виробництва, а кінцевий продукт надсилає до виходу економічної системи – для потреб суспільства, а можливо й інших економічних систем.

Таким чином, частина валової продукції, яка повертається у виробництво, утворює поточні матеріальні витрати, а частина остаточно вилучається з виробничого процесу та використовується для споживання, накопичення та експорту. Наприклад, електроенергія, яка витрачається на виробництві, є проміжним продуктом, а електроенергія, яка подається для побутового використання, або ж експортується, є кінцевим продуктом. Цукор, який витрачається в кондитерському виробництві, є проміжним продуктом, а цукор, що надходить у торговельну мережу, є кінцевим продуктом.

Підсистема виробництва, у свою чергу, складається з галузей або технологічних процесів, кожен з яких виробляють продукцію певного виду. Модель такої економічної системи зображена на рис. 5.14.

Наведена модель економічної системи можуть бути базою для створення математичного опису економіки.

Розглянемо найпростіший випадок. Нехай  $n$  – кількість видів продукції,  $x = (x_i)_{i=1}^n$  – вектор валової продукції (вектор випуску),  $y = (y_i)_{i=1}^n$  – вектор кінцевої продукції,  $w = (w_i)_{i=1}^n$  – вектор проміжної продукції (вектор витрат), де  $x_i$  – валова продукція  $i$ -го виду;  $y_i$  – кінцева продукція та  $w_i$  – проміжна продукція  $i$ -го виду. Економічна система характеризується виробничою матрицею  $A = (a_{ij})_{i=1,n}^{j=1,n}$ , де величина  $a_{ij}$  є кількістю  $i$ -ї продукції, яка витрачається на виробництво одиниці  $j$ -ї продукції (вважається, що в кожній з галузей виробництво здійснюється одним технологічним способом).

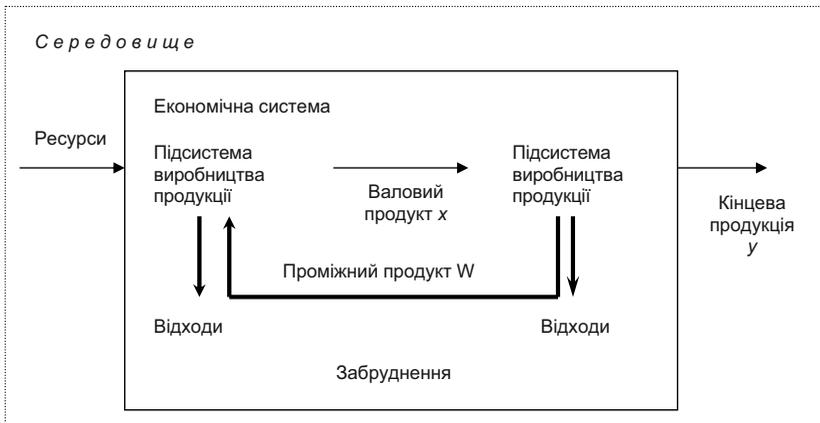


Рис. 5.14. Схема моделі економічної системи

Ураховуючи, що на виробництво валової продукції всіх видів витрачається  $w_i = \sum a_{ij} x_j$  одиниць  $i$ -ї продукції, вектори  $x$  та  $y$  можна пов'язати системою лінійних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned}
 x_1 - a_{11}x_1 - a_{12}x_2 - \dots - a_{1n}x_n &= y_1, \\
 x_2 - a_{21}x_1 - a_{22}x_2 - \dots - a_{2n}x_n &= y_2, \\
 \dots &, \\
 x_n - a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots - a_{nn}x_n &= y_n,
 \end{aligned} \right\} \quad (5.28)$$

яку можна подати у скороченій формі:

$$x_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = y_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (5.29)$$

Якщо вектор кінцевої продукції  $y$  нульовий, тобто економіка витрачає весь валовий продукт на власні потреби, то така економіка та її модель називаються замкненими. Якщо виробляється хоч один вид ненульової кінцевої продукції, то економіка та її модель називаються відкритими.

Модель Леонтьєва можна використовувати для того, щоб:

– обчислювати за заданими обсягами кінцевої продукції необхідну для її виробництва кількість валової продукції (для цього слід розв'язувати систему лінійних рівнянь (5.28);

– при заданому рівні випуску валової продукції обчислювати, скільки з неї буде отримано кінцевої продукції (ця задача значно простіша за попередню, всі розрахунки легко виконати, користуючись рівностями (5.29);

– досліджувати вплив зміни технології на виробництво, тобто обчислювати, як зміна елементів виробничої матриці впливає на співвідношення компонент векторів валової та кінцевої продукції.

Модель (5.28) має також іншу економічну інтерпретацію. Нехай  $n$  країн ведуть торгівлю між собою, і  $a_{ij}$  є маргінальною схильністю країн з номером  $j$  до імпорту з країни  $i$  (під такою маргінальною схильністю розуміється зростання імпорту з  $i$  в  $j$ , що відповідає одній додатковій одиниці зростання доходу країни  $j$ ), а  $a_{ij}$  – маргінальна схильність країни  $i$  до споживання власних товарів. Позначимо через  $x_i$  національний дохід країни  $i$ , а через  $y_j$  – її національні витрати, які не залежать від доходу, тоді величини  $x_i$  та  $y_j$  будуть пов'язані між собою рівняннями (5.27).

Розглянута статична модель «витрати – випуск» може бути базою для створення складніших моделей. Так, наприклад, можливо додати до неї ресурсні обмеження. Якщо використовується  $m$  видів ресурсів, кількість  $k$ -го виду ресурсу обмежена і дорівнює  $c_k$ , а виробництво одиниці валової продукції  $x_j$  потребує  $b_{kj}$  одиниць ресурсу виду  $k$ , то загальна кількість ресурсу  $k$ , що використовується для виробництва всієї валової продукції, дорівнює сумі  $\sum_{j=1}^n b_{kj} x_j$ . Отже, ресурсні обмеження мають вигляд системи нерівностей:

$$b_{k1}x_1 + b_{k2}x_2 + \dots + b_{kn}x_n \leq c_k, \quad k = 1, \dots, m. \quad (5.30)$$

Таким чином, при обмеженості ресурсів, які можна використати для виробництва, модель «витрати – випуск» набуває вигляду системи рівнянь (5.28) разом з системою обмежень – нерівностей (5.30).

Статична модель «витрати – випуск» економіки на практиці застосовується в агрегованому, укрупненому вигляді. Для зменшення розмірності задачі та уникнення пов'язаних з цим складностей обчислень споріднені види продукції, обсяг яких вимірюється в однакових одиницях, об'єднуються в узагальнені нові види продукції, яких вже значно менше. Статична модель не враховує можливих змін в економіці, що відбуваються з часом, і застосовується для порівняно незначних проміжків часу (квартал, рік). Щоб урахувати динамічні зміни в економіці, треба переходити до складніших моделей.

### **Контрольні запитання**

1. Основні завдання обліку та класифікація витрат на виробництво.
2. Структура системи калькуляції.
3. Умовно постійні та умовно змінні витрати виробництва.
4. Визначення собівартості продукції.
5. Показники собівартості виробництва.
6. Чинники зміни собівартості продукції.
7. Керування собівартістю продукції.
8. Зв'язок між собівартістю і технічним станом виробництва.
9. Аналіз витрат на 1 грн. продукції.
10. Планування собівартості продукції.
11. Методичні підходи до калькулювання собівартості.
12. Визначення резервів скорочення затрат на виробництво.
13. Оптимізація. Визначення критеріїв та складання функції оптимальності.
14. Алгоритм розв'язання задачі оптимального управління.
15. Макроекономічна модель оптимального управління «витрати – випуск».

## Розділ 6. ОЦІНКА ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ (ПРОЕКТІВ)

### 6.1. Показники якості технологічних процесів

Однією з важливих техніко-економічних характеристик промислового виробництва є технологічність, від якої значною мірою залежить його ефективність. Сюди відносяться предмети праці, застосовувані при виготовленні продукції, виходячи з її призначення, надійності, уніфікованості, ергономічності та естетичності. Рівень цих показників повинен відповідати умовам експлуатації або використання продукції, можливостям транспортування і зберігання; їхній рівень також обумовлений вимогами відповідного сегмента ринку.

У технології виробництва має враховуватися забезпечення безпеки продукції для людини при її використанні або експлуатації, обслуговуванні та ремонті.

Все більшої актуальності в сучасних умовах набуває екологічний показник, який визначає функціонування технологічного процесу з метою мінімізації шкідливих впливів виробництва на інженерно-технологічний персонал і навколишнє середовище.

Нижче наведені алгоритми економічної оцінки основних показників, що забезпечують ефективність технології виробництва.

Методичний порядок оцінки рівня технології промислового виробництва дається згідно з РД 50–149–79.

#### ***6.1.1. Показники технологічності***

**Показники технологічності** характеризуються таким розподілом витрат матеріалів, засобів праці й часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні й експлуатації продукції, що забезпечує найменші затрати на виробництво продукції.

Показники технологічності найбільш докладно розроблені стосовно до виробів машинобудування і приладобудування, тому що вони мають більш широке, загальнопромислове значення. Показники технологічності необхідно визначати також при оцінці економічної ефективності виробництва харчових продуктів, мебле-

вих, текстильних, швейних, гумотехнічних виробів, поліграфічної і багатьох інших видів промислової продукції, виходячи із затратуваних на їхнє виробництво матеріальних, трудових і грошових ресурсів.

Показники технологічності продукції підрозділяються на основні й додаткові.

До числа *основних показників технологічності* відносять показники трудомісткості, матеріалоемності та собівартості, які застосовні для всіх без винятку видів промислової продукції.

Необхідно відрізнити надалі показники трудомісткості, матеріалоемності, собівартості (сумарної, структурної, питомої, порівняльної) і відносну трудомісткість (матеріалоемність, собівартість).

*Сумарна (загальна) трудомісткість* продукції визначається кількістю часу, що затрачується виконавцем на виробництво одиниці продукції, і виражається в годинах (г.) або машино-годинах (м.г.) на одиницю продукції.

Сумарну (загальну) трудомісткість  $T$  розраховують за формулою:

$$T = t_1 + \dots + t_k = \sum_{i=1}^k t_i, \quad (6.1)$$

де  $t_i$  – трудомісткість по окремих цехах, дільницях або видах робіт, що входять у технологічний процес виготовлення даної продукції;

$k$  – кількість цехів, ділянок або видів робіт.

Сумарна трудомісткість є складеним елементом сумарної (загальної) трудомісткості. Вона визначається шляхом підсумовування трудомісткості по робочих місцях, апаратах або агрегатах, що входять до складу однорідних у технологічному відношенні окремих цехів, дільниць або видів робіт.

*Питома* (на одиницю визначального параметра  $B$ ) *трудомісткість*  $t_{\text{пв}}$  розраховується за формулою

$$t_{\text{пв}} = T / B \quad (6.2)$$

у нормо-годинах на одиницю визначального параметра даної продукції (наприклад, на один з показників призначення: на 1 кг або 1 т маси, на 1 м<sup>3</sup> корисного об'єму, на 1 м зовнішнього габариту тощо).

*Порівняльна трудомісткість* характеризує рівень трудовитрат і визначається за формулою:

$$t_c = T / T_6, \quad (6.3)$$

де  $T_6$  – базова трудомісткість, прийнята і задана для порівняння при оцінці рівня технологічності за цим показником.

*Відносна трудомісткість*  $t_{\text{від}}$  характеризує частку трудовитрат по даному виду робіт у сумарній (загальній) трудомісткості і визначається за формулою:

$$t_{\text{від}} = t_i / T, \quad (6.4)$$

де  $t_i$  – трудомісткість по  $i$ -му виду робіт.

*Сумарна (загальна) матеріалоємність* продукції визначається за загальною масою одиниці продукції. Сумарна (загальна) матеріалоємність ( $M$ ) продукції визначається за формулою:

$$M = m_1 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^k m_i \text{ кг}, \quad (6.5)$$

де  $m_i$  – матеріалоємність  $i$ -ї складової частини продукції;  
 $n$  – число складових частин.

*Структурна матеріалоємність* продукції ( $m_i$ ) характеризує витрати окремих видів (сортів, марок) матеріалів і є складовою сумарної (загальної) матеріалоємності.

*Питома матеріалоємність* продукції на одиницю визначального параметра продукції визначається за формулою:

$$m_{\text{итум}} = M / B, \text{ кг} \quad (6.6)$$

*Порівняльна матеріалоємність*  $m_c$  визначається за формулою:

$$m_c M_c = M / M_6, \quad (6.7)$$

де  $M_6$  – базова матеріалоємність, прийнята і задана для порівняльної оцінки рівня технологічності.

*Відносна матеріалоємність*  $m_{\text{від}}$  визначається як відношення маси даного матеріалу  $m_{\text{від}}$  до сумарної загальної матеріалоємності виробу  $M$ :

$$m_{\text{від}} = m_i / M. \quad (6.8)$$

Аналогічно визначається коефіцієнт застосовності матеріалів. Він дозволяє визначити ступінь застосування в даному виробі

найбільш прогресивних видів, сортів або марок матеріалів.

Найважливішим відносним показником технологічності, що характеризує ефективність використання матеріальних ресурсів при виробництві продукції, є коефіцієнт використання матеріалу  $K_g$ . Він визначається для окремих сортів і марок продукції як відношення кількості (маси) матеріалу в готовій продукції до кількості (маси) матеріалу, що вводиться в технологічний процес:

$$K_g = M_T / M_B, \quad (6.9)$$

де  $M_T$  – кількість (маса) матеріалу в готовій продукції;

$M_B$  – кількість (маса) матеріалу, введеного у технологічний процес, кг.

*Сумарна (загальна) собівартість* продукції визначається, залежно від умов оцінки її технологічності, у виді заводської, цехової, повної або неповної (умовної), проектної, планової, звітної тощо. Спосіб визначення сумарної собівартості і ступінь деталізації її розрахунків передбачені діючими галузевими інструкціями або методичними вказівками. У найзагальнішому випадку собівартість включає в себе витрати на матеріали, заробітну плату, а також непрямі витрати.

*Структурна собівартість*  $S_{num}$  характеризує витрати за окремими видами робіт, що здійснюються в окремих цехах, на дільницях, лініях і беруть участь у технологічному процесі виготовлення даної продукції.

*Питома собівартість* продукції  $S_{num}$  визначається шляхом розподілу сумарної (загальної) собівартості на одиницю визначального параметра цієї продукції, на 1 кг або 1 т маси виробу, на одиницю його продуктивності, габариту тощо:

$$S_{num} = S / B, \text{ грн./одиниця параметру} \quad (6.10)$$

*Порівняльна собівартість*  $S_c$  визначається за відношенню її до аналогічного базового показника, прийнятого або заданого для порівняльної оцінки технологічності:

$$S_c = S / S_b, \quad (6.11)$$

де  $S_b$  – базова собівартість.

*Відносна собівартість*  $S_{eid}$  визначається як відношення структурної і сумарної (загальної) собівартості:

$$S_{eid} = S_i / S \quad (6.12)$$

Вона характеризує частку окремих цехів, дільниць, ліній і т.ін. у сумарній (загальній) собівартості.

Показники експлуатаційної технологічності продукції визначаються аналогічно, за її сумарною (загальною) структурною питомою порівняльною і відносною трудомісткістю.

Поряд з показниками технологічності продукції її конструкція характеризується також показниками уніфікації і показниками транспортабельності, які побічно або безпосередньо визначають витрати праці, матеріалів і засобів на розробку, виготовлення й експлуатацію продукції.

Для технічних об'єктів до числа додаткових показників технологічності, що характеризують технологічність їхньої конструкції, відносять деякі показники призначення, наприклад коефіцієнт збірності (блочності) виробу тощо.

Попередні розрахунки основних і додаткових показників технологічності повинні виконуватись з використанням дослідно-статистичних даних по аналогічних виробках.

На кожному підприємстві, яке здійснює технологічну підготовку виробництва, сполучену з аналізом технологічності продукції, організується збір і систематизація кращих галузевих показників технологічності. Тільки на цій основі можна впевнено судити про рівень технологічності новостворюваної продукції, зіставляти її показники, насамперед показники трудомісткості, матеріалоемності й собівартості, з прогнозованими показниками технологічності і кращими аналогічними показниками, досягнутими в практиці передових підприємств даної галузі.

### **6.1.2. Показники уніфікації**

**Показники уніфікації** характеризують насиченість продукції стандартними, уніфікованими й оригінальними складовими частинами, а також рівень її уніфікації з іншими виробами.

Складовими частинами виробу є деталі, що в нього входять, складальні одиниці, комплекти і комплекси.

Пристаючи до розрахунку показників уніфікації, необхідно вибрати рівень цього розрахунку. Зазвичай застосовуються однакові методи розрахунку по деталях або складальних одиницях.

Для однаковості в розрахунках показників уніфікації складові

частини виробів підрозділяються на стандартні, уніфіковані та оригінальні.

До **стандартних** відносять складові частини виробу, що випускаються за Державними стандартами.

**Уніфікованими** є:

– складові частини виробу, що випускаються за стандартами даного підприємства, якщо вони використовуються хоча б у двох різних виробках, виготовлених цим підприємством;

– складові частини виробу, не виготовлені на даному підприємстві, а одержувані їм з боку інших виробників у готовому виді в порядку кооперування;

– запозичені складові частини виробу, тобто раніше спроектовані для конкретного виробу і застосовані в двох або більше інших виробках.

Допускається запозичення складових частин у виробів, знятих з виробництва, за умови, що ці частини відповідають сучасним вимогам і технічній документації на виготовлення, яка збереглася. До оригінальних належать складові частини, розроблені тільки для даного виробу.

До показників уніфікації відносяться: коефіцієнт застосовності; коефіцієнт повторюваності; коефіцієнт взаємної уніфікації для груп виробів; коефіцієнт уніфікації для групи виробів.

*Коефіцієнт застосовності* ( $K_3$ ) обчислюють за формулою:

$$K_3 = \frac{\sum n \cdot n_0}{n}, \quad (6.13)$$

де  $n$  – загальна кількість типорозмірів складових частин виробу;

$n_0$  – кількість типорозмірів оригінальних складових частин.

Розрахунок коефіцієнта застосовності виконується на рівні деталей. За узгодженням замовника з розроблювачем коефіцієнт застосовності може бути додатково розрахований не тільки по деталях у штуках, але також й у вартісному вираженні.

При встановленні вартості складових частин виробу використовують заводську собівартість, для покупних частин – відпускну ціну.

Коефіцієнт повторюваності ( $K_n$ ) складових частин визначають за формулою:

$$K_n = \frac{N}{n} \cdot 100 \quad (6.14)$$

де  $N$  – загальна кількість складових частин виробу.

Коефіцієнт взаємної уніфікації для груп виробів ( $K_{MY}$ ) визначають за формулою:

$$K_{MY} = \frac{\sum_1^n n_i - z}{\sum_1^n n_i - n_{\max}} \cdot 100 \quad (6.15)$$

де  $n_i$  – кількість типорозмірів складових частин у виробі;

$n_{\max}$  – максимальна кількість типорозмірів складових частин одного з виробів групи;

$z$  – загальна кількість неповторюваних типорозмірів складених частин, з яких складається група виробів;

$N$  – загальна кількість розглянутих виробів у групі.

Коефіцієнт уніфікації для групи виробів ( $K_G$ ) визначають за формулою:

$$K_G = \frac{\sum_{i=1}^m K_s \cdot D_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^m D_i \cdot C_i} \quad (6.16)$$

де  $m$  – кількість виробів у групі;

$K_s$  – коефіцієнт застосовності для  $i$ -го виробу;

$D_i$  – річна програма по  $i$ -му виробу;

$C_i$  – оптова ціна  $i$ -го виробу.

При відсутності даних про ціну кожного виробу групи коефіцієнт  $K_G$  обчислюють за спрощеними формулами:

$$K_G = \frac{\sum_{i=1}^m K_s \cdot D_i}{\sum_{i=1}^m D_i}, \quad (6.17)$$

або

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^m K_s}{m} \quad (6.18)$$

При визначенні показників уніфікації з розрахунку необхідно виключити такі деталі і складальні одиниці:

- а) кріпильні деталі (болти і гвинти всіх типів, шпильки, заклепки, штифти, шплінти, гужони, нагеля, штирі, шурупи і цвяхи);
- б) пробки і заглушки;
- в) деталі з'єднання трубопроводів і арматури (муфти, ніпеля, накидні гайки, перехідні патрубки, трубки);
- г) гайки різних видів (настановні, підкладні) і різьбові кільця; шайби для металу і дерева усіх видів;
- д) шпонки усіх видів;
- е) гачки, підвіски, вушка, рими-болти;
- ж) електромонтажні деталі (пелюстки, наконечники, кабельні скоби), наконечники проводів, перемички, лампочки;
- з) прокладки, накладки, планки, пломби;
- и) слюсарно-складальний інструмент і приналежності;
- к) деталі тари й упакування;
- л) кільця настановні, регульовальні, підкладні;
- м) інші аналогічні деталі і складальні одиниці.

### **6.1.3. Показники призначення**

**Показники призначення** характеризують властивості продукції, що визначають її основні функції, для виконання яких вона призначена, і обумовлюють область її застосування.

У стандартах на номенклатуру показників і в галузевих методиках оцінки рівня якості продукції необхідно зазначати показники призначення для різних умов застосування продукції.

При визначенні показників призначення варто вибирати для аналізу, зіставлення й інших операцій, обумовлених оцінкою рівня якості продукції, тільки найнеобхідніші з них, що характеризують найважливіші властивості продукції.

До групи показників призначення відносять такі підгрупи:

- класифікаційні показники;
- показники функціональної і технічної ефективності;
- конструктивні показники;

– показники складу і структури.

*Класифікаційні показники* характеризують приналежність продукції до визначеного класифікаційного угруповання.

До класифікаційних показників, наприклад, відносяться:

- потужність двигуна;
- ємність ковша екскаватора; передаточне число редуктора; межа міцності картону для взуття; вміст вуглецю в сталі; вміст цукру в буряку тощо.

*Показники функціональної і технічної ефективності* характеризують корисний ефект від експлуатації або споживання продукції і прогресивність технічних рішень, що закладаються в продукцію. Ці показники для технічних об'єктів називають експлуатаційними.

До показників функціональної і технічної ефективності відносяться:

- показник продуктивності устаткування, що визначає кількість виготовленої продукції за певний період;
- показник точності і швидкість спрацьовування вимірювального приладу;
- показник міцності тканини для швейних виробів;
- показник водонепроникності для плащових виробів;
- питома енергоємність електронагрівача, обумовлена витратою електроенергії на одиницю виділеної теплоти;
- калорійність харчових продуктів тощо.

*Конструктивні показники* характеризують основні проектно-конструкторські рішення, зручність монтажу й установки продукції, можливість її агрегування і взаємозамінності.

Для продукції, на яку розроблена конструкторська документація, застосування конструктивних показників при оцінці якості є обов'язковим.

До конструктивних показників, наприклад, відносяться:

- габаритні розміри;
- приєднувальні розміри;
- наявність додаткових пристроїв, наприклад, наявність сигналу і календаря в ручному годиннику;
- коефіцієнт ефективності взаємозамінності;
- коефіцієнт збірності (блочності) виробу тощо.

Коефіцієнт збірності (блочності) виробу характеризує простоту

і зручність його монтажу і являє собою частку конструктивних елементів, що входять у спеціалізовані блоки, у загальній кількості елементів, що входять до складу виробу.

Коефіцієнт збірності (блочності) виробу ( $K_{ЗБ}$ ) визначають за формулою:

$$K_{ЗБ} = Q_c / Q_{об} = 1 - (Q_n / Q_{об}), \quad (6.19)$$

де  $Q_c$  – кількість спеціалізованих складових частин виробу;  
 $Q_n$  – кількість неспеціалізованих складових частин виробу;  
 $Q_{об}$  – загальна кількість складових частин виробу, що розраховується за формулою:

$$Q_{об} = Q_c + Q_n. \quad (6.20)$$

Кількість спеціалізованих і неспеціалізованих частин виробу визначають на підставі даних про склад виробу, що зазначаються в його специфікації.

*Показники складу і структури* характеризують зміст у продукції хімічних елементів або структурних груп.

До показників складу і структури, наприклад, відносяться:

- вміст компонентів у сировині та у виробі;
- концентрація різних домішок у продуктах;
- процентний вміст сірки, золи в коксі;
- процентний вміст цукру, солі в харчових продуктах тощо.

#### **6.1.4. Показники надійності**

**Показники надійності** характеризують властивість технічного об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом певного часу або певного наробітку.

До показників надійності належать показники безвідмовності, довговічності, ремонтоздатності, відновлення, збереження.

*Показники безвідмовності* передбачають: імовірність безвідмовної роботи; середній наробіток до відмовлення; інтенсивність відмовлень; параметр потоку відмовлень; наробіток на відмовлення.

Методика розрахунку показників безвідмовності викладена в ДСТУ 2862-94, 2860-94.

*Показники довговічності* характеризують властивість техніч-

ного об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів. До показників довговічності відносяться: гамма-відсотковий ресурс; середній ресурс; середній ресурс між середніми (капітальними) ремонтами; середній ресурс до списання; середній ресурс до середнього (капітального) ремонту; гамма-процентний строк служби; середній строк служби; середній строк служби між середніми (капітальними) ремонтами; середній строк служби до середнього (капітального) ремонту; середній строк служби до списання.

**Показники ремонтоздатності** характеризують властивість технічного об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин ушкодження і можливості їхнього усунення шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування. До показників ремонтоздатності відносяться, наприклад: середня оперативна тривалість планового (непланового) поточного ремонту; середня оперативна трудомісткість технічного обслуговування.

Порядок експериментального визначення показників ремонтоздатності технічних об'єктів передбачений ДСТУ 2860-94 та ДСТУ 2863-94, де викладені основні положення щодо проведення іспитів об'єктів на ремонтоздатність.

Пристосованість продуктів і матеріалів до відновлення їхніх властивостей після збереження і транспортування характеризуються показниками відновлення.

До **показників відновлення** продуктів (матеріалів) відносяться, наприклад: середній час відновлення до заданого значення показника якості; коефіцієнт відновлення – відношення значення показника якості до заданого або вихідного значення цього показника.

**Показники збереження** характеризують властивість технічного об'єкта зберігати справний і працездатний стан протягом і після зберігання і (або) транспортування або властивість продукту (матеріалу) зберігати придатний до споживання стан протягом зберігання і (або) транспортування.

До показників збереження відносяться: гамма-процентний термін зберігання; середній термін зберігання.

**Визначення термінів (строків) збереження для технічних об'єктів.**

Терміном (строком) збереження продукту (матеріалу) називається календарна тривалість збереження і (або) транспортування продукту (матеріалу) у заданих умовах, протягом і після якої зберігаються значення заданих показників у встановлених межах.

Гамма-процентним терміном збереження продукту (матеріалу) називають термін зберігання, що буде досягнутий продуктом (матеріалом) із заданою імовірністю відсотків.

Середнім терміном збереження продукту (матеріалу) називається математичне очікування строку зберігання продукту (матеріалу).

Показники збереження оцінюють статистичними методами за результатами іспитів.

#### **Комплексні показники надійності.**

Комплексними показниками надійності технічних об'єктів є коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання, коефіцієнт оперативної готовності, середня сумарна трудомісткість технічного обслуговування, середня сумарна трудомісткість ремонтів та ін.

Установлено правила розрахунку значень комплексних показників надійності відновлюваних об'єктів із двома рівнями працездатності для розподілів з неубутною інтенсивністю відмовлень, формули для розрахунку коефіцієнта готовності, коефіцієнта технічного використання і коефіцієнта оперативної готовності.

#### **Вибір показника надійності.**

У багатьох випадках кількісною характеристикою надійності всієї сукупності об'єктів даного типу є математичне очікування випадкової величини  $U[x(t)]$ :

$$R = MU[x(t)]$$

Вид функції  $x(t)$  цілком визначається властивостями, що характеризують надійність виробу.

Функціонал  $U[x(t)]$  враховує принцип, яким керується споживач виробу при оцінці наслідків відмовлень.

Показник надійності виробу, обумовлений останню формулою, відбиває відповідні властивості виробу (безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність і збереження). Ці властивості визначають характер функції  $x(t)$ , а також принцип оцінки наслідків відмов, що здійснюється відповідним вибором функціонала.

Чисельні значення показників надійності об'єктів визначаються за результатами їхньої експлуатації, контрольних іспитів на надійність або розрахунковими методами.

За чисельне значення показника надійності приймають точкову оцінку або довірчі границі інтервалу, що із заданою довірчою імовірністю покриває значення показника. Точкову оцінку приймають за наближене значення невідомого показника.

У загальному випадку коефіцієнт нормування надійності об'єкта залежить від його собівартості, показників надійності та економічних показників експлуатації. Коефіцієнт нормування може бути представлений у вигляді функції:

$$K_n = \Phi(p_1, p_2, p_3, y_3, v_1, y_2, e, y_1, R_m, \dots, R_n), \quad (6.21)$$

де  $p_1$  – собівартість виробу;

$p_2$  – середні втрати від відмовлення;

$p_3$  – сумарні втрати на планово-профілактичні роботи за строк служби;

$y_3$  – питомі витрати на забезпечення роботи пристрою;

$v_1$  – витрати, необхідні для забезпечення виконання задачі;

$e$  – питомий збиток, зумовлений вимушеними простоями об'єкта;

$y_1$  – питомий ефект від використання об'єкта;

$y$  – ефект від виконання пристроєм заданих функцій;

$R_m, \dots, R_n$  – показники надійності.

Запропонований порядок вибору норм надійності об'єктів враховує призначення і спосіб їхньої експлуатації, вплив відмовлень на загальну величину витрат, а також сучасний рівень розвитку техніки, що визначає реальні можливості підприємства-виготовлювачів при розгорнутому випуску продукції.

Методика поширюється на об'єкти, обслуговування яких зводиться до попереджувальних заміन і замін унаслідок відмовлення, а також до періодичних перевірок працездатності об'єкта.

При проведенні контрольних іспитів використовується експериментальна оцінка показника безвідмовності.

### 6.1.5. Ергономічні показники

**Ергономічні показники** характеризують систему «людина–виріб» (зокрема «людина–машина») і враховують комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних і психологічних властивостей людини, що проявляються у виробничих і побутових процесах.

До групи ергономічних показників якості продукції відносяться такі підгрупи показників:

- гігієнічні – показники, які використовують при визначенні відповідності виробу гігієнічним умовам життєдіяльності і працездатності людини при її взаємодії з виробом;

- антропометричні – показники, які використовують при визначенні відповідності виробу розмірам, формі й вазі тіла людини, що бере участь в обслуговуванні цього виробу;

- фізіологічні і психофізичні – показники, які використовують при визначенні відповідності виробу фізіологічним властивостям людини й особливостям функціонування її органів чуттів (швидкісні й силові можливості людини, а також пороги слуху, зору, відчуття тощо);

- психологічні – показники, які використовують при визначенні відповідності виробу психологічним особливостям людини, що знаходить відображення в інженерно-психологічних вимогах, вимогах психології праці, які ставляться до промислових виробів.

Номенклатура ергономічних показників якостей поширюється на промислові вироби, а також на їхні елементи (устаткування і робочі місця; пульти керування і контролю; мнемосхеми; прилади і сигналізатори; циферблати і покажчики приладів; таблички з оцифровками, написами і безтекстовими позначеннями; ручні і ножні органи керування; ручки і рукоятки інструментів і органів керування; одяг; шкіряно-взуттєві вироби тощо).

У підгрупу *гігієнічних* показників входять безпосередньо пов'язані з роботою виробу показники: освітленості; запиленості; токсичності; шуму; випромінювання; вібрації; вологості; температури; напруженості магнітного й електричного полів; перевантажень (прискорень).

У підгрупу *антропометричних* показників входять показники відповідності:

- конструкції виробу розмірам тіла людини;

– конструкції виробу формі тіла і його окремих частин, що входять у контакт із виробом;

– конструкції виробу розподілові ваги людини.

У підгрупу *фізіологічних* і *психофізіологічних* показників входять показники відповідності:

– конструкції виробу силовим можливостям людини;

– конструкції виробу швидкісним можливостям людини;

– конструкції виробу (розміру, форми, яскравості, контрасту, кольору і просторового положення об'єкта спостереження) зоровим фізіологічним можливостям людини;

– конструкції виробу, що містить джерело звукової інформації, слуховим фізіологічним можливостям людини;

– виробу (його форми і розташування його елементів) дотикальним можливостям людини.

У підгрупу *психологічних* показників входять показники відповідності:

– виробу можливостям сприйняття і переробки інформації;

– виробу при його використанні закріпленим і знову формованим навичкам людини (з урахуванням легкості і швидкості їхнього формування).

Оцінка ергономічних показників здійснюється шляхом зіставлення значень заданих і базових ергономічних показників. У більшості випадків за базу для порівняння беруться ергономічні вимоги, наведені у спеціальних довідниках. У цьому випадку оцінка ергономічних показників дається у виді: «відповідає» або «не відповідає» система «людина–виріб» ергономічним вимогам.

У тих випадках, коли є можливість визначити залежність між одним з основних показників призначення виробу (наприклад, показником продуктивності й обраними ергономічними показниками), їхню оцінку варто проводити за величиною зміни показника призначення.

Оцінку ергономічних показників можуть здійснювати також експерти, які спеціалізуються в області ергономічних знань стосовно конкретної галузі промисловості.

Після оцінки ергономічних показників зазначеним способом отримані результати зіставляють з ергономічними вимогами, наведеними в нормативно-технічній документації або в довідковій літературі.

### 6.1.6. Естетичні показники

**Естетичні показники** характеризують інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції, досконалість виробничого виконання продукції і стабільність товарного виду. У групу естетичних показників входять такі підгрупи показників:

- інформаційної виразності;
- раціональності форми;
- цілісності композиції;
- досконалості виробничого виконання і стабільності товарного виду.

*Інформаційна виразність* характеризує здатність виробу відбивати у своїй формі естетичні уявлення і культурні норми, що склалися в суспільстві. Вона виявляється:

- у художньо-образному вираженні соціально значущої інформації (знаковість);
- у своєрідності ознак форми, що виділяють даний виріб серед інших аналогічних виробів (оригінальність);
- у стійких ознаках форми, що характеризують сформовану спільність засобів і прийомів художньої виразності, властивих визначеному періодові часу (стильова відповідність);
- в ознаках зовнішнього вигляду виробу, що виявляють спільність тимчасово пануючих естетичних смаків і переваг (відповідно моді).

*Раціональність форми* характеризує відповідність форми об'єктивним умовам виготовлення й експлуатації виробу, а також правдивість вираження в ній функціонально-конструктивної сутності виробу. Вона виражає:

- відповідність форми виробу його призначенню, конструктивному рішенню, особливостям технології виготовлення і застосовуваних матеріалів (функціонально-конструктивна обумовленість);
- прояв у формі способів і особливостей дій людини з виробом (ергономічна обумовленість).

*Цілісність композиції* характеризують гармонійна єдність частин і цілого, органічний взаємозв'язок елементів форми виробу і його узгодженість з ансамблем інших виробів. Вона визначає ефективність використання професійно-художніх засобів для

створення повноцінного композиційного рішення і знаходить вираження:

- у загальній логіці просторової побудови форми, її масштабної, пропорційної і ритмічної організації (організованість об'ємно-просторової структури);

- у художнім осмисленні реальної роботи конструкції і матеріалів (тектонічність);

- у моделюванні, взаємопереходах і зв'язках обсягів, площин і обрисів форми (пластичність);

- у супідрядності графічних і образотворчих елементів загальному композиційному рішенню (упорядкованість графічних і образотворчих елементів);

- у взаємозв'язку колірних сполучень і використанні декоративних властивостей матеріалів (колорит і декоративність).

*Досконалість виробничого виконання і стабільність товарного виду* істотно впливають на особливості естетичного сприйняття форми виробу і характеризуються:

- чистотою виконання контурів, округлень і сполучень елементів (чистота виконання контурів і сполучень);

- старанністю нанесення покриттів і обробки поверхонь; чіткістю виконання фірмових знаків і покажчиків, супровідної документації та інформаційних матеріалів;

- збереженість елементів форми і поверхонь від ушкоджень, стирання і зміни декоративних покриттів (стійкість до ушкоджень).

Оцінка естетичних показників якості конкретних зразків продукції проводиться експертною комісією, що складається з кваліфікованих фахівців, які мають досвід роботи у художньому конструюванні і участі в роботі комісій з оцінки рівня якості промислової продукції.

За критерій естетичної оцінки береться ранжирований ряд виробів аналогічного класу і призначення (базовий ряд), що складається експертами на основі базових зразків, які надає організація-виготовлювач, і відібраних експертами.

При оцінці естетичних показників експортної продукції за базовий зразок береться сучасний аналог провідної закордонної фірми.

Процес оцінки естетичних показників якостей продукції включає в себе вибір базових зразків і складання базового ряду виробу

бів, проведення порівняльного художньо-конструкторського аналізу представленого виробу, визначення чисельних значень цього виробу, визначення чисельних значень естетичних показників у балах з використанням експертних методів.

### **6.1.7. Показники безпеки**

**Показники безпеки** характеризують особливості продукції, що обумовлюють при її експлуатації або споживанні безпеку людини (обслуговуючого персоналу).

Урахування показників безпеки необхідне для забезпечення безпеки людини при експлуатації або споживання продукції, її монтажі, обслуговуванні, ремонті, збереженні, транспортуванні від механічних, електричних, теплових впливів, отруйних і вибухових парів, акустичних шумів, радіоактивних випромінювань тощо. Показники безпеки повинні відбивати вимоги, що обумовлюють міри і засоби захисту людини в умовах аварійної ситуації, не санкціонованої і не передбаченої правилами експлуатації, в зоні можливої небезпеки.

Вимоги до безпеки людини при санкціонованих умовах у режимах експлуатації або споживання, монтажу, обслуговування, транспортування і збереження продукції можуть враховуватися підгрупою гігієнічних показників, що входять у групу ергономічних показників якості продукції.

Під аварійною розуміється ситуація, викликана випадковими порушеннями правил, зміною умов і режимів експлуатації або споживання продукції.

Під зоною можливої небезпеки розуміється простір, у якому існує небезпека (загроза) для здоров'я людини при виникненні аварійної ситуації. Показники безпеки повинні враховувати вимоги, виконання яких забезпечує захист людини, що знаходиться в зоні можливої небезпеки, від шкідливих для її здоров'я впливів. Прикладами показників безпеки можуть служити:

- імовірність безпечної роботи людини протягом визначеного часу;
- час спрацьовування захисних пристроїв;
- опір ізоляції струмоведучих частин, з якими можливе зіткнення людини;

– електрична міцність високовольтних ланцюгів.

Показниками безпеки можуть також слугувати якісні характеристики, наприклад такі, як наявність блокуючих пристроїв, пасків безпеки, аварійної сигналізації тощо.

При оцінці рівня якості продукції з урахуванням показників безпеки необхідно виходити з вимог (норм) безпеки .

Вимоги і норми, спрямовані на забезпечення безпеки людини, визначаються:

– системою державних стандартів з безпеки праці, правилами і нормами з техніки безпеки, пожежної безпеки, виробничої санітарії;

– стандартами, рекомендаціями, правилами ІСО, публікаціями МЕК та інших міжнародних організацій із стандартизації, а також прийнятими міжнародними регламентаціями (нормами).

### **6.1.8. Екологічні показники**

*Екологічні показники* характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, що виникають при експлуатації або споживанні продукції.

При виборі екологічних показників мають бути враховані вимоги, виконання яких забезпечує підтримання раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнім природним середовищем, а також попередження дії прямих і непрямих шкідливих результатів експлуатації або споживання продукції на живу природу.

Урахування екологічних показників , що характеризують продукцію, має забезпечити:

– обмеження показників потрапляння у навколишнє природне середовище промислових, транспортних і побутових стічних вод і викидів для зниження вмісту забруднюючих речовин в атмосфері, природних водах і ґрунтах до кількостей, що не перевищують гранично допустимі концентрації;

– збереження і раціональне використання біологічних ресурсів;

– можливість відтворення диких тварин і підтримання у сприятливому стані умов їх проживання;

– збереження генофонду рослинного і тваринного світу, у тому числі рідкісних і зникаючих видів.

Для обґрунтування необхідності врахування екологічних показників при оцінці якості продукції здійснюється аналіз процесів її експлуатації або споживання з метою виявлення можливості хімічних, механічних, світлових, звукових біологічних, радіаційних та інших впливів на навколишнє природне середовище. У разі виявлення шкідливих впливів зазначених факторів на природу цю групу екологічних показників необхідно включати до номенклатури показників, що застосовуються для оцінки рівня якості продукції.

До екологічних показників належать:

- зміст шкідливих домішок, що викидаються у навколишнє природне середовище;
- імовірність викидів шкідливих часток, газів, випромінювань при зберіганні, транспортуванні, експлуатації або споживанні продукції.

За відсутності статистичних даних про екологічні показники, методів визначення їхніх чисельних значень тощо допускається застосування якісних характеристик, таких як наявність очисних пристроїв, глушників, пиловловлювачів та ін.

При оцінці рівня якості продукції з урахуванням екологічних показників необхідно виходити з вимог (норм) щодо охорони довкілля.

Ці вимоги і норми визначаються:

- стандартами, рекомендаціями, правилами ІСО та інших міжнародних організацій, що займаються питаннями охорони природи;
- прийнятими міжнародними технічними регламентами і нормами;
- системою державних стандартів у галузі охорони природи і поліпшення використання природних ресурсів та інших нормативних документів у цій сфері.

## **6.2. Методи визначення показників якості**

Практика витратного механізму, що раніше існувала в економіці промислового виробництва, гальмувала розвиток технологічних систем як основної ланки промисловості, тому що не сприяла впровадженню нових прогресивних технологій, спрямованих на

підвищення продуктивності і зниження витрат, що формують собівартість продукції.

У свою чергу, як засвідчує практика, відхід від кількісної оцінки результатів виробництва пов'язаний з багатьма труднощами, обумовленими організаційно-управлінськими сформованими факторами.

Аналіз динаміки розвитку технологічних систем, викладеної у багатьох науково-технічних джерелах, дає можливість виявити ряд закономірностей. Серед них найбільш важливою умовою є вибір об'єктивних критеріїв і раціональних методів визначення показників якості продукції.

При оцінці результатів виробництва найбільш раціональним є такий критерій, який би об'єктивно відбивав не тільки витрати, що, безумовно, дуже важливо, але й відповідність цим витратам комплексу корисних властивостей.

Необхідність створення такого методу призвела до використання в розв'язанні такої задачі досягнень кваліметрії, метрології і функціонально-вартісного аналізу.

Методики, що застосовуються у *кваліметрії*, дозволяють відійти від застосування в оцінці результатів виробництва вимірів у грошовому вираженні, а також від натуральних показників («тонни», «метри», «штуки» тощо). Однак це не означає, що їх можна ігнорувати, тому що кваліпоказники, розраховані на основі натуральних, і їх можна застосовувати разом з економічними. Особливо це стосується техніко-економічних показників, таких як собівартість, трудомісткість, ціна та ін.

У сформованій вітчизняній практиці планування і керування якістю продукції широко застосовувалися умовно-натуральні вимірники, що дозволяють привести різні значення до єдиного показника, прийнятого за базу виміру.

У метрології для розрахунку кваліпоказників використовується такий метод, як метод базової точки, що передбачає віднесення фактичних значень до базового.

Множення рахункового показника, що характеризує кількість продукції, на відповідний коефіцієнт, дозволяє перевести натуральні обсяги виробництва продукції в умовні штуки, умовні тонни, умовні банки, умовні метри тощо.

Таке перерахування можна представити наступним чином:

$$P_i(t) = U_i(t) / m_i, \quad (6.22)$$

де  $P_i$  – обсяг випущеної продукції  $i$ -го виду в умовних одиницях (кваліпоказниках) за розглянутий інтервал часу ( $t$ );

$U_i$  – обсяг випущеної продукції в натуральних величинах за розглянутий інтервал часу ( $t$ )  $i$ -го виду;

$m_i$  – умовна одиниця, що встановлена галузевим нормативним документом,  $i$ -го виду.

Кваліметрія, у свою чергу, виходить із уявлення про якість продукції у виді ієрархічної структури властивостей («дерева властивостей»), що підрозділяються на рівні за ступенем їхньої важливості у формуванні її якості. При цьому показники підрозділяються на одиничні і комплексні. Комплексні, у свою чергу, характеризуються як групові, загальні відносні та інтегральні.

Так, в оцінці відносного показника рівня якості використовуються комплексні, диференційовані і змішаний методи. При цьому фактичний показник відноситься до базового.

Якщо за коефіцієнт, в умовно-натуральному виразі продукції, брати питомий показник споживчих властивостей продукції, то її кількість з урахуванням якості можна перевести у відповідні кваліметричні виміри (квалі-штуки, квалі-тони, квалі-метри тощо).

При цьому кваліметричний обсяг випуску продукції можна визначити як суму добутоків показника якості (з вироблених виробів кожного виду) на адекватний даному виду показник споживчих властивостей.

Формула такого перерахування має вигляд:

$$P_i(t) = U_i(e) / m_i \cdot \lambda_i, \quad (6.23)$$

де  $P_i$  – кваліметричний обсяг випуску продукції  $I$ -го виду за розглянутий інтервал часу ( $t$ );

$U_i$  – обсяг випуску продукції  $I$ -го виду в натуральних показниках за розглянутий інтервал часу ( $t$ );

$\lambda_i$  – умовний показник комплексу споживчих властивостей  $I$ -го виду продукції.

Використання таких кваліпоказників дозволяє вже на етапах проектування виробів визначити як їхні кваліпоказники, так і все необхідне ресурсне і технологічне обладнання виробництва.

Інваріантність кваліпоказників стосовно конструкторсько-технологічних параметрів дозволяє виявити залежність виробни-

чої потужності підприємства, вираженої в кваліпоказниках, від його організаційно-технічного і технологічного рівня.

При реалізації кваліметричного підходу з'явилась реальна можливість створення нормативних довідників кваліпоказників, які можуть бути прийнятними у перехідний період як для товаровиробника, так і для споживача. Вони можуть служити також основою для ціноутворення.

Використання кваліметричних методів у розв'язанні задач з оцінки споживчих властивостей товарної продукції, безумовно, дозволить виявити нові, ще більш ефективні можливості оптимізації технологічних систем по випуску конкурентноздатної продукції.

Таким чином, удосконалення науково-технічного рівня виробництва з використанням кваліметричної методології, покликаної оптимізувати також оцінку роботи технологічних систем, створює реальну основу для реалізації противитратного механізму діяльності підприємства.

Це забезпечує також умови для радикальної перебудови всієї системи внутрішньовиробничого планування і керування, а також оцінки і стимулювання праці.

В умовах становлення економічної самостійності виробничих структур, у тому числі в праві на встановлення цін, вигідних як для товаровиробника, так і для споживача, такий підхід має виняткову актуальність.

При цьому суть полягає у тім, що виробнича потужність, оцінювана, наприклад, у квалі-тонах, практично не змінюється при зміні номенклатури виробів, що випускаються. Збільшується (або зменшується) вона лише тоді, коли оновлюється устаткування, змінюється енергетичне забезпечення, підвищується кваліфікація робітників тощо.

Таке положення дозволяє, з одного боку, виявити ті підприємства, на яких виготовлення того або іншого виробу дає найбільший ефект, з іншого – обґрунтовано спланувати роботу з підвищення організаційно-технічного рівня виробництва.

Кваліметричний підхід відкриває значні можливості для автоматизації виробництва. Так, ввівши в ЕОМ креслення деталі, можна одержати всі необхідні дані для оптимізації технологічного процесу, тобто на основі кваліметричних показників трудоміст-

кості сформувати номенклатурний план, скласти матрицю собівартості і визначити ефективність праці.

Кваліметричний підхід створює можливість для визначення інтегрального показника, що характеризує необхідний рівень якості товару і витрат на його створення.

Такий підхід передбачає визначення кваліпоказників, що характеризують як необхідний рівень якості продукції, так і витрати на його створення.

Кожний із кваліпоказників – це функція: а) показників відповідних властивостей; б) трудовитрат на виконання необхідної технологічної операції; в) факторів, що характеризують умови експлуатації.

Кваліпоказники, виражені відповідними коефіцієнтами, дозволяють кількісно виміряти питому вагу трудовитрат на одиницю продукції, а також частку показників окремих властивостей у загальному показнику комплексу, що характеризує якість.

Кваліметрична методика дає можливість також одержати кількісне значення комплексного показника корисних властивостей  $\Sigma P_{\kappa}$  на одиницю  $I$ -го виду продукції і суми затрат на її створення  $\Sigma Z_i$ .

Таке відношення прийнято виражати інтегральним показником  $J_i$ :

$$J_i = \frac{\sum P_{\kappa}}{\sum Z_i}. \quad (6.24)$$

Загальний інтегральний показник ( $J_{заг}$ ), що характеризує загальний комплекс корисних властивостей відповідного обсягу  $I$ -го виду продукції ( $J_i$ ), випущеної за розглянутий інтервал часу ( $t$ ), і витрат на її створення може бути виражений так:

$$J_z = \frac{\sum P_{\kappa} \cdot U_i}{\sum Z_{iz}}, \quad (6.25)$$

де  $Z_{iz}$  – сума виробничих витрат, що складають собівартість  $i$ -го виду продукції, випущеної у визначеному обсязі ( $U_i$ ) за розглянутий інтервал часу ( $t$ ).

Таким чином, у дійсності при кваліметричному підході ефективність роботи технологічних систем оцінюється не за величиною витрат на одного працюючого, а за обсягом виробництва продукції, вираженої у відповідних кваліпоказниках.

Результати аналізу такого показника створюють передумови для оптимізації необхідного показника корисних властивостей з

урахуванням раціоналізації витрат на його створення, тому що вигідним стає не збільшення собівартості, а підвищення технічного рівня технологічних систем і на цій основі – підвищення якості продукції, що випускається.

Отже, чим прогресивніші нові вироби, навіть якщо вони складніші, тим краще для підприємства, тому що їхній випуск підвищує ефективність виробництва за рахунок поліпшення якості і зростання ціни.

Виробництво орієнтується на випуск продукції регламентованої якості при певних затратах.

При цьому роль кваліфікаційних показників розкривається тим, що вони характеризують показники корисності, а це особливо важливо, якщо вони спрямовані на забезпечення рівня конкурентноздатності продукції.

У разі подальшого розвитку технологічних систем у такому напрямі можна передбачати, що виробництво забезпечуватиме споживача все більш якісною продукцією, яка відповідатиме усім міжнародним стандартам.

### **6.3. Особливості оцінки якості функціонування технологічних систем у часі**

При розгляді значень показників якості функціонування технологічної системи слід враховувати, що в процесі експлуатації системи її стан змінюється.

У кожному стані система може виконувати задані функції з визначеним рівнем якості. При цьому кількісне значення показника якості функціонування системи  $x(t)$  залежить від її стану в момент  $t$ , а також у загальному випадку від усіх попередніх станів, тобто від траєкторії еволюції системи.

При такій оцінці зазвичай враховують випадкові фактори, розглядаючи показник  $x(t)$  як випадковий процес.

Однак існує найбільше значення якості функціонування системи:  $e_i = \text{const}$ , що відповідає ідеальній системі, тобто цілком працездатної, з номінальними значеннями всіх параметрів.

Розрізняють два види показника якості функціонування системи: миттєві та інтервальні.

**Миттєві показники** розглядаються як характеристики випад-

кової величини  $x(t)$ , що є значенням випадкової функції  $x(t)$  при  $t = t_i$ . При цьому повною характеристикою є закон розподілу.

Однак для практичного застосування зручніше користуватися першими двома моментами випадкової величини: математичним очікуванням і дисперсією. Для цього зручно застосовувати такі показники:

– середня якість функціонування системи в момент часу  $t = t_i$  як математичне очікування  $M$ :

$$e(t) = M[x(t)]; \quad (6.26)$$

– середнє квадратичне відхилення якості функціонування системи:

$$\sigma(t) = \sqrt{M\{x(t) - e(t)\}^2} \quad (6.27)$$

При цьому зазвичай враховується лише математичне очікування  $e(t_i)$ . Вирахування середнього квадратичного відхилення дозволяє вибрати варіант технічного рішення, який забезпечує незначний розкид якості функціонування. При цьому іноді корисно нанести крапки на графік і виділити «кращі» нижні варіанти.

**Інтервальні показники** якості функціонування відносяться до інтервалу часу або наробітку  $(O, t)$ , де кожний  $j$ -й траєкторії  $x(t)$  еволюції системи протягом часу або наробітку  $t$  буде відповідати деякий результат – вихідний ефект.

Результат експлуатації технологічної системи протягом часу  $(O, t)$  можна оцінити також за допомогою функціонала  $\phi[x_i(t)]$  від реалізації процесу функціонування системи.

Значення цього функціонала, що відповідають реалізаціям  $x(t)$  у даному інтервалі часу  $(O, t)$ , є можливими значеннями випадкової величини  $\mu$ .

Випадковий процес накопичення результатів застосування системи з часом  $\mu(t) = \phi[x_i(t)]$  є процесом накопичення вихідного ефекту системи.

У якості інтервальних показників якості функціонування протягом часу або наробітку  $(O, t)$  прийнято використовувати  $E(t)$ :

– математичне очікування  $M$  вихідного ефекту

$$E(t) = M \mu(t) = M[\mu(t)]; \quad (6.28)$$

– середнє квадратичне відхилення вихідного ефекту  $q(t)$ , що характеризує інтервальний ризик:

$$\sigma(t) = \sqrt{M[\{\mu(t_i) - m\mu(t_i)\}^2]} \quad (6.29)$$

Вихідний ефект можна виразити в різних одиницях:

- для промислових систем – в обсязі продукції або в грошових одиницях;
- для системи переробки інформації – в одиницях інформації;
- для системи аварійної автоматики – імовірністю виконання заданих функцій та ін.

У системах тривалої дії іноді зручно користуватися не інтервальним показником, а середнім значенням цього показника за одиницю часу.

Оскільки  $E(t)$  зазвичай монотонно зростає, що характеризує середній ріст вихідного ефекту за одиницю часу або наробітку на даному інтервалі  $(O, t)$ , для інтервального показника якості функціонування технологічної системи можна також знайти ідеальне значення середнього вихідного ефекту і відповідне значення коефіцієнта зниження ефекту.

Крім цього, іноді обчислюють середні втрати  $W(t)$  як математичне очікування частини вихідного ефекту, що губиться за інтервал  $(O, t)$ . Причиною при цьому може бути неідеальна робота системи, тобто спрацьовує фактор ненадійності, неточності тощо. При цьому втрати вимірюються в тих же самих одиницях, що й вихідний ефект.

Якість функціонування як прогнозованої, так і діючої технологічної системи може бути оцінено за визначений момент часу або наробітку чи за інтервал часу або наробітку.

#### **6.4. Оцінка якості продукції на етапах виробництва і експлуатації**

**Оцінка технічного рівня продукції.** Оцінка технічного рівня продукції включає визначення відповідності встановленим нормам:

- значень найважливіших вимірних (розрахункових) одиничних показників якості;
- значень групового показника якості продукції шляхом установаження функціональної залежності;
- значень органолептичної оцінки;

– значень узагальненого показника якості продукції.

Оцінка технічного рівня продукції проводиться згідно з окремими методиками, розробленими на основі типової форми, передбаченої таким документом, як «Загальна галузева методика оцінки технічного рівня і якості продукції».

Означені вище одиничні, групові й узагальнені показники якості продукції, а також відповідної їхньої норми (граничні значення) мають бути наведені в окремих методиках.

При комплексному методі оцінки за допомогою середньозважених показників в окремих методиках повинні бути зазначені значення коефіцієнтів вагомості середніх показників якості і терміни (строки) їхньої дії.

Підставою для розробки граничних значень є:

- характеристики базових зразків і еталонів;
- вимоги стандартів і технічних умов, а також стандартів ІСО, ДСТУ, матеріали НДР і відгуки споживачів.

**Оцінка рівня якості виготовлення продукції.** Рівень якості виготовлення продукції характеризується ступенем її відповідності вимогам НТД до початку її експлуатації, для чого застосовуються коефіцієнти дефектності ( $D$ ), що розраховуються за формулою:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k M_i d_i \quad (6.30)$$

де  $M_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го дефекту в гривнях або балах;

$d_i$  – кількість дефектів  $i$ -го виду;

$n$  – обсяг вибірки (число проконтрольованих одиниць продукції) при визначенні коефіцієнтів дефектності.

Вартісна оцінка дефектності ( $S_i$ ) розраховується за формулою:

$$S_i = V_i(1 + \nu) + C_i \quad (6.31)$$

де  $V$  – витрати на виявлення й усунення  $i$ -го дефекту;

$C_i$  – вартість матеріалів, комплектуючих виробів;

$V$  – побічні витрати.

**Оцінка рівня якості продукції в експлуатації або споживанні.** Стадія експлуатації включає в себе весь післявиробничий період існування продукції, тобто зберігання, технічне обслуговування, ремонт, транспортування й експлуатацію за призначенням.

Рівень якості продукції в експлуатації характеризується ступенем відповідності вимогам НТД фактичних значень показників якості продукції в процесі експлуатації.

Рівень якості продукції в експлуатації може визначатися методом зіставлення як одиничних, так і комплексних (інтегральних) показників.

Оскільки рівні якості продукції в процесі експлуатації і розробки повинні відповідати визначеним показникам, то їхня оцінка переслідує єдину мету. Так, у процесі розробки продукції оцінка одного або декількох її показників якості має на меті встановлення залежності оцінюваних показників від часу експлуатації.

Така оцінка здійснюється розрахунковим способом з використанням в якості вихідних даних результатів лабораторних іспитів (досліджень), а також результатів спостережень, отриманих при тривалій експлуатації даної продукції в різних умовах і режимах або при експлуатації аналогів цієї продукції.

У процесі експлуатації дані про зміну якості продукції за визначений період можуть бути отримані різними способами:

- за спостереженнями за продукцією, що перебуває в підконтрольній експлуатації;
- за періодичними разовими спостереженнями;
- за даними, отриманим від споживача і від ремонтних служб.

Рівень якості продукції в процесі експлуатації визначається шляхом порівняння фактичних значень показників якості (з урахуванням встановленого строку експлуатації) зі значеннями, заданими на стадіях розробки і виготовлення.

Відхилення можуть характеризувати різні форми експлуатації, у тому числі якості ремонту, якості збереження.

Комплексний показник характеризує сумарні затрати на експлуатацію і ремонт, віднесені до одиниці часу  $Z(t)$ , згідно з формулою:

$$Z(t) = \sum C_k(t) + Z_B t, \quad (6.32)$$

де  $Z(t)$  – витрати на експлуатацію продукції з наробітком  $t$ , віднесені до одиниці часу в  $i$ -му показникові якості;

$Z_B$  – витрати на відновлення значень показників якості ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) до їхніх кращих значень.

Особливістю оцінки рівня якості продукції в експлуатації є не-

обхідність врахування факторів морального старіння продукції. Тому при оцінці порівнюються одиничні або комплексні показники з аналогічними показниками, що відповідають сучасному світовому рівню в даній області.

Оцінка рівня якості продукції в експлуатації проводиться з метою виявлення шляхів більш повного використання всіх корисних властивостей, закладених у продукцію в процесі виготовлення і передбачених НТД. Результати такої оцінки використовуються в процесі виготовлення для поліпшення надійності продукції. Оцінка рівня якості продукції в процесі експлуатації дозволяє:

- здійснювати діагностику технічного стану продукції і приймати рішення щодо їхнього подальшого використання, збереження, модернізації або ремонту;
- давати обґрунтовані висновки про якість розробки і виготовлення продукції;
- виробляти думки щодо стабільності значень показників якості продукції на післявиробничій стадії її існування;
- робити висновки про якість використання, збереження, ремонту, транспортування й інших форм експлуатації продукції.

## **6.5. Методи оцінки якості готової продукції**

В оцінці роботи технологічної системи можуть використовуватися різні методи. Однак їхня ефективність диктується кон'юнктурою ринку, тобто тим, наскільки об'єктивно враховані усі фактори, що відбивають справжній стан на тій частині ринку, що обирається, або в його ніші.

Обсяг випущеної продукції (у шт., екз., кг, м тощо), її якість, затрати на її створення залежать від платоспроможної потреби на даний товар, що визначає споживчу або мінову вартість, тобто ринкову ціну.

Різниця між сумарними затратами і ринковою ціною характеризує економічну ефективність організаційно-управлінської і технологічної систем.

Однак у всьому цьому різноманітті факторів домінуючою є конкурентноздатна якість готової продукції, що задовольняє споживача даного виду продукції. Тобто для кожної групи споживачів потрібні визначений (різний) рівень якості і відповідна

ціна, яку готовий сплатити споживач за запропоновану якість.

Така оцінка виконується за допомогою різних методів.

У кожному з них застосовуються різні засоби.

**Вимірювальний метод** заснований на інформації, отриманій з використанням технічних вимірювальних засобів. Результати визначаються відповідно до стандартних методик у регламентованих умовах за допомогою стандартного устаткування (приладів, пристосувань тощо).

Вимірювальним методом визначаються такі значення, як, наприклад, маса виробу, сила струму, число обертів двигуна, граничні навантаження та ін.

**Ресстраційний метод** – це одержання інформації шляхом підрахунку числа визначених подій, явищ, предметів тощо. Йдеться, наприклад, про витрати на створення або експлуатацію продукції, число відмовлень виробу при іспитах.

Цим методом визначаються показники уніфікації, патентно-правові показники та ін.

**Органолептичний метод** передбачає одержання результатів шляхом аналізу сприйняття предмета оцінки органами чуттів людини – зору, слуху, нюху, дотику, смаку.

Точність (виражена в балах) і вірогідність цих значень залежать від здібностей, кваліфікації і професійного досвіду осіб, які брали участь в оцінці.

Метод не виключає застосування деяких технічних засобів (лупа, мікроскоп, мікрофон з підсилювачем та ін.). За допомогою цього методу визначаються естетичні показники, характер звучання музичних інструментів, показники якості харчових продуктів, парфумерії тощо.

**Розрахунковий метод** заснований на використанні інформації, отриманої за допомогою теоретичних або емпіричних залежностей у процесі розрахунків.

Метод застосовується при проектуванні продукції, коли можуть здійснюватися експериментальні дослідження (іспити). Він також широко застосовується для визначення інших значень, наприклад, показників продуктивності, безвідмовності, збереження, ремонтоздатності виробу тощо.

Визначення одиничних значень показників якості продукції із застосуванням названих традиційних методів здійснюється поса-

довими особами (фахівцями) відповідних підрозділів (лабораторій, полігонів, іспитових станцій, конструкторських відділів, обчислювальних центрів та ін.).

**Експертний метод** оцінки якості готової продукції здійснюється групою фахівців (експертів). До складу таких груп включають, наприклад, товарознавців, дизайнерів, дегустаторів та інших спеціалістів.

Такі групи періодично або епізодично діють у складі експертних комісій.

Із застосуванням експертного методу визначаються показники якості, які неможливо більш об'єктивно визначити за допомогою інших методів.

До таких показників, наприклад, належать:

– відповідність продукції (з комплексу показників) сучасним вимогам;

– ступінь новизни продукції;

– естетичні властивості продукції;

– вибір номенклатури показників якості;

– визначення значимості або важливості показників якості і багато інших.

Методика і порядок проведення експертної оцінки та обробки результатів регламентовані стандартами (ДСТУ 2681-94 та ін.).

Обробка результатів застосування експертного методу оцінки здійснюється за допомогою статистичних методів.

**Соціологічний метод** визначення якості продукції передбачає залучення до її оцінки фактичних або потенційних споживачів даної продукції. Їхні думки щодо якості продукції одержують шляхом усних опитувань або за допомогою соціальних анкет. Для збору інформації використовуються конференції, виставки, аукціони тощо.

Обробка результатів, як і при експертному методі, здійснюється за допомогою статистичних методів.

Необхідність застосування **статистичних методів** в оцінці показників якості продукції обумовлена тим, що в більшості випадків значення показників якості є випадковими величинами. У процесі виготовлення продукція піддається впливові великого числа випадкових факторів, що формують нерівномірність її властивостей.

До факторів, що зумовлюють нерівномірність властивостей продукції, можна віднести, зокрема:

- неоднорідність властивостей даного виду сировини або компонентів сировинної маси, що надходить до апарату; розбіжність розмірів заготовки, що обробляється на металорізальному верстаті; різниця у твердості, пружності оброблюваного матеріалу; наявність випадкових імпульсів тощо);

- безперервне перемішування часток розчинів і газів, викликане броуновським рухом та ін.

При оцінці якості продукції за допомогою статистичних методів розв'язуються такі задачі:

- визначаються закони розподілу;
- визначаються довірчі границі та інтервали для параметрів розподілу оцінюваного показника якості;
- порівнюються середні значення показників якості зі складовими його показниками (показниками оцінюваної продукції для встановлення їхньої випадковості або закономірності);
- порівнюються дисперсії;
- визначаються коефіцієнти кореляції;
- визначаються параметри залежності досліджуваних показників якості від числових характеристик, що впливають на них;
- визначаються впливи досліджуваних факторів на оцінюваний показник якості.

Розглянутий аналіз завершується звіркою одержаних результатів зі статистичними критеріями. Найбільш поширеними критеріями узгодженості дослідного і теоретичного розподілу є критерії Колмогорова, Пірсона (%-квадрат), омега-квадрат та інші правила, порядок застосування яких наведено в ДСТУ 2861-94 «Прикладна статистика. Правила перевірки узгодженості дослідного і теоретичного розподілу». Правила оцінки параметрів експонентного (показового) розподілу за критерієм Пуассона викладені в ДСТУ 2965-96 «Прикладна статистика. Правила визначення довірчих границь для параметрів експонентного розподілу Пуассона».

Оцінка коефіцієнтів кореляції (вірогідний аналіз) відповідно до держстандартів проводиться у випадках, коли треба перевірити гіпотезу про ступінь залежності показника якості від визначених факторів або залежність одного показника від іншого.

**Регресійний аналіз** застосовується для оцінки показника якості

за результатами спостережень за іншими показниками. Передбачається, що з попередніх дослідів або на підставі накопиченого статистичного матеріалу відомі відповідні коефіцієнти кореляції і вид регресії (лінійна, квадратична або ін.).

Інші види регресії в практиці застосовуються дуже рідко.

*Дисперсійний метод* застосовується для оцінки:

- впливу на показник якості тих або інших факторів;
- однорідності різних видів продукції.

При оцінці стабільності показників якості продукції необхідно керуватися галузевими методиками, що містять:

- максимальні допустимі відхилення від установлених норм;
- максимальні допустимі відхилення від нормативних параметрів технологічного процесу.

## 6.6. Принципи керування процесами підвищення якості

Під *якістю* часто розуміють оцінку досягнутого результату, проте *якісний* результат неможливо досягнути без *якісного* процесу його досягнення, який, у свою чергу, має бути *якісно* керуваним, і тому є сенс вбачати у кінцевому результаті просто один з моментів усього процесу в цілому. Можна сказати, що **керування якістю** – це процес покращення усієї пов'язаної з об'єктом керування сукупності параметрів якості шляхом послідовного наближення їх характеристик до заданих з одночасним зниженням частоти та амплітуди їх змін у межах нормативних значень.

Все більша насиченість сучасних ринків, постійно зростаюча конкуренція призвели до необхідності переглянути традиційні уявлення про якість як жорстко заданий перелік «споживчих характеристик» і значно розширити тлумачення цього поняття. Справжню революцію у напрямі зміни підходів до розуміння того, що є «якість», здійснили японці: широко застосувавши в 60-ті роки минулого століття в управлінських процедурах статистичні методи, вони відійшли від уявлення про якість як про те, що «зроблено у межах допусків», та перейшли до принципу «мінімізації відхилень». Причому останній принцип було застосовано не тільки щодо кінцевої продукції, а й на всіх стадіях, пов'язаних із її «життєвим циклом». Завдяки цьому їм вдалося за декілька ро-

ків не тільки наздогнати за якісними показниками своїх товарів найкращі взірці європейської та американської промисловості, але й на багато років, аж поки їх конкуренти не застосували у себе те ж саме, стати світовим лідером у номінації «якість», захопивши значну долю світового ринку. Згодом відбувся новий «прорив» – до «якості» цілком логічно було включено і всі супутні процеси, в результаті чого з'явилися нові стандарти. Після цього остаточно утвердилося уявлення про те, що будь-яка «локальна» якість є невід'ємною складовою «системи якості» і розгляд її поза таким контекстом є підходом несистемним та безперспективним.

Керування будь-яким процесом, у тому числі й процесом підвищення якості, починається з визначення об'єктів, мети, ресурсів та методів управління.

Об'єктами керування процесом підвищення якості можуть бути:

- кінцевий продукт;
- проміжні продукти;
- технологічні лінії;
- управлінські процеси;
- сировина, матеріали, комплектуючі;
- безпека, екологія тощо.

Концепція системи якості полягає в комплексності підходу до покращення результатів. У зв'язку з цим важливим є момент визначення спектру потенційних об'єктів, які складатимуть цю систему, тому що спрямування зусиль виключно в одному напрямі може призвести до дестабілізації системи в цілому. Іншим важливим аспектом є визначення пріоритетів з побудовою ієрархії цінностей, що надасть можливість оптимально розподілити зусилля компанії в процесі створення та розвитку системи якості.

**Мета керування процесом підвищення якості.** Метою процесу в цілому є підвищення прибутковості та конкурентоспроможності підприємства за рахунок підвищення якості продукції та всіх супутніх процесів, які можна оцінити за допомогою параметрів якості. Параметри якості, у свою чергу, визначаються тією сферою діяльності, в якій розгортається той чи інший процес. Оскільки ж треба розглядати всю сукупність наявних процесів, то й на виході маємо отримати значну кількість параметрів, відносно яких виникає низка запитань, а саме:

– назви параметрів, їхні цільові значення, пріоритети та взаємозумовленість;

– яким чином і за рахунок чого можна на них впливати;

– як дізнатися, що цільові значення досягнуто, як і де їх треба збирати, як і де зберігати, як обробляти та аналізувати;

– як найбільш ефективно організувати процес роботи з даними.

Таким чином, більш вичерпним формулюванням мети керування процесом підвищення якості буде: *організація ефективної процедури, що забезпечує цілеспрямований та системний вплив на параметри якості у напрямі їх постійного покращення.*

**Методи керування процесом підвищення якості.** Методи керування тісно пов'язані з об'єктами керування і націлені на забезпечення досягнення мети керування шляхом вдалого сполучення засобів та ресурсів управління.

В основу методів керування якістю покладено системний підхід, який передбачає:

– розгляд усіх подій, явищ та процесів у їх взаємозв'язку (розуміння того, що всі вони є частиною однієї складної системи);

– визначення пріоритетів;

– робота з причинами, а не з їх наслідками;

– систематичність (доведення будь-якої справи до логічного завершення).

**Напрями підвищення якості.** Здійснення ефективної політики передбачає:

– чітке та зрозуміле формулювання мети, недвозначне окреслення об'єктів та суб'єктів процесу підвищення якості;

– послідовність процесу підвищення якості на всіх рівнях.

Для забезпечення цих вимог необхідно зафіксувати базові визначення у письмовій формі, тобто розробити систему управлінських процедур.

Додаткові переваги такого підходу:

– передбачуваність та контрольованість (причому це стосується не тільки тих, хто знаходиться «у самому процесі», але й інших зацікавлених осіб);

– надання належного статусу відповідальним особам («легалізація»);

– супутні процеси узгодження створюють передумови формування «ситуативних» груп;

- додаткова мотивація для роздумів;
- процес формалізації – це також процес із параметрами якості (тренінг).

**Планування процесу підвищення якості.** Початком планування процесу є його поділ на ряд об'єктів планування. Об'єкти планування можуть бути згруповані за найрізноманітнішими ознаками і відокремлені залежно від конкретної ситуації як підсистеми, функції, рівні ієрархії, інструменти та методи тощо.

План процесу підвищення якості повинен містити в собі мету, засоби (ресурси) і методи досягнення мети, терміни виконання та контроль за виконанням, перелік відповідальних осіб.

При цьому необхідно розробити (у конкретних вимірах) критерії оцінки:

- ситуації в цілому;
- поточної ситуації;
- бажаної ситуації;
- методів, ресурсів і часу, які необхідні для досягнення бажаної ситуації.

Оскільки підґрунтям вирішення будь-яких, у тому числі й організаційних, питань є інформація, остільки в технічній площині засобом управління є коректно та своєчасно зібрана, згрупована, репрезентована і проаналізована інформація.

**Інформаційні аспекти керування процесом підвищення якості.** Будь-який процес управління пов'язаний з прийняттям рішень, які базуються на інформації, що надходить з різних джерел. Інформація, у свою чергу, має бути цілком заснованою на даних, які розуміються як первинний рівень інформації.

Оскільки будь який процес породжує значну кількість інформації (даних), перш ніж почати збирати дані, необхідно визначити таке:

- які з генерованих у ході протікання процесу дані піддаються вимірюванню;
- наскільки вони є суттєвими;
- яким чином і наскільки щільно вони поміж собою пов'язані (виключення надмірності);
- до якої міри вони репрезентативні;
- наскільки можна покладатись на джерела отримання цих даних.

Сама організація роботи з даними також потребує розв'язання низки питань, а саме:

- який рівень кваліфікації людей, які працюють з даними;
- які найголовніші пріоритети в цій роботі;
- як, де і ким мають збиратися дані;
- яким чином мають зберігатися зібрані дані;
- яким чином вони мають бути проаналізовані;
- яким чином, в якій формі, з якою періодичністю і кому саме вони мають бути надані;
- хто і як прийматиме рішення;
- яким чином буде контролюватися виконання рішень і аналізуватися їх наслідки;
- яким чином мають бути закріплені найбільш успішні рішення.

Комплексне вирішення питання інформаційного забезпечення потребує виявлення всіх пунктів виникнення та споживання інформації та всієї необхідної сукупності інформаційних зв'язків. Для цього будується інформаційна модель процесу за такими базовими принципами:

- чітке формулювання мети;
- єдиний суб'єкт моделювання;
- наявність єдиної точки зору.

Після отримання такої моделі та повнозв'язаної структури майбутньої системи необхідно перейти до оформлення процесу перетворення даних в інформацію. Для цього розроблено відповідні технології та методи.

Під технологіями розуміються комп'ютерні технології (локальні й централізовані бази даних), а також системи зв'язаних ієрархічних управлінських процедур.

Що ж до методів, то вони відзначаються великою різноманітністю, і їх застосування має варіативний характер. Найбільш велику, найчастіше вживану та перспективну групу складають статистичні методи, які умовно розподіляються на прості методи (у сенсі використання та розуміння) та методи математичної статистики, яка в останні десятиріччя остаточно набула статусу прикладного розділу математики, що пов'язано з такими факторами, як:

- ускладнення технологій, у зв'язку з чим суттєво зросли кількість контрольованих параметрів, їх мінливість та взаємозумовленість;

– зростання вимог до якості на всіх етапах життєвого циклу продукту і функціонування підприємства;

– поширення комп'ютерів та комп'ютерних технологій, що значно спрощує акумулювання, обробку та оформлення великої кількості інформації;

– зміни в сутності технологій і процесів: у підґрунтя більшості сучасних технологій і процесів покладено не характерне для попередніх століть перетворення енергії та матеріалів, а перетворення інформації, що висуває на передній план вимогу ефективної обробки й аналізу інформаційних потоків.

**Головний принцип успіху функціонування системи керування процесами підвищення якості.** При всьому різноманітті методів, механізмів та технологій, при всій визначеності загальних принципів та мети головним принципом успіху їх втілення, успішного функціонування та безперервного розвитку й удосконалення є принцип «одноосібності», який передбачає:

– зацікавленість у результатах з боку вищого керівництва: «перша людина» на підприємстві виступає безпосереднім ініціатором та куратором розробки, реалізації, функціонування та розвитку системи управління процесами підвищення якості;

– наявність особи з належними повноваженнями, яка повністю відповідає за розробку, втілення, функціонування та розвиток системи управління процесами підвищення якості (умовно – «системщик з якості»).

Виконання цих двох умов є запорукою успішності функціонування навіть обмеженої та простої системи керування якістю, без цього навіть найдосконаліше спроектована система не стане насправді «системою» і втішатиме хіба що своїх розробників.

## **6.7. Економічна оцінка технології в ринкових умовах**

В умовах ринкового господарювання ефективність роботи технологічної та організаційно-управлінської систем виробництва залежить від повноти задоволення запитів ринку, його конкретної частки або ніші.

Вимоги кон'юнктури такого ринку закладається в процесі проектування, виробництва і реалізації продукції, що випускається.

Економічна оцінка ефективності технології промислового ви-

робництва на підприємствах з державним регулюванням (згідно з контрольними пакетами акцій тощо) здійснюється відповідно до методів державної стандартизації.

Ефективність роботи підприємств інших форм власності стосовно ринкових методів господарювання може здійснюватися за їхніми методиками. Зокрема, в організаційно-управлінських системах можуть мати місце методи класичної школи менеджменту, а в організації виробничо-ринкової діяльності – методи маркетингу.

Обсяг реалізації готової продукції буде продиктований законом вартості, що визначає величину прибутку – узагальненого показника економічної ефективності роботи підприємства.

Успіх роботи системи залежить від рівня контролю за виробництвом і його регулюванням відповідно до кон'юнктури ринку, що складається.

Одним із важливих факторів, що обумовлюють величину одержуваного доходу, служить ринкова ціна за передану на ринок (його частку або нішу) товарну продукцію.

Іншою, не менш значущою складовою, є витрати в процесах виробництва і збуту.

Ця різниця й формує умовний дохід ( $D$ ). На його величину впливають суми стягнутих податків і зборів, витрати на транспортування, витрати, пов'язані зі зберіганням, рекламою, оплата посередницьких структур та інші затрати, наприклад, витрати на послуги споживачам.

У свою чергу, ринкова ціна, крім якості товару, залежить від рівнів:

- споживчої вартості (грошове вираження корисності), формованої засобами реклами, що роз'яснює корисні властивості товару;
- платоспроможності споживача;
- попиту на даний вид товару;
- відповідності товару потребам споживача;
- оплати праці у виробничій сфері;
- якості або продуктивності праці;
- технологічності системи (устаткування, оснащення, предметів праці, кваліфікації інженерно-технічних працівників);
- інших факторів.

Чим вище рівень цих факторів, тим вище може бути рівень ринкової ціни. Відповідно, фактори, що визначають витрати, по-

винні мати тенденції до зниження. У такий спосіб у всіх видах діяльності, що обумовлюють ринкову ціну і затрати, ці фактори повинні братися до уваги при максимальному врахуванні всіх закономірностей, властивих даному виду діяльності, тобто вони мають бути технологічно оптимальними.

### **6.8. Альтернативні основи вибору показників якості на основі SWOT-аналізу**

При розробці будь-якої технології суттєве значення має чітке розуміння її переваг та недоліків. Для вивчення цих дуже важливих якісних характеристик використовують прийняті в міжнародній практиці систематизацію та стандартні методи, так званий SWOT-аналіз, у рамках якого визначають сильні (*Strengths*) та слабкі (*Weakness*) сторони проекту, можливості (*Opportunities*) та загрози (*Threats*). Результати такого визначення пропонується представляти у вигляді чотирьох складових, або ж таблиць, в яких конкретно відображаються всі суттєві (з точки зору розробки технології) переваги і недоліки проекту.

Ці переваги і недоліки, які характеризують можливості здійснення проекту розробки технології, і загрози, які існують при його реалізації, формулюють, зазвичай у якісній формі.

Напрацьовані оцінки SWOT-аналізу надзвичайно різноманітні. Серед них найчастіше використовуються такі.

1. За сильні сторони зазвичай вважають наявність інвестиційних ресурсів та власних коштів; ненасиченість ринку товарами або послугами фірми; наявність місцевої сировинної бази; наявність стабільних постачальників сировини і енергії; наявність ринку висококваліфікованих фахівців і працівників зі скромними попитом щодо зарплати – робочої сили; наявність сучасних новітніх технологій; можливості диверсифікації виробництва; можливості завоювання нових ринків збуту; наявність нового устаткування, виробничих площ та відповідної інфраструктури; резерви виробничих потужностей; попит на товари вітчизняного виробництва; сертифікація виробництва; підвищення кваліфікації персоналу; реструктуризація власності; реструктуризація організаційної структури підприємства; збереження існуючих та створення нових робочих місць; високоякісне і своєчасне замовлення;

помірний клімат, вигідне географічне розташування з транспортними комунікаціями тощо.

2. До слабких сторін будь-якого планування розробки технології відносять: недостатність ресурсів; невизначеність або нестабільність законодавчої бази держави; недосконалість системи оподаткування – нестабільність і постійні зміни в податковому законодавстві, що може призвести до збільшення вартості продукції і погіршення умов збуту; недостатнє наукове забезпечення процесу розвитку виробництва; недооцінку факторів мотивації працюючих; відсутність чутливої маркетингової політики; зношеність устаткування; відставання від розвинутих країн світу стану матеріально-технічної бази; висока ціна на нове обладнання і труднощі з його придбанням; високі процентні ставки інвестицій; відсутність на підприємстві інвестиційних ресурсів та власних коштів; низькі ціни у конкурентів на ті самі види продукції; недостатню інформованість про потенційних споживачів продукції; надзвичайно низьку адаптивність підприємств до ринкових відносин; обмежене конкурентне середовище і практичну відсутність ефективного регулюючого впливу з боку держави; невизначеність диверсифікованості виробництва; недостатню відпрацьованість процедури проведення тендерних торгів і укладання контрактів; недосконалість організаційної структури підприємства; низьку ефективність управління процесами розвитку в матеріальній і нематеріальній сфері тощо.

3. До можливостей відносять залучення інвестицій для зміцнення фінансової стабільності; зацікавленість фінансових структур до співробітництва; збільшення попиту на продукцію високої якості та низької ціни; соціальні зміни в суспільстві, що позитивно впливають на попит на продукцію; освоєння додаткових видів продукції (розширення асортименту); покращення системи керування виробництвом; пошук альтернативних джерел постачання сировини; здача вільних виробничих площ в оренду тощо.

4. До загроз відносять велику низку факторів, таких як: тиск конкурентів; санкції фінансових та інших наглядових контролюючих структур (пожежна служба, санітарна інспекція, технічна служба тощо); нестабільність постачальників (банкрутство тощо); демографічні зміни; політичні фактори; неефективна організаційна структура; висока собівартість продукції; низька купівельна

спроможність населення або банкрутство споживачів продукції; зміна законодавства щодо вимог до виробництва; можлива протидія місцевих силових структур; зростання цін на сировину; підвищена активність конкурентів. До загроз можна віднести також стихійні лиха, нестабільні погодні умови, непередбачуваність дій органів державного управління щодо регулювання податків, митних норм і правил, що стримують ефективність управління проектами та програмами розвитку.

Зауважимо що сильні сторони відповідають деякою мірою можливостям здійснення проекту, а слабкі сторони є чинниками загроз.

Серед показників SWOT-аналізу найбільша їх частка не має кількісної оцінки. Наприклад, не можна дати кількісної оцінки таким показникам, як «Зацікавленість фінансових структур», «Покращення системи керування», «Політичні фактори», «Банкрутство споживачів або постачальників» і т. ін.

Але деякі характеристики піддаються кількісній оцінці, а саме: «Наявність виробничих площ», «Процентні ставки інвестицій», «Наявність власних коштів» тощо, які підлягають точному визначенню, оскільки певним чином вимірюються ( $m^2$ , %, грн. тощо).

Інші кількісні характеристики підлягають визначенню за допомогою відповідних розрахунків при наявності початкових даних: зношеність технологічного обладнання; ціна оренди виробничих площ; собівартість продукції. Звернувшись до відповідних державних установ, можна одержати кількісну інформацію про демографічні зміни, купівельну спроможність населення та ін., яку збирають і оцінюють як державні, так і громадські наукові установи, як за державними замовленнями, так і за власними ініціативами. Ці характеристики визначають абсолютними або відносними показниками.

Найбільша складність з погляду одержання кількісної оцінки функціонування організацій, підприємств полягає в тому, що деякі наведені вище показники не мають кількісної оцінки, тобто вони не можуть бути виражені якимись цифрами (гривні, долари, кг, кВт тощо), а їх залежності від чинників, які мають вплив, не можуть бути описані математично.

У такому випадку для оцінки економічної доцільності і техніко-технологічної можливості реалізації будь-яких показників застосовують експертні методи, що полягають в опитуванні фахів-

ців з певної проблеми, які оцінюють визначений показник або проблему на якісному рівні (добре, погано, задовільно) або у будь-яких відносних значеннях (% , частка одиниці, частка будь-якого іншого параметра).

У міжнародній практиці застосовують такі стандартні методи вивчення якісних характеристик розроблюваної технології:

1. SWOT – опис роботи (*Scope of Work*). Письмовий опис умов досягнення кінцевої мети виготовлення готового продукту або послуги.

2. OBS – структура організації (*Organization Breakdown Structure*). Структурне представлення проектної організації, ідеологія якого враховує співвідношення розподілу пакету робіт між організаційними структурними підрозділами для їх оптимального виконання.

3. WBS – структура робіт (*Work Breakdown Structure*). Ієрархічна структура елементів, призначення якої – передбачити найкраще забезпечення упорядкованого, відповідно до логіки взаємозв'язку і послідовності, виконання робіт за проектом.

4. PERT – метод (технологія) оцінки і аналізу програм (*PERT method (Program Evaluation and Review Technique)*). Метод аналізу і оцінки тривалості проекту при високій невизначеності щодо оцінок тривалості робіт у проекті. PERT застосовує метод критичного шляху (CPM – *Critical path method*) для зваженої оцінки середньої тривалості.

5. *Principle Responsibility* – принцип відповідальності. (RAM – *Responsibility assignment matrix* – матриця розподілу відповідальності і обов'язків). Структура, що створюється на основі співвідношень WBS- і OBS- структур з метою персоніфікації кожного елементу змісту робіт за проектом для відповідного виконавця.

При визначенні економічної ефективності проектів застосовують такі кількісні показники:

NPV – чистий дисконтований дохід або чиста приведена поточна вартість (*Net Present Value*);

IRR – внутрішня ставка (норма) прибутковості інвестицій в проект або дисконтований показник прибутковості, показник цінності (*internal rate of return*);

PI – індекс прибутковості (*Profitability Index*);

PP – термін окупності інвестицій в проект, не дисконтований

показник цінності проекту (*Payback Period*).

**Показники ефективності** отримують шляхом розрахунку проекту в цілому і для конкретних учасників проекту зокрема.

Виконання проекту оцінюють за показниками відхилення фактичних результатів від планових або очікуваних. Найчастіше аналізу піддають вартість і час. Крім того, досить часто здійснюють аналіз відхилень від плану, змісту, якості та ризиків, важливість яких не менша, ніж важливість вартості й часу.

При розрахунку ефективності застосовують такі показники:

BCWS – бюджет, або бюджетна вартість запланованих робіт. Оцінка вартості запланованих ресурсів на кумулятивній основі, яка розподілена в часі (*Budgeted Cost of Work Scheduled*);

ACWP – фактична вартість виконаних робіт. Загальна сума грошових (прямих і непрямих) витрат, які пов'язані з виконанням робіт за певний період часу (*Actual Cost of Work Perfomed*);

BCWP – освоєний обсяг, або бюджетна вартість виконаних робіт (частка загального бюджету, що дорівнює відсотку фактично виконаної роботи в межах проекту). Приведена вартість або початкова кошторисна вартість фактично виконаної роботи (*Actual Cost of Work Perfomed*);

BAC – кошторисна вартість робіт після їх завершення. Загальна кошторисна вартість опорного плану чи розрахунку витрат проекту;

EAC – розрахункова вартість робіт після їх завершення. Тобто вартість, що включає в себе витрати на даний час плюс перевірені розрахункові витрати частки робіт, що залишилися;

FAC – розрахункові витрати, що прогножуються після завершення робіт;

VAC – відхилення при завершенні робіт (BAC – EAC або BAC – FAC). Показує очікуване фактичне перевищення витрат або недовикористання коштів після завершенні робіт.

Три перші вищенаведені показники застосовують всі разом при певних співвідношеннях, щоб визначити, чи буде робота завершена так, як планувалася, чи ні. Найчастіше, як уже зазначалось вище, застосовують показники вартісного відхилення ( $CV = BCWR - ACWP$ ) та відхилення в часі ( $SV = BCWP - BCWS$ ). Тобто вартісне відхилення отримують із різниці між фактичною і бюджетною вартістю виконаних робіт, а відхилення в часі – із різниці між бюджетною вартістю запланованих робіт і бюджетною

вартістю виконаних робіт.

**Показники виконання робіт.** Існують два показники ефективності виконання робіт.

За допомогою першого показника вимірюють ефективність вартості роботи, що виконана за певний період часу. Він визначається як показник *вартісного виконання* –  $CPI = BCWP / ACWP$ . Показник вартісного виконання застосовується найбільш часто. Він дозволяє спрогнозувати вартість проекту при його завершенні. Його точність, надійність і стабільність перевірені часом на практиці.

Другий показник – оцінка виконання плану на конкретну дату. Його визначають як показник *виконання плану*:  $SPI = BCWP / BCWS$ . Показник виконання плану (графіка/часу) засвідчує, що на звітну дату було виконано певний обсяг запланованої роботи. В окремих випадках є важливим використання показника планового виконання при прогнозуванні дати завершення робіт.

**Показники завершеності проекту.** Ці показники порівнюють результати виконання робіт на даний час із загальним обсягом робіт. При цьому враховується, що умови не будуть змінені, тому що інформаційне забезпечення виконання робіт достатнє і ніякі заходи щодо їх поліпшення застосовуватися не будуть.

Перший показник схожий на процент виконання відносно кошторисної вартості. Це *показник завершення проекту* ( $PCI - B$ ) =  $BCWP / BAC$ . Показник завершення проекту свідчить про те, що виконана робота є відсотком (%) від загальної кошторисної суми (BAC) у грн. станом на звітну дату.

Другий показник відображає виконаний процент відносно фактично витрачених на виконання роботи певної суми коштів у грн. і фактично очікуваної суми, потрібної для завершення всього обсягу роботи (EAC). Формула виглядає так:

$$(PCI - C) = ACWP / EAC.$$

Цей показник відображає ступінь або (%) виконання, з урахуванням фактично витрачених коштів при виконанні роботи до певного числа і перевірені фактично очікувані витрати на завершення проекту. Деякі менеджери віддають перевагу саме цьому показнику, тому що він вмщує фактичні і перевірені цифри, які включають нову, більш вичерпну інформацію.

Ці дві точки зору щодо виконаного процента свідчать про різні думки відносно «реального» виконаного процента. Керівник проекту повинен користуватися всіма джерелами інформації, щоб повністю і своєчасно контролювати хід проектних робіт.

**Технічний контроль виконання робіт у проекті.** Забезпечувати технічний контроль виконання робіт так само важко, як і контроль графіків/термінів і вартості виконання. Оцінка рівня технічного виконання робіт часто здійснюється шляхом вивчення документації проекту. В документах повинні конкретизуватися критерії і їх припустимі інтервали, за допомогою яких можна виміряти виконання робіт. Досить важко конкретизувати, як виміряти технічне виконання, оскільки це залежить від природи проекту. Альтернативи технічному контролю виконаних робіт в проекті немає. Керівник проекту повинен творчо підходити до пошуку контролю в цій важливій області.

**Програми для проектних систем «вартість/графік».** Для управління і контролю проектами створено систему «вартість/графік», яка відстежує і надає інформацію про показники кошторисних, фактичних, приведених величин витрат. Ці витрати можуть вимірюватися в годинах роботи, у вартості матеріалів тощо. Саме ця інформація служить основою для проведення оцінки здійснення і вартості виконаних робіт, здійснення управління рухом готівки.

Наведемо типову структуру звіту, виконану на комп'ютері, яка включає таку інформацію:

1. Переглянуті витрати після завершення робіт (EAC).
2. Нові прогнозовані витрати після завершення робіт (FAC).
3. Фактичні виплати в поточному періоді (ACWP).
4. Кумулятивна величина виплат на даний час (ACWS).
5. Відхилення від графіку (ACWP / ACWS) з рахунками витрат WBS і OBS.
6. Зміни вартості (BCWP / ACWP) після розрахунку витрат WBS/OBS.
7. Показники вартості, календарного графіку робіт, загального процента виконаного обсягу робіт.
8. Оплачені та неоплачені зобов'язання.
9. WBS і OBS.

Різноманітність пакетів комп'ютерних програм, які мають найріз-

номанітніші характеристики і до того ж постійно оновлюються, дуже велика. Саме вони є надзвичайно важливим інструментом управління проектною діяльністю на сучасному етапі інтеграційних процесів розвитку світової системи. Використання програмних продуктів у процесі проектною діяльності не тільки дає можливість спростити процедуру контролю і моніторингу в проекті завдяки автоматизації процесів, але і значно підвищує ефективність діяльності менеджера проекту і його команди.

**Прогнозування остаточної вартості пропозиції вдосконалення виробництва.** Для невеликого і середнього розміру проектів існує випробувана система прогнозування і аналізу вартості – процедура ЕАС. Але вона не є прийнятною в тих випадках, коли затрати значні. Проте існує один метод, який заслуговує довіри і показав свою точність та надійність при прогнозі остаточної витрат. Метод заснований на використанні показника  $CPI$  ( $CPI = BCWP / ACWP$ ).

Модель прогнозу (FAC) може бути описана таким рівнянням:

$$ETC = A_3 / CPI = BAC - BCWP / BCWP : ACWP;$$
$$FAC = ETC + ACWP,$$

де  $ETC$  – орієнтовна вартість після завершення робіт;

$A_3$  – робота, що залишилася;

$CPI$  – кумулятивний індекс вартості виконання роботи на певний період контролю, певну дату;

$BCWP$  – кумулятивна кошторисна вартість робіт, що завершилися до конкретної дати, часу;

$ACWP$  – кумулятивна фактична вартість робіт, що завершилися до конкретної дати, часу;

$BAC$  – загальна кошторисна вартість опорного плану;

$FAC$  – прогнозована загальна вартість робіт після завершення проекту.

Ця модель може бути використана для розрахунків витрат наборів робіт, які застосовуються для прогнозу очікуваних і загальних витрат. Важливою рисою є те, що модель виходить з того, що умови не змінюються, база даних вартості надійна,  $BCWP$  і  $ACWP$  кумулятивні, а на підставі попереднього аналізу вже виконаних робіт можна уявити майбутній хід робіт.

Є й інші додаткові питання контролю виконання проекту, які

можуть у своїй практичній діяльності застосовувати менеджери проекту. А саме:

– **вартість і проблеми отримання вхідних даних.** У випадках протидії збору даних про хід виконання робіт можливо використовувати системи подібного псевдовиконаного процента. Методи псевдовиконаного процента добре працюють в організаціях, які займаються значною кількістю дрібних і середніх проектів. Враховуючи те, що звітний період складає тиждень, то необхідно обов'язково розробити набори робіт з терміном виконання приблизно тиждень, щоб можна було швидко виявити проблему і ліквідувати її;

– **зміни в основі проекту.** Точне визначення проекту може мінімізувати необхідність змін в проекті – як внутрішніх, так і зовнішніх. Менеджер проекту повинен протидіяти змінам в його основі;

– **резерв на випадок непередбачених витрат.** Величина непередбачених витрат залежить від ступеня невизначеності: (1...2)% від загальної вартості проекту, коли проект містить мало нового; (5...20)% – коли проект містить значну частину нового для проектної команди;

– **деформація масштабу** – коли незначні поліпшення призводять до значних змін у масштабі і можуть стати причиною проблем. Наприклад, незначні зміни в комп'ютерній програмі можуть призвести до суттєвого збільшення масштабу проекту, чим будуть незадоволені і замовник, і виконавець, тобто проектна команда.

Практика функціонування економіки України дозволила визначити одну із найважливіших проблем – удосконалення організації керування підприємством у зв'язку із входженням у ринковий простір. Тому пріоритетність розв'язання проблем і суперечностей пов'язана, в першу чергу, з роллю організації керування і її спрямованістю на розв'язання виробничих, науково-технічних, економічних і соціальних проблем. Не забезпечивши підвищення рівня керованості підприємством, не можна здійснювати розв'язання наведених вище проблем.

Для цього в кожному конкретному випадку при здійсненні проекту чи програми треба проаналізувати можливі засоби і способи розв'язання проблем. Це може бути здійснено тільки з використанням наукових методів прогнозу, а також з прийняттям ефективних рішень по формуванню організаційного й економічного ме-

ханізмів керування.

Для підприємств – виробників будь-якого товару найбільш важливим є розв’язання проблем «входу» і «виходу».

У першому випадку необхідно шукати і забезпечити реалізацію ресурсного потенціалу з виробництва сировини або застосувати альтернативний варіант – її придбання. У другому – розширювати ринок збуту готової продукції з використанням функції маркетингу для її успішної реалізації.

Найбільш складними на даний час є проблеми, пов’язані з реалізацією готової продукції на споживчому ринку. Тому необхідно розробити стратегію посилення позицій малих та середніх підприємств на зовнішніх і в основному на внутрішніх споживчих ринках.

Іншими системними проблемами можуть бути стимулювання збуту продукції, структуризація мети керування, визначення функцій керування, розподіл цих функцій між рівнями, формування економічного механізму соціального заохочення працівників, програми розвитку підприємств і організацій, упорядкування плану реалізації готової продукції. Тобто використання системи кількісних характеристик функціонування (вартість основних фондів, обігові кошти, заробітна платня, різні витрати тощо) в основному забезпечує плановий відділ, але при наявності вихідних даних. Методи визначення показників якості продукції становлять окрему систему.

Таким чином, при розробці будь-яких пропозицій щодо вдосконалення виробництва використовується система методів оцінки, яка включає якісні методи (добре, погано) та кількісні методи, засновані на відомих характеристиках проекту і виражені в цифрах, одиницях виміру (кг, м, %, кВт, грн. тощо). Ці кількісні методи, у свою чергу, класифікують за методами їх визначення (вимірювальні, реєстраційні, розрахункові, експертні, статистичні або вірогідності, соціологічні та ін.). Передусім це експертні методи, розробка плану або системи заходів для забезпечення економічної стабільності підприємства SOW, OBS, WBS, PERT, RAM – *Principle responsibility* (NPV, IRR, PI, PP); показники ефективності – WCBS, ACWP, BCWP, BAC, EAC, FAC, VAC; показники виконання робіт – показник вартісного виконання CPI, показник виконання плану SPI; показники завершеності проекту; технічний контроль виконання робіт в проекті; програми для

проектних систем «вартість/графік»; прогнозування остаточної вартості пропозицій.

Розрізняють такі види проектного аналізу: технічний, фінансовий, комерційний, екологічний, соціальний, економічний, структурно-організаційний.

Фінансовий аналіз досліджує витрати і результати стосовно конкретних організацій – учасників проекту, мета яких – одержання прибутку; економічний вивчає проблему з позиції суспільства в цілому, для якого ціни закупівлі, наприклад сировини, і продажу продукції проекту не завжди можуть служити прийнятною мірою витрат і вигод в силу ряду причин. Екологічні і соціальні наслідки проекту, цілком зрозуміло, більше цікавлять суспільство, ніж організації, що беруть участь у ньому. Безумовно, у процесі розробки проекту проводяться аналіз та оцінка його соціальних та екологічних наслідків, а також витрат, пов'язаних із соціальними заходами та охороною навколишнього середовища.

**Вартість грошей у часі.** Удосконалення будь-якого технологічного процесу може тривати роками і десятиліттями. Гроші ж витрачаються сьогодні і витратяться протягом тривалого часу, а прибуток, якого ми очікуємо, з'явиться не відразу. Але ми знаємо, що виплачена сьогодні одна гривня дорожча за обіцянку її через рік. Рівноцінність будь-якої валюти у часі пояснюється такими причинами, як:

- зниження купівельної спроможності й загальне підвищення цін;
- отримання процентного прибутку (якщо гроші внесені до банку);

- ризик (кредитор може не виконати свої боргові зобов'язання).

Оскільки відбувається зміна цінності валюти у часі, то це необхідно враховувати, тобто зрівнювати різночасні гроші (здійснювати дисконтування).

Розглянемо два приклади визначення вартості грошей у часі.

Перший приклад – визначення майбутньої цінності сьогоднішніх грошей. Його визначають таким чином.

Візьмемо, наприклад, випадок, коли інвестується 100 гривень за норми дисконту, що дорівнює 10% річних. Зміни вартості цінностей грошей подано в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

## Визначення майбутньої цінності сьогоднішніх грошей

Період передбачуваної роботи інвестованих грошей, роки	Сума інвестицій, грн.	Коефіцієнт дисконтування	Майбутня цінність сьогоднішніх грошей, грн.
Сьогодні	100	$1,1^0 = 1,0$	$100 \times 1,1^0 = 100$
1-й	100	$1,1^1 = 1,1$	$100 \times 1,1^1 = 110$
2-й	100	$1,1^2 = 1,21$	$100 \times 1,1^2 = 121$
3-й	100	$1,1^3 = 1,33$	$100 \times 1,1^3 = 133$
4-й	100	$1,1^4 = 1,46$	$100 \times 1,1^4 = 146$
5-й	100	$1,1^5 = 1,61$	$100 \times 1,1^5 = 161$

Отже, майбутня цінність сьогоднішніх грошей визначається за формулою:

$$B = C(1 + d)^t, \quad (6.33)$$

де  $C$  – сьогоднішня сума грошей, що інвестуються;

$d$  – стала норма дисконту;

$t$  – тривалість розрахункового періоду (в роках);

$B$  – сьогоднішня цінність майбутніх грошей.

Другий приклад – визначення сьогоднішньої вартості поверненого боргу. Його визначають у порядку, наведеному в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

## Визначення сьогоднішньої вартості поверненого боргу

Термін повернення грошей, роки	Борг, грн.	Коефіцієнт дисконтування	Сьогоднішня вартість поверненого боргу, грн.
Сьогодні	100	$1,1^0 = 1,0$	$100 \times 1/1,1^0 = 100$
1-й	100	$1,1^1 = 1,1$	$100 \times 1/1,1^1 = 91$
2-й	100	$1,1^2 = 1,21$	$100 \times 1/1,1^2 = 83$
3-й	100	$1,1^3 = 1,33$	$100 \times 1/1,1^3 = 75$
4-й	100	$1,1^4 = 1,46$	$100 \times 1/1,1^4 = 68$
5-й	100	$1,1^5 = 1,61$	$100 \times 1/1,1^5 = 62$

Звідси сьогоднішня цінність майбутніх грошей визначається таким чином:

$$C_0 = B \frac{1}{(1+d)^t} \quad (6.34)$$

Перерахунок поточних і майбутніх сум в еквівалентній вартості шляхом дисконтування дозволить визначити цінність пропозицій на основі поточних і майбутніх витрат і результатів. Підраховані за кожний рік витрати дисконтуються, а потім підсумовуються з метою одержання загального показника цінності пропозицій, на основі яких роблять висновок щодо прийнятності того чи іншого рішення.

Ефективність впровадження будь-яких пропозицій характеризується низкою показників, що відбивають співвідношення витрат і результатів з огляду на ефективність. Показники оцінки ефективності інвестицій враховують:

– фінансові наслідки реалізації пропозицій для безпосередніх учасників;

– фінансові наслідки пропозицій для державного, регіонального або місцевого бюджету;

– витрати і результати, пов'язані з реалізацією пропозицій, що виходять за межі прямих фінансових інтересів безпосередніх учасників інвестиційного проекту і допускають вартісний вимір.

**Порівняння пропозицій.** Порівняння різноманітних інвестиційних пропозицій і вибір кращого з них проводяться з урахуванням таких показників: чистий дисконтований дохід (ЧДД) та інтегральний ефект; індекс дохідності (ІД); внутрішня норма дохідності (ВНД); строк окупності (СО); інші.

**Чистий дисконтований дохід (ЧДД)** визначається як сума поточних ефектів за весь розрахунковий період, зведена до початкового кроку, як перевищення інтегральних результатів над інтегральними витратами.

Розмір ЧДД для стадії норми дисконту визначається за формулою:

$$E = \text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (Rt - Bt) \frac{1}{(1+d)^t}, \quad (6.35)$$

де  $Rt$  – результати, що досягаються на  $t$ -му кроці розрахунку;  
 $Bt$  – витрати на  $t$ -му кроці;

$T$  – тривалість розрахункового періоду, яка дорівнює номеру кроку розрахунку, на якому відбувається закриття (ліквідація) проекту;

$E = (Rt - Vt)$  – ефект, що досягається на  $t$ -му кроці розрахунку;

$D$  – стала норма дисконту, що дорівнює прийнятій для інвестора нормі прибутку на капітал.

Якщо ЧДД проекту при заданій нормі дисконту є позитивним (ЧДД > 0), то пропозиція є ефективною, і можна ставити питання про її прийняття або подальший розгляд. Чим більший ЧДД, тим пропозиція ефективніша.

У разі ж, якщо ЧДД за тих же умов є нульовим (ЧДД = 0) або негативним (ЧДД < 0), то пропозиція є неефективною. У разі її прийняття інвестор понесе збитки.

**Приклад.** Розглянути дві пропозиції, що передбачають однакові витрати, результати і тривалості життєвого циклу. Потрібно порівняти їх і вибрати кращу.

Вихідні дані пропозиції **A** наведено в табл. 6.3, а дані для пропозиції **B** – у табл. 6.4. Норма дисконту дорівнює 10% ( $a = 0,1$ ).

Таблиця 6.3

#### Дані щодо пропозиції A

Період існування пропозиції ( $t$ ), роки	Затрати ( $3t$ ), тис. грн.	Результати ( $Rt$ ), тис. грн.	Різниця між результатами і витратами ( $Rt - 3t$ ), тис. грн.	Коефіцієнт дисконтування $1/(1+d)^t$	ЧДД Потік доходів $\frac{Rt - 3t}{(1 + d)^t}$
1	5	0	-5	0,91	-4,55
2	20	10	-10	0,83	-8,3
3	30	20	-10	0,75	-7,5
4	0	20	20	0,68	13,66
5	0	30	30	0,62	18,6

$$\text{ЧДД (A)} = 26,75$$

$$\Sigma = 11,85$$

## Дані щодо пропозиції Б

Період існування пропозиції ( $t$ ), роки	Затрати ( $Zt$ ), тис. грн.	Результати ( $Rt$ ), тис. грн.	Різниця між результатами і витратами ( $Rt - Zt$ ), тис. грн.	Коефіцієнт дисконтування $1/(1+d)^t$	ЧДД Потік доходів $\frac{Rt - Zt}{(1+d)^t}$
1	30	10	-20	0,91	-18,2
2	20	10	-10	0,83	-8,3
3	5	20	15	0,75	-11,25
4	0	20	20	0,68	13,6
5	0	20	20	0,62	12,4

$$\text{ЧДД (Б)} = 10,75$$

$$\Sigma = 10,75$$

Таким чином, перевагу варто віддати пропозиції А, оскільки  $\text{ЧДД (А)} > \text{ЧДД (Б)}$ .

Цю ж перевагу пропозиції можна було визначити за дисконтами витратами.

$A (5 \times 0,91 + 20 \times 0,83 + 30 \times 0,75) < B (30 \times 0,91 + 20 \times 0,83 + 5 \times 0,75)$ ,  $A (43,65) < B (45,65)$ , тобто пропозиція А зекономлює 3 тис. грн.

Як видно з результатів розв'язання, величина ЧДД істотно залежить від розподілу капіталу (витрати) і доходів (результати) в часі.

При різних нормах дисконту різною буде величина ЧДД: чим більша норма дисконту, тим менший ЧДД.

Для визначення ЧДД можна скористатися модифікованою методикою. Для цього зі складу  $Zt$  (витрат) виключають капітальні вкладення і через  $Zt$  позначають витрати на  $t$ -му кроці за умови, що в них не входять капіталовкладення. Тоді формула для визначення ЧДД набирає такого вигляду:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (Rt - Zt) \frac{1}{(1+d)^t} - K, \quad (6.36)$$

де  $K$  – сума дисконтованих капіталовкладень.

Модифікований показник ЧДД виражає різницю між сумою наведених ефектів і зведеною до того самого моменту часу величиною капіталовкладень ( $K$ ).

### **Контрольні запитання**

1. Показники якості технологічних процесів.
2. Показники якості готової продукції.
3. Міжнародні, національні, галузеві стандарти показників якості.
4. Показники технологічності.
5. Показники уніфікації.
6. Показники призначення.
7. Естетичні та ергономічні показники.
8. Економічна оцінка технології в ринкових умовах.
9. Принципи керування процесами підвищення якості.
10. Альтернативний вибір показників якості на основі SWOT-аналізу.
11. Визначення вартості майбутніх грошей у часі.
12. Порівняння інвестицій у часі.

## Розділ 7. ГАЛУЗЕВІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

### 7.1. Сучасний стан і тенденції розвитку технології харчових виробництв

#### *7.1.1. Харчування та харчові продукти*

Харчування є основною умовою існування людей, оскільки з їжею організм людини отримує все необхідне для побудови всіх клітин та тканин організму, а також поповнює витрати енергії на виконання всіх видів життєдіяльності.

Їжа є важливим фактором забезпечення життєдіяльності, розвитку та росту організму, попередження та лікування хвороб. Від характеру харчування сучасної людини залежить імунітет організму, особливо до шкідливих факторів навколишнього середовища, а також до зовнішніх інфекцій. Крім того, деформації харчових раціонів є головним фактором розвитку багатьох хвороб. Відомо, що основними недоліками харчування є надмірне вживання їжі, особливо багаті вуглеводами, рафінованих продуктів, тваринних жирів при недостатній кількості рослинної олії, овочів та фруктів, які містять у своєму складі біологічно активні речовини.

Якісний та кількісний склад харчових раціонів повинен забезпечити потребу організму в певних речовинах, з яких у його клітинах можуть синтезуватися власні структури, необхідні для нормальної життєдіяльності.

Усі речовини, які входять до складу харчів, розподіляються на органічні (білки, жири, вуглеводи, харчові кислоти, вітаміни, ферменти) та неорганічні (вода, мікро- та макроелементи). При цьому основні компоненти – білки, жири та вуглеводи – згідно з науковими рекомендаціями повинні співвідноситися як 1:1:4, а середня добова потреба людини в цих компонентах становить, відповідно, 100:100:400 г. Кількість інших компонентів, які повинні потрапляти щодобово до організму людини, виходячи з концепції збалансованого харчування, наведено в табл. 7.1.

**Білки.** Вони виконують в організмі людини різноманітні функції, тому роль їх у харчування надзвичайно важлива. Серед осно-

вних функцій білків особливе місце займають: пластична, опорна, захисна, каталітична, транспортна тощо. При окисленні 1 г білка утворюється 16,7 кДж енергії, яка використовується організмом. Без достатньої кількості білків не можуть бути засвоєні інші компоненти раціону, насамперед вітаміни та мінеральні речовини, необхідні для протікання процесів обміну.

У природі існує велика кількість білків, різних за складом, структурою, біологічними властивостями. Усі білки поділяють на дві групи; прості та складні. Прості білки побудовані тільки із залишків амінокислот, а до складних білків входить простетична група, яка представлена небілковими сполуками – вуглеводами, ліпідами, фосфором, нуклеїновими кислотами, металами.

Таблиця 7.1

**Добова потреба в харчових речовинах за формулою збалансованого харчування (за О.О. Покровським)**

Харчові компоненти	Денна потреба	Харчові компоненти	Денна потреба	Харчові компоненти	Денна потреба
<b>Вода, г</b> у тому числі:	1750...2200	<b>Мінеральні речовини, мг:</b>		<b>Вуглеводи, г</b> у тому числі:	400...500
Питна вода, кава, чай то- що	800...1000	Кальцій	800...1000	Крохмаль	400...450
У супах	250...500	Фосфор	1000...1500	Моно- і дисахариди	50...100
У продуктах харчування	700	Натрій	4000...6000	<b>Органічні кислоти</b> (лимонна, молочна, тощо)	2
		Калій	2500...5000		
		Хлориди	5000...70000		
		Магній	300...500		
		Залізо	15		
<b>Білки, г</b> у тому числі:	80...100	цинк	10...15	<b>Баластні речовини</b> (клітковина, пектин, геміцелюлози)	25
Тваринні	50	Марганець	5...10		
Незамінні амінокислоти, г:		Хром	2,0...2,5		
Триптофан	1	Мідь	2,0		
Лейцин	4...6	Кобальт	0,1...0,2		
Ізолейцин	3...4	Молібден	0,5		
		Селен	0,5		
		Фториди	0,5...1,0		
		Йодиди	0,1...0,2		

Харчові компоненти	Денна потреба	Харчові компоненти	Денна потреба	Харчові компоненти	Денна потреба
Валін	3...4	<b>Вітаміни, мг:</b>		<b>Жири, г</b>	80...100
Треонін	2...3	Вітамін С	50...70	у тому числі:	
Лізін	3...5	Вітамін В <sub>1</sub>	1,5...2,0	Рослинні	
Метіонін	2...4	Рибофлавін		незамінні	20...25
Фенілаланін	2...4	(В <sub>2</sub> )	2,0...2,5	Полінасичені	
Замінні		Ніацин (РР)	15...25	жирні кислоти	3...6
амінокислоти, г:		Пантотенова кислота (В <sub>3</sub> )	5...10	Каротиноїди	3...5
Гістидин	1,5...2,0	Вітамін В <sub>12</sub>	0,002...0,005	Вітамін Е	
Аргінін	5...6	Вітамін В <sub>6</sub>	2...3	(різні форми)	10...20
Цистеїн	2...3	Біотин	0,15...0,30	Вітамін К	
Тирозин	3...4	Холін	500...1000	(різні форми)	2...3
Аланін	3	Рутин (Р)	25	Липова	
Серин	3	Фолацин (В <sub>9</sub> )	0,2...0,4	кислота	0,5
Глютамінова кислота	16	Вітамін D		Інозит	500...1000
Аспарагінова кислота	6	(різні форми)	0,0025...0,01		
Пролін	5	Вітамін А			
Гліцин	3	(різні форми)	1,5...2,5	<b>Енергетична цінність, ккал/кДж</b>	2850/11900
Холестерин	0,3...0,62				
Фосфоліпід	5,0				

Харчову цінність білків визначає їх біологічна цінність, тобто відповідність амінокислотного складу білка складу білків тіла людини та травленню в залежності від фізико-хімічних властивостей білка та засобу обробки харчового продукту.

Біологічна цінність білків визначається в залежності від кількості в них так званих «незамінних» амінокислот, які не синтезуються в організмі людини і повинні надходити до організму з їжею. Такі білки називають повноцінними і вони є в м'ясних, молочних, рибних продуктах та яйцях.

Більшість білків рослинного походження, крім білків бобових, горіхів, картоплі – неповноцінні і містять малу кількість лізину, ізолейцину і треоніну.

Відомо, що білки відрізняються не тільки за складом амінокислот, але й за формою молекул. Природний білок являє собою по-

лімер, у якому амінокислоти чергуються у суворо визначеному і постійному для кожного виду білка порядку, що обумовлює їх специфічність.

Найважливішими властивостями білків, які мають велике значення в процесах переробки сировини, є їх здатність до денатурації, набухання (набрякання) та піноутворення.

Денатурація уявляє зміну нативної просторової орієнтації молекул без розриву ковалентних зв'язків, яка виникає при дії підвищених температур, механічному, хімічному та інших впливах. У результаті денатурації знижується здатність білків розчинятися у воді, розчинах солей, лугів та спирту. Знижується також здатність білків до набухання, вбирання води та утворення драглів. Набряклий у воді білок пшеничного борошна утворює клейковину. Білки також можуть утворювати емульсії та піни (система «рідина – газ»). Ці здатності білків широко використовуються в технології виготовлення їжі.

Вміст білків у харчовій сировині та продуктах значно коливається в залежності від їх походження та виду і становить: у яловичині (19...20)%, м'ясі птиці (18...21)%, яйцях 13%, крупах (1...10)%, хлібобулочних виробках (6...8)%, фруктах та овочах (0,4...2,0)%.

Специфічні білки – ферменти виконують роль біологічних каталізаторів. Білки в організмі людини розщеплюються до амінокислот, а вже з них синтезуються власні білки організму. Кожний фермент каталізує тільки певні реакції. Назва ферменту походить від назви субстрату, на який він діє, та закінчення «-аза». Так, фермент протеїназа розщеплює білки (протеїни), амілаза – крохмаль (латинською «амілум»), ліпаза – жири (ліпіди) тощо. Використання ферментів у харчовій технології значно прискорює технологічні процеси, покращує якість продукції, підвищує вихід готового продукту.

**Ліпіди.** Це велика група органічних сполук, які мають різну хімічну будову, але однакові фізико-хімічні властивості, насамперед, вони не розчинюються в органічних сполуках.

Ліпідам властиві різноманітні функції, вони є джерелами енергії (при окисленні 1 г ліпідів виділяється 37,7 кДж енергії); входять до складу клітинних мембран як пластичний матеріал; є розчинниками вітамінів А, D, Е, К та сприяють їх засвоєнню. Крім

того, з харчовими жирами в організм надходить низка біологічно активних речовин: фосфатиди, поліненасичені жирні кислоти, стерини та ін. Вони також виконують роль емульгаторів та носіїв смакових і ароматичних речовин.

За хімічним складом ліпіди поділяють на групи: прості, складні, циклічні.

До *простих* ліпідів відносять ліпіди, побудовані із залишків спиртів та вищих жирних кислот. Найпоширенішими з цієї групи є нейтральні жири (тригліцериди), стерини та воски.

За хімічною природою жири являють собою тригліцериди – сполучення гліцерину з трьома жирними кислотами. Властивості жирів визначаються в основному складом вхідних жирних кислот, які поділяються на насичені та ненасичені. Останні мають властивість приєднувати до своєї молекули водень та інші елементи. Насичені жирні кислоти (пальмітинова, стеаринова та ін.) у звичайному стані твердоподібні. Жири добре розчинюються в бензині, ефірі та інших органічних розчинниках.

Складні ліпіди близькі за властивостями до жирів, але мають у складі своєї молекули деякі додаткові групи атомів. У рослинних і тваринних тканинах знаходяться фосфоліпіди, стеарини, які відіграють важливу роль в обміні речовин. Складовою частиною більшості клітин здорового організму є холестерин – жироподібна речовина, яка легко синтезується в організмі. При перевищенні норми холестерину здоровий організм легко його виводить.

Властивості різних груп ліпідів використовують в харчовій промисловості як емульгатори. Насичення подвійних сполук воднем у ненасичених жирних кислотах (гідрогенізація) використовують у промисловості для перетворення рідинних олій у тверді продукти, гідрований жир, який використовують як складову частину маргарину.

Вміст сумарних ліпідів у харчовій сировині та продуктах складає: у маслі вершковому – 82,5%, свинині м'ясній – 33,3%, курячому м'ясі – 18,4%, яйцях – 11,5%, жирах твердих – 27,3%, насінні соняшника – 45%, какао-бобах – 55%, пшениці – 1,8%.

**Вуглеводи.** Найбільш поширені у живій природі органічні сполуки, які за хімічним складом являють собою альдегіди і кетони багатоатомних спиртів і полімери цих сполук.

Для людини вуглеводи – це основне джерело енергії, яка легко утилізується і є необхідною для життєдіяльності усіх тканин і органів, особливо мозку, серця, м'язів (при окисленні 1 г вуглеводів утворюється 15,7 кДж енергії). Крім того, вуглеводи виконують пластичну, опорну, регуляторну, запасну та інші функції.

Вуглеводи поділяються на:

- моносахариди або прості цукри, які являють собою головні структурні одиниці – мономері (глюкоза, фруктоза, галактоза та ін.);
- олігосахариди (дісахариди, трисахариди, тетрасахариди тощо), сахароза (буряковий та тростинний цукор), мальтоза (солодовий цукор), лактоза (молочний цукор та ін.);
- полісахариди, які складаються із сотень і тисяч моносахаридів (крохмаль, клітковина, глікоген, пектинові речовини тощо).

Джерелом вуглеводів є продукти рослинного походження – хліб, крупа, картопля, овочі, фрукти, ягоди. Моносахариди дуже легко засвоюються організмом. Вони солодкі на смак і розчинні у воді. Якщо солодкість сахарози (звичайного цукру) прийняти за 1, то солодкість фруктози – 1,73, інвертного цукру – 1,3, глюкози – 0,74, галактози – 0,23, лактози – 0,16.

Глюкоза, фруктоза та сахароза у вільному вигляді містяться в плодах та овочах, цукровому буряку і тростині, інвертний цукор – у меді, карамелі. Глікоген утримується в печінці та являє собою запасну харчову речовину. Найбільш важливим вуглеводом для людини вважають крохмаль. У добовому раціоні він складає (30...85)% загальної кількості вуглеводів. Клубневий крохмаль міститься в картоплі, бататі, маніюці. Зерновий – у кукурудзі, пшениці, рисі, ячмені та ін.

Нативний крохмаль у холодній воді не розчинюється, але може адсорбувати до 30% вологи. Крохмальні зернини, що набрякли, та розчинені у воді полісахариди називають крохмальним клейстером. Клейстеризація відбувається в певному для кожного виду крохмалю інтервалі температур (53...80)°C. Крохмальний клейстер служить основою для деяких кулінарних виробів (киселі, соуси, супи-пюре тощо)

Клітковина, або целюлоза, та пектинові речовини (харчові волокна) являють собою високомолекулярні сполуки, які майже не засвоюються безпосередньо організмом, але відіграють важливу роль у харчуванні: стимулюють перистальтику кишечника, нор-

малізують його мікрофлору, зменшують гнильні процеси, перешкоджають всмоктуванню отруйних речовин.

**Вітаміни** являють собою низькомолекулярні органічні сполуки з різноманітною будовою. Вітаміни повинні постійно надходити з їжею, тому що вони синтезуються в організмі в недостатній кількості або зовсім не синтезуються. Головна функція вітамінів – забезпечення обміну речовин в організмі. Висока біологічна активність вітамінів перш за все пояснюється їхньою участю в утворенні коферментів і простетичних груп ферментів.

Зараз відомо близько 20 сполук, які можуть бути віднесені до вітамінів. В основу класифікації вітамінів покладено принцип їх розчинності, у зв'язку з чим їх поділяють на дві великі групи – водорозчинні та жиророзчинні.

До водорозчинних належать вітаміни групи В ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ,  $B_{12}$ ), РР, а також вітамін С. Вони виконують свої функції в організмі у взаємодії з білками та ферментами. Їхня основна біологічна дія – це участь у побудові небілкової частини багатьох ферментів. Тому багато порушень обміну речовин при недостатній кількості водорозчинних вітамінів розглядають як наслідки змін у ферментних процесах організму.

Джерелами водорозчинних вітамінів є сировина та продукти рослинного і тваринного походження. Так, вітамін С у великій кількості міститься в ягодах (чорна смородина, агрус, обліпіха, шипшина), овочах (перець, капуста, томати), цитрусових, зелених частинах рослин (салат, кріп, селера) та ін. Вітаміни групи В містяться у зовнішніх частинах зернових культур (пшениця, рис, жито), крупах, дріжджах, яєчному жовтку, печінці.

До жиророзчинних відносять вітаміни А, D, Е, К, кожний з яких виконує певні біологічні функції в організмі. Так, вітамін А (ретинол) необхідний, перш за все, для нормального зору; вітамін D (кальциферол) – регулює обмін кальцію та фосфору; вітамін Е (антистерильний) – є ефективним антиокислювачем, регулює функцію розмноження, бере участь у процесах тканинного дихання; вітамін К (антигеморогічний фактор) бере участь у синтезі протромбіну та ряду сполук, необхідних для процесу зсідання крові.

Джерелами вітаміну А є тільки продукти тваринного походження (ікра риб, печінка, масло, сири), а також деякі рослинні

об'єкти (плоди), де міститься  $\beta$ -каротин, якій в організмі перетворюється у вітамін А (морква, томати, абрикоси, перець червоний). Вітамін D у достатній кількості міститься у тваринній сировині (печінці), молочному жири, ікрі риб; вітамін Е – у нерафінованих оліях, зеленому листі овочів, яєчних жовтках; вітамін К – у листяних овочах, капусті, помідорах, печінці.

Повна відсутність вітамінів у їжі викликає в організмі захворювання – авітамінози, а недостатність – гіповітамінози. Вітаміни відносять до найбільш біологічно активних сполук, які відіграють найважливішу роль у регулюванні життєдіяльності живих організмів.

**Неорганічні компоненти** харчової сировини та продуктів представлені водою та мінеральними речовинами. За участі води в організмі людини відбуваються всі біохімічні та фізіологічні процеси. В організмі людини міститься (70...87)% води від загальної маси тіла. Добові витрати води складають 2...3 літри, а скорочення долі води призводить до припинення життєвих функцій організму. Відносно питної води, яку використовують для виготовлення харчів, існують дуже суворі вимоги щодо присутності в ній шкідливих речовин. Присутність води в харчових продуктах, більшість яких є гідрофільними структурами, за винятком жирів, створює належні умови для розвитку мікроорганізмів та псування продуктів. Тому одним із поширених засобів зберігання продуктів є зневоджування.

Роль мінеральних речовин в організмі людини надзвичайно різноманітна: вони містяться у протоплазмі та біологічних рідинах, входять до складу органічних сполук (гемоглобіну, гормонів, ферментів), є пластичним матеріалом для утворення кісткової та зубної тканини.

Залежно від вмісту в організмі та харчових продуктах мінеральні речовини підрозділяються на макро- та мікроелементи.

Мінеральні речовини, вміст яких у харчових продуктах визначається одиницями або десятими долями відсотків, відносяться до макроелементів (кальцій, фосфор, калій, натрій, магній, хлор, сірка), а ті, що оцінюються менш ніж 0,01%, – до мікроелементів (мідь, цинк, кобальт, марганець, йод, фтор тощо).

Водний обмін в організмі перехрещується з мінеральним. Мінеральні речовини регулюють кислотно-лужне співвідношення, вологопоглинання білків, осмотичний тиск та ін.

**Неаліментарні фактори.** Деякі харчові продукти містять сполуки, які значно знижують засвоюваність окремих харчових речовин. Ці специфічні антагоністи стримують процеси травлення та утилізації білків, зменшують їх розчинність, перешкоджають засвоєнню деяких мінеральних елементів, інактивізують або збільшують потреби організму в деяких вітамінах. Наприклад, дії інгібіторів протеїназ, які містяться в сої, квасолі, горосі, пшениці, рисі, призводять до неповного перетравлювання білків.

Природні антагоністи – рибофламіни містяться у деяких плодах рослин. Значна кількість таких інгібіторів у сировині потребує спеціальних засобів переробки, які знищують їх шкідливі властивості в готовому продукті.

Сучасною наукою доведено, що підвищення рівня захворюваності на цукровий діабет, ішемічну хворобу серця, жовчнокам'яну хворобу тощо, поряд з іншими причинами, здебільшого зумовлюється нераціональною структурою харчування, яка не забезпечує фізіологічні потреби організму за хімічним складом, призводить до недостатності тваринних білків, ненасичених жирних кислот, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин. Потреби людського організму в рослинних білках задовольняються здебільшого за рахунок підвищеного споживання хлібопродуктів та картоплі.

Сучасна структура харчової технології в основному відповідає принципам теорії так званого збалансованого харчування, згідно з якою при складанні раціонів їжі намагались збільшити кількість корисних речовин та зменшити частку баласту. Ця теорія базується на таких положеннях:

- при ідеальному харчуванні надходження речовин в організм відповідає їх витратам;

- надходження поживних речовин забезпечується шляхом розкладу харчових структур та всмоктування молекул тих органічних і неорганічних речовин, які безпосередньо беруть участь в обміні;

- засвоєння їжі здійснюється тільки поглинанням (вбиранням) її організмом.

Балансовий підхід до харчування призвів до того, що корисними вважали тільки ті складові частини їжі, які засвоюються організмом, а інші, які не засвоюються – баластом.

Проте у зв'язку з розвитком теорії харчування та відкриттям механізмів мембранного та лизосомного травлення з'явилися нові відомості про транспортування нутрієнтів – речовин, які засвоюються організмом, у внутрішнє середовище організму, про значення кишкової мікрофлори, баластових речовин – харчових волокон – у процесі травлення.

Ця нова система поглядів отримала назву **теорії адекватного харчування**, згідно з якою харчування повинно відповідати не тільки характеру обміну речовин в організмі, але й особливостям переробки їжі в шлунково-кишковому тракті.

На цих нових поглядах побудовані основні положення теорії адекватного харчування:

- асиміляція їжі спричиняється не тільки поглинаючим організмом, але й бактеріями, що його заселяють – симбіонтами, а система, що їх об'єднує, розглядається як надорганізм;

- взаємовідносини організму – господаря та його симбіонта формують мікроекологію та ендоекологію;

- потік нутрієнтів складається не тільки за рахунок витягування їх з поглинутої їжі, але і завдяки метаболічній діяльності організму – господаря і бактерій – симбіонтів, що синтезують додаткові поживні речовини, у тому числі й незамінні;

- нормальне харчування обумовлене не одним переміщенням нутрієнтів, а декількома течіями поживних та регуляторних речовин;

- суттєвими фізіологічно важливими компонентами харчів є не тільки нутрієнти, а й так звані баластні речовини – харчові волокна.

Усі ці фундаментальні положення визначають нові погляди на структуру харчів, що необхідні для забезпечення життєдіяльності людини, а здорове харчування є невід'ємною складовою часткою здорового способу життя.

Відповідно до цих нових поглядів розроблено рекомендації з конструювання здорових харчових продуктів, які характеризуються низькою калорійністю, малим вмістом насичених та більшим вмістом ненасичених жирів, використанням жирозамінюва-

чів та низькокалорійних жирів, зниженням вмісту холестерину, кухонної солі, цукру і збільшенням джерел баластних речовин – харчових волокон.

Для цього використовують різні засоби: виготовлення маргаринів, паст, майонезів, салатних заправок з низькою калорійністю; створення нових або часткових замінників жиру (мальтодекстрини, полідекстрини), підсолоджуючих речовин, білкових речовин рослинного походження; випічка вітамінізованих хлібобулочних виробів; виробництво напоїв та жирів; введення в харчі підсилювачів солоного смаку та харчових волокон.

Коротко кажучи, раціони харчування повинні бути не тільки збалансованими, але й адекватними, тобто відповідати можливостям організму конкретної людини та природним механізмам засвоєння їжі. Звичайно, всіх цих компонентів їжі достатньо в природних сполуках, але ними не завжди і не всі люди можуть користуватися.

Останнім часом науково доведено, що важливішими компонентами харчових продуктів є харчові волокна (ХВ), які складаються з полісахаридів (целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин), а також лігніну та зв'язаних з ним білкових речовин, що формують клітинні стінки рослин. ХВ погано перетравлюються в шлунковому тракті людини, проте майже повністю розщеплюються у товстій кишці. Швидкість та об'єм виведення токсичних речовин з організму людини значною мірою залежить від вмісту в їжі ХВ. Крім того, вважають, що ХВ сприяють моторній діяльності кишечника, регуляції фізіологічних, біохімічних процесів в органах травлення. Згідно з теорією адекватного харчування добова норма їжі повинна містити в собі (40...70) г ХВ. У зв'язку з цим деякі харчові продукти збагачують харчовими волокнами, отриманими в основному шляхом вилучення їх із побічних продуктів харчової промисловості (висівки, яблучні, бурякові та інші жмаки, вичавки, картопляна шкірка).

Велике значення останнім часом надають і пектинові – як профілактичному та терапевтичному продукту, а отже і його виробництву в промислових масштабах.

Виробництво пектину зводиться до кількох технологічних операцій, за яких нерозчинний протопектин переводять у розчинний під дією кислот (сірчаної, фосфорної, молочної); з отриманого розчину пектин виводять в осадок органічними розчинниками,

солями алюмінію, кальцію та інших металів; осад пектину промивають етиловим спиртом, сушать та розмелюють.

Пектинові речовини дуже добре виводять із травного тракту іони важких металів (кобальту, свинцю, стронцію) і вважаються ефективним терапевтичним та профілактичним лікувальним засобом. Норма вживання пектину однією людиною становить (8...10) г/добу.

На жаль, сучасна технологія виготовлення харчових волокон та пектину недостатньо розвинена, а існуючі потужності підприємств не задовольняють навіть частини потреб населення ні за кількістю, ні за якістю цих важливих для харчування людини продуктів. Задовольнити попит на такі харчові продукти може тільки сучасна високоефективна технологія їх виробництва.

Розглянувши коротко склад харчових продуктів, сучасні уявлення щодо раціонів харчування, що необхідні для забезпечення здорового способу життя людини, можна сформулювати відповідні вимоги до технологічних процесів зберігання, промислової та кулінарної обробки сировини, які перетворюють її на повноцінні харчі. Головними з цих вимог є такі:

- повне або найбільш можливе збереження та збільшення частки нативних корисних складових, у тому числі й баластних частин та властивостей сировини;
- виведення або повне знищення в сировині шкідливих або непотрібних для харчування речовин;
- підвищення в сировині концентрації корисних складових частин харчів;
- виробництво добавок або заміників складових частин їжі, а також виготовлення повнораціонних харчових продуктів для окремих груп населення, особливо для людей, які потребують лікувального, дієтичного та профілактичного харчування;
- додержання відповідності промислових технологічних процесів природним явищам.

Для забезпечення реалізації цих вимог змінюються і вимоги до структури харчової промисловості, яка зобов'язана виробляти не тільки окремі добавки та замітники, але й готові харчові продукти, які відповідають новим потребам здорового способу життя, а також продукти, необхідні для лікувального, дієтичного, профілактичного та спеціального харчування.

**Безпека харчових продуктів.** Здоров'я і безпека населення значною мірою залежать від харчування. Харчування забезпечує ріст і розвиток організму людини, створює умови для адекватної його адаптації до навколишнього середовища.

Несприятлива сучасна екологічна ситуація в Україні призводить до забруднення питної води, повітряного басейну, ґрунтів, і як наслідок – харчових продуктів. Джерелами забруднення навколишнього середовища, харчових продуктів і продовольчої сировини нітратами, сполуками важких металів, радіонуклідами, мікотоксинами, пестицидами, антибіотиками, а також консервантами є викиди промислових підприємств, транспорту, відходи комунальних господарств, радіація внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, засоби хімізації сільського господарства тощо.

Учені вважають, що їжа людини може включати понад 600 речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності організму. Кожна з цих речовин відіграє відповідну роль у складному механізмі біологічних процесів в організмі. Від гармонійності їхнього сполучення залежить стан здоров'я людини.

Водночас з продуктами харчування в організм людини можуть надходити у значній кількості речовини, небезпечні для її здоров'я.

- Небезпечні речовини їжі можна поділити на дві великі групи:
- природні компоненти їжі, які виявляють небезпечну дію;
  - шкідливі речовини, які потрапляють до їжі ззовні.

Під безпекою продуктів харчування варто розуміти відсутність токсичної, канцерогенної, мутагенної, алергенної чи іншої несприятливої для організму людини дії харчових продуктів при їх вживанні в загальноприйнятих кількостях, межі яких визначаються Міністерством охорони здоров'я України.

Основними принципами державної політики щодо забезпечення якості і безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини є:

- пріоритетність збереження і зміцнення здоров'я людини і визнання її права на належну якість і безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини;
- створення гарантій безпеки для здоров'я людини при виготовленні, транспортуванні, зберіганні, реалізації, використанні, споживанні, утилізації або знищенні харчових продуктів і продовольчої сировини;
- державний контроль і нагляд за виробництвом, переробкою,

транспортуванням, зберіганням, реалізацією, використанням, утилізацією або знищенням харчових продуктів і продовольчої сировини з метою забезпечення охорони навколишнього середовища, а також за наданням послуг у сфері громадського харчування;

– стимулювання впровадження нових безпечних науково обґрунтованих технологій виготовлення (обробки, переробки) харчових продуктів, продовольчої сировини і супутніх матеріалів, розробки і виробництва нових видів спеціальних і екологічно чистих харчових продуктів, продовольчої сировини і супутніх матеріалів тощо.

Актуальність проблеми безпеки продуктів харчування з кожним роком зростає, оскільки саме забезпечення безпеки продовольчої сировини і продуктів харчування є одним з основних факторів, що визначають здоров'я людей і збереження генофонду нації.

Існує концепція продовольчої безпеки, що вперше була сформульована у 70-х роках ХХ ст. Світова продовольча безпека розуміється як збереження стабільності на ринках продовольчих товарів при належній доступності базових харчових продуктів для всіх країн світу.

Основними показниками міжнародної продовольчої безпеки вважають перехідні запаси зерна у світі та рівень виробництва зерна на душу населення. Сталим є таке продовольче становище коли рівень перехідних запасів зерна має становити 17% від річної потреби.

Другим показником є рівень виробництва зерна на душу населення.

Продовольча безпека є складовою економічної безпеки, яка характеризується здатністю національної економіки до розширеного відтворення з метою забезпечення потреб населення.

Граничні значення кількісного забезпечення знаходиться на межі (18...35)% імпорту продуктів харчування. Тобто Україна повинна задовольняти своє населення власними продуктами харчування не менш ніж на 70%.

Для задоволення потреб населення України в їжі треба мати необхідну кількість сировини, яку постачає сільське господарство, тобто зерно, м'ясо, молоко, овочі, фрукти, олійні культури тощо. Ця сировина потребує належного зберігання та відповідної переробки. В Україні є всі необхідні умови для повного забезпе-

чення свого населення харчовими продуктами: найкращі чорноземи, помірний клімат, значні водні ресурси тощо

Україна займає площу 603,7 тис. кв. км, із яких 2/3 чорноземи, 40 млн. га ріллі, 32 млн. га орних земель, сінокоси та пасовиська – близько 8 млн. га. Поверхня води дорівнює 3,5 млн. га, ліси займають 15,1% площі, дещо менше ніж деякі країни Європи (Угорщина – 18, Румунія – 28, Польща – 28,7, Німеччина – 29, Болгарія – 34%). В Україні налічується близько 10 млн. голів великої рогатої худоби, 8,2 млн. голів свиней, 135 млн. шт. птиці).

Середня врожайність зерна в Україні становить (22...38) ц/га. Валовий збір зерна у 2006 році становив 37,5 млн. т (світове виробництво – 2050 млн. т), буряків – 21,3 млн. т, картоплі – 17,7, овочів – 5,9, винограду – 1,1 млн. т.

Для переробки та зберігання цієї сировини наша держава має досить розвинені промислові потужності із зберігання та переробки зерна, м'яса, молока, овочів, фруктів, ягід, виготовлення напів, олії тощо.

### **7.1.2. Сировина та асортимент харчових продуктів**

Основними видами первинної сировини для одержання харчових виробів є продукти рослинного та тваринного походження (фрукти, овочі, ягоди, м'ясо, молоко, какао-боби, кавові зерна), а також деякі мінеральні продукти (сіль, сода, синтетичні барвники тощо). Використовуються як вторинна сировина деякі готові вироби харчових виробництв (борошно, цукор, вершкове масло, виноматеріали, дріжджі та ін.).

Сировину для виробництва харчових продуктів класифікують за різними ознаками: за вмістом певних харчових речовин (вуглеводоутримуючі, жирові, білкові, мінеральні, ефіромасличні); за характером походження – первинного (зерно) та вторинного (борошно); за способом переробки та зберігання; за вмістом вологи; за наявністю шкідливих для здоров'я людини речовин; за здатністю зберігатися у звичайних та штучних умовах тощо.

Асортимент харчових продуктів промислового виробництва дуже широкий, і його практично неможливо перерахувати. Одна тільки продукція хлібопекарської промисловості налічує сотні

асортиментних найменувань, а кондитерської – за тисячу. Останнім часом розроблено промислові технології харчових продуктів спеціального призначення – дитячого, профілактичного (лікувального) та іншого.

Основні види сировини для виробництва харчів є в достатній кількості в Україні, але деякі її види через природнокліматичні умови тут не можуть бути одержані (наприклад, не вирощуються чай, кава, какао-боби, деякі види спецій тощо).

Найбільш перспективним методом збереження ресурсів є заміна харчової сировини, що використовується для технічних цілей, на сировину штучного походження (для виробництва мила, оліфи, лаків, емалей тощо). Крім того, важливе значення для розширення сировинної бази має збільшення часу зберігання сировинних матеріалів шляхом консервування, тобто уповільнення або припинення дії життєдіяльності мікроорганізмів та ферментів (зберігання при низьких температурах, в атмосфері інертного газу, відокремлення продуктів життєдіяльності мікроорганізмів). Важливими умовами збереження сировини є високий рівень організації, механізації та автоматизації вантажних робіт, використання контейнерів спеціального призначення, безтарне перевезення сипких (борошно, цукор) та наливних (пиво, жир, рідкий цукор) продуктів.

Виходячи з фізіологічних норм харчування людини, в Україні треба щорічно в середньому на одну людину виробляти: м'яса та м'ясопродуктів – 84 кг; риби та рибопродуктів – 20,1 кг; молока та молочних продуктів – 390 л; яєць – по 280 шт.; картоплі – 130 кг; городини та баштанних – 154 кг; цукру – 38 кг; олії – 12,4 кг; хліба та хлібопродуктів – 104 кг.

Для забезпечення цих потреб для 48,7 млн. населення України необхідно виробляти:

- м'яса та м'ясопродуктів – 3587 тис. т.;
- риби та рибопродуктів – 858 тис. т.;
- молока та молочних продуктів – 16 653 тис. л.;
- яєць – 12 млрд. шт.;
- картоплі – 5551 тис. т.;
- городини та баштанних – 6576 тис. т.;
- цукру – 1623 тис. т.;
- олії – 529,5 тис. т.;

– хлібопродуктів – 4441 тис. т.

Наше сільське господарство, на жаль, цих потреб повною мірою не задовольняє, хоча є всі можливості для повного забезпечення населення держави всіма продуктами вітчизняного походження.

Харчові галузі промисловості України випускають дуже широкий за асортиментом та величезний за об'ємом склад харчових продуктів. Головними ознаками цінності харчових продуктів є поживні властивості їх складових частин та їх оптимальне співвідношення. Поряд з цим істотну роль відіграють смак, аромат, колір, структура, вигляд, здатності збереження нативних властивостей та свіжість при зберіганні. Велике значення мають товарні властивості, за якими споживач визначає якість продукту, а також такі, що забезпечують зручність обертання товарів у торгівлі та збуті: зовнішній вигляд, форма, розмір, дизайн упаковки та ін.

До харчових продуктів висуваються належні гігієнічні вимоги та визначаються умови повної їх нешкідливості для організму людини, що у свою чергу ставить певні вимоги до виробництва харчових продуктів.

Іншою характеристикою харчових продуктів є висока залежність їх якості від складу та якості сировини. Якість сировини теж визначається системою показників, що відображають хімічний склад, фізичні властивості, вологість, забрудненість, однорідність, калорійність. Важливою характеристикою сировини є вміст у ній корисних речовин, які необхідні для виготовлення готового продукту (цукор у буряках, крохмаль у картоплі тощо), а також можливості їх вилучення із сировини.

Ці особливості сировини зумовлюють певні вимоги до проектування харчових підприємств та експлуатації технологічних ліній.

### ***7.1.3. Класифікація харчових виробництв***

За способами отримання кінцевого продукту харчові виробництва поділяються на:

– виробництва, які вилучають цінні (корисні) речовини з початкової сировини (цукрова, борошномельна, круп'яна, олійна, виробництво згущеного та сухого молока);

- виробництва, які підвищують концентрацію корисного компонента в харчовому продукті (сушильна);
- виробництва, які виготовляють продукти з різних складових частин або видів сировини (консервна, комбікормова);
- виробництва, які виготовляють продукти із вторинних продуктів харчових виробництв (хлібопекарська, макаронна).

Класифікацію харчових виробництв можна провести за різними ознаками: складом сировини (одно- та багатокомпонентна сировина), повнотою її використання тощо.

Усі технологічні лінії харчових виробництв поділяються на три групи, кожна з яких може бути зображена структурною схемою, яка враховує особливості кожної групи.

Якщо кожну групу технологічних ліній поділити на три стадії: підготовчу, основну та заключну, тоді з'являється можливість узагальнити деякі уявлення про склад технологічних ліній.

На *підготовчій* стадії сировину чистять, миють, ріжуть, подрібнюють, сортують тощо. На *основній* стадії сировина проходить усі перетворення, необхідні для виготовлення кінцевого продукту, а на *заклучній* – продукції надають товарного вигляду.

*Першу групу* складають виробництва, продукцію яких одержують шляхом переробки багатокомпонентної суміші сировини. Деякі із складових частин суміші повністю включають до складу кінцевого продукту (хлібопекарське, кондитерське виробництва). Структура такої лінії характеризуються певною кількістю паралельних потоків на підготовчій стадії, які потім, на основній стадії, об'єднуються в один потік. Паралельні потоки на основній стадії використовують тільки для збільшення потужності ліній або для випуску інших сортів та видів продукції.

До *другої групи* входять виробництва, технологічні лінії яких характеризуються послідовним проведенням технологічних операцій, а продукція за складом речовин не відрізняється від сировини (консервування городини, садовини за допомогою сушіння, заморожування, стерилізації).

Паралельні потоки тут використовують, як і в попередньому випадку, для збільшення потужності та випуску інших сортів продукції.

У *третьої групи* об'єднані виробництва, в яких кінцевий продукт вилучають (витягають, відокремлюють) одним або декіль-

кома способами (екстракція, фільтрування, сортування) із початкової сировини (цукрове, крохмальне, борошномельне та інші виробництва). Технологічні лінії цих виробництв складаються з послідовно виконуваних технологічних операцій, що пов'язані з певною кількістю необхідних зворотних потоків продукту та робочих агентів, оскільки перетворення продукту відбувається в результаті багаторазового повторення операцій, які доцільно здійснювати в однотипних апаратах і машинах. За наявності багатосортної продукції та відходів ускладнюється і структура заключної стадії виробництва.

Подання технологічних ліній однотипними структурами дозволяє значно спростити деякі рішення аналізу і синтезу (проекування). Технологічна лінія є елементом структури підприємства, яке, у свою чергу, може бути елементом якогось вищого за структурою об'єднання (трест, асоціація тощо). Якщо розглядати структуру підприємства з позицій управління, то треба виділити два рівня – технологічний та організаційний.

Мета *технологічного* управління – одержання продукції заданої якості та кількості в результаті послідовно та паралельно виконуваних технологічних операцій із заданими режимами на всіх ділянках виробництва.

*Організаційно-економічне* управління спрямоване на одержання ефективних плідних результатів господарської діяльності шляхом прийняття різних управлінських рішень важкоформалізованих задач (розподіл коштів, матеріалів, забезпечення збуту продукції, одержання сировини, допоміжних матеріалів тощо).

Відходи в харчовій промисловості містять у собі значну кількість харчових та кормових продуктів: цукор, рослинні та тваринні жири, білки, кислоти, ферменти, вітаміни. В Україні щорічно одержують значну кількість відходів: бурякового жому близько 40 млн. т, цукрової меляси – 2, післяспиртової барди – 5, соняшникового лушпиння – 0,25, пивної дробини – 0,2 млн. т.

На жаль, комплексна або повна переробка сировини не до кінця налагоджена та не розповсюджена. Впровадження або створення нових мало- або безвідходних технологій у переробних галузях промисловості дозволить значно розширити номенклатуру та збільшити товарні об'єми випуску харчових продуктів, а також ко-

рмів, та підвищити економічну ефективність і рентабельність господарювання.

Якщо на окремих підприємствах після завершення технологічного процесу виготовлення продукції залишається значна кількість відходів, то там доцільною та економічною є організація комбінованого виробництва. Особливо це стосується цукровобуракової, спиртової, олієжирової, крохмалепаточної, виноробної та м'ясної галузей харчової промисловості.

Прогресивна технологія, яка сприяє підвищенню виходу та повному використанню продукції, вилученню цінних речовин із сировини, надає умови і для кращого використання сировини комбінуванням виробництва основної та побічної продукції.

Підвищення якості сировини, заміна її на менш дефіцитну або дешевшу, розширення асортименту сировини, скорочення сфери використання харчової сировини та продукції на промислові потреби при виробництві нехарчових продуктів прямо або побічно сприяє ресурсозбереженню.

Підвищення частки утилізації відходів та викидів значною мірою залежить не тільки від організації їх переробки, але й від стану та технічного рівня використовуваних техніки і технології переробки.

Таким чином, головними напрямками раціонального використання сировини в харчовій промисловості можуть бути:

- впровадження прогресивної техніки і технології;
- визначення оптимальних періодів заготівлі, зберігання та переробки сировини;
- зниження втрат сировини при заготівлі, транспортуванні, зберіганні та переробці;
- комплексне використання сировини;
- збільшення виходу продукції;
- підвищення рівня кооперації та комбінації виробництва.

На всіх підприємствах харчової промисловості використовують для переробки сировини типові технологічні операції (подрібнення, сортування, нагрівання тощо), а також специфічні для кожного підприємства операції (випічка хліба, оклеювання вина, очищення цукру, коптіння м'яса та риби, специфічні технологічні засоби надання певного смаку харчовим продуктам тощо). Але принципово технологічні лінії у харчових виробництвах не відріз-

няються від тих, що існують в інших галузях промисловості, за винятком додержання високих санітарних вимог щодо сировини, вироблених продуктів та виробничих приміщень.

Основну класифікацію харчових виробництв можна визначити за назвами готових продуктів: хлібопекарська, олієжирова, цукрова, спиртова, виноробна тощо, а також за специфічними виробничими процесами, зокрема процесами вилучення олії та виробництва похідних продуктів – спирту, саломаси, маргарину та масла, продуктів бродіння вина, пива, а також одержання інших продуктів харчування.

## **7.2. Шляхи удосконалення систем технологій харчових виробництв**

### ***7.2.1. Перспективи розвитку харчової промисловості***

На початку нового тисячоліття помітно поліпшилася макроекономічна ситуація в Україні, головним чином в результаті зростання обсягів виробництва в харчовій промисловості, яка впевнено посіла друге місце (17,8%) після чорної металургії.

Зростання обсягів виробництва продукції харчової промисловості було забезпечено збільшенням виробництва в олієжировій галузі (+60,7%), кондитерській (+36,4%), маслосироробній і молочної (+28,2%), м'ясній (+11,3%) та пивоварній (+11,3%).

На підприємствах Укрхлібпрому виробництво зросло на 0,5%, Укрконсервмолока – на 17,6, Укрсолі – на 10,6, Укрспирту – на 18,8%, Укрефірпарфумерпрому – в 2 рази.

Нині через торговельну мережу України реалізується три чверті товарів вітчизняного виробництва, а продовольчих товарів – 95%. Зниження конкуренції з боку імпорту виявилось одним із головних факторів пожвавлення реальної економіки в Україні на початку нового тисячоліття. Та, незважаючи на те, що внутрішній ринок став більш доступним і вільним для вітчизняних виробників, він, як і раніше, значно обмежується низькою платоспроможністю більшості населення. Це залишається основним дестабілізуючим фактором для національної економіки, і зокрема для подальшого інтенсивного розвитку харчової промисловості.

Вирішальну роль у збільшенні обсягів виробництва харчової промисловості на початку нового тисячоліття відіграло загальне поліпшення стану аграрного сектора, в якому обсяги виробництва валової сільськогосподарської продукції в усіх категоріях господарств збільшилися на 7,6%. Починаючи з 2000 року, особисті господарства населення стали основним джерелом задоволення потреби в продукції сільськогосподарського виробництва, основою стійкості продовольчого забезпечення країни. Зокрема, за 2000 рік обсяги виробництва продукції харчової промисловості порівняно із попереднім роком збільшились на 26,1%. Це найвищий показник за п'ятнадцять років незалежності України.

Приріст виробництва продукції харчової промисловості у 2000 році значно вплинув на збільшення виробництва товарів народного споживання (непродовольчих і продовольчих), яких вироблено на 27,9 млрд. грн., що на 24,5% більше, ніж у попередньому році. Близько 90. виробленої продукції харчової промисловості відвантажується споживачам. Переважна частина цієї продукції (84%) у 2000 році була реалізована за готівкові кошти. Ця тенденція зберігається і до сьогодні. Отже, харчова промисловість зпоміж усіх галузей має найбільш стабільне і гарантоване джерело готівкових надходжень.

В Україні відбулися значні зміни в експорті та імпорті продукції агропромислового комплексу, і зокрема продукції харчової промисловості. Якщо раніше масово вивозили зерно з України за низькими заготівельними цінами – (40...50) дол./т в 1998 році та (30...40) дол./т в 1999 році, то в 2006 році ці показники значно покращились на користь держави.

Для того, щоб порівняти сьогоднішній стан у сфері експорту-імпорту з колишнім, нагадаємо, що у 2000 році показники експорту ледь перевищили показники 1996 року. Значно погіршилась структура експортно-імпортних відносин, що проявилось в сировинній орієнтації. У 1996 році продукція переробної промисловості становила 46% від експорту продукції АПК проти 29% у 1990 році. У 2000 році було порушено пропорції в структурі зовнішньої торгівлі, а саме імпорт перевищував експорт окремих продовольчих товарів.

Надзвичайно важко погодитись з існуванням в Україні «невідвротної» причини для імпорту таких товарів, як тютюн, цукор,

м'ясо птиці, маргарин, алкогольні вироби, вино, пивоварний солод, соки, фруктові й овочеві консерви, харчові концентрати, плодоовочеві консерви та ін. Виробничі потужності України, її власна сировинна база цілком спроможні виробляти цю продукцію і на неї є попит. На фоні зростання імпорту зазначених продуктів спостерігається неприпустимо низьке використання вітчизняних потужностей.

У подальшому при вирішенні проблеми ефективного використання потужностей харчової промисловості необхідно підвищувати купівельну спроможність населення України. Цього можна досягти за рахунок зниження обсягів ПДВ або його диференціації залежно від соціальної значущості продуктів харчування та зниження торгових націнок.

Головне у вирішенні цих завдань – доходи населення, на які певною мірою впливають обсяги і вартість вироблених продуктів харчування в особистих підсобних господарствах.

У ринкових умовах широке коло невеликих приватних підсобних господарств, якими володіють понад 10 млн. сімей, виробляють, кожне зокрема, невеликий обсяг товару, але разом вони постачають на ринок значну кількість харчової продукції. Виробництво тваринницької продукції у приватних господарствах у 2000 році становило: м'яса – 72,5% у загальному виробництві, молока – 70,9, яєць – 60%.

За даними статистичного обстеження домогосподарств населення України свої доходи витрачає у таких пропорціях: на придбання продовольчих товарів – (65...70)%, непродовольчих товарів – (12...15); на оплату послуг – (15...17); купівлю нерухомості, валюти, на вклади – 2,8%. Такі співвідношення свідчать про низьку купівельну спроможність нашого населення.

У процесі глибоких досліджень стану та перспектив розвитку харчової промисловості України проведено зіставлення обсягів виробництва продовольчих товарів та їх споживання з наявними доходами населення.

Як зазначалося вище, розвиток харчової промисловості залежить в основному від попиту-пропозиції продовольчих товарів. Для визначення попиту на продовольчі товари було розраховано обсяги потенційно необхідних витрат на продукти харчування в межах затвердженого офіційного набору (постанова Кабінету Мі-

ністрів України № 656 від 14 квітня 2000 р. «Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення»). Згідно з цим документом, норми на дорослу людину становлять, кг/рік: хліб пшеничний – 68, картопля – 95, помідори – 15, цибуля – 10, фрукти-ягоди – 60, цукор – 24, мед – 1, масло вершкове – 5, олія – 7,1, яйця – 220 шт., молоко – 60, кисломолочні напої – 87, сир – 10, сметана – 5, сир твердий – 3,5, яловичина – 16, свинина – 8, птиця – 14, ковбаси, сосиски, сардельки – 8, балик – 1, сало – 2, риба свіжа – 7, рибопродукти – 6, чай – 0,1, кава – 0,1, сіль – 2,2.

Нині переважна більшість ринків продовольчих товарів характеризується як монополізовано-тіньові. Аналіз стану справ у харчовій промисловості України дав можливість визначити потребу посилення регуляторної політики у таких напрямках:

1. Підвищення платоспроможного попиту населення, тобто встановлення залежності між нижнім порогом заробітної плати і вартістю затвердженого набору споживання; реформування системи оплати праці – виведення значної її частини з тіні; вжиття невідкладних заходів щодо легалізації доходів, зосереджених у певної частини населення.

2. Регулювання ринків харчових продуктів на державному рівні: встановлення рівня мінімальної ціни на основні продукти харчування; визначення максимально допустимих розмірів торгових націнок та виключення зайвих посередників; встановлення квоти для виробництва основних видів продовольства.

3. Введення сучасних механізмів спостереження і прогнозування в харчовій промисловості; моніторинг ринку продовольчих товарів; прогнозування основних тенденцій розвитку; моніторинг цін.

4. Оптимізація ефективної регіональної спеціалізації виробництва харчових продуктів: підтримка на рівні підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію.

5. Надання пріоритетного розвитку в першу чергу тим галузям, що мають значний експортний потенціал: зерновій, цукровій, олієжировій, спиртовій, лікєро-горілчаній, соляній, плодоовочеконсервній.

6. Утвердження статусу України як зернової держави, тобто Україна повинна стати провідною державою з виробництва зер-

нових, а отже борошна, круп, борошняних виробів, макаронів, спирту, лікєро-горілчаних виробів, комбикормів, соняшникової та ріпакової олії, маргаринів, майонезів тощо.

Отже, до основних актуальних проблем розвитку харчової промисловості слід віднести максимальне використання та переробку зерна. І це має належати до головних стратегічних завдань політики держави.

В умовах ринкової економіки господарський механізм у харчовій і переробній промисловості повинен бути спрямований на посилення режиму економії сировини та енергоресурсів, оптимізацію технологічних процесів і витрат усіх видів ресурсів, впровадження у виробництво нетрадиційної сировини, пошук нових технологічних і технічних рішень та виробництво конкурентоспроможних харчових продуктів і напоїв профілактичного призначення. Це зумовлює переорієнтацію підприємств харчової промисловості, оперативне впровадження науково-дослідних розробок, що передбачають покращення якісних показників і зниження собівартості харчової продукції.

Стратегічним завданням підприємств харчової і переробної промисловості є стабільний збут продукції, який відповідав би їх потужності, постійний пошук нових ринків збуту, боротьба з конкуренцією, що зростає з кожним роком. Для вирішення цих завдань потрібно:

- постійно рекламувати свою продукцію будь-якими аргументованими формами (доводити її користь для людини, поліпшувати оформлення виробів тощо);

- забезпечити тривалий строк зберігання продукції без зниження її якісних показників. Це – постійне дотримання відповідної технологічної санітарної дисципліни, розробка і впровадження екологічно чистих стабілізаторів і консервантів, оптимальна для збереження якісних показників термічна обробка продукції тощо;

- забезпечити якісні смакові показники продукції, що відповідали б чинним нормативним документам і попиту споживача, розробити нові види високоякісної продукції;

- утворити резервний фонд фінансових заощаджень. Головне – забезпечити правовий захист підприємств;

- вирощувати харчову сировину, яка відповідала б усім екологічним та економічним вимогам.

Для виконання цих завдань необхідно своєчасно і на сучасному рівні проводити реконструкцію підприємств, яка забезпечила б низькі матеріально-енергетичні витрати, впровадження сучасної технології, придбання і монтаж високоавтоматизованого обладнання як для основних, так і для допоміжних процесів з метою максимального зменшення кількості обслуговуючого персоналу; розробляти і впроваджувати принципово нові високоефективні технології та обладнання, які забезпечили б великий прибуток підприємствам харчової промисловості і високу якість кінцевого продукту.

### ***7.2.2. Екологічні аспекти виробництва харчових продуктів***

З метою запобігання шкідливому впливу діяльності всіх галузей харчової промисловості на навколишнє середовище необхідно враховувати екологічні аспекти як у процесі удосконалення малоєфективних, так і під час дослідження і проектування нових високоефективних технологій і обладнання, передбачаючи застосування мінімально забруднюючих процесів і виконання усіх вимог щодо захисту середовища і кінцевих продуктів. Для забезпечення ефективності заходів щодо поліпшення навколишнього середовища і покращення якості харчових продуктів у харчовій і переробній промисловості необхідно застосовувати екологічне управління, метою якого є систематичне й планомірне запобігання дії шкідливих речовин на виробництво продуктів і напоїв. Крім того, потрібно використовувати екологічно чисту харчову сировину, максимально впроваджувати екологічно чисту технологію харчових продуктів, тобто таку, що мінімально забруднює середовище, кінцеві м'ясні й молочні вироби, пиво, цукор, безалкогольні напої, вино, ферментні препарати, хлібобулочні вироби, крохмаль, рослинну олію, консервовані плоди, овочі та ін.

Впровадження екологічного управління слід починати з екологічного аналізу, який характеризує діяльність окремих підприємств, цехів і виробничих відділень. Хімічні аналізи сировини, напівфабрикатів і кінцевих продуктів дадуть можливість визначити, у яких цехах і відділеннях можна і потрібно поліпшити екологічний стан.

З екологічного погляду для харчових підприємств важливим є показник кількості шкідливих речовин у відходах на одиницю об'єму продукції, що випускається. У стічних водах підприємств міститься велика кількість органічних речовин, що зобов'язує керівництво застосовувати сучасні мікробіологічні і біохімічні методи їх очищення.

Для підприємств харчової і переробної промисловості створення системи екологічного управління як частини розширеної системи управління якістю продукції є своєрідним важелем для забезпечення постійного поліпшення екологічного стану. Фахівці підприємств зобов'язані дотримуватись таких вимог: зробити початковий екологічний аналіз; розробити та прийняти екологічну політику; створити систему екологічного управління; визначити екологічні цілі; скласти план екологічних заходів; створити й провести внутрішній екологічний аудит; постійно складати екологічні звіти.

Велика небезпека для здоров'я людини пов'язана з інфікованістю харчової сировини, напівфабрикатів, корисних мікроорганізмів (дріжджі тощо) грибною мікрофлорою, що призводить до нагромадження в кінцевих продуктах (хліб, пиво, молочні і м'ясні продукти тощо) токсинів і мікотоксинів – отруйних продуктів життєдіяльності грибів. Внаслідок цього актуальною стає розробка заходів захисту харчової сировини від патогенних мікроорганізмів і її зараження сапрофітами. Щодо дріжджів та інших корисних мікроорганізмів, на поверхні яких можливе накопичення плісневих грибів і отруйних продуктів їх життєдіяльності, то необхідно не тільки прискорювати біотехнологічні процеси, але й оптимізувати культивування дріжджів за наявності дисперсних мінералів.

### **7.2.3. Енергозбереження в харчовій промисловості**

Україна нині належить до енергодефіцитних країн, задовольняючи свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок власного їх видобутку менше ніж на 50%. Ефективність використання ПЕР в економіці України, в соціальній сфері і особливо в харчовій та переробній промисловості дуже низька. Ене-

роємність валового внутрішнього продукту в нашій країні більш ніж удвічі вища за енергоємність у промислово розвинутих країнах Західної Європи і продовжує зростати. Тому підвищення енергоефективності та енергозбереження стає стратегічною лінією розвитку економіки, соціальної сфери та харчової промисловості на найближчу та подальшу перспективу.

Структурно-технологічна перебудова харчової промисловості щодо підвищення енергоефективності та енергозбереження передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску неефективної з погляду енерговикористання продукції і впровадження новітніх технологій, обладнання та систем автоматизації. Важлива частина технологічних заходів пов'язана з модернізацією і удосконаленням технологічних процесів, спрямованих на підвищення комплексності використання ПЕР, зменшення втрат, оптимізацію режимів роботи.

Серед пріоритетних напрямів зростання ефективності харчової промисловості, згідно з Комплексною Державною програмою енергозбереження України до 2010 року (постанова Кабінету Міністрів України № 911 від 15 листопада 1995 р.), слід зазначити такі:

- здійснення перебудови виробничої технічної бази галузей харчової промисловості за рахунок реконструкції і технічного переозброєння діючих підприємств та нового будівництва. При цьому головну увагу приділено втіленню ресурсо- і енергозберігаючих технологій та устаткування, використанню прогресивних видів палива та вторинних енергоресурсів;

- забезпечення випереджувального виробництва продуктів, готових до споживання, напівфабрикатів, кулінарних виробів, продуктів із застосуванням нетрадиційних видів сировини;

- нарощування виробництва продовольчих товарів, особливо в галузях із значним експортним потенціалом – спиртовій, цукровій, олієжировій, лікєро-горілчаній тощо.

У цілому харчова промисловість є досить енергоємною галуззю, її паливоспоживання в 2010 році становитиме (10,5... 11,6) млн. т умовного палива, споживання електричної енергії (7,3...8,3) млрд. кВт·год, теплової (39...51) млн. Гкал. Підприємств-

ва харчової промисловості підпорядковані кільком відомствам. На частку Держхарчопрому на рівні 2010 року припадатиме 65% галузевого споживання палива і близько 50% електричної енергії.

Встановлено, що останніми роками ефективність енерговикористання в харчовій промисловості значно погіршилась, що зумовлено зниженням обсягів виробництва і неритмічною роботою підприємств, використанням застарілого обладнання, порушенням вимог до експлуатації енергетичного та технологічного обладнання.

У харчовій промисловості понад 80% галузевого споживання палива витрачається на перетворення його в теплову енергію. У галузі найбільшим споживачем енергоресурсів є цукрова промисловість.

Ключовими напрямками підвищення ефективності енерговикористання є вдосконалення технологічних і теплових процесів виробництва, запровадження сучасних технологій та введення в дію нового устаткування.

На основі комплексного аналізу напрямів і заходів енергозбереження Кабінет Міністрів України визначив на 2000–2010 рр. такі пріоритети:

1. У сфері економіки: впровадження нових енергозберігаючих технологій та обладнання; удосконалення існуючих технологій та обладнання, зокрема збільшення частки вже освоєних енергозберігаючих технологій; зменшення матеріалоемності продукції (якісна сировина, більш ефективні матеріали, низькі втрати матеріалів тощо), підвищення її якості, вдосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів тощо.

2. У сфері міжгалузевого енергозбереження: впровадження засобів електроніки; вдосконалення систем теплопостачання, використання сучасних екологічно ефективних технологій спалювання низькоякісних палив; виробництво енергії за рахунок використання вторинних енергоресурсів без додаткового залучення палива; використання економних систем і приладів електроосвітлення.

3. Створення правових та економічних умов для підвищення рівня ефективності енерговикористання.

Програма пріоритетів і завдань щодо енергозбереження на об'єктах Держхарчопрому до 2010 року повинна передбачати:

- удосконалення діючих і створення нових галузевих технологій і устаткування;

- розробку технологій з виробництва харчових добавок з імунорегулюючими і радіопротекторними властивостями та харчових продуктів з використанням цих добавок;
- організацію вітчизняного виробництва нових замінників цукру;
- створення виробництва пакувальних матеріалів, поліграфічного устаткування та фарб для художнього оформлення упаковок;
- розробку технологій синтетичних і натуральних ароматизаторів, харчових барвників;
- створення загальногалузевих видів технологічного та допоміжного обладнання і запасних частин із застосуванням сучасних технологій зміцнення швидкозношуваних деталей;
- розробку і впровадження екологічно безпечних технологій очищення та утилізації стічних вод харчових підприємств;
- використання вторинних теплових ресурсів і заощадження теплової енергії на підприємствах харчової промисловості;
- організацію разом з Міністерством транспорту виробництва високооктанових бензинів з додаванням етилового спирту. Це еквівалентно збільшенню виробництва моторного палива;
- розробку проектів використання для опалення теплиць енергії нетрадиційних джерел, відпрацьованої гарячої води та тепла стічних вод і відходів виробництва;
- використання на підприємствах харчової промисловості поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії: вітрової, сонячної (геліоенергетика), гідроенергії малих річок, теплових насосів (для утилізації низькотемпературних вторинних енергетичних ресурсів та використання енергії довкілля), геотермальних ресурсів (в Україні вони оцінюються в 600 млрд. т умовного палива, а це більше, ніж запаси усього палива в нашій країні), біомаси та інших видів нетрадиційного палива (виробництво біогазу тощо), акумулювання електричної та теплової енергії.

Підприємства харчової промисловості зобов'язані враховувати, що кращі техніко-економічні показники застосування нетрадиційних джерел енергії будуть досягнуті в разі комбінованого вироблення теплової і електричної енергії, а також поєднання їх як між собою, так і з технікою і технологією харчових продуктів і напоїв.

Механізм та умови підвищення енергоефективності та реалізації програм у харчовій промисловості характеризуються такими факторами:

- розробка наукових основ створення новітніх енергозберігаючих процесів і технологій з урахуванням екологічних аспектів енергозбереження та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів;

- підготовка спеціалістів з енергозбереження (для інших спеціальностей – проведення занять з питань енергозбереження згідно з робочими програмами);

- популяризація і пропаганда економічних, екологічних і соціальних переваг енергозбереження.

До загальних джерел фінансування енергозбереження належать:

- державний бюджет (безповоротне асигнування науково-дослідних робіт, кредитні позики тощо);

- місцеві бюджети за місцем розташування підприємств харчової промисловості (зокрема частка коштів на оздоровлення навколишнього середовища);

- інші позабюджетні фонди (інноваційні фонди та ін.);

- міжнародна фінансова допомога;

- позики міжнародних та іноземних кредитно-фінансових установ;

- кошти вітчизняних та іноземних інвесторів.

Основними шляхами та конкретними пропозиціями, спрямованими на подальшу економію енергетичних і матеріальних ресурсів у харчовій промисловості, є:

- створення і впровадження нової високоефективної енергозберігаючої технології та апаратури для виробництва харчових продуктів;

- удосконалення технологічних процесів і обладнання з метою зниження питомого споживання енергії та матеріалів;

- заміна малопродуктивного застарілого обладнання високопродуктивним із низькими питомими витратами енергії;

- удосконалення теплоенергетичних схем підприємств харчової промисловості з урахуванням використання відпрацьованої теплоти за допомогою теплових насосів (абсорбційних і компресорних);

– розробка і впровадження маловідходних технологій харчових продуктів з використанням високоефективних способів очищення стічних вод за допомогою мікроорганізмів в анаеробних і аеробних умовах;

– впровадження в харчову промисловість сушильних технологій, розроблених в Інституті технічної теплофізики НАН України, що ґрунтуються на керуванні дифузією вологи в матеріалі. Це дасть можливість підвищити коефіцієнт використання теплової енергії в 2–3 рази і покращити якість кінцевого продукту;

– застосування в харчовій промисловості технологій, що ґрунтуються на використанні дискретно-імпульсного підведення енергії в гетерогенних середовищах;

– впровадження технології утилізації теплоти відпрацьованих димових газів парових котлів, топок сушарок та інших об'єктів;

– застосування сучасних технологій спалювання палива в циркулюючому киплячому шарі;

– використання теплоти продуктів згорання в парових котлах і топках підприємств харчової промисловості для нагрівання в регенераторах повітря, що подається на пальники. Це значний резерв економії палива;

– застосування в харчовій і переробній промисловості енергозберігаючої технології, що ґрунтується на електроплазмолізі сировини;

– впровадження біогазових установок, перспективних для енергопостачання сільських і фермерських господарств, а також підприємств харчової промисловості;

– одержання енергії з біомаси (активний мул після очищення стічних вод харчової і переробної промисловості, відходи деревини, соломки тощо), що є надзвичайно актуальною проблемою. У багатьох країнах світу на біогазових установках одержують великі обсяги енергоносіїв, і ця галузь продовжує динамічно розвиватися (у США обсяг використання енергоносіїв, одержаних із біомаси, становить 3,2%, у Данії – 6, в Австрії – 12, у Швеції – 18, у Фінляндії – 23% від загальної кількості використаної енергії). Впровадження біогазових установок (метантенків) дозволяє не тільки забезпечити енергетичне використання біогазу, але й досягти природозберігаючого ефекту та виробництва органічних добрив;

– впровадження на спиртових заводах, що переробляють на

спирт мелясу, енергозберігаючих технологій біохімічного очищення барди і одержання біогазу. Встановлено, що спиртзаводи за рік скидають у відстійники близько 4 млн. м<sup>3</sup> концентрованих стічних вод, або 250 тис. т шкідливих речовин по БСК. А під полями фільтрації зайнято 1500 га плодючих земель. Технологія ґрунтується на використанні анаеробних біореакторів з адаптивним гранульованим активним мулом. Аеробне доочищення здійснюється спеціально підібраною асоціацією мікроорганізмів. Біологічні методи очищення стічних вод дають можливість: досягти ефективності очищення по БСК 99,9%; одержати на одному заводі середньої потужності близько 5,5 млн. м<sup>3</sup> біогазу за рік, що еквівалентно 4 млн. м<sup>3</sup> природного газу; очищати стічні води з будь-якою концентрацією забруднень до показників, за яких дозволяється їх викид у відкриті водойми; скоротити час анаеробно-аеробного очищення з 500 до 90 год.; зменшити в 3 рази витрати електроенергії порівняно з очищенням на комунальних спорудах; зекономити для виробництва спирту до 50% палива від спалювання біогазу. Інвестиції на будівництво таких установок окупляться протягом одного року. Розробки виконані фахівцями УкрНДІспиртбіопроду;

– впровадження на підприємствах агропромислового комплексу схеми установки для використання відпрацьованих газів котельні у системі опалення теплиць. Це дасть можливість вирішити питання збереження енергоресурсів з одночасним підвищенням продуктивності тепличного господарства;

– використання геотермальної і сонячної енергії для підігрівання води і повітря як ресурсів низькопотенційної теплоти з подальшим підключенням абсорбційних і компресорних насосів для теплохолодопостачання підприємств спиртової промисловості;

– застосування теплогенеруючих роторно-дискових установок для прямого перетворення енергії вітру на теплову;

– впровадження енергозберігаючих установок та оптимальних технологічних режимів сушіння сировини рослинного походження і вироблених з неї харчових продуктів. Затрати енергії знижуються в 2 рази, зберігаються нативні характеристики сировини і продуктів – смак, аромат, колір, структура, біологічно активні та харчові властивості;

– впровадження енергозберігаючої технології і техніки сушіння зерна, які дозволяють досягати високих техніко-економічних показників зерносушарок за рахунок утилізації теплоти відпрацьованого сушильного агента, удосконалення способів і режимів сушіння зерна, технологічних схем сушильних установок, їх конструктивних агрегатів та конструктивних елементів;

– використання пристроїв для утилізації теплоти відпрацьованих гарячих газів різних типів печей (хлібопекарських, зерно- і солодосушильних та ін.). Такі пристрої дозволяють нагрівати воду, яка може бути використана для технологічних потреб, опалення, гарячого водопостачання тощо.

### **7.2.4. Виробництво ферментних продуктів**

У біотехнології ферментних препаратів на рівні генної інженерії у світі останнім часом сталася справжня революція, яка відчутно вплинула на розвиток ферментної промисловості. Генна інженерія дала можливість виробникам ферментних препаратів розробляти і випускати велику кількість практично будь-яких ферментів незалежно від їх походження.

Відомо, що генетична інформація зберігається в хромосомах у вигляді дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), що має двоспіральну структуру. В цій молекулі генетична інформація зберігається у вигляді лінійної послідовності. Наприклад, лінійний запис із 1200 літер, що міститься в індивідуальному гені, може бути переведений в ланцюг із 400 амінокислот, що становлять відповідний фермент – генетичний код розшифрування. Залишається тільки розібратися, як амінокислотний ланцюг мимовільно входить до надзвичайно складної структури активного ферменту.

Зараз відкриті рестрикційні (обмежені) ферменти (рестриктази), на яких базується генна біотехнологія. Рестриктази розрізують ДНК у кількох специфічних ділянках, що дає можливість виділити окремі гени, які в сумі становлять не більше 0,1% ДНК, що містяться в хромосомі.

Використовуючи ферменти-лігази (з'єднують фрагменти ДНК), одержані за допомогою рестриктаз, один відповідний ген можна вмонтувати в мініхромосоми (плазмиди), а потім перенести в нову клітину, де нова комбінація ген-плазмиду може прижитися як

нова одержана одиниця. Так відбувається клонування (утворення ідентичних нащадків – клонів нестатевим розмноженням). У результаті клонування з'являються популяції клітин або організмів з однаковим набором генів (генотипів).

Клонування бактерій відбувається у процесі простого поділу клітин, а рослин – у процесі вегетативного розмноження (бульби, кореневища, пагони тощо).

Клонування застосовується при вирішенні багатьох теоретичних і практичних завдань біології сільського господарства і медицини. Завдяки клонуванню вдається зберегти особливості сортів культурних рослин, вирощувати цілі рослини із культивованих клітин.

У 1960 році розроблено методи, що дають можливість клонувати вищих тварин. У 1997 році в Англії зроблено перше дослідження з клонування вівці шляхом пересадки ядра соматичної клітини в без'ядерну яйцеклітину, а потім культивування ембріона з наступною пересадкою в організм названої матері. В результаті проведення таких біологічних процесів у 1998 році вівця Доллі народила повноцінне потомство.

Цей дослід показав можливість одержувати тварин з повною характеристикою, яка задовольняє вимогам людини.

Тут можна згадати і проблему клонування людини. Якщо раніше вважалося, що застосування методів клонування стосовно людини пов'язано з проблемами морального і релігійного порядку (ЮНЕСКО в 1997 році заборонило клонування людини), то в 2000 році англійський парламент дозволив проводити ідентичні дослідження в межах своєї країни.

Актуальними у виробництві ферментних препаратів для спиртової промисловості є такі проблеми:

- передбачення змін у генетичному коді ферменту для покращення його каталітичної здатності. Для цього потрібно встановити властивості ферменту – його специфічність і стабільність, залежність від рН середовища і температури;

- як тільки фермент з необхідними властивостями знайшли, мікроорганізм, що його продукує, вводять у культуру й ідентифікують. Потім у нього викликають мутації (зміни) за допомогою хімічних або радіологічних засобів. Це роблять для збільшення виходу основного продукту і досягнення швидкого росту культури.

ри, а також виключення можливості утворення небажаних побічних продуктів. У подальшому визначають оптимальні умови для ферментації і перевіряють її на токсичність. Розроблений продукт наприкінці проходить інспекцію для одержання дозволу на використання в промисловості.

Поява генної інженерії та проведення фундаментальних і прикладних досліджень з групами мікроорганізмів *Bacillus* (бактерії), *Aspergillus* (гриби) і *Saccharomyces* (дріжджі) дали можливість значно змінити характер виробництва ферментних препаратів. Нові мікроорганізми швидко ростуть і дають великий вихід ферментів, які мають високий ступінь чистоти і вільні від небажаних домішок.

Слід зазначити, що найближчим часом ферменти допоможуть людству захистити навколишнє середовище, зберегти природні ресурси, очистити стічні води підприємств харчової промисловості і тим самим збільшити тривалість життя людини.

Для забезпечення раціонального і ефективного використання ферментних препаратів необхідно проводити їх іммобілізацію, тобто закріплювати на водонерозчинній основі або включати в напівпроникну мембрану за рахунок хімічних зв'язків. Це дасть можливість багаторазово використати високу активність ферментних препаратів і перевести технологічні процеси в харчовій промисловості на безперервні режими.

### **7.2.5. Проблеми удосконалення технології виробництва хлібопродуктів**

Хліб у всі часи був і залишається одним із основних масових продуктів харчування, тому над удосконаленням технології його виробництва, розширенням асортименту і покращенням якості постійно працюють науковці і практики.

Актуальні проблеми, що потребують невідкладного розв'язання у хлібопекарській галузі, такі:

- створення прогресивних ресурсозберігаючих технологій виробництва хліба в умовах висококомеханізованих підприємств і пекарень;

- технічне переоснащення хлібопекарської промисловості. Заміна морально і фізично застарілого обладнання;

– розширення сировинної бази за рахунок використання нетрадиційної сировини для виробництва продукції підвищеної харчової та біологічної цінності;

– створення і впровадження у виробництво хлібних виробів оздоровчого харчування, збагачених вітамінами, мінеральними речовинами, ненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами природного походження;

– розширення випуску продукції з добавками продуктів із сої, кальцієвмісної сировини,  $\beta$ -каротину, порошоків морських водоростей, йодвмісних продуктів;

– удосконалення асортименту житньо-пшеничних сортів хліба, збільшення виробництва заварних видів хліба, що користуються підвищеним попитом у населення;

– створення і впровадження композицій комплексних поліпшувачів якості хліба цільового призначення, що виробляється з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями;

– широке застосування ферментів нового покоління з метою інтенсифікації технологічних процесів і покращення якості та продовження тривалості зберігання хлібних виробів свіжими;

– зменшення втрат і витрат сировини на всіх стадіях технологічного процесу, а також економія енергоресурсів;

– забезпечення хлібопекарського виробництва високоефективними культурами молочнокислих бактерій і дріжджів;

– розроблення заходів попередження мікробіологічного псування хліба, захворювання на картопляну хворобу, пліснявіння;

– вирішення екологічних проблем хлібопекарського виробництва, науково обґрунтований контроль та облік викидів і скидів;

– впровадження техніки і технології з виробництва заморожених напівфабрикатів. Ця проблема за кордоном вирішується шляхом постачання тістових заготовок у замороженому стані з подальшим випіканням їх у мережі харчування;

– забезпечення пекарень прискореними технологіями виготовлення хлібних виробів.

Для внутрішніх потреб населення на рік треба 6,5 млн. т зерна, для потреб тваринництва – 16,5, для посівного матеріалу – 2,8 млн. т, тобто всього майже 26 млн. т (без урахування переробки зерна на спирт).

Важливим фактором забезпечення ефективного використання зерна є його належне зберігання. Для цього існують зерносховища – елеватори. При існуючому середньому їх завантаженні на рівні 28% від номінальної потужності більшість елеваторів в Україні працюють нижче рівня рентабельності і є збитковими. У разі оптимальної організації завантаження елеваторів собівартість їх послуг не перевищуватиме 4 дол./т за рік.

Для того, щоб досягти раціонального використання елеваторів, потрібно з їх загальної кількості визначити дві третини, які можуть бути оптимально завантажені, решту слід зупинити повністю.

Внутрішня потреба України в борошні становить 6,8 млн. т за рік. У державі нараховується 195 борошномельних підприємств із загальною завантаженістю 28%.

Ціни на борошно повинні визначатись у такій послідовності: ціна зерна не нижче 80 дол./т → зберігання на елеваторах з оплатою не вище (6...8) дол./т за рік → вартість переробки у млині при 15%-й рентабельності не вище 9 дол./т.

Нині ціна послуг елеваторів, млинів і крупозаводів більше ніж утричі перевищує величину їх змінних витрат на одиницю переробленої сировини. Частково це пов'язано з потребою відшкодування великих постійних витрат (амортизація, ремонт обладнання і транспортні послуги). Але головна причина полягає у недозавантаженні виробничих потужностей. Підприємства працюють з обсягами, меншими за точку беззбитковості, тобто з обсягами сировини, які не забезпечують рентабельність переробки.

Для того, щоб досягти підвищення ефективності цієї галузі, необхідно розв'язати такі загальні актуальні проблеми:

- визначити елеватори і млини, які найбільш ефективно працюватимуть за повного завантаження;
- визначити елеватори і млини, які слід зупинити і законсервувати;
- визначити елеватори і млини, які мають бути повністю зупинені і розібрані;
- ввести застави на закупівлю зерна і насіння соняшнику, удосконалити ринок нафтопродуктів, добрив і пестицидів, запасних частин до сільськогосподарської техніки для врівноваження ринку первинних продуктів і матеріалів;

- виділити кошти для первинних закупівель;
- створити спілку власників елеваторів і млинів з метою оптимізації їх діяльності.

Значну увагу слід приділити розвитку комбікормового виробництва як основи розвитку тваринництва і птахівництва. Сумарна потреба в комбікормах становить 31 млн. т кормових одиниць. Вміст білка в кормах повинен становити 110 г на 1 кормову одиницю, загальна потреба в білках – 3,4 млн. т.

Потужність комбікормових заводів становить 20 млн. т кормових одиниць, що недостатньо для задоволення потреб усього тваринництва країни. У світовій практиці вартість помелу і змішування становить 6% від вартості самих комбікормів. В Україні вартість послуг з виробництва комбікормів утричі перевищує питомі витрати на їх виробництво, що спричинено високими витратами та низькою завантаженістю виробничих потужностей.

У цілому в раціоні тварин важливе місце посідає соєвий шрот. В Україні для забезпечення тваринництва комбікормами необхідно вирішити такі актуальні проблеми:

- розширити посівні площі під сою та ріпак (на першому етапі посіви сої розширити до 500 тис. га, на другому – до 1 млн. га для вироблення 1–2 млн. т соєвого шроту);
- посіви ріпаку довести до обсягів, за яких можна було б одержати 0,6–1 млн. т шроту;
- не знижувати обсяги виробництва соняшникового шроту (1 млн. т);
- заборонити експорт шротів.

У галузі технології хлібопродуктів та комбікормів необхідно розв'язати такі актуальні проблеми:

- розробити енергоощадні та екологічно чисті технології сушіння зерна та його зберігання в середовищі інертних газів і в охолодженому стані;
- безперервно проводити ефективний контроль температури і вологості зернових мас, що зберігаються в силосах елеваторів та на складах зерносховищ;
- удосконалювати поглиблену переробку для виробництва комбікормів (лушення, подвійне гранулювання, екструдкування, плющення, мікронізацію та обжарювання зерна; експандування комбікормів);

- удосконалювати волого-теплову обробку зерна у процесі виробництва крупів;
- удосконалювати технологію переробки пророслого зерна і бобових культур з метою виробництва високоякісного готового продукту;
- удосконалювати технології обробки качанів та насіння кукурудзи;
- удосконалювати технологію вимелювання висівок з метою виробництва більшої кількості борошна;
- розробити сучасні стандарти, технічні умови та іншу нормативну технічну документацію на зерно та продукти його переробки.

### ***7.2.6. Сировина для харчових продуктів***

Технологія харчових продуктів ґрунтується в основному на використанні різних видів мікроорганізмів або забезпеченні відповідної мікробіологічної чистоти в усьому технологічному циклі.

Особлива увага в харчовій промисловості приділяється боротьбі з бактеріальним забрудненням, а саме:

- запобіганню проникненню шкідливих мікроорганізмів у готові продукти із сировини, включаючи воду, з повітря, від службового персоналу, від обладнання як у процесі їх одержання, так і під час тривалого зберігання;
- запобіганню розмноженню мікроорганізмів шляхом створення і застосування обладнання, яке б давало можливість підтримувати гігієнічні норми;
- забезпеченню контролю умов зберігання і руху на всіх технологічних стадіях від одержання сировини до реалізації готової продукції, правильності вибору методів виробництва і умов технологічних процесів;
- застосуванню нових методів очищення під час попередньої обробки харчової сировини, повітря і води, а також експлуатації обладнання і виробничих приміщень;
- пастеризації, стерилізації і стабілізації (термообробка, фільтрування, природні стабілізатори, хімічні нешкідливі агенти та фізико-хімічні методи оброблення) з метою часткового або повного знешкодження сторонньої мікрофлори;

– покриттю приміщень і поверхонь апаратів фунгіцидними фарбами для запобігання загрози росту грибів за умови, що ці фарби мають низьку токсичність.

Харчові продукти можуть псуватися і за відсутності мікробів у результаті різних біохімічних процесів, що відбуваються під впливом кисню тощо. У ролі каталізаторів цих процесів виступають ферменти.

Отже, для забезпечення надійного захисту харчової сировини або готової продукції потрібно змінити їх властивості без шкоди для здоров'я людини або створити необхідні умови зберігання з метою знешкодження мікробів та ізоляції від кисню.

У харчовій промисловості з метою знешкодження сторонньої мікрофлори застосовують багато способів обробки харчової сировини і готової продукції. Найпоширенішою є теплова обробка. Сучасна технологія різних напоїв, овочевих, м'ясних і рибних консервів тощо зорієнтована на використання пастеризації або стерилізації. На жаль, під час теплової обробки частково або повністю руйнуються біологічно активні речовини (вітаміни, ферменти, незамінні амінокислоти тощо), змінюються смакові властивості, втрачаються леткі речовини тощо.

Реалізація нових способів обробки харчової сировини і харчових продуктів з метою збільшення тривалості їх зберігання і покращення якісних показників ґрунтується на знаннях різновидів мікрофлори та їх властивостей, шляхів потрапляння до сировини та продукції, методів інактивації та знешкодження, особливостей дії консервантів, методів фізичного впливу, особливостей перебігу теплової обробки тощо.

У процесі життєдіяльності в організмі людини безперервно руйнується певна частина органічних речовин і синтезуються нові сполуки за рахунок речовин, що надходять з харчовими продуктами, дихання тощо. При цьому процеси розпаду супроводжуються виділенням енергії, а процеси синтезу спрямовані на її накопичення.

Компоненти харчових продуктів, з одного боку, виступають як будівельний матеріал для побудови нових тканин, а з другого – як енергетичний матеріал, що підтримує і зберігає теплоту тіла і перетворює теплову енергію на механічну роботу, в тому числі й на роботу внутрішніх органів.

Удосконалення існуючих і створення нових машин та автоматичних ліній для обробки харчової продукції повинно ґрунтуватися на врахуванні фізико-хімічних властивостей сировини і продукції, а також на ролі корисних і шкідливих мікроорганізмів, які легко пристосовуються до різних умов існування. Більшість мікроорганізмів стійкі до нестачі вологи, коливань температури, здатні надзвичайно швидко розмножуватись.

У своїй діяльності людина використовує мікроорганізми дуже широко, зокрема у виробництві хліба, вина, пива, спирту, оцту, органічних кислот, кисломолочних продуктів, сирів, квашених овочів і фруктів тощо. За допомогою мікроорганізмів одержують ферментні препарати, амінокислоти, вітаміни, цінні лікувальні препарати. Мікроорганізми очищають стічні води підприємств харчової промисловості, вилучають із природних матеріалів і відходів промисловості марганець, мідь, дорогоцінні метали тощо. Вони синтезують білок, біохімічні засоби захисту рослин, інші потрібні біопрепарати.

Водночас шкідливі мікроорганізми псують сільськогосподарську сировину, напівфабрикати і готові харчові продукти, корми, руйнують будівельні матеріали тощо. Існують групи мікроорганізмів – збудників захворювань людини, тварин і рослин.

Наукові обґрунтування особливостей біології мікроорганізмів, сучасних досягнень мікробіології, перспективних напрямів розвитку біотехнології дають можливість знаходити методи боротьби із шкідливими мікроорганізмами і використовувати корисні для розробки нових технологій виготовлення харчових продуктів, їх консервування, організації безвідходних технологій на підприємствах харчової і переробної промисловості. Вплив факторів зовнішнього середовища на мікроорганізми має суттєве значення для їх розвитку і життєдіяльності. За сприятливих умов мікроорганізми активно ростуть і розмножуються, зумовлюючи певні біохімічні процеси. Несприятливі фактори змінюють властивості мікроорганізмів, обмежують їх діяльність і призводять до загибелі.

До факторів, що впливають на мікроорганізми, належать фізичні, хімічні і біологічні. Фізичні фактори – температура, вологість середовища, концентрація розчинних речовин, осмотичний тиск, променева енергія, ультразвук, струми високої частоти (ВЧ) і надвисокої частоти (НВЧ), тиск.

Впливи високих і низьких температур різні.

У водному середовищі термочутливі безспоріві бактерії, дріжджі, мікроміцети гинуть при нагріванні до 60°C протягом 1 год., до 70°C – 30 хв., до (80...100)°C – протягом кількох хвилин і навіть секунд. У повітряному середовищі вони загинуть при температурі 170°C через (1,5...2) години.

Спори бактерій за атмосферного тиску витримують кип'ятіння протягом від кількох хвилин до (2...6) год, а температуру (120...130)°C – протягом 20 хвилин. Дріжджі та грибні клітини гинуть при нагріванні до (65...80)°C. При високих температурах у мікроорганізмі порушується колоїдний стан цитоплазми, відбувається денатурація білків, інактивація ферментних систем.

До низьких температур мікроорганізми і гриби більш стійкі, ніж до високих. Деякі бактерії зберігають свою життєдіяльність до (-253)°C (рідкий водень), гриби і дріжджі до (-190)°C (рідке повітря) і витримують кілька діб. Надзвичайно стійкі до низьких температур віруси.

Термічна інактивація мікроорганізмів у різних продуктах і напоях здійснюється двома методами: пастеризацією і стерилізацією.

*Пастеризація* – це нагрівання продукту і напою до температури (63...90)°C. Значна кількість живих клітин мікроорганізмів під час пастеризації гине, але залишаються спори і термостійкі бактерії. Тривалість пастеризації становить (30...40) хв. і залежить від виду продукту, його об'єму і вибраної температури. Пастеризація може бути короткочасною (кілька секунд) при температурі (90...100)°C. Такий метод застосовується для пастеризації молока, пива, фруктових і ягідних соків у потоці.

*Стерилізація* (знепліднення) характеризується повним знешкодженням живих вегетативних клітин і спор мікроорганізмів при температурі продукту і напою 120°C протягом 20 хв.

До фізичних факторів, що впливають на мікроорганізми, відносять також променеву енергію. Прямі сонячні промені спричиняють швидку загибель більшості мікроорганізмів, а розсіяне світло впливає на мікроорганізми слабо. Сонячні світлові промені використовуються лише фотофторними мікроорганізмами (зеленими і пурпурними) у фотосинтезі.

Найбільшу бактерицидну дію мають ультрафіолетові промені (УФ). Для стерилізації повітря в лабораторних і виробничих при-

міщеннях, холодильних камерах, для опромінення поверхонь обладнання, тари тощо використовують спеціальні бактерицидні (ртутно-кварцеві) лампи. При цьому спори мікроорганізмів гинуть від опромінення протягом (7...40) хв. Фізична дія ультрафіолетових променів характеризується зміною в молекулах білків і нуклеїнових кислот та інактивуванням ферментів. Іонізуючі опромінення (рентгенівські та ін.) в малих дозах стимулюють розвиток мікроорганізмів, у великих – викликають зміни в структурі ДНК, РНК, білків, поліцукридів, утворюють пероксидази та гідропероксидази, руйнують білкові клітини.

Ультразвук (УЗ хвилі) коливанням частотою понад 20 кГц руйнує клітини мікроорганізмів (спори до УЗ хвиль більш стійкі, ніж клітини). У харчовій промисловості УЗ хвилі використовують для стерилізації питної води, деяких харчових напоїв, для вилучення з клітин ферментів, токсинів, вітамінів, ДНК, РНК та інших біологічно активних речовин.

Електромагнітна енергія ВЧ і НВЧ променів спричиняє загибель мікроорганізмів внаслідок теплового ефекту. При цьому теплотахисні властивості продуктів не проявляються. Енергія ВЧ і НВЧ струмів акумулюється безпосередньо мікробними клітинами, тому відмирання їх відбувається швидше і при нижчих температурах. Все це дає можливість знизити температуру обробки продуктів і напоїв та покращити їхні якісні показники за рахунок збереження ароматичних речовин, вітамінів, смакових властивостей. У харчовій промисловості ВЧ і НВЧ нагрівання рекомендується для стерилізації фруктових соків, компотів, джемів тощо.

До тиску мікробні клітини мають високу стійкість. Наприклад, дріжджі не знижують бродильної активності за умови тиску до 30 МПа, а їх життєдіяльність зберігається до 80 МПа.

До хімічних факторів, що впливають на життєдіяльність мікроорганізмів, належать реакція середовища рН, окисно-відновні умови середовища  $rH_2$  і присутність у середовищі отруйно-хімічних речовин.

Від лужності або кислотності середовища (концентрації водневих і гідроксильних іонів) розвиток мікроорганізмів залежить великою мірою, оскільки значні коливання значення рН можуть впливати на заряд поверхні клітини, зміну проникності клітинної стінки і цитоплазматичної мембрани для різних молекул субстра-

ту, що у свою чергу порушує харчування і обмін речовин. Значення рН середовища впливає на активність екзоферментів, що виділяються мікробною клітиною. Проникнувши в цитоплазму мікроорганізму, водневі та гідроксильні іони можуть сприяти зміні напрямку та інтенсивності біохімічних процесів. Так, дріжджі в лужному середовищі знижують вихід етанолу і в кілька разів підвищують вихід гліцерину, а в кислотному середовищі вони утворюють головним чином етиловий спирт і невелику кількість гліцерину або побічного продукту.

Інші групи мікроорганізмів на середовище реагують по-різному. Деякі мікроорганізми розвиваються в широких межах рН і дуже легко переносять його зміни, для інших мікроорганізмів межі зміни рН більш вузькі. Для окремих фізіологічних груп мікроорганізмів розрізняють мінімальні, оптимальні і максимальні значення рН. Дріжджам, міцеліальним грибам, кислототвірним бактеріям найсприятливішим є слабкокислое середовище – рН (3...6). Патогенні і гнильні бактерії, а також актиноміцети краще розвиваються в нейтральному або слабкокислому середовищі – рН (6,5...7,5), а кисле середовище для них несприятливе і навіть шкідливе.

Окисно-відновні середовища в основному залежать від стану відновлених і окиснених речовин і характеризуються окисно-відновним потенціалом ( $rH_2$ ), який відображає ступінь аеробності середовища. У водному розчині, насиченому воднем,  $rH_2 = 0$ , а в розчині, насиченому киснем,  $rH_2 = 41$ .

Уповільнюють і навіть припиняють розвиток мікроорганізмів отруйні хімічні речовини (неорганічні та органічні). Це антисептики, які, залежно від хімічного складу, концентрації, температури, рН і тривалості контакту, по-різному впливають на мікробні клітини. При підвищенні концентрації антисептики проявляють затримувальну (бактеріостатичну) дію на розвиток мікроорганізмів або спричиняють їх загибель (бактерицидна дія).

Отруйними для ферментів (інактиваторами) є солі важких металів, формалін, феноли, ціаністі сполуки, діоксид вуглецю, сірководень та ін. Активні окисники (хлор, озон тощо) проникають крізь оболонку мікроорганізмів, деформують її, вступають у реакцію з аміногрупами білків і спричиняють їх денатурацію. У харчовій промисловості окисники широко застосовують для дезінфікування питної води, промислових викидів.

Антисептики застосовують для знищення патогенних мікроорганізмів або сторонньої мікрофлори. Для дезінфікування обладнання, комунікацій і приміщень широко використовують хлорне вапно, антиформін, катапін, сульфанол, формалін, кислий ельмоцид тощо. Велику антисептичну дію мають гіркі речовини хмелю (гумулон та лупулін), що пригнічують дію молочнокислих бактерій, але не впливають на дріжджі.

Важливе значення в харчовій промисловості мають біологічні фактори. Відомо, що в природних умовах мікроорганізми живуть не ізольовано, а разом з іншими живими істотами – людьми, тваринами, птахами, рослинами, а також з іншими мікроорганізмами. Існують такі види взаємозв'язків мікроорганізмів: *симбіоз* (корисне співвідношення – одночасний розвиток анаеробних і аеробних мікроорганізмів у процесі очищення оцтовокислих бактерій і дріжджів у «чайному грибі»); *антагонізм* (один вид мікроорганізмів пригнічує інший за рахунок утворення мікробами кислот, спиртів, лугів, антибіотиків тощо); *конкуренція* (конкурентоспроможні види мікроорганізмів у результаті надто швидкого споживання із середовища живильних речовин або кисню швидше розмножуються); *паразитизм* (мікроби-паразити розвиваються за рахунок речовин живих клітин інших організмів; до паразитів належать також патогенні мікроби – збудники різних захворювань людини, тварин і рослин); *хижацтво* (позаклітинний паразитизм, коли деякі мікроорганізми поглинають клітини інших видів); *антибіотики* (продукти життєдіяльності мікроорганізмів, грибів, актиноміцетів, бактерій, що мають протимікробну і протипухлинну дію, вони можуть утворюватися вищими рослинами і продукуватися рослинами).

Антибіотики рослинного походження утворюються в цибулі, часнику, хроні, алое, черемсі, кропиві, березі (бруньки), звіробій, листі томатів.

До антибіотиків тваринного походження належить лізоцим (одержується з білка яєць, сироватки, нирок, печінки), еритрин (здобувається з крові тварин).

Мікроорганізми різних видів поширені в ґрунті, воді, на рослинах, в організмах людей і тварин, в сировині і продуктах харчової промисловості. Склад мікрофлори залежить від стану об'єкта і

його властивостей, середовища, наявності органічних і мінеральних речовин, кліматичних і географічних умов.

За сприятливих умов у середовищі, де є водний розчин харчових речовин і відповідні фактори (температура, рН,  $O_2$ ), у клітинах мікроорганізмів починаються ферментативні процеси, обмін речовин із середовищем. Із речовин, що проникли в клітину, утворюються внутрішні клітинні речовини. Потім клітина починає розмножуватись за такими формами: поділ, в результаті якого дорослі клітини діляться на дві частини і утворюються дві клітини; утворення бруньок, які після росту відокремлюються у вигляді самостійної клітини з цитоплазмою і ядром від материнської клітини. Так розмножуються дріжджі.

Плісені в процесі пророщування утворюють міцелії, які під час вегетативного розмноження розпадаються на окремі ділянки, що можуть самостійно розвиватися.

У результаті розмноження і росту клітин у живильному середовищі збільшується біомаса, кількість якої характеризується за сухою масою клітин на одиницю об'єму (мг/л, г/л, кг/м<sup>3</sup>), а якщо клітини мають однакові розміри, – за кількістю клітин на одиницю об'єму (млн./мл, млрд./мл).

У зв'язку з тим що харчова сировина, напівфабрикати і готова продукція харчових виробництв є живильним середовищем для мікроорганізмів, то для запобігання їх псуванню потрібно створити такі умови, щоб мікроорганізми були знешкоджені або не могли розвиватися, а ферменти, що регулюють біохімічні процеси, були інактивовані. Науково обґрунтовані способи, які при цьому використовуються, поділяються на три основні групи:

1. **Біоз**, тобто підтримання життєвих процесів у сировині і використання її природного імунітету. Суть цього принципу зберігання харчової сировини у свіжому вигляді полягає в підтриманні нормальних життєвих процесів та деяке обмеження їх інтенсивності для зниження втрат харчових речовин в результаті дихання і втрат маси в результаті випаровування вологи. Обмеження інтенсивності нормальних життєвих процесів і їх підтримання досягаються певним режимом складування і зберігання сировини (нормальний доступ повітря до окремих плодів тощо). Принцип біозу використовується в промисловості не як самостійний метод

консервування, а як спосіб короточасного зберігання сировини на першому етапі технологічних процесів.

2. **Анабіоз**, що ґрунтується на ряді методів консервування. Це зберігання сировини і харчової продукції трьома способами:

– зберігання в охолодженому стані, за якого температура матеріалу підтримується на рівні, близькому до точки замерзання продукту;

– глибоке заморожування, за якого основна частина початкової вологи перетворюється на лід;

– змішані способи, коли низька температура використовується в поєднанні з іншими способами (використання діоксиду вуглецю, азоту та інших інертних газів для припинення дихання бактеріальних клітин).

3. **Абіоз**, що характеризується відсутністю всіх життєвих процесів як мікроорганізмів, так і для середовища. Це зберігання харчової сировини і харчових продуктів при низьких температурах (глибоке заморожування при температурі  $-18^{\circ}\text{C}$ , коли мікроорганізми втрачають можливість харчування), зневоднення замороженням цитрусових, ягідних соків, концентратів пектину; висушування до рівня, який припиняє розвиток мікроорганізмів (8...25%); зберігання в регульованій атмосфері плодів і овочів (оптимальна газова суміш містить (11...16)% кисню, (5...10)% діоксиду вуглецю і 79% азоту). Зберігання плодів і овочів у регульованій атмосфері базується на антибіотичному стані, в який впадають рослинна сировина і мікроорганізми.

Поширеним способом зберігання харчових продуктів є маринування, спиртування, квашення, спиртове бродіння і теплова стерилізація.

Особливим варіантом теплової стерилізації або пастеризації харчових продуктів є використання електричного змінного струму високої і надвисокої частоти. Встановлено, що якщо будь-який харчовий продукт помістити в змінне поле високої частоти, то відбувається поглинання електричної енергії структурними елементами продукту, які в результаті змінної поляризації одержують коливальний рух, що перетворюється на теплоту. Швидкість прогрівання продукту пов'язана з потужністю розсіювання електроенергії.

У період нагрівання для стерилізації консервів використовується радіочастотний діапазон електромагнітних хвиль (20...30) мГц. Упакований і розміщений між двома металевими пластинами продукт відіграє роль конденсатора в електричному коливальному контурі генератора високої частоти. Ефективне короткочасне нагрівання дає змогу одержати консерви з високими якісними показниками.

Більш ефективним є надвисокочастотне нагрівання, де використовується мікрохвильова енергія з частотою 2400 мГц. Це дає можливість здійснювати безперервний процес стерилізації на конвеєрі в робочій камері, куди енергія, що генерується магнетронами, подається через хвильоводи.

Отже, харчову сировину, харчові продукти і напої можна зберігати протягом тривалого часу без погіршення їхніх якісних показників, впливаючи на них різними факторами:

- фізичними, коли використовуються високі і низькі температури, мікрохвильові енергії, іонізоване опромінення, ультрафіолетові радіації, знепліднювальне фільтрування та зневоднення;
- хімічними, коли використовуються антисептики і антибіотики з додаванням оцтової кислоти і етилового харчового спирту;
- фізико-хімічними, коли використовуються осмотично діючі речовини цукру і солі у великих концентраціях;
- біохімічними – квашення, засолювання, мочення, спиртове бродіння;
- комбінуванням дій кількох факторів.

## Контрольні запитання

1. Загальна характеристика харчової промисловості України.
2. Стан і перспективи розвитку харчової промисловості.
3. Хімічний склад харчових продуктів та харчова цінність їжі.
4. Фізіологічне значення білків, жирів, вуглеводів для організму людини.
5. Вітаміни та мінеральні елементи їжі.
6. Фізіологічні норми споживання продуктів рослинного і тваринного походження.
7. Класифікація харчових виробництв.
8. Наявність сировини в Україні для виробництва харчових продуктів.
9. Екологічні аспекти виробництва харчових продуктів.
10. Аналіз напрямів і заходів енергозбереження в харчової промисловості.
11. Використання ферментних препаратів в технологічних процесах харчової промисловості.
12. Шляхи удосконалення технологій виробництва хлібопродуктів.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Вивчення будь-якої технологічної системи звичайно починають з основних понять і визначень технічної термодинаміки, одним з яких є поняття параметрів стану, а також одиниць фізичних величин, які зустрічаються при розв'язанні технологічних задач.

#### Основні одиниці фізичних величин СІ:

Довжина – метр (м).

Маса – кілограм (кг).

Час – секунда (с).

Сила електричного струму – ампер (А).

Термодинамічна температура – кельвін (К).

Кількість речовини – моль (моль).

Сила світла – кандела (кд).

#### Похідні одиниці

##### Механічні

Сила – ньютон (Н).

Тиск – паскаль (Па).

##### Теплові

Теплота – джоуль (Дж).

Теплоємність – джоуль на кельвін (Дж/К).

Робота – джоуль (Дж)

Потужність – ват (Вт).

Похідними одиницями є площа –  $\text{м}^2$ , об'єм –  $\text{м}^3$ , швидкість –  $\text{м/с}$ , прискорення –  $\text{м/с}^2$ , сила – ньютон (Н,  $\text{кг}\cdot\text{м/с}^2$ ), робота – джоуль (Дж,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$ ), тиск – паскаль (Па,  $\text{кг}\cdot\text{м/с}^2$ ), теплоємність –  $\text{с}$  (Дж/кг·К), потужність – Вт,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^3$ .

Проте ще зустрічаються одиниці, що належать до іншої технічної системи одиниць, так званої МКГСС. У назві системи вказані найменування її основних одиниць: метр, кілограм-сила, секунда. Відомо, що 1 кгс – це сила, яка тілу масою 1 кг надає прискорення  $9,81 \text{ м/с}^2$ , а 1 Н – це сила, котра масі тіла 1 кг надає прискорення  $1 \text{ м/с}^2$ , тому  $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$ .

У технічній системі одиниць кількість теплоти вимірюється в калоріях (кал). *Калорія* – це кількість теплоти, необхідна для нагрівання 1 г води від 19,5°C до 20,5°C. Експериментально встановлено, що для нагрівання 1 г води на 1°C завжди потрібна визначена кількість енергії: 4,186 Дж (дослід Джоуля), тобто:

$$1 \text{ кал} = 4,186 \text{ Дж} = 4,186/9,81 = 0,427 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

На практиці застосовують одиницю у 1000 разів більшу – кілокалорію:

$$1 \text{ ккал} = 4186 \text{ Дж} = 4,186 \text{ кДж} = 4186/9,81 = 427 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

Зазвичай в розрахунках використовується така одиниця роботи, як кіловат-година (кВт·год). Співвідношення між 1 кВт·год, кДж і ккал такі:

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 3600 \text{ кДж} = 3,6 \text{ МДж} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3600/4,186 = 860 \text{ ккал} = 122,7 \cdot 10^{-6} = 859,2 \cdot 10^{-6} \text{ Гкал}.$$

$$1 \text{ МДж} = 0,278 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 238,67 \cdot 10^{-6} \text{ Гкал} = 34,09 \cdot 10^{-6} \text{ т.у.п.}$$

$$1 \text{ Гкал} = 1163,87 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 4190 \text{ МДж} = 142,85 \cdot 10^{-3} \text{ т.у.п.}$$

$$1 \text{ т.у.п.} = 814,3 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 29334,12 \text{ МДж} = 7 \text{ Гкал};$$

$$1 \text{ м}^3 \text{ у.п.} = 8,98 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Одна тонна умовного палива т.у.п. = 7000 (ккал/кг) або 29400 кДж/кг.

При технологічних розрахунках використовують фізичні та теплофізичні властивості сировини та робочих агентів: густина –  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>; теплоємність – Дж/(кг·К); теплопровідність,  $\lambda$  Вт/(м·К); поверхневий натяг –  $\sigma$ , Н/м; коефіцієнти динамічної –  $\mu$ , Па·с та кінематичної –  $\nu$ , м<sup>2</sup>/с в'язкості.

За одиницю тиску в системі СІ зазвичай беруть паскаль Па. 1 Па = 1 н/м<sup>2</sup>; кПа = 10<sup>3</sup> Па; МПа = 10<sup>6</sup> Па.

Несистемні одиниці: 1 бар = 10<sup>5</sup> Па = 0,1 МПа; 1 атм = 1 кг·с/см<sup>2</sup> = 9,81·10<sup>4</sup> Па = 0,981 бар.

1 атм = 735,6 мм рт. ст.; 1 бар = 750 мм рт. ст.; 1 мм рт. ст. = 135,9 Па; 1 мм вод. ст. 9,8 Па.

В іноземній літературі використовують дюйм = 25,4 мм; фут = 0,304 м, фут<sup>3</sup> = 28,3 дм<sup>3</sup>; бушель = 35,2 дм<sup>3</sup>; фунт = 0,453 кг; фунт-сила = 4,448 Н, тиск-фунт-сила на фут<sup>2</sup> 14,9 Па.

Сукупність фізичних ознак визначають іноді числами подібності:

$$\text{Рейнольдса } Re = \frac{\nu l}{\nu};$$

$$\text{Фруда } Fr = \frac{\nu^2}{gl};$$

$$\text{Нусельта } Nu = \frac{\alpha l}{\lambda};$$

$$\text{Ейлера } Eu = \frac{\Delta p}{\rho \nu^2};$$

$$\text{Прандтля } Pr = \frac{c\mu}{\lambda} \text{ та ін.}$$

## Додаток Б

### ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ НА ЛІНІЇ НАСИЧЕННЯ

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Густина $\rho, \text{кг/м}^3$	Теплоємність $c, \text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda\cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Число Прандтля $Pr$
0	1000	4,23	65,1	1790	1,79	13,7
10	1000	4,19	57,5	1310	1,31	9,52
20	998	4,16	59,9	1000	1,01	7,02
30	996	4,18	61,8	804	0,81	5,42
40	992	4,18	63,4	657	0,66	4,31
50	988	4,18	64,8	549	0,556	3,54
60	983	4,18	65,9	470	0,478	2,98
70	978	4,19	66,8	406	0,415	2,55
80	972	4,19	67,5	355	0,365	2,21
90	965	4,19	68,0	315	0,326	1,95
100	958	4,23	68,3	282	0,295	1,75
110	951	4,23	68,5	256	0,268	1,58
120	943	4,23	68,6	231	0,244	1,43
130	935	4,27	68,6	212	0,226	1,32
140	926	4,27	68,5	196	0,212	1,23
150	917	4,32	68,4	185	0,202	1,17
160	907	4,36	68,3	174	0,191	1,10
170	897	4,40	67,9	163	0,181	1,05
180	887	4,44	67,5	153	0,173	1,01

**Додаток В**  
**ВЛАСТИВОСТІ НАСИЧЕНОЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ**  
**В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД АБСОЛЮТНОГО ТИСКУ**

Температура $t$ , °С	Тиск $P$ , МПа	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Ентальпія, кДж/кг		Теплота пароутворення, $r$ , кДж/(кг·К)
			Вода, Дк	Пара, Дн	
1	2	3	4	5	6
47,71	0,011	0,0745	199,68	2587,8	2388,1
49,45	0,012	0,0808	206,94	2590,9	2384,0
51,06	0,013	0,0872	213,7	2593,7	2380,0
52,58	0,014	0,0934	220,03	2596,4	2376,4
54,0	0,015	0,0997	225,98	2598,9	2372,9
55,34	0,016	0,1060	231,60	2601,7	2369,7
56,62	0,017	0,1122	236,93	2603,5	2366,6
57,83	0,018	0,1184	242,0	2605,7	2363,7
58,98	0,019	0,1245	246,83	2607,7	2360,9
60,09	0,02	0,1308	251,46	2609,6	2358,1
75,89	0,04	0,2503	317,65	2636,8	2319,2
85,95	0,06	0,3659	359,93	2653,6	2293,7
93,51	0,08	0,4790	391,72	2666,0	2274,3
99,63	0,10	0,5901	417,51	2675,7	2258,2
102,32	0,11	0,6451	428,84	2680,0	2251,2
104,81	0,12	0,6998	439,36	2683,8	2244,4
107,13	0,13	0,7543	440,13	2687,4	2238,2
109,32	0,14	0,8084	458,42	2690,8	2232,4
111,37	0,15	0,8623	467,13	2693,9	2226,8
113,32	0,16	0,9160	475,38	2696,8	2221,4
115,17	0,17	0,9695	483,22	2699,5	2216,3
116,93	0,18	1,0227	490,70	2702,1	2211,4
118,62	0,19	1,0758	497,85	2704,6	2206,8
120,23	0,20	1,1288	504,70	2706,9	2202,2
121,78	0,21	1,1815	511,30	2709,2	2197,9
124,71	0,23	1,2865	523,70	2713,3	2189,6

*Продовження таблиці*

1	2	3	4	5	6
127,43	0,25	1,3912	535,40	2717,2	2181,8
129,98	0,27	1,4953	546,20	2720,7	2174,5
132,29	0,29	1,5989	556,50	2723,9	2167,4
133,54	0,30	1,6650	561,40	2725,5	2164,1
138,19	0,35	1,8740	581,12	2729,3	2148,2
142,90	0,40	2,1200	601,10	2744	2141,0
151,10	0,50	1,6650	637,70	2754	2117,0
158,10	0,60	1,8740	667,90	2768	2095,0
169,60	0,80	2,120	718,40	2776	2057,0

## Додаток Г

### РІВНОВАЖНИЙ СКЛАД РІДИНИ І ПАРИ І ТЕМПЕРАТУРИ КИПІННЯ СУМІШІ «СПИРТ–ВОДА»

Вміст спирту в рідині, х		Температура кипіння, °С	Вміст спирту в парі, у	
% мас	% мол.		% мас	% мол.
1,0	0,39	98,75	10,75	4,51
2,0	0,79	97,65	19,70	8,76
3,0	1,19	96,65	27,20	12,75
4,0	1,65	95,80	33,30	16,34
5,0	2,01	94,96	37,00	18,68
10,0	4,16	91,30	52,20	29,92
15,0	6,46	89,00	60,00	36,98
16,0	6,86	88,30	61,10	38,06
17,0	7,41	87,90	62,20	39,16
18,0	7,95	87,70	63,20	40,18
19,0	8,41	87,40	64,30	41,27
20,0	8,92	87,00	65,00	42,09
21,0	9,42	86,70	65,80	42,94
22,0	9,93	86,40	66,60	43,82
23,0	10,48	86,20	67,30	44,61
24,0	11,00	85,95	68,00	45,41
25,0	11,53	85,70	68,60	46,08
30,0	14,35	84,70	71,30	49,30
40,0	20,68	83,10	74,60	53,46
50,0	28,12	81,90	77,00	56,71
60,0	36,98	81,00	79,50	60,29
70,0	47,72	80,20	82,10	64,21
80,0	61,02	79,50	85,80	70,29
85,0	68,92	78,95	88,30	74,69
86,0	70,62	78,85	88,90	75,81
87,0	72,36	78,75	89,50	76,93
88,0	74,15	78,65	90,10	78,00
89,0	75,99	78,60	90,70	79,26
90,0	77,88	78,50	91,30	80,42
91,0	79,82	78,40	92,00	81,83
92,0	81,82	78,30	92,55	83,15
93,0	83,87	78,27	92,40	84,70
94,0	85,97	78,20	94,20	86,40
95,57	89,41	78,15	95,57	89,41

**Додаток Д**  
**ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СУХОГО**  
**ПОВІТРЯ ПРИ  $P_a = 0,1$  МПа**

Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Густина $\rho, \text{кг/м}^3$	Теплоємність $c, \text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Коефіцієнт температуропроводності $a \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Коефіцієнт динамічної в'язкості. $\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	Коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Число Прандтля $Pr$
1	2	3	4	5	6	7	8
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,678

*Продовження таблиці*

1	2	3	4	5	6	7	8
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,40	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,80	0,713
900	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,10	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,10	0,719
1100	0,257	1,197	8,50	276,2	51,2	199,30	0,722
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,70	0,724

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдо О.Г. Энергетика харчових нанотехнологій // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. № 27. – 2003. – С. 192 – 195.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятности. – М.: Наука, 1981. – 380 с.
3. Деречин В.В., Дубровин Ф.Е., Павленко В.В. Системы технологии: Ч. I и II. – Одесса: Агитатор, 2001. – 300 с.
4. ГОСТ СССР 15467-79. Управление качеством продукции. Основные термины и определения. – М.: Изд-во Стандартов СССР, 1981. – 28 с.
5. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів : Підручник. – К.: НУХТ, 2003. – 576 с.
6. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. – Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 72 с.
7. Збожна О.М. Основи технології : Навч. посібник. – Тернопіль: Карт-бланш. – 2002. – 486 с.
8. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления проектирования. – К.: Вища школа, 1990. – 351 с.
9. Левин Б.Е. Ядерная физика. – М.: Атомиздат, 1969. – 280 с.
10. Основы технологии важнейших отраслей промышленности: В 2-х ч. – Ч. 1 и Ч.2 : Учебное пособ. для ВУЗов / Под ред. И.В. Ченцова. – 2-е изд.; Перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 461 с.
11. Остапчук М.В., Рибак А.І. Система технологій (за видами діяльності). – К.: ЦУЛ, 2003. – 888 с.
12. Остапчук М.В., Станкевич Г.М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. – Одеса: Друк, 2006. – 300 с.
13. Пономаренко О.І., Пономаренко О.В. Системні методи. – К.: Либідь, 1995. – 240 с.
14. Р-50-026-94. Вибір номенклатури показників, які підлягають обов'язковому включенню до нормативних документів для забезпечення безпеки продукції. – Рекомендації: Системи сертифікації УкрСЕПРО. – К.: Держстандарт України, 1994. – 10 с.
15. Р-50-026-94. Системи сертифікації Укр СЕПРО ДСТУ 2860-94, Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
16. Рогов И.А., Горбатов В.В. Физические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Пищевая пром-сть 1974. – 583 с.
17. Словник-довідник з питань управління проектами / С.А. Бушуев; Українська асоціація управління проектами. – К.: Видавничий дім «Ділова Україна», 2001. – 640 с.
18. Спасский Б.И. Физика для философов. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 188 с.
19. Стабников В.Н., Остапчук Н.В. Общая технология пищевых продуктов. – К.: Вища школа, 1980. – 327 с.

20. Технология важнейших отраслей промышленности: Учебник для экономических специальностей ВУЗов / Под ред. А.М. Гинберга, Б.А. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1985. – 496 с.

21. *Тян Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А.* Управління проектами : Підручник. – К.: ДУЕП, 2003. – 250 с.

22. *Шериньова З.Є., Оборська С.В., Ратушний Ю.М.* Стратегічне управління: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисципліни. – К.: КНЕУ, 2001. – 232 с.

21. *CORDIS*, apriell, № 22, 2006.

24. *Cordis Fokus Thematic Supplement*, № 22, march, 2006. – 1298, Luxembourg.

# ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Розділ 1. Технологічні процеси і технологічні системи</b> .....	6
1.1 Технологія як складова економіки і суспільства .....	6
1.2. Етапи та закономірності розвитку технології .....	11
1.3. Класифікація технологічних процесів та апаратів технології .....	17
1.4. Перспективні напрями удосконалення технології .....	23
1.4.1. Використання мікрохвильових (МХ) технологій .....	23
1.4.2. Нанотехнології .....	31
1.4.3. Генна інженерія .....	36
<i>Контрольні запитання</i> .....	38
<b>Розділ 2. Закономірності технологічного розвитку</b> .....	39
2.1. Технологія і економічні цикли розвитку .....	39
2.2. Завдання ефективного управління та прогнозування розвитку виробництва .....	42
<i>Контрольні запитання</i> .....	56
<b>Розділ 3. Пріоритетні напрями технологічного розвитку</b> .....	57
3.1. Наукові засади технології .....	57
3.2. Фізико-хімічні та біохімічні закономірності технології .....	68
3.2.1. Закони збереження маси та енергії в умовах рівноваги систем .....	68
3.2.2. Кінетика технологічних процесів .....	73
3.3. Технологічні закономірності технології .....	77
3.3.1. Використання законів фундаментальних наук у технології .....	77
3.3.2. Принципи ресурсо- та енергозбереження в технології .....	79
3.3.3. Принципи інтенсифікації процесів .....	85
3.3.4. Принцип найкращого використання устаткування .....	95
3.3.5. Принцип оптимального варіанта .....	99
3.4. Основні теоретичні положення про стан фізичних систем .....	103
3.5. Визначення затрат на здійснення технологічних операцій .....	109
3.6. Практичні завдання на визначення затрат на здійснення одиничних технологічних операцій .....	115
<i>Контрольні запитання</i> .....	139

<b>Розділ 4. Технологічний розвиток як удосконалення системи</b>	<b>140</b>
4.1. Загальні уявлення про систему . . . . .	140
4.2. Технологічна лінія як система та пріоритетні напрями її розвитку . .	145
4.3. Система керування підприємством . . . . .	150
4.3.1. <i>Визначення системи керування</i> . . . . .	150
4.3.2. <i>Виявлення і аналіз проблем та суперечностей суперсистеми</i> . .	153
4.3.3. <i>Структура об'єкта керування</i> . . . . .	157
4.4. Моделювання систем керування (управління) . . . . .	162
4.4.1. <i>Загальна постановка завдань моделювання</i> . . . . .	162
4.4.2. <i>Методи одержання інформації при моделюванні систем керування</i> .	165
4.4.3. <i>Модель для визначення собівартості продукції. Економічний зміст і класифікація витрат у виробництві</i> . . . . .	169
4.5. Технічний рівень об'єктів технології . . . . .	173
4.5.1. <i>Показники якості технологічних процесів</i> . . . . .	173
4.5.2. <i>Номенклатура показників якості</i> . . . . .	174
4.5.3. <i>Методи визначення показників якості</i> . . . . .	176
4.5.4. <i>Економічна оцінка технічного рівня</i> . . . . .	178
4.5.5. <i>Визначення затрат на здійснення технологічних операцій</i> . . . . .	183
<i>Контрольні запитання</i> . . . . .	189
<b>Розділ 5. Економічна оцінка технології</b>	<b>190</b>
5.1. Класифікація і облік витрат на виробництво . . . . .	190
5.2. Показники собівартості виробництва . . . . .	204
5.3. Мета процесу керування собівартістю продукції . . . . .	209
5.4. Планування собівартості продукції . . . . .	215
5.5. Методичні підходи до визначення собівартості продукції . . . . .	218
5.6. Підвищення ефективності витрат підприємства . . . . .	229
5.7. Завдання і методи оптимізації технологічних процесів . . . . .	232
5.8. Економічні моделі складних систем (модель «витрати–випуск») . . .	243
<i>Контрольні запитання</i> . . . . .	247
<b>Розділ 6. Оцінка та вибір технологічних рішень (проектів)</b>	<b>248</b>
6.1. Показники якості технологічних процесів . . . . .	248
6.1.1. <i>Показники технологічності</i> . . . . .	248
6.1.2. <i>Показники уніфікації</i> . . . . .	252
6.1.3. <i>Показники призначення</i> . . . . .	255
6.1.4. <i>Показники надійності</i> . . . . .	257
6.1.5. <i>Ергономічні показники</i> . . . . .	261
6.1.6. <i>Естетичні показники</i> . . . . .	263
6.1.7. <i>Показники безпеки</i> . . . . .	265
6.1.8. <i>Екологічні показники</i> . . . . .	266

6.2. Методи визначення показників якості . . . . .	267
6.3. Особливості оцінки якості функціонування технологічних систем у часі . .	272
6.4. Оцінки якості продукції на етапах виробництва і експлуатації. . . . .	274
6.5. Методи оцінки якості готової продукції . . . . .	277
6.6. Принципи керування процесами підвищення якості . . . . .	281
6.7. Економічна оцінка технологій в ринкових умовах . . . . .	286
6.8. Альтернативні основи вибору показників якості на основі SWOT- аналізу	288
<i>Контрольні запитання . . . . .</i>	303
<b>Розділ 7. Галузеві особливості технологічного розвитку України</b>	304
7.1. Сучасний стан і тенденції розвитку технології харчових виробництв	304
7.1.1. Харчування та харчові продукти. . . . .	304
7.1.2. Сировина та асортимент харчових продуктів. . . . .	318
7.1.3. Класифікація харчових виробництв. . . . .	320
7.2. Шляхи удосконалення систем технологій харчових виробництв . . . .	324
7.2.1. Перспективи розвитку харчової промисловості . . . . .	324
7.2.2. Екологічні аспекти виробництва харчових продуктів . . . . .	329
7.2.3. Енергозбереження в харчовій промисловості . . . . .	330
7.2.4. Виробництво ферментних продуктів. . . . .	337
7.2.5. Проблеми удосконалення технології виробництва хлібопродуктів . . . . .	339
7.2.6. Сировина для харчових продуктів. . . . .	343
<i>Контрольні запитання . . . . .</i>	353
ДОДАТКИ . . . . .	354
ЛІТЕРАТУРА . . . . .	363
ЗМІСТ. . . . .	365

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

М.В. Остапчук  
Л.В. Сердюк  
Л.К. Овсянникова

# СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЙ

Підручник

Керівник видавничих проектів – *Б.А.Сладкевич*  
Друкується в авторській редакції  
Дизайн обкладинки – *Б.В. Борисов*

Підписано до друку 25.05.2007. Формат 60x84 1/16.  
Друк офсетний. Гарнітура PetersburgС.  
Умовн. друк. арк. 23.

Видавництво “Центр учбової літератури”  
вул. Електриків, 23  
м. Київ, 04176  
тел./факс 425-01-34, тел. 451-65-95, 425-04-47, 425-20-63  
8-800-501-68-00 (безкоштовно в межах України)  
e-mail: office@uabook.com  
сайт: WWW.CUL.COM.UA

Свідоцтво ДК №2458 від 30.03.2006