

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

*Новіков Ф. В.  
Дитиненко С. О.  
Новіков Д. Ф.*

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ**

**Навчальний посібник**

**Харків  
ХНЕУ ім. С. Кузнеця  
2020**

УДК 330.341.1:62(075.034)

H73

**Авторський колектив:** д-р техн. наук, професор Новіков Ф. В. – вступ, теми 1 – 3, п. 4.1 – 4.4, теми 5 – 6, п. 7.1, 7.2, тема 8, п. 9.1 – 9.3, 10.1 – 10.4, тема 11, тема 12, п. 13.1 – 13.3, п. 14.1, 14.2, 14.4, 15.1, 15.4, висновки; канд. техн. наук, доцент Дитиненко С. О. – п. 10.5, 10.6, 13.4, 13.5, 14.3; аспірант Новіков Д. Ф. – п. 4.5, 7.3, 9.4, 15.2, 15.3.

Рецензенти: професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", д-р техн. наук, професор О. О. Ключко; доцент кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики Української інженерно-педагогічної академії, канд. техн. наук Р. М. Стрельчук.

**Рекомендовано до видання рішенням ученої ради Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця.**

Протокол № 8 від 12.05.2020 р.

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

**Новіков Ф. В.**

H73 Сучасні технологічні системи [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Ф. В. Новіков, С. О. Дитиненко, Д. Ф. Новіков. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 447 с.

ISBN 978-966-676-804-2

Розглянуто сучасні технологічні системи виробництва промислової продукції та надання послуг на основі інноваційного розвитку технологій. Наведено характеристики наукомістких ресурсозберігаючих та високих технологій, зокрема нанотехнологій, інформаційних технологій, робототехніки, штучного інтелекту, 3D-принтерів, електрофізичних, електрохімічних та лазерних технологій, біотехнологій. Показано їхнє практичне застосування в машинобудуванні, легкій промисловості, медицині та інших сферах діяльності людини. Надано практичні рекомендації до ефективного використання сучасних технологічних систем у виробництві та побуті.

Рекомендовано для студентів інженерних та економічних спеціальностей закладів вищої освіти, а також для фахівців і керівників підприємств, які підвищують свою кваліфікацію.

**УДК 330.341.1:62(075.034)**

© Новіков Ф. В., Дитиненко С. О.,  
Новіков Д. Ф., 2020

© Харківський національний економічний  
університет імені Семена Кузнеця, 2020

ISBN 978-966-676-804-2

## Вступ

Сучасний розвиток кожної країни залежить від того, наскільки ця країна володіє високими технологіями та як часто відбувається оновлення цих технологій, відповідно до вимог ринку. Тому розвиток країни неможливий без створення та застосування нових прогресивних технологій і технологічних систем, спрямованих на забезпечення високих показників якості та продуктивності виготовлення продукції й надання послуг, охорону здоров'я людей і навколишнього середовища, підвищення добробуту людей та ін. Рівень технологій будь-якого виробництва вирішально впливає на його економічні показники, тому необхідні достатні знання сучасних технологічних систем. Крім того, потреби розвитку різних галузей виробництва на сучасному етапі потребують широкого використання досягнень фундаментальних і загальноінженерних наук для вирішення теоретичних проблем та практичних завдань сучасних технологій. Основна роль у вирішенні цих проблем та завдань належить висококваліфікованим фахівцям, здатним на основі здобутих знань сучасних технологічних систем правильно ухвалювати управлінські рішення зі створення конкурентоспроможної продукції. Фахівці мають знати сутність, функції, властивості й еволюційні форми сучасних технологічних систем, уміти здійснювати планування та організацію виробництва на основі поєднання економічних та технічних знань, визначати перспективні напрями технічного переозброєння виробництва, оцінювати можливості сучасних технологічних систем та здійснювати економічне оцінювання їхньої ефективності, орієнтуватися у виборі найбільш оптимальних технологічних рішень.

Метою цього навчального посібника є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для розуміння особливостей функціонування різноманітних сучасних технологічних систем та управління витратами на них. Зважаючи на це, навчальний посібник містить два модулі: основи сучасних технологічних систем та сучасні технологічні системи в навколишньому світі. У першому модулі розглянуто основні поняття і визначення з технології та технологічних систем, напрями розвитку технологій і технологічних систем, включаючи сучасні наукомісткі високі технології: нанотехнології, інформаційні технології, робототехніку, штучний інтелект, 3D-принтери, соціальні технології та інноваційний розвиток сучасних технологій. Розкрито сутність фізичних,

механічних, хімічних і біологічних явищ, на яких ґрунтуються технологічні системи, та закономірності життєвого циклу технологічної системи. Наведено приклади створення й застосування ресурсозберігаючих та безвідхідних технологій. Показано роль науки в розвитку технологічних систем. Зазначено, що зараз на промислових підприємствах України здійснюють модернізацію виробництва сучасним високоефективним закордонним обладнанням, що дозволяє значно підвищити якість та продуктивність виготовлення продукції. Тому розглянуто пріоритетні напрями технологічного розвитку, якість продукції в машинобудуванні, техніко-економічне обґрунтування ефективності технологічних систем.

Другий модуль присвячено сучасним технологічним системам, що застосовують під час виробництва промислової продукції та надання послуг. Це стосується сучасних технологічних систем у машино- та приладобудуванні, виробництві будівельних матеріалів і житловому будівництві, хімічній та легкій промисловостях, побуті та ін.

У процесі написання навчального посібника основну увагу приділено оволодінню студентами професійних компетентностей:

здатності спілкуватися з фахівцями, які беруть участь в управлінні технологічною діяльністю підприємства, організації; виділити технологічну систему підприємства, організації; виділити явища, на яких ґрунтується функціонування технологічних систем; оцінити стадію життєвого циклу технологічної системи; виділити інноваційний напрям розвитку технологічної системи; виділити нововведення в технологічній системі підприємства; виділити пріоритетний напрям розвитку технологічної системи організації; оцінити якість продукції, що виготовляють; розрахувати витрати на технологічні заходи з підвищення якості за одночасного зниження собівартості продукції;

здатності використовувати можливості сучасних технологічних систем у машино- та приладобудуванні, діяльності з управління виробництвом та надання послуг. Здатності активно брати участь у технічному переоснащенні підприємства й організації для підвищення якості продукції у процесі виробництва матеріалів і житловому будівництві, хімічній промисловості, легкій промисловості та побуті, агропромислового комплексу й банківській сфері, охороні здоров'я та інших сферах розвитку суспільства.

# Розділ 1

## Основи сучасних технологічних систем

### 1. Основні поняття та визначення в технології

#### 1.1. Загальні відомості про технології

У загальному випадку поняття "технологія" застосовують у науці, промисловості, мистецтві та інших галузях людської діяльності, і воно має ряд смислових навантажень. Це поняття означає, найперше, інтелектуальне перероблення технічно значущих якостей і здібностей. Загальним для технологій усіх видів є те, що вони є продуктом розумової діяльності людини. Насправді, це культурне поняття, що визначає його місце у природі, створює нові засоби пізнання, активно втручається у природні процеси. Такий розвиток визначає світогляд і саме розуміння сучасної людини та характеризується як технологічна культура.

Традиційно технологію пов'язують із винаходами та машинами. Однак соціолог Чарльз Перроу, який багато писав про вплив технології на організацію та суспільство, описує технологію як засіб перетворення сировини – будь-то люди, інформація або фізичні матеріали – на необхідні продукти та послуги. Люїс Дейвіс, який писав про проектування робіт, пропонує подібний більш широкий опис: "*Технологія* – це поєднання кваліфікаційних навичок, обладнання, інфраструктури, інструментів і відповідних технічних знань, необхідних для здійснення бажаних перетворень у матеріалах, інформації чи людях".

Сучасне виробництво, організоване з метою створення товарної продукції (виробів), охоплює як самі процеси перетворень (технології), так і пов'язані з ними технологічні системи. Розглядаючи поняття "технологія" безпосередньо пов'язаним з уявленням про процес створення (перетворення) або виробництва чого-небудь, відповідно до поставленої мети задоволення потреб, у нього вкладають, насамперед, науковий сенс. Тому *технологія* – це поняття наукове, що відображає виявлення закономірностей, із метою визначення і використання на практиці найбільш ефективних та економічних виробничих процесів. Зважаючи на це, *технологію* визначають як знання, які можна використовувати для виробництва товарів і послуг, економічних ресурсів, зокрема, знання того, як ефективно виконати свої завдання й досягти намічених цілей. Інакше

кажучи, *технологія* – це процес послідовної зміни стану, властивостей, форми й розмірів предметів праці, здійснюваний у процесі виготовлення продукції [53], тобто це наука про методи й засоби виробництва, які застосовують у процесі виготовлення продукції [36].

Виробництво є основою економічного розвитку держави, добробуту й розвитку суспільства, оскільки на виробництві створюють матеріальні блага.

*Технологія виробництва* – це наука про фізичні, хімічні та інші способи впливу на сировину, матеріали й напівфабрикати за допомогою відповідних знарядь виробництва для вироблення продукції із заданими властивостями й за найменших витрат часу й матеріальних ресурсів.

Спільність підходу до предмета дослідження в технології зумовило й розширення видів оброблюваних (переробних) середовищ, до яких стали зараховувати не тільки матеріальні ресурси (метал, хімічні речовини, рослинну продукцію, зокрема дерево, пластмаси, скло, мінеральну сировину, продукти перероблення сільськогосподарського виробництва), але й нематеріальні ресурси (інформацію, проектні та наукові розробки, мистецтво, законотворчість, управління, фінансові та страхові послуги та ін.).

Тому на практиці під поняттям "технологія" також розуміють [65]:

сукупність прийомів і способів отримання й обробки сировини, матеріалів, напівфабрикатів;

операції, пов'язані з видобутком, обробкою, переробленням, виготовленням, транспортуванням, складанням, збереженням та ін.;

опис зазначених процесів у вигляді технологічної документації (упровадження нових технологічних процесів, регламенту, технологічних карт, рецептів, інструкцій, графіків та ін.);

прийоми та способи отримання й опрацювання інформації в технічній, економічній, політичній, побутовій діяльності людини;

сукупність цілеспрямованих інструментальних дій, фізичних, хімічних або біологічних процесів і засобів їхнього здійснення, організованих для досягнення поставленої мети.

Таким чином, під поняттям "технологія" в широкому плані розуміють сукупність прийомів і способів перероблення (обробки) різних середовищ (матеріальних і нематеріальних ресурсів: інформації, продукції інтелектуальної праці, законотворчості, управління, фінансових і страхових послуг, мистецтва, різноманітних видовищ та ін.). Насправді, усе, що створюється людством для його життєзабезпечення на Землі та в космосі,

є продукцією технологій. Цю продукцію слід розглядати у двох сферах: у сфері матеріального виробництва – промисловість, сільське господарство, будівництво тощо, і соціальній сфері – освіта, культура й мистецтво, управління та ін.

Завданням технології є виявлення фізичних, хімічних, механічних, комерційних, соціальних, екологічних та інших закономірностей про природу перетворення оброблюваних середовищ з одного виду на інший, із метою визначення та використання в широкій практиці найбільш ефективних виробничих процесів [67].

Залежно від можливості використання продукту споживачем, розрізняють три їхні види: матеріальний, енергетичний та інтелектуальний.

Слід розрізняти технології продуктів, процесів та управління. Технології можна розглядати як товар, що продають споживачеві, та як чинник виробництва, тобто ресурс, який разом із працею й капіталом необхідно витратити, щоб виготовити товар або послугу.

Технологію можна розглядати як спосіб підвищення продуктивності основних чинників підвищення виробництва. Наприклад, нові методи управління (менеджменту) можуть підвищити продуктивність праці за незмінності всіх інших чинників виробництва.

Технології бувають трудомісткими, капіталомісткими, наукомісткими, ресурсомісткими, енергоємними, а також, навпаки, працезберігаючими, ресурсозберігаючими, енергозберігаючими.

Технології можна класифікувати з погляду новизни й розглядати унікальними, прогресивними, традиційними, морально застарілими. Однак саме поняття новизни відносне: для однієї країни технологія може бути морально застарілою, а для іншої – традиційною технологією.

Унікальні технології захищено законодавством, тому їх не можна використовувати конкурентам. Традиційні технології відображають середній рівень виробництва, досягнутий більшістю виробників цієї продукції. Технологія стає традиційною в результаті старіння, коли її заміняє більш сучасна технологія.

Виходячи із цього технології розподіляють на:

загальнодоступні технології;

захищені юридично – це патентовані технології, для використання яких необхідна згода власників авторських прав;

технології know-how (ноу-хау), відомі тим, хто їх використовує.

Крім того, технології можна розподілити за методологією, запропонованою Організацією Об'єднаних Націй (ООН):

технологія в чистому вигляді, що охоплює методи й техніку виробництва товарів і послуг;

утілена технологія, що охоплює машини, обладнання (технологічне), споруди, цілі виробничі системи та продукцію з високими техніко-економічними параметрами.

1822 р. академік В. М. Севергін виділив 10 розділів технології: метали, мінерали, дерево, горючі матеріали, поживні речовини, хімічні сполуки, обробка тварин і тканин, папір, знаряддя. За минулі майже 200 років технології зазнали значних змін: із простих технологій вони перетворилися на складний комплекс знань ноу-хау, здобутих на основі проведення дорогих досліджень.

Сучасні технології – складні, різноманітні об'єкти (системи). Для їхнього вивчення застосовують, передусім, принцип теорії угруповань, виділяючи суттєві ознаки, за якими здійснюють класифікацію технологій (табл. 1.1) [53].

Таблиця 1.1

### Відмінні (класифікаційні) ознаки технологій

Відмінні ознаки	Види технологій
1. Належність до галузі економіки	машинобудівні, металургійні, хімічні, інформаційні, освітні, фінансові, транспортні та ін.
2. Процеси, що визначають їхню сутність	лазерні, плазмові, електронно-променеві, імпульсні, інформаційні, юридичні, освітні та ін.
3. Сфера застосування	наукові, освітні, виробничі
4. Рівень складності	прості, складні
5. Динаміка розвитку	прогресивні; ті, що розвиваються; усталені, застарілі
6. Потреба в ресурсах	капіталомісткі, енергоємні, наукомісткі
7. Рівень описання	аксіоматичні, професійні, ноу-хау
8. Якість перероблення середовищ	низького, середнього, високого рівня
9. Призначення	творчі, руйнівні, подвійного призначення
10. Пріоритет створення	первинні, конверсійні
11. Економічне оцінювання	екологічно чисті, що потребують засобів захисту навколишнього простору
12. Циклічність	дискретні, безперервні, замкнутого циклу (безвідхідні)



Технології створюють людству умови для необхідних перетворень інформацій і речовини природи з одного виду на інший, потрібний людству. Водночас нашаровують технологічні, економічні, організаційні, соціологічні та інші проблеми, супутні застосуванню цієї технології для потреб суспільства, тобто створюють не технології, а технологічні системи.

Вибір технології – це дуже важлива проблема, особливо для країн типу розвитку, що наздоганяє, із недостатньо розвиненою економікою. Саме таким країнам потрібні більш високі технології, із метою прискореного розвитку. Водночас більш досконалі технології менш трудомісткі, їхнє застосування різко знижує зайнятість і збільшує безробіття.

Зараз технології мають неоціненне значення, оскільки їм належить визначальна роль у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції, що випускають на підприємствах України, вони є найважливішим чинником у розвитку суспільства. Здійснення глибоких якісних перетворень в економіці можливе лише на основі сучасних вискооефективних технологій, коли нововведення стають неодмінною умовою. Тому для умов сучасного ринку характерно застосування технологій, які використовують фундаментальні дослідження й останні науково-технічні досягнення у процесах виробництва продукції, а також підтримання політики інноваційної активності. Це дозволяє нарощувати темпи технологічного розвитку суспільства на основі застосування наукомістких, ресурсозберігаючих, екологічно безпечних технологій.

Останнім часом відбулися значні зміни у стратегії науково-технічного розвитку. Ставлення до технології як до основ сучасної науково-технічної революції у виробництві й соціальній сфері характеризуються комплексністю та орієнтацією на кінцевий результат. Орієнтація відбувається не на виробництво масової продукції, а виробництво дрібних серій великої та різноманітної номенклатури товарів і послуг високої якості, пристосованих до запитів конкретного споживача, що гарантують своєчасність постачань та ін. Це приводить до створення нових типів технологій, прискорення їхнього оновлення, удосконалення в управлінні та структурі виробництва, організації невеликих підприємств, які найкращим чином адаптуються на запити покупців (рис. 1.1).

Поняття "технологія", як це впливає зі сказаного раніше, безпосередньо пов'язано з уявленням про процеси створення або виробництва чого-небудь, відповідно до поставленої мети забезпечення потреби.



Рис. 1.1. Сучасні технології виробництва наукомісткої продукції

У результаті дії технології відбувається якісна зміна або перетворення об'єкта шляхом надання йому інших, раніше відсутніх якостей (форми, складу, стану та ін.).

*Об'єктами технологій* (які ще називають операндами) є матеріали, речовини, енергія, природні (включно з біологічними) об'єкти, інформація, простір, час, частини Всесвіту [65]. Розрізняють технології базові (або базисні) та часткові (або прикладні).

Під *базовими технологіями* розуміють принципіві правила або прийоми застосування об'єктивних законів природи для вирішення поставленої практичної мети перетворення об'єктів матеріального світу.

Під *частковими технологіями* розуміють реалізацію базових технологій на основі конкретних прийомів та технічних рішень.

Технологія є прикладною наукою, яка займається аналізом і виявленням фізичних, хімічних, механічних та інформаційних закономірностей, із метою використання їх для створення найбільш ефективних процесів виробництва нової продукції та поліпшення її якості, властивостей, економії ресурсів, поліпшення природозбереження й екології.

Залежно від галузі використання базових технологій, орієнтованих на родинні об'єкти перетворення та вияви у вигляді конкретного продукту, їх можна класифікувати за сферами застосування (за галузями виробництва). Наприклад, предметом технології машинобудування є вчення про виготовлення машин, відповідно до потреб споживача (рівень якості, кількість, термін постачання).

Необхідно зазначити, що у природі також спостерігають безліч процесів, які без утручання людини приводять до якісної зміни об'єктів. Якщо людина своїм утручанням уповільнює або прискорює такі процеси, із метою досягнення заздалегідь запланованого результату, то це вже не стихійний процес, а технологія. Вона приводить до появи продукту технології у вигляді матеріальних об'єктів, енергії, інформації, суспільно-політичних результатів.

## **1.2. Загальні відомості про технологічні системи**

*Технологічна система (ТС)* – це сукупність функціонально взаємозалежних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для здійснення в регламентованих умовах заданих технологічних процесів або операцій.

*Виконавець* у технологічній системі – це людина, яка здійснює трудову діяльність із безпосередньої зміни та визначення стану предмета виробництва, технічного обслуговування чи ремонту виробу, технологічного оснащення.

На відміну від технологічної системи, технологічний комплекс або технічну систему розглядають без *виконавця*. До складу технічної системи входять: обладнання, організаційна техніка, включно з електронно-обчислювальною технікою, метрологічні засоби контролю за технологічними параметрами робочого середовища, необхідні види оснащення.

*Засоби технологічного оснащення* – це сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу зі зміни предмета праці.

*Технологічне обладнання* – це преси, ванни, верстати, випробувальні стенди, необхідні для виконання певного виду обробки або складання. Автоматизована верстатна система – це сукупність декількох верстатів та інших механізмів, на яких здійснюють автоматичну обробку або складання деталей та які об'єднано автоматизованим транспортом.

Металорізальний верстат – це складний механізм, призначений для повної або часткової обробки деталі. Власне верстат містить всі носійні вузли й елементи, які виконують усі виконавчі рухи, та приводи.

Технологічне оснащення доповнює технологічне обладнання та створює можливість виконання операцій технологічного процесу.

*Пристосування* – це оснащення, призначене для встановлення або направлення предмета праці, інструмента під час виконання операції – частини процесу, що здійснюють на одному робочому місці.

Інструмент визначають за видом обробки та вимогами до продуктивності та якості вироблених на верстаті деталей.

Розподіл технологічних систем за різними класифікаційними ознаками регламентовано ГОСТ 27.004-85 "Надійність в техніці. Системи технологічні. Терміни та визначення". У стандарті містяться основні визначення та терміни, що характеризують технологічну систему.

За ієрархічним рівнем цього ГОСТу є шість рівнів побудови технологічної системи – це технологічна операція, технологічний процес, діляниця, цех, підприємство, галузь [60].

*Технологічна операція (ТО)* – це закінчена частина технологічного процесу (ТП), що виконують на одному робочому місці, яка характеризується сталістю предмета праці, знарядь праці та характером дії на об'єкт праці.

Переважно, технологічна операція охоплює всі послідовні дії робітника й обладнання з виготовлення заготовки або її обробки. Тому технологічна операція є основною складовою частиною технологічного процесу. Вона слугує основою для визначення трудомісткості обробки, кількості одиниць обладнання, виробничих площ, матеріально-технічного забезпечення. Елементи технологічної операції (у металообробному виробництві): установ, технологічний і допоміжний перехід, робочий і допоміжний хід, позиція.

*Установ* – це частина операції, яку виконують за незмінного закріплення оброблюваної заготовки або виробу, що складають.

*Позиція* – це частина установу, яку виконують за одного орієнтування заготовки, складальної одиниці відносно інструмента.

*Технологічний перехід* – це закінчена частина операції, яка характеризується постійністю застосовуваного інструмента та поверхонь, утворених у процесі обробки, або поверхонь, що з'єднуються під час складання. Наприклад, свердління деталі свердлом одного діаметра.

*Допоміжний перехід* – це частина операції без зміни геометрії оброблюваної поверхні або положення деталей, що складаються, необхідна для виконання технологічного переходу (установлення заготовки, зміни інструмента та ін.).

*Робочий хід* – це закінчена частина операції, пов'язана з одноразовим переміщенням інструмента відносно оброблюваної деталі, необхідна для здійснення зміни фізико-хімічного стану деталі (геометрії та ін.). Допоміжний хід не пов'язаний зі зміною геометрії деталі, але необхідний для здійснення робочого ходу.

*Прийом* – це закінчена цілеспрямована дія (або їхня сукупність) робітника під час виконання операції (переходу): закріплення заготовки, різального інструмента та ін.

Розрізняють поняття "виробничий процес" (ВП) та "технологічний процес" (ТП).

*Виробничий процес* (ВП) – це сукупність дій, у результаті яких вхідні матеріали та напівфабрикати перетворюють на готову продукцію, що відповідає своєму призначенню. Розрізняють основний і допоміжний ВП.

*Основні процеси* – це процеси, які безпосередньо пов'язано з виготовленням деталей та складанням виробів.

*Допоміжні процеси* – це процеси, що забезпечують можливість виготовлення продукції.

*Виробничий процес* охоплює маркетингові дослідження, укладання договорів постачань, підготовку засобів виробництва, організацію та обслуговування робочих місць, отримання та зберігання напівфабрикатів, стадії виготовлення деталей, процеси складання виробу, транспортування заготовок (деталей, виробів), операції зберігання та ін.

*Технологічний процес* – це частина ВП, що містить сукупність технологічних операцій, які виконують в установленому порядку над однорідними або аналогічними виробами чи на певному обладнанні. Інакше кажучи, ТП – це частина виробничого процесу, пов'язана з послідовною зміною форми, розмірів, властивостей, зовнішнього вигляду предметів виробництва та контролем за ними. ТП має свою структуру, його здійснюють на робочих місцях із застосуванням засобів виробництва.

*Робочим місцем* називають частину виробничої площі, на якій розташовується виконавець роботи з одиницею технологічного обладнання, що обслуговують, та оснащенням.

Технологічне обладнання й оснащення утворюють засоби машинобудівного виробництва.

*Технологічне обладнання* – це знаряддя виробництва, засоби дії на матеріали або заготовки та джерела енергії, що забезпечують виконання певної частини технологічного процесу (металорізальні верстати, термічні печі, ливарні машини та ін.).

*Технологічне оснащення* – це знаряддя виробництва, що використовують разом із технологічним обладнанням та додають до нього для виконання певної частини технологічного процесу (різальний і вимірювальний інструмент, штампи, пристосування, ливарні форми та ін.).

Таким чином, виробничий процес охоплює всі стадії виготовлення деталей машин, складання, транспортування матеріалів, технічний контроль, а також містить підготовку засобів виробництва й організацію обслуговування робочих місць. Частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії зміни та (або) визначення стану предмета праці, називають *технологічним процесом*. У технологічному процесі весь комплекс операцій виконують послідовно й жорстко пов'язано.

Різницю технологічних процесів обумовлено різноманітністю продуктів виробництва, сировини, вихідних матеріалів, способів виробництва, прийомів і методів роботи та інших чинників.

У виробничій системі визначальна роль належить технологічному процесу, тому що його вдосконалення визначає напрям і забезпечує перебудову основної частини виробничої системи, а в кінцевому результаті та вдосконалення самої виробничої системи. У процесі аналізу технології для виділення конкретного ТП із ряду однотипних застосовують параметри власне ТП (температуру, тиск та ін.). Для порівняння однотипних ТП застосовують загальні для цього ряду параметри (енергоємність, витрата матеріальних ресурсів на одиницю продукції, продуктивність). Для виявлення закономірностей розвитку ТП застосовують параметри, що характеризуються найбільшою спільністю (витрати живої та минулої праці всередині ТП). Узагальнювальним показником ефективності ТП є собівартість – сукупність матеріальних і трудових витрат.

Удосконалення ТП здійснюють шляхом ефективності використання минулої праці та зниження витрат живої праці. Вивчення динаміки розвитку ТП здійснюють на основі елементарного ТП, тобто найменш складного ТП, який за подальшого спрощення втрачає свої характерні ознаки.

Класифікують технологічні процеси на фізичні, хімічні та комбіновані. Однак може бути класифікація за способом організації процесу, видом використовуваної сировини, кратністю її обробки та ін. (організаційні, сировинні та технологічні ознаки).

За *способом організації* технологічні процеси розподіляють на періодичні, безперервні та комбіновані. Періодичні (виплавлення сталі, лиття у форму та ін.) здійснюють на обладнанні, яке завантажують вхідними матеріалами через певні проміжки часу, після їхньої обробки вироблений продукт вивантажують. Безперервні процеси (розливання сталі, перероблення нафти, виробництво цементу) здійснюють в апаратах, де надходження сировини та вивантаження кінцевих продуктів здійснюють безперервно. Комбіновані процеси є поєднанням стадій періодичних і безперервних процесів (потоківі лінії механічної обробки деталей, коксування вугілля, робота доменної печі).

Найбільш економічним видом технологічних процесів є безперервні, що мають такі суттєві переваги перед дискретними:

- 1) відсутність простоїв, викликаних завантаженням вихідних матеріалів і вивантаженням готового продукту;
- 2) можливість максимальної механізації та автоматизації процесу;
- 3) створення сприятливих умов для використання вторинних енергоресурсів (наприклад, тепла відхідних газів методом рекуперації або регенерації);
- 4) полегшення роботи апаратів, зниження експлуатаційних витрат, підвищення якості продукції, у зв'язку з постійністю режиму.

В умовах безперервного ТП простіше забезпечити сталість заданих технологічних параметрів (температури, тиску та ін.), отже, виготовити продукцію більш високої якості. Однак у ряді випадків безперервний процес може виявитися нерентабельним. Використання безперервного процесу, зазвичай, недоцільно за малих масштабів виробництва, виготовлення дослідних партій та ін. Усі переваги безперервних технологічних процесів щодо дискретних засновані, головним чином, на співвідношенні часток робочого та допоміжного ходів у технологічній операції.

За кратністю обробки сировини технологічні процеси розрізняють: процеси з *розімкненою (відкритою) схемою*, у якій сировина або матеріал піддається одноразовій обробці; процеси із *замкнутою (круговою, циркуляційною або циклічною) схемою*, у якій сировина й допоміжні

матеріали неодноразово повертаються на початкову стадію процесу для повторної обробки, а іноді й регенерації (відновлення втрачених властивостей); *комбіновані* (зі змішаною схемою). Прикладом процесу з розімкненою схемою є конвертерний спосіб виготовлення сталі. Прикладом процесу з замкнутою схемою є циркуляція спеціальної рідкої суміші для охолодження різця під час токарної обробки різанням.

У промисловості застосовують комбіновані процеси, які є поєднанням процесів із відкритою та замкнутою схемою (виробництво сірчаної кислоти нітрозним способом). У таких процесах одні проміжні продукти (оксиди сірки) обробляють відкритою схемою, проходячи послідовно ряд апаратів, а інші (оксиди азоту) – циркулюють за замкнутою схемою.

Технологічний процес удосконалюють шляхом удосконалювання робочих та допоміжних ходів.

*Еволюційний шлях розвитку технологічного процесу* реалізують удосконалюванням допоміжних ходів. Цього досягають шляхом механізації й автоматизації допоміжних процесів, у результаті чого вони прискорюються, скорочуються проміжки між робочими ходами, що приводить до зростання продуктивності живої праці, витраченої у ТП.

*Револьюційний шлях розвитку технологічного процесу* реалізують удосконаленням (переважно, заміною) робочих ходів. Це приводить до корінної зміни самого технологічного процесу. У результаті підвищення продуктивності сукупної праці відбувається за одночасного зниження витрат минулої праці шляхом зміни або заміни робочого ходу.

Елементарний ТП можна подати у вигляді простої технологічної операції (ТО).

*Дільниця* – це виробничий підрозділ, технологічна система якого характеризується однотипним обладнанням або тим, що належить до однієї технологічної групи та виконує відповідну групу однорідних процесів. Технологічна система дільниці може бути як послідовною (наприклад, гальванічна дільниця), так і паралельною.

*Цех*, як і дільниця, є виробничим підрозділом, технологічна система якого характеризується однотипним обладнанням або тим, що належить до однієї технологічної групи та виконує відповідну групу однорідних процесів. Наприклад, механічний цех приладобудівного заводу оснащено різними видами металорізального обладнання, що працює за паралельною схемою. Структурною одиницею є дільниця.



*Підприємство* – це технологічна система, що складається, переважно, із декількох цехів. Зупинка будь-якого із цехів може призвести до зупинки всього підприємства або знизити його виробничі можливості в більшому обсязі, ніж потужність зупиненого цеху, тобто підприємство за цеховою структурою можна зарахувати до послідовної технологічної системи.

*Галузь* – це технологічна система, яку формують, переважно, із підприємств одного профілю або однієї технологічної спрямованості. Галузь є здебільшого паралельною системою, закриття будь-якого підприємства в галузі не припиняє її діяльності, а лише скорочує, відповідно, обсяги виробництва.

Розрізняють галузі господарські й чисті (технологічні).

*Галузь промисловості* – це сукупність підприємств, що характеризуються єдністю економічного призначення виробленої продукції, однорідністю сировини, що переробляють, спільністю технічної бази та професійних кадрів.

*Об'єднання спеціалізованих галузей* визначає комплексну галузь. За дією на предмет праці галузі розподіляють на видобувні та переробні. Наприклад, видобуток природної сировини (руди чорних і кольорових металів, вугілля, торфу, природного газу, сланців) належить до видобувних галузей; металургія чавуну та сталі, кольорових металів і сплавів – до переробних галузей.

Під час вивчення сутності й особливостей проектування, створення й експлуатації технологічних систем використовують такі поняття, як підсистема, технологічний комплекс, елемент технологічної системи.

*Підсистема* – це більш проста система, виділена із системи більш високого рівня.

*Комплекс* – це сукупність функціонально взаємозалежних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах заданих технологічних процесів або операцій.

*Елемент* – це частина технологічної системи, умовно прийнята неподільною на цій стадії її аналізу (приспосовування, інструмент, перехід, прохід, позиція).

*Система технологій* – це сукупність технологічних систем, пов'язаних загальною функцією виробництва товарів і послуг, характерних для галузі.

### 1.3. Напрями розвитку технологій виробництва на сучасному етапі

Спільними рисами (напрямами розвитку) сучасних технологій є такі: малоопераційність, маловідхідність і безвідхідність, поєднання технологій із мікроелектронікою, наукомісткість, формування технологічних систем [65].

1. *Малоопераційність*. Характеризується створенням технологій найкоротшим шляхом: чим ближча кожна часткова технологія до базової технології, тим менше робочих місць. Перехід до одноступеневих процесів можливий, завдяки об'єднанню декількох технологічних операцій в одну або об'єднанню їх у часі виконання без зміни змісту та призначення процесу.

2. *Маловідхідність і безвідхідність* – особливо важливі риси сучасних технологій. Економія всіх видів ресурсів, зменшення їхньої частини у продукті виробництва мають виняткове значення для забезпечення економічної незалежності окремих підприємств, галузі, держави. Маловідхідними технологіями нині вважають технології з відходами меншими ніж 10 %, безвідхідними – меншими ніж 1,5 %.

3. *Поєднання технологій із мікроелектронікою*. Це технологічні системи (комплекси) із системами автоматичного управління (САУ) на основі мікропроцесорів, що забезпечують нову якість: гнучкі виробничі системи (ГВС), гнучкі інтегровані системи (ГІС), гнучкі автоматизовані системи (ГАС).

Системи "технологія – електроніка" збільшують глибину й оперативність управління, гнучкість технологічної системи, створюють можливість управління в ході процесу.

*Мікроелектроніка* – напрям електроніки, що забезпечує мініатюризацію електронних приладів і пристроїв за допомогою інтеграції великої кількості транзисторів та інших електронних компонентів на одному кристалі й/або в одному корпусі, що, своєю чергою, призводить до зменшення вартості, маси, габаритних розмірів і підвищення швидкодії й надійності електронної апаратури, пристроїв обчислювальної техніки, інформаційних і телекомунікаційних систем.

Еволюція мікроелектроніки викликала бурхливий розвиток обчислювальної техніки, зумовила створення не тільки персональних, але й найпотужніших суперкомп'ютерів, що значно прискорює науково-технічний прогрес. Без виробів мікроелектроніки немислимий і побут людини, який

характеризується великим спектром побутових приладів, пристроями мобільного зв'язку, автомобілями та іншими засобами пересування, забезпеченими мікропроцесорами, навігаторами й бортовими комп'ютерами; у майбутньому – створення та експлуатація побутових роботів, "розумних будинків" та ін.

4. *Науковість*, яка визначає та підвищує якість продукції, є необхідною передумовою науково-технічного прогресу, основою підвищення ефективності виробництва.

Поглиблене вивчення об'єктивних законів природи, фундаментальні дослідження, базові та часткові технології потребують великих витрат. Унаслідок цього науковість нових технологій значно зростає, а нові наукові дослідження та нові технології стають можливими тільки для країн із високим науково-технічним потенціалом.

5. Формування технологічних систем, що є *комплексами*, об'єднують різні процеси й засоби для їхньої реалізації та забезпечують досягнення загальної мети – отримання необхідного продукту (або ефекту) у жорстких межах зовнішніх умов. Такі розвинені технологічні системи охоплюють не тільки окремі підприємства, а й цілі галузі, промислові райони країни, економічні зони. Наприклад, *технопарк* – це компактно розташований комплекс, що містить наукові установи, заклади вищої освіти та підприємства промисловості, а також інформаційні, виставкові комплекси, служби сервісу. Функціонування технопарку засновано на комерціалізації науково-технічної діяльності та прискорення просувань у сферу матеріального виробництва. Найвищим виявом інтеграційної тенденції є *технополіс*.

Найважливішими показниками, що характеризують ефективність технологій, є:

питома витрата сировини, напівфабрикатів, енергії на одиницю продукції;

кількість корисної речовини, що надходить з одиниці сировини;

якість та екологічна чистота готової продукції (робіт, послуг);

рівень продуктивності праці з розрахунку на реальну завантаженість персоналу;

інтенсивність;

витрати на виробництво;

собівартість продукції (робіт, послуг);

безвідхідність технологій.

Основою підвищення ефективності виробництва є *науково-технічний прогрес* (НТП). Рівень досконалості або прогресивності застосовуваних технологій визначають за базовою технологією, покладеною в основу, а також технологічними засобами їхньої реалізації, що залежать від загального науково-технічного потенціалу країни.

Рівень технології, як і оцінювання будь-якого об'єкта або процесу, є відносним критерієм. Його пов'язано із соціально-економічними потребами суспільства, станом науки й техніки зараз у межах середовища спілкування, тобто пов'язано зі станом і доступністю інформації про предмет оцінювання. Зважаючи на це, слід розрізняти технології за рівнем:

*примітивні технології* – на основі найпростіших знарядь;

*прості послідовні технології* – із використанням простих механізмів, пристосувань із ручними приводами;

*машинні технології* (рутинні, індустріальні) – на основі верстатів, машин із зовнішніми джерелами енергії або їхніми перетворювачами;

*високі технології*, які ще називають наукомісткими, прецизійними, ультрапрецизійними, тонкими, нанотехнологіями та ін., залежні від тих ознак технологічного процесу або властивостей виробу, які вважають визначальними.

*Високі технології* – це нетрадиційні найбільш нові та прогресивні технології сучасності, які є найважливішою ланкою науково-технічної революції (НТР) на сучасному етапі. До високих технологій належать найбільш наукомісткі галузі промисловості: мікроелектроніка, обчислювальна техніка, робототехніка, атомна енергетика, літакобудування, космічна техніка, мікробіологічна промисловість.

До високих технологій належать:

напівпровідникові технології – мікро- та наноелектроніка, квантова й оптична електроніка, радіоелектроніка, програмне забезпечення обчислювальної техніки, штучний інтелект, бездротові технології;

робототехніка й електромеханіка – мікро- й наноелектромеханічні системи (MEMS/NEMS);

нанотехнології та нові матеріали – технології нанооб'єктів та технології наноструктур, технології нерозмірних нанопараметрів;

"чисті" технології (cleantech) та альтернативна енергетика – рециклінг, атомна енергетика, сонячна енергетика, воднева енергетика, технології енергозбереження;

системи безпеки, контролю та автоматизації – біометрика, системи контролю та управління доступом, датчики та аналітичне обладнання, навігаційні технології;

оборонні технології й технології подвійного призначення – літакобудування, ракетобудування, космічна техніка;

живі системи й біотехнології – генна інженерія та генотерапія, біохімія та біофізика, мікробіологічна промисловість.

Наприклад, бездротові технології – це мобільний та сотовий зв'язок, засоби передавання інформації за допомогою радіохвиль. Нанотехнології – це технології, які працюють із різними об'єктами на молекулярному рівні та застосовують у медицині, біології та промисловості.

*Програмне забезпечення* – це комплекс програм, що містять алгоритм виконання дій для комп'ютерів та обчислювальних машин. Інакше кажучи, це мова спілкування з комп'ютерним світом, що перебуває в постійному розвитку. Програми розподіляють на системні, прикладні та інструментальні. Системні програми призначено для управління комп'ютером, у результаті чого комп'ютер знає, як реагувати на натискання клавіші, рух мишкою та вставлення диска в дисковод. До системних програм належать: операційна система, драйвери та утиліти. Прикладні програми мовби додають до операційної системи, установлюють у неї як корисні доповнення, але орієнтованих не на управління обладнанням, а на взаємодію комп'ютера з людьми. Це програми для створення документів, швидкого відправлення електронної пошти, редагування зображень, прослуховування аудіо й огляду відео, наукових і дослідних робіт, усілякого проєктування. До простих інструментальних програм належить HTML-редактор, призначений для створення сторінок в інтернеті.

*Системи безпеки* – це системи вуличної купольної камери відеоспостереження, контролю та управління доступом, датчики, інтегровані системи безпеки, біометрія, тобто розробки найбільш затребуваних засобів забезпечення безпеки на різних об'єктах.

*Навігаційні технології* – це технології супутникового дослідження транспорту. Їх упроваджують у різних галузях машинобудування, ракетобудування, вантажоперевезень, нафтогазової промисловості.

*Технології подвійного призначення* – це в основному сучасні матеріали, обладнання, науково-технічна інформація, що застосовують для створення військової техніки, але можуть бути використані і в мирних

цілях. Їх призначено для літакобудування, ракетобудування, створення космічних апаратів та ін.

*Робототехніка* – це прикладна наука, що займається розробленням автоматизованих технічних систем та є найважливішою технічною основою розвитку виробництва.

До високих технологій належать не тільки виробничі технології, а й соціальні технології, наприклад, системи поширення інформації, технології колективної праці та навчання, тобто високі соціальні технології.

*Соціальні технології* – це система практичних знань і способів вирішення завдань з управління соціальною поведінкою людей, які займаються процесами соціального планування й соціального проєктування. Ця система займається створенням і зміною соціальних структур. Вона ґрунтується на теоретичних розробках деяких соціальних наук: соціології, теорії соціальної організації й управління, психології – розробляє послідовність дій для вирішення соціальних завдань на практиці. Соціальні технології займаються частковими соціальними завданнями, наприклад, завданнями підвищення продуктивності праці; оптимізації відносин у колективі; удосконаленням управління й керівництвом політичною обстановкою; політичним маркетингом; політичною рекламою; виборчими технологіями. Глобальними суспільними перетвореннями соціальні технології не займаються.

Високі технології забезпечують високу додану вартість, на цих технологіях засновано інноваційну економіку (економіку знань, інтелектуальну економіку). Прибуток від реалізації високих технологій формують переважно, за допомогою інтелекту новаторів і вчених, інформаційної сфери, а не за матеріального виробництва (індустріальної економіки) і концентрації фінансів (капіталу).

Високі технології характеризуються такими ознаками:

наукомісткістю (новітніми досягненнями, результатами фундаментальних досліджень);

системністю (взаємозв'язком елементів технологічних систем);

оптимізаційним моделюванням;

високоефективними робочими процесами;

комп'ютерним робочим середовищем, яке автоматизує всі етапи та реалізації;

стійкістю;

надійністю;  
гарантованою якістю;  
раціональністю природокористування;  
екологічністю.

Пріоритетне значення "матеріалізації" наукових досліджень належить робочим процесам високих технологій. Однозначного визначення цього напрямку в технології немає. У роботі [5] показано, що робочі процеси високих технологій є самостійним технологічним напрямком у межах загальних технологій, а "високими слід уважати такі технології, які, володіючи сукупністю основних ознак, наведених раніше, і за відповідного технічного та кадрового забезпечення (прецизійне оснащення й інструмент, певний характер робочого технологічного середовища, система діагностики, комп'ютерна мережа управління та спеціалізована підготовка персоналу) гарантують виготовлення виробів, що характеризуються новим рівнем функціональних, естетичних та екологічних властивостей. Саме новий рівень таких властивостей виробів за дотримання економічної доцільності й цікавить споживача. Цим гарантовано конкурентоспроможність нової продукції".

Рівень технології оцінюють:

продуктивністю виготовлених виробів за однакових їхніх властивостях;

якісними властивостями виробів за однакової їхньої продуктивності; отриманням нового матеріалу або ефекту.

Рівень удосконалення техніки (у широкому сенсі цього поняття) залежить від фізичних чи інших принципів, які використовують для досягнення необхідного результату. Ці принципи визначено фундаментальними знаннями, тобто станом науки.

## **1.4. Високі технології**

### **Нанотехнології**

*Нанонаука* – це дослідження явищ і об'єктів на атомарному, молекулярному й макромолекулярному рівнях, характеристики яких суттєво відрізняються від властивостей їхніх макроаналогів.

*Нанотехнології* – це конструювання, характеристика, виробництво й застосування структур, приладів і систем, властивості яких визначають за їхньою формою й розміром на нанометровому рівні (рис. 1.2).

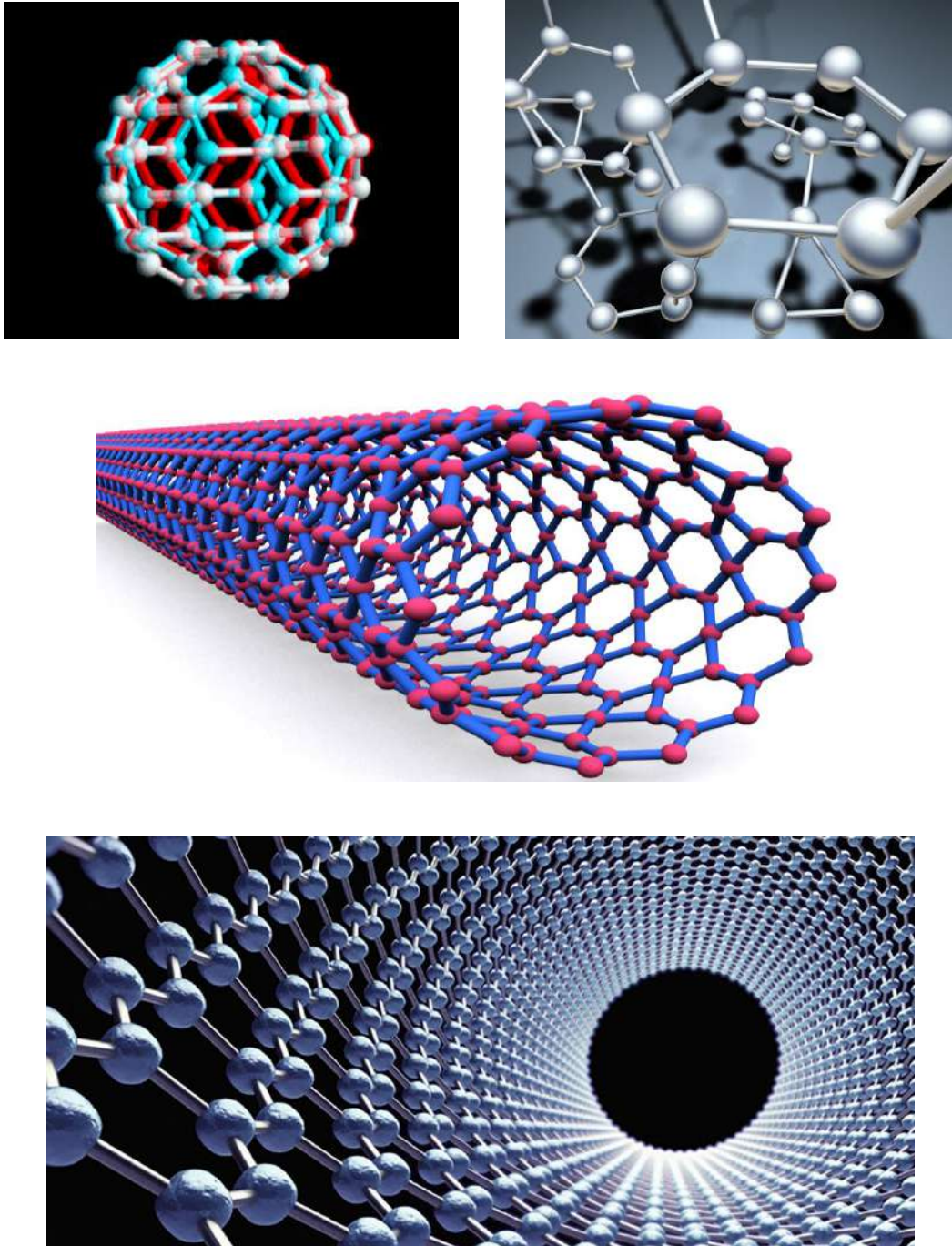


Рис. 1.2. Структури нанотехнологій

Інакше кажучи, нанотехнологію пов'язано з методами виробництва та застосування продуктів із заданою атомарною структурою шляхом контрольованого маніпулювання окремими атомами й молекулами. Нанотехнологія передбачає знання й управління процесами в масштабі 1 нм ... 100 нм (де 1 нм =  $10^{-3}$  мкм =  $10^{-6}$  мм =  $10^{-9}$  м). Продуктами нанотехнологій є більш досконалі матеріали, прилади та системи, що реалізують нові технологічні властивості [72].



Поняття "нанотехнологія" введено в обіг 1974 р. японським ученим Норіо Танігучі, який займався підвищенням точності та якості обробки виробів (деталей). Потрібно було зменшити шорсткість обробленої поверхні до рівня приблизно 10 нм під час виготовлення ходового гвинта підводного човна. Уважали, що за цієї шорсткості оброблена поверхня набувала нових технологічних властивостей, що фактично виключали шум ходового гвинта, й акустикою складно було виявити підводний човен у підводному положенні.

Зміст нанотехнології полягає в тому, що подрібнення матерії приводить до нових властивостей. Якщо працювати на рівні атома, то це спричиняє, згідно із законами атомної фізики, ланцюгову реакцію, яку використовують із військовою метою (під час створення атомної бомби) і з мирною метою (під час створення атомних електростанцій). Якщо працювати з невеликою групою атомів, то частка атомів, розташованих на їхній, є визначальною у формуванні нових властивостей об'єкта, оскільки властивості цих "поверхневих" атомів відрізняються від властивостей цих самих атомів у великому обсязі (на макрорівні). Саме це є однією із причин вияву нових властивостей на нанорівні [45].

Іншою причиною зміни властивостей є те, що на цьому розмірному рівні починає виявлятися дія законів квантової механіки, тобто рівень нанорозмірів – це рівень переходу від класичної механіки до механіки квантової. Як відомо, найбільш непередбачуваними є перехідні стани.

До середини ХХ ст. фахівці навчилися працювати як із масою атомів, так і з одним атомом. Згодом стало очевидним, що "маленька купка атомів" – це щось інше, не зовсім схоже ні на масу атомів, ні на окремих атомів. Мабуть, уперше вчені й технологи впритул зіткнулися із цією проблемою у фізиці напівпровідників. У своєму прагненні до мініатюризації вони дійшли до таких розмірів частинок (кількох десятків нанометрів і менших), за яких їхні оптичні й електронні властивості почали значно відрізнятися від таких же для частинок "звичайних" розмірів. Саме тоді стало остаточно зрозумілим, що діапазон "нанорозмірів" – це особливий діапазон, відмінний від діапазону існування макрочастин або суцільних середовищ. Тому справжня нанотехнологія починається з моменту появи нових властивостей речовин, пов'язаних із переходом до масштабів, що відрізняються від властивостей об'ємних матеріалів. Отже, найсуттєвішою й найважливішою якістю наночастин, основною відмінністю їх від мікро- і макрочастин є поява в них принципово нових властивостей, які не виявляють за інших розмірів.

Часто першим нанотехнологом називали Лівшу – героя оповідання письменника М. С. Лєскова, який викував маленькі (мініатюрні) цвяхи й ними підкував блоху. Однак вони так і залишилися цвяхами й не змінили своїх функціональних та інших властивостей (утримувати підкову). Це приклад мініатюризації, а не приклад нанотехнології. А ось у фантастичному оповіданні "Мікроруки" Бориса Житкова описано приклад нанотехнології, тобто зміни властивостей зі зменшенням розмірів речовини: "Мені потрібно було витягнути тонкий дріт, тобто тієї товщини, яка для моїх живих рук була б як волосся. Я працював і дивився в мікроскоп, як простягали мідь мікроруки. Ось тонше, тонше – ще залишилося протягнути п'ять разів – і тут дріт рвався. Навіть не рвався – він розсипався, як зроблений із глини. Розсипався на дрібний пісок. Це була відома своєю в'язкістю червона мідь".

Використання в нанотехнології передових наукових досягнень дозволяє зараховувати нанотехнологію до високих технологій. Так, розвиток сучасної електроніки йде шляхом зменшення розмірів пристроїв. Однак є межа зменшення розмірів пристроїв, якщо використовувати класичні методи виробництва. У цих умовах на досить мале зменшення розмірів пристрою доводиться за експонентним законом збільшувати економічні витрати, що є неефективним. Тому застосування нанотехнологій є важливим кроком розвитку електроніки та інших наукомістких виробництв.

### **Інновації та інноваційний процес**

Найважливішим чинником розвитку нових високоефективних технологій, який ґрунтується на вищих світових науково-технічних досягненнях, є нововведення, що переходять у багатоступеневому складному процесі в інновацію.

Термін "інновація" активно використовують у технічній та економічній літературі з переходом України на ринкові відносини. Нині в літературі є чимало визначень терміна "інновації", аналіз яких показує, що специфічний зміст цих визначень становлять зміни [53].

Ще 1911 р. австрійський учений Й. Шумпетер виділив п'ять типових змін, що стосуються нововведень [53]:

- 1) використання нової техніки, нових технологічних процесів або нового ринкового забезпечення виробництва (купівля-продаж);
- 2) упровадження продукції з новими властивостями;
- 3) використання нової сировини;

4) зміни в організації виробництва;

5) поява нових ринків збуту.

Пізніше, у 1930-ті рр., Й. Шумпетер увів поняття "інновації". Методологія системного опису інновацій в умовах ринкової економіки ґрунтується на міжнародних стандартах.

Відповідно до міжнародних стандартів, *інновацію* визначають як кінцевий результат інноваційної діяльності, що знайшов утілення у вигляді нового або вдосконаленого продукту, упровадженого на ринку, нового або вдосконаленого технологічного процесу, використовуваного у практичній діяльності, або в новому підході до соціальних послуг [53].

Таким чином, неодмінними властивостями інновації є науково-технічна новизна, виробнича застосовність і комерційна реалізованість.

На практиці нерідко ототожнюють поняття "новітність", "нововведення" та "інновація", хоча між ними є відмінності.

*Новітність* – це новий метод, винахід, новий порядок, нова ідея.

*Нововведення* означає, що новітність уже використовують. Із моменту прийняття до поширення нововведення набуває нової якості та стає *інновацією*.

Для успішного управління процесом створення інновацій необхідно розробити класифікацію інновацій та критерії оцінювання ступеня їхньої новизни. З урахуванням сфери діяльності підприємства інновації можна розподілити на технологічні, виробничі, економічні, екологічні, торговельні, інтелектуальні, юридичні, соціальні та управлінські.

За *технологічними ознаками* інновації розподіляють на продуктові (наприклад, нові продукти, матеріали, сировина, комплектувальні вироби) та процесні (нові технології та нові організаційні структури).

*Новизну інновацій* оцінюють за технологічними характеристиками й умовами комерційної реалізованості (тобто ринку). За типом новизни на ринку, із метою задоволення поточного попиту та збільшення доходів підприємства (фірми), інновації розподіляють на нові в міжнародному плані, нові для країни та нові для підприємства (хоча відомі на ринку).

Інновацію як результат необхідно розглядати нерозривно з інноваційним процесом, розвиток якого відбувається за такими трьома стадіями: створення, освоєння й поширення інновацій (рис. 1.3).

На відміну від науково-технічного прогресу, інноваційний процес не закінчується так званим упровадженням – першою появою на ринку нового продукту, послуги або доведенням до проєктної потужності нової

технології. Цей процес не переривається й після впровадження, оскільки мірою поширення (дифузіїю) нововведення вдосконалюється, стає більш ефективним, набуває нових споживчих властивостей. Це відкриває для нього нові сфери застосування, нові ринки, а отже, і нових споживачів, які сприймають цей продукт, технологію або послугу як нові саме для себе. Отже, цей процес спрямовано на створення необхідних ринків продуктів, технологій або послуг і здійснюється в тісній єдності із середовищем. Його спрямованість, темпи й цілі залежать від соціально-економічного середовища, у якому він функціонує та розвивається.



**Рис. 1.3. Структурна модель системи інноваційного процесу щодо промислового виробництва**

*Умовні позначення:*

ФД – фундаментальні дослідження;

ПД – прикладні дослідження;

Р – розроблення пропозицій;

АП – аналіз патентів, винаходів, публікацій;

ДКР – дослідно-конструкторські роботи;

ОС – освоєння промислових виробництв нової продукції;

ПВ – промислове виробництво;

М – маркетинг;

ЗБ – збут продукції;

Д – дифузії, тобто поширення вже один раз успішно впровадженої інновації.

Кожна із трьох зазначених раніше стадій інноваційного процесу (створення, освоєння й поширення інновацій), потребує значних фінансових витрат. Процес фінансування інноваційного процесу залежить від структури інноваційної групи, національних особливостей, включно з ринковими відносинами. Так, наприклад, практика організації пошукових досліджень у США породила своєрідну форму підприємництва – ризиковий (венчурний) бізнес, який презентують невеликі фірми, що спеціалізуються на дослідженнях, розробленнях, виробництві нової продукції.

*Венчурні фірми* створюють учені-дослідники, винахідники, інженери, які прагнуть із розрахунком на матеріальну вигоду втілити в життя новітні досягнення науки й техніки. Ринок венчурного (ризикового) капіталу у США

1987 р. становив 29 млрд дол., із яких до 70 % фінансували такі пріоритетні напрями розвитку галузей, як інформаційна технологія, виробництво нових матеріалів і біотехнологія.

*Венчурний капітал* формували шляхом укладання коштів великих компаній, банків, держави, страхових, пенсійних та інших фондів, а також особистих заощаджень засновників фірми. Під час виділення коштів на фінансування інноваційних проєктів, як показав досвід венчурного капіталу 1980-х рр., насамперед ураховували професіоналізм працівників фірми, а потім послідовно з послаблювальним впливом – наявність ринкової ніші, технічні можливості фірми, час окупності вкладень, частку участі у фінансованій фірмі [53].

Одну з технічних систем інноваційного процесу товарного виробництва можна подати у вигляді поєднання таких елементів: ескізного опрацювання з виготовленням макета або досвідченого зразка, робочого проєктування, промислового впровадження, маркетингового дослідження, збуту товару.

На стадії фундаментальних досліджень розробляють теорію питання, яка становить фундамент інновації. Із практики відомо, що тільки невелику частину (меншу ніж 10 %) фундаментальних досліджень утілюють у нових продуктах чи технологіях, значно більше їх виявляють у потенційному зростанні науково-технічного прогресу, підвищенні сприйнятливості суспільства до інновацій.

У процесі прикладних досліджень складається технічне завдання, яке на основі розроблених ескізних та робочих проєктів доводять до промислового виробництва, водночас значну увагу приділяють технічній підготовці виробництва.

На завершальній стадії інноваційного процесу забезпечують комерційну реалізацію інновації або новий підхід до соціальних послуг.

*Інноваційну маркетингову діяльність* засновано на вивченні патентів (і ноу-хау), що є джерелом інформації про новітні науково-технічні досягнення, знання яких дозволяє визначити новизну інновацій та прогнозувати напрями й темпи розвитку певних технологій.

Необхідно зазначити, що останніми роками виник значний попит на інноваційні процеси, що мають програмний характер.

Таким чином, можна сформулювати основні положення щодо інноваційних технологій.

*Інновація* – це нововведення в галузі техніки, технології, організації праці або управління, засноване на використанні досягнень науки

й передового досвіду, що забезпечує якісне підвищення ефективності виробничої системи або якості продукції. Інновація – це не будь-яке нововведення, а тільки таке, яке суттєво підвищує ефективність дієвої системи.

*Технологія* – це комплекс організаційних заходів, операцій і прийомів, спрямованих на виготовлення, обслуговування, ремонт та/або експлуатацію виробів із номінальною якістю та оптимальними витратами.

Усю різноманітність інновацій можна класифікувати за рядом ознак:

1. *За ступенем новизни:*

радикальні (базисні) інновації, які реалізують відкриття, великі винаходи та стають основою формування нових поколінь і напрямів розвитку техніки та технології;

поліпшують інновації, які реалізують середні винаходи;

модифікаційні інновації, спрямовані на часткове поліпшення застарілих поколінь техніки та технології, організації виробництва.

2. *За об'єктом застосування:*

продуктові інновації, орієнтовані на виробництво і використання нових продуктів (послуг) або нових матеріалів, напівфабрикатів, комплектувальних виробів;

технологічні інновації, спрямовані на створення й застосування нової технології;

процесні інновації, орієнтовані на створення та функціонування нових організаційних структур як усередині фірми, так і на міжфірмовому рівні;

комплексні інновації, що становлять поєднання різних інновацій.

3. *За масштабами застосування:*

галузеві;

міжгалузеві;

регіональні;

у межах підприємства (фірми).

4. *За причинами виникнення:*

реактивні (адаптивні) інновації, що забезпечують виживання фірми, як реакція на нововведення, які здійснюються конкурентами;

стратегічні інновації – це інновації, реалізація яких має запобіжний характер, із метою набуття конкурентних переваг у перспективі.

5. *За ефективністю:*

економічна;

соціальна;

екологічна;

інтегральна.

## Інформаційні технології. Віртуальна реальність

Суспільство вже давно сягнуло майбутнього, що було лише фантазією наших предків. Електрика, телефони бездротові, 3D-друк, віртуальна реальність та ще багато іншого [71].

Суспільство розвивалося, а з ним розвивалися інформаційні технології. Вони вже глибоко проникли в наше життя, скрізь є ці технології. У промисловості їх використовують для аналізу запасів і деталей, маркетингових ходів; в освіті – як електронні щоденники, підручники та комп'ютерні класи. Інформаційні технології сприяють розвитку науки [48].

*Інформаційна технологія* – це процес, що використовує сукупність засобів і методів збирання, накопичення, опрацювання й передавання даних (первинної інформації) для отримання інформації нової якості про стан об'єкта, процесу або явища (інформаційного продукту) (рис. 1.4). Цей процес складається із чітко регламентованої послідовності виконання операцій, дій, етапів різної складності над даними, що зберігають у комп'ютерах. Основна мета інформаційної технології – у результаті цілеспрямованих дій із перероблення первинної інформації отримати необхідну для користувача інформацію. Компонентами технологій для виробництва продуктів є апаратне (технічні засоби), програмне (інструментальні засоби), математичне та інформаційне забезпечення цього процесу. Переважно, під інформаційними технологіями розуміють комп'ютерні технології. Тому фахівців цього напрямку називають ІТ-фахівцями. ІТ-технології мають справу з використанням комп'ютерів і програмного забезпечення для зберігання, перетворення, захисту, опрацювання передавання та отримання інформації. Інакше кажучи, *інформаційні технології* – це процеси, методи пошуку, збирання, зберігання, опрацювання, надання, поширення інформації.



Рис. 1.4. Інформаційні технології





Закінчення рис. 1.4

Інформаційні технології належать до високих технологій, які є широким класом дисциплін та галузей діяльності, пов'язаних із технологіями управління, накопичення, опрацювання й передавання інформації [54]. Інформаційні технології можуть як застарівати, так і замінюватися новими, більш досконаліми. Наприклад, раніше телеграф був одним з основних способів відправлення інформації. Потім уже цей агрегат передав свої функції телефону. Зараз, якщо нам скажуть раптом передати повідомлення телеграфом, ми просто їх не зрозуміємо, адже для нас це вже пережитки минулого.

Виробництво та всі інші сфери діяльності людини потребують інформаційних технологій, адже там потрібно опрацьовувати просто величезну кількість інформації. Одним із кращих засобів опрацювання інформації є комп'ютер. Комп'ютер усе більше й більше вдосконалюють, щоб полегшити життя людині та з метою маркетингу, що дає значні кошти до кишені корпорацій.

Властивості інформаційних технологій сприяють у розв'язанні глобальних проблем людства, накопичують знання, створюють взаємодію людей і засобів масової інформації (ЗМІ), оптимізують та автоматизують інформаційні ресурси.

Інформаційні технології дозволяють ефективно використовувати інформаційні ресурси суспільства. А це допомагає отримати суттєву економію інших видів ресурсів: сировини, енергії, корисних копалин, матеріалів та обладнання, людських ресурсів і, головне, часу.

Є 8 основних типів інформаційних технологій. Це інформаційні технології опрацювання даних, підтримання управління, автоматизації офісу,



ухвалення рішень, колективної роботи, віртуальної реальності, експертних систем і соціальної сфери.

Розвиток інформаційних технологій дозволив перенести до нашого світу таке поняття, як "віртуальна реальність".

Як працює віртуальність? Людина використовує спеціальне обладнання та занурюється в інший світ, який створив програміст, набуває нових можливостей, нових думок щодо того, що відбувається.

Використовують віртуальну реальність в іграх, військовій промисловості, у процесі навчання в медичних університетах та закладах освіти, де готують музикантів.

Віртуальну реальність використовують також у виробництві продукції, наприклад, у процесі виготовлення деталей. Їх проєктують до найменших подробиць та використовують у віртуальності, а потім уже запускають у виробництво.

Віртуальна реальність має як переваги, так і недоліки. Адже в особистому використанні вона може замкнених людей перетворювати на ще більш асоціальних. Вони будуть занурюватися у віртуальне спілкування з головою й не спілкуватися з реальними людьми, а може й, навпаки, допомогти людині почати спілкування. Тому за інформаційними технологіями майбутнє.

### **Інтегрований робочий процес прискореного формоутворення виробу або його прототипу – Rapid Prototyping (RP)**

Виготовлення моделей і прототипів, необхідних у межах створення виробу, відбувається, переважно, за допомогою звичайних технологій, за потреби в комбінації з ливарним виробництвом. Зокрема, тут застосовують NC – фрезерні, копіювально-фрезерні, токарні верстати та ін. Крім цього, ці моделі вручну складають, склеюють, скріплюють.

Нові етапи розвитку науки, інформатики, техніки CNC, лазерної технології та ін. дозволили перейти до інтегрованих способів прискореного формоутворення, позбутися від декількох фаз створення прототипів, розглянутих раніше.

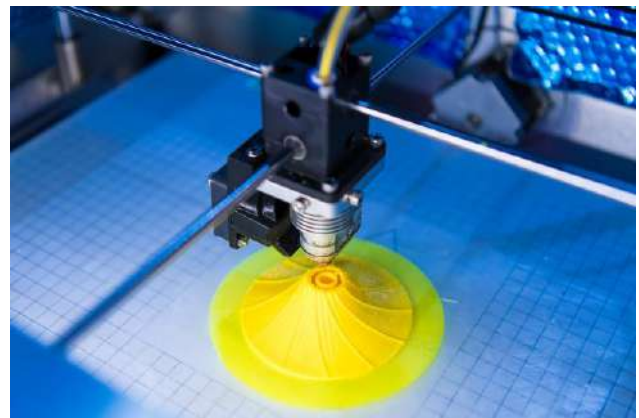
*Зміст методу.* Інтегрований робочий процес прискореного виготовлення деталей або їхніх прототипів є органічним поєднанням можливостей комп'ютерних технологій опрацювання інформації та трикоординатного моделювання (CAD) і сучасних способів виготовлення. Спосіб дозволяє в часі та просторі поєднати або надзвичайно зблизити конструювання та виготовлення типової або одиничної моделі (безпосередньо

деталі) та скоротити час на їхнє виготовлення, залежно від ступеня складності, на 30 – 70 %.

Цей генеративний процес, який дістав назву Rapid Prototyping, зародився близько 30 років тому. Але вже зараз, за даними дослідників, у світі є приблизно 2 000 установок, що працюють за ідеологією Rapid Prototyping, у яких реалізують різні принципи. Сфери застосування цього робочого процесу найширші: машинобудування, авіація, космічні дослідження, автомобілебудування, електроніка, медицина, бізнес та ін. Сьогодні можна стверджувати: сучасні ті галузі, де застосовують Rapid Prototyping [7; 53].

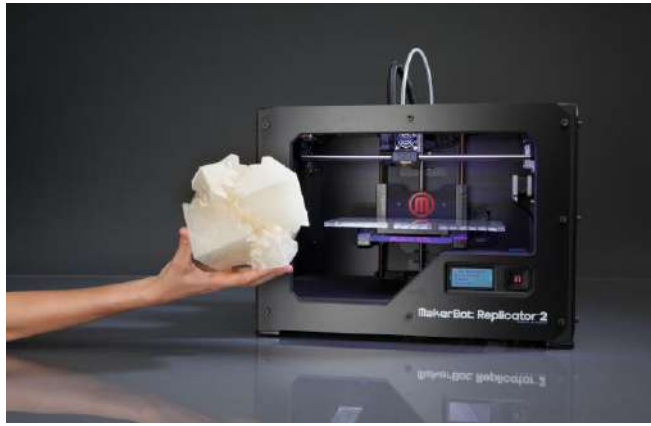
Ідеологія прискореного формоутворення виробу (моделі, прототипу) ґрунтується на: можливості комп'ютерного автоматизованого проектування виробу (за кресленням, аналітичними залежностями або результатами вимірювань), комп'ютерної оптимізації його конструкції, зважаючи на вимоги дизайну, форми, функціональних властивостей CAD); трансформації трикоординатної моделі в сукупність пошарових двовимірних, двокоординатних моделей; можливості відтворити цю сукупність пошарових моделей, тобто матеріалізувати всю модель єдиним цілим як твердотільний виріб або його прототип (CAM).

*Способи матеріалізації 3D CAD-моделей* є найважливішою складовою частиною інтегрованого робочого процесу прискореного формоутворення, виготовлення виробів або їхніх прототипів, тому що саме вони багато в чому визначають скорочення часу створення виробу, продукту довільної, найскладнішої форми; ступінь підвищення якості виробу; скорочення сумарних виробничих витрат (рис. 1.5). У сукупності ці чинники визначають конкурентоспроможність продукту на ринку [7; 53].



а

Рис. 1.5. Способи матеріалізації 3D CAD-моделей:  
3D-сканер (а); 3D-принтер (б)



б

### Закінчення рис. 1.5

Розроблені до сьогодні способи матеріалізації теоретичних моделей різні за багатьма ознаками, технологічними можливостями та ін. Однак усім наявним способам притаманно багато спільного:

- усі прототипи або вироби виготовляють на основі даних 3D CAD-моделювання;
- усі прототипи або вироби виготовляють пошарово;
- власне виріб чи його прототип виготовляють не шляхом відділення, зняття припуску із заготовки, а за допомогою нарощування, додавання матеріалу;
- нарощування матеріалу у процесі формоутворення відбувається в перехідній його фазі від рідкого або порошкоподібного до твердого стану;
- виготовлення конструктивного елемента не потребує форм або інструменту, тому відпадають проблеми, пов'язані зі зносом інструменту у процесі формоутворення різанням, штампуванням, куванням та ін.;
- відсутність обмежень, пов'язаних зі складністю форми виробу (внутрішні порожнини, складні внутрішні або зовнішні поверхні): чим складніша конфігурація виробу, тим більша перевага процесу;
- значне скорочення витрат часу;
- ефективність усіх способів RP суттєво підвищується за їхньої комбінації із завершальною технологією виготовлення твердотільних виробів – вакуумне лиття, лиття під тиском та інші його види.

Використовувані способи дістали умовне позначення, що складається з початкових літер слів, які визначають назву способів матеріалізації (RP):

- SL (SLA) – stereolithography – спосіб стереолітографії;
- SLS (LS) – selective laser sintering – виборне лазерне спікання;
- LOM – laminated object manufacturing – виготовлення шаруватих об'єктів;
- FDM – fused deposition modeling – моделювання опалюванням;
- SGC – solid ground curing – основний термічний вплив;
- BPM – ballistic particle manufacturing – виготовлення з використанням балістики;
- DLF – directed light fabrication – виготовлення спрямованим світлом;
- DSPC – direct shell production casting – пряме блочне виготовлення оболонки;
- MJS – multiphase jet solidification – багатофазне затвердіння струменя;
- 3D-printing (TDP) – three-dimensional printing – за принципом трикоординатного глибокого друку.

Ці способи можна класифікувати за такими ознаками: стан вихідного матеріалу, використання лазерної техніки та ін. Способи можна згрупувати також за марками застосовуваних матеріалів:

- фотополімери – SLA, SGC;
- термопласти – SLS, SL, FDM;
- віск – SLS, SL, FDM;
- папір, фольга – LOM;
- кераміка – TDP;
- метали – SLS, FDM, MJS.

Далі необхідно розглянути принципи й сутність основних із застосовуваних способів матеріалізації тривимірних математичних моделей виробів.

*Спосіб стереолітографії (SL).* За SL геометричне відтворення деталі здійснюють пошарово дисперсійним твердінням рідкого фотополімеру за допомогою UV-лазера (фотополімеризація). Звичайні товщини шару становлять 0,05 до 0,2 мм. На основі 3D CAD-даних для окремих площин перетину розробляють керівні програми для XY-сканування поверхні рідкого фотополімеру.

Конструктивний елемент будується поступово на платформі носія, яка перебуває на початку обробки безпосередньо під поверхнею полімеру.

Промінь лазера, що управляється комп'ютером, проходить уздовж поверхні рідкого полімеру, "скануючи" її частину, відповідно до конфігурації першого шару. Відбувається дисперсійне твердіння цього шару рідкого фотополімеру, після чого платформа носія опускається на величину, що дорівнює товщині твердого шару. Так послідовно відбувається відтворення тривимірної геометрії конструктивного елемента.

SL-метод сьогодні є найточнішим. Із його допомогою можна виготовити дуже складні геометричні поверхні із внутрішніми порожнечами й найтоншими стінками й отворами в субмікрооб'ємах.

Стереолітографію пов'язано з фотополімерами, а значить, світлочутливі властивості, що стосуються цього, домінують над усіма такими властивостями матеріалу, як твердість, еластичність, температурна стійкість.

SL-метод не тільки найточніший та найвідоміший RP-метод, але й найбільш поширений у світі: 50 % усіх RP-пристроїв припадає на стереолітографію.

Типовими прикладами для способу SL є корпусні деталі. Складні тонкостінні вироби виготовляють із високою точністю та якістю.

Прототип слугує для перевірки конструкції, перевірки ергономіки та дизайну, виробництва й монтажу, а також для комунікації, аргументації під час переговорів із підприємствами-постачальниками. Раніше виготовлення зразків деталей звичайними методами побудови моделей займало кілька тижнів, а завдяки застосуванню SL, цей термін скорочено у 8 разів. Повний процес виробництва конструктивного елемента (КЕ) містить очищення, остаточне загартовування та ручне доопрацювання.

### **Соціальні технології**

*Соціальні технології* – один із новітніх термінів у соціологічній науці. Це поняття застосовне до управління як суспільством, так і конкретними організаціями, будь-якими соціальними об'єктами. Соціальні технології на інших рівнях організації суспільства – в управлінні республіками, областями, містами, районами – пов'язано з розв'язанням проблем життя людей як жителів певної адміністративної одиниці. Якщо мова йде про конкретну організацію, то мають на увазі послідовність рішення тих чи тих соціальних завдань: підвищення ефективності праці або кваліфікації працівників, удосконалення стимулювання праці, раціоналізація взаємин, корпоративна культура, тобто те, що актуально для працівників, число працею створено матеріальні й духовні цінності.

Соціальні технології винайдено дуже давно. Так, люди довгі століття управляли громадськими справами, передавали накопичувані знання й інформацію від покоління до покоління. Водночас вони завжди користувалися технологіями, які здебільшого спеціально розробляли, були досить простими. Самі соціальні зв'язки не потребували технологізації: вони могли бути освоєні інтуїтивно, емпірично, експериментально. Суспільний розвиток був можливий на основі дотримання правил, приписів, традицій, культурних зразків, тобто традиційних процедур та операцій, які цілеспрямовано, свідомо не розробляли й нерідко належали до рутинних, але ними послуговувалися у практичній діяльності. Із розвитком людства соціальні зв'язки ускладнювали, збільшували їхню кількість, багаторазово зріс динамізм суспільних процесів, що об'єктивно породило нові вимоги вдосконалення соціальних технологій. Крім того, продовжувала діяти загальносоціологічна закономірність: зростала роль суб'єктивного чинника в розвитку світової цивілізації, а це привело до корінних змін у теорії та практиці управління, до впровадження інноваційних методів соціального впливу, які забезпечують більш високу якість соціальних технологій.

Соціальні технології трактують з урахуванням двох поглядів: по-перше, як способи застосування теоретичних висновків тієї або тієї науки у вирішенні практичних завдань; по-друге, як сукупність прийомів, методів і дій, які застосовують для досягнення поставленої мети у процесі соціального розвитку, розв'язання тих або тих соціальних проблем.

Методологічні принципи соціальних технологій: принципи побудови соціальних технологій (принципи соціуму, технологій); принципи різних етапів життя соціальних технологій (принципи проєктування, конструювання, перевірки, впровадження та функціонування). Орієнтація на реалізацію цих принципів і забезпечує стабільність роботи соціолога, соціального працівника, соціальних служб та їхній авторитет.

Основні властивості соціальних технологій:

*масштабність* показує просторові розміри технології, тобто її місця в соціальному просторі. У цьому аспекті соціальні технології (СТ) доцільно розподіляти на глобальні, макро- і мікротехнології;

*новизна* характеризує ступінь інноваційності технології або її принципіву новизну, яка визначається ступенем оновлення її елементів і структур. За цією властивістю СТ можна розподілити на інноваційні, модернізовані та ретро, або рутинні;

*ефективність* показує співвідношення між результатами, досягнутими у процесі використання технології, і витратами на їхнє розроблення та впровадження. Усі технології за цією ознакою можна розподілити на вискоефективні, ефективні, малоефективні й неефективні. Ефективність соціальних технологій пов'язано і з термінами використання: вона тим вища, чим триваліший термін її дії, порівняно з періодом розроблення в межах соціально й економічно виправданої довговічності;

*наукомісткість* показує кількісні параметри вкладених у технологію наукових знань. Ця властивість дає можливість розподілити СТ на наукомісткі й ненаукомісткі;

*складність* визначає зміст технологій і можливості управління ними. На підставі цього можна СТ розподілити на прості, складні й дуже складні;

*час життя* визначає часовий період від появи технології до зняття її з "озброєння". Усі технології за цією ознакою розподіляють на довгострокові, середньострокові та короткострокові;

*адаптивність* показує здатність технологій пристосовуватися та функціонувати в найнесприятливіших умовах. Усі СТ за цією властивістю розподіляють на високоадаптивні, адаптивні, поганоадаптивні та неадаптивні;

*надійність* показує якісну результативність технології, її здатність до самозбереження та відтворювання. За цією ознакою технології розподіляють на надійні та ненадійні;

*валідність* показує відповідність технології суспільній системі й меті, для реалізації якої вона призначена. СТ, відповідно до цієї властивості, розглядають як валідні та невалідні.

Процес розроблення нових соціальних технологій містить такі етапи:

1. Фіксують суперечності в соціальному об'єкті, визначають значення та призначення соціальних технологій.
2. На основі прогнозних розроблень визначають мету, досягнення якої дозволяє вирішити цю суперечність, і формують критерії її досягнення.
3. Вивчають та оцінюють актуальне середовище впровадження соціальної технології.
4. Визначають функції – властивості соціальної технології, що забезпечують досягнення мети в заданих умовах і задовольняють потреби і професіонала, і соціального середовища.
5. Вибирають або розробляють модальні або інтенсифікувальні характеристики, що визначають спосіб функціонування та розвитку соціальної технології.

6. Формують просторово-часову структуру (елементний склад технологічних процедур і відношення між ними).

7. Розробляють організаційний процес, що забезпечує формування конструкції й динаміку соціальної технології, відповідно до необхідних функціональних параметрів.

У підсумку можна сказати, що соціальна технологія – це певний спосіб досягнення цілей, що складаються з післяопераційного здійснення діяльності; операції розробляють заздалегідь, свідомо та плановірно; їхнє розроблення здійснюють на основі та з використанням наукових знань; ураховують специфіку сфери суспільного життя, у якій здійснюють діяльність; соціальна технологія наявна у двох формах: як проєкт, що містить процедури й операції, і як організаційна діяльність, побудована, відповідно до цього проєкту.

### **1.5. Об'єкти машинобудівного виробництва та його елементи**

Особливості соціального й економічного розвитку держави на сучасному етапі суттєво впливають на стан і розвиток такої динамічної та наукомісткої галузі, як машинобудування. Постачаючи новою технікою всі галузі промисловості, машинобудування визначає технічний прогрес держави та значно впливає на створення матеріальної бази суспільства. Тому важливо розуміти основні поняття машинобудівного виробництва.

*Виріб* – це будь-який закінчений об'єкт виробництва, що виготовляють на підприємстві (або він підлягає виготовленню).

*Вироби машинобудування* – це різні машини або їхні елементи (механізми).

*Технологія машинобудування* – це наука про виробництво машин у певній кількості, визначеної якості, у відповідні терміни, із мінімальними трудовими й матеріальними витратами. Вона займається вивченням і розробленням технологічних процесів, включно з конструюванням та виробництвом різних машин і приладів. Сюди належать технічні розрахунки, вибір матеріалів і способів їхньої обробки, контроль за якістю, способи виготовлення деталей та з'єднання деталей і вузлів, проєктування машинобудівних заводів й організація виробництва на них [37].

*Машина* – це механізм (поєднання механізмів), що здійснює доцільний рух для перетворення енергії або виконання робіт (перетворення матеріалів, інформації).



Залежно від характеру виконуваних робіт, розрізняють:

*машини-генератори*, які перетворюють механічну на інший вид енергії (наприклад, динамо-машини на електричну енергію, компресори на енергію стисненого повітря);

*машини-двигуни* (енергетичні машини), що перетворюють теплову, електричну або іншу енергію на механічну роботу: електродвигуни, парові, гідравлічні й газові турбіни, двигуни внутрішнього згорання;

*машини-знаряддя* (технологічні машини) – машини, призначені для виконання технологічних операцій обробки матеріалів, виготовлення виробів (пресове обладнання, токарні та металорізальні верстати, автоматичні лінії та ін.);

*транспортувальні машини* – це машини для переміщення вантажів;

*управлінські машини* – це машини або системи, призначені для управління агрегатами (або іншими машинами), взаємопов'язаними між собою та з електронно-обчислювальною машиною або комп'ютером.

Вироби, залежно від їхнього призначення, розподіляють на вироби основного й допоміжного виробництва. До виробів основного виробництва належать вироби, призначені для зовнішньої реалізації; а до допоміжного виробництва – вироби для власних потреб підприємства-виготовлювача.

Установлено такі види виробів: деталі, складальні одиниці (вузли), комплекси, комплекти.

*Деталь* – це виріб або частина його, що виготовляють з однорідного за назвою й маркою матеріалу без застосування складальних операцій. Деталь, що бере участь у складанні, містить спряжувальні (що контактують із поверхнями інших деталей) та неспряжувальні (вільні) поверхні.

*Базові деталі* – це деталі зі спряжувальними поверхнями, які забезпечують під час складання відносне положення інших деталей.

*Складальна одиниця* – це виріб (або його частина), складові частини якого підлягають з'єднанню згвинчуванням, зчленуванням, клепаанням, зварюванням, паянням, опресуванням, розвальцюванням, склеюванням, зшиванням, укладанням тощо.

Із технологічного погляду складальну одиницю складають окремо, незалежно від інших елементів, і в подальшому у процесі складання вона є одним цілим. Розрізняють конструктивні, технологічні та конструктивно-технологічні складальні одиниці.

*Конструктивні складальні одиниці* проєктують за функціональною ознакою без урахування особливостей самостійності складання.

*Технологічні складальні одиниці* – це складальні одиниці, які можна скласти самостійно зі складових частин виробів, а виконувати функціональне призначення тільки спільно з іншими частинами виробу.

*Конструктивно-технологічні складальні одиниці* є найкращим варіантом конструкції виробу. Їх проєктують за функціональною ознакою та водночас допускають *самостійність* складання (вентилі, коробка передач).

Вироби, що складаються із конструктивно-технологічних складальних одиниць, називають блоковими або агрегатними.

*Агрегат* – це складальна одиниця, здатна виконувати у виробі самостійно визначену функцію, яка передбачає можливість незалежного, самостійного складання та має повну взаємозамінність.

Об'єктами виробництва машинобудівних підприємств можуть бути комплекси та комплекти.

*Комплекси* містять два й більше виробів, не поєднаних на заводі-виробнику складальними операціями, але виконують загальні взаємопов'язані експлуатаційні функції. До комплексу, крім виробів, що виконують основні функції, входять деталі та складальні одиниці, які виконують допоміжні функції.

*Комплекти* містять два й більше виробів, які також не з'єднані на заводі-виробнику. Їх подано набором виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру. Комплектувальні вироби – це вироби, виготовлені на підприємстві-постачальнику, які використовують як складову частину виробу, що випускають.

*Заготовка* – це предмет праці, за формою та розмірами максимально наближена до готової деталі.

Заготовка відрізняється від деталі наявністю надлишкового шару матеріалу – припуску.

*Припуск* – це найважливіший економічний показник, що визначає умови мінімізації матеріаломісткості машинобудівного виробництва, зниження втрат.

### **Класифікація технологічних процесів**

Вид технологічного процесу визначають за кількістю виробів, які охоплено процесом. Це може бути одна деталь, група однотипних або

різнотипних деталей. Технологічні процеси класифікують за кількома ознаками.

**За ступенем уніфікації:**

*одиничний технологічний процес* – це процес виготовлення одного виробу певної назви й типорозміру. Його застосовують для виготовлення оригінальних виробів (деталей, складальних одиниць) без загальних конструктивних і технологічних ознак із виробами, які раніше виготовляли на підприємстві;

*уніфікований технологічний процес* належить до обробки групи загальних за конструктивно-технологічними ознаками деталей. Уніфіковані технологічні процеси бувають типові та групові;

*типовий технологічний процес* – це процес обробки групи деталей із загальними конструктивними й технологічними ознаками, характеризується спільністю змісту й послідовністю більшості операцій. Їх застосовують як інформаційну базу для розроблення одиничних технологічних процесів, а також стандартів на типові технологічні процеси. Типізація технологічних процесів ґрунтується на класифікації деталей за ознаками спільності конфігурації та подібності технологічних процесів. Виділяють такі класи деталей: вали, осі, втулки, диски, плити, станини, рами тощо. Типізація технологічних процесів дозволяє узагальнити наявні передові технологічні процеси, поширювати досвід упровадження прогресивного обладнання та інструменту. Цю ідею впроваджено на багатьох підприємствах. Безліч форм технологічних процесів дозволяє максимально описати процес виробництва;

*груповий технологічний процес* – це процес обробки групи деталей із різними конструктивними, але із загальними технологічними ознаками. Він є сукупністю технологічних операцій, що виконують на спеціалізованих робочих місцях у послідовності технологічного маршруту обробки певної групи виробів.

*Спеціалізоване робоче місце* – це робоче місце, призначене для виготовлення однієї або декількох деталей із загальним налагодженням протягом тривалого часу.

За **досягненням науки й техніки** технологічні процеси класифікують на:

*перспективний технологічний процес* – це процес, який відповідає сучасним досягненням науки й техніки;

*робочий технологічний процес* – це процес, що виконують за робочою конструкторською та технологічною документацією для виготовлення конкретного виробу.

**За стадією розробки, стану технологічної підготовки виробництва (ТПВ) та стандартизації** технологічні процеси класифікують на:

*проектний технологічний процес* – це процес, що виконують за попереднім проєктом технологічної документації до переходу на виробництво;

*тимчасовий технологічний процес* – це процес, що застосовують на підприємстві протягом обмеженого часу (до заміни більш досконалим). Його застосовують через відсутність необхідного обладнання або в інших виробничих умовах;

*стандартний технологічний процес* – це процес, установлений стандартом.

**За змістом операцій** технологічні процеси класифікують на:

*комплексний технологічний процес* – це процес, у складі якого є основні операції та операції переміщення, контролю, очищення, миття.

**Види опису** технологічних процесів:

*маршрутний технологічний процес* – це форма технологічної документації, що становить короткий опис усіх технологічних операцій у послідовності їхнього виконання без указівки переходів і технологічних режимів. Водночас указують номери та назви операцій, обладнання, розряд роботи, норму часу на виконання операції. Застосовують як самостійний документ в одиничному, дрібносерійному та дослідному виробництвах;

*маршрутно-операційний технологічний процес* передбачає короткий опис усіх операцій у послідовності їхнього виконання. Але водночас найбільш складні операції викладають до рівня переходів із зазначенням визначених розмірів і режимів обробки. Для описаних на рівні переходів операцій оформляють карти ескізів. Такий опис застосовують в одиничному, дрібносерійному, середньосерійному та навіть у дослідному виробництві для складних деталей;

*карта ескізів* – технологічний документ, на якому зображують заготовку в положенні обробки на цій операції, проставляють умовними позначеннями схему її базування із зазначенням форми встановлюваних елементів пристосування та кількості позбавлених ступенів свободи, а також визначені на цій операції розміри з допусками, шорсткість поверхонь та інші технічні вимоги;

*операційний технологічний процес* містить опис усіх технологічних операцій на рівні переходів із зазначенням застосовуваного оснащення (пристосування, різальних, допоміжних і вимірювальних інструментів), а також режимів обробки, основного, допоміжного та штучного часу. Операційний опис технологічних процесів завжди доповнено маршрутним описом і картами ескізів. Застосовують у серійному та масовому виробництвах, а для особливо складних деталей – у більш дрібних типах виробництва.

Розроблюваний ТП має забезпечувати підвищення продуктивності праці та якість виробу, зниження трудових і матеріальних витрат, скорочення шкідливих впливів на навколишнє середовище. ТП має відповідати вимогам техніки безпеки та промислової санітарії, установленими системою стандартів безпеки праці (ССБП), інструкціями та іншими нормативними документами. Основою для розроблення технологічного процесу зазвичай слугують наявні типовий або груповий ТП, а за їхньої відсутності – чинні одиничні ТП виготовлення аналогічних виробів.

## **1.6. Типи виробництва та їхня технологічна характеристика**

Виробництво розподіляють на три типи: одиничне, серійне, масове. Такий умовний розподіл визначено виробничою програмою випуску виробів, їхнім характером, широтою номенклатури, регулярністю, технічними та економічними умовами.

*Одиничним* називають таке виробництво, за якого вироби виготовляють одиничними екземплярами, різноманітними за конструкцією та розмірами, тобто широкої номенклатури. Переважно, такі вироби виготовляють для певного покупця за його специфікаціями або вони є дослідними зразками. Великі комп'ютери фірми IBM, комерційні "Боїнги" або військові реактивні літаки, унікальне медичне обладнання або космічні кораблі – усі ці види виробів виготовляють індивідуально, точно так само, як і продукцію, яку виготовляють на індивідуальні замовлення, наприклад, меблі, одяг та ін. Це виробництво характеризується великою гнучкістю, оскільки містить парк універсального обладнання, універсального різального інструменту, стандартних пристосувань, що дозволяє виготовити широку номенклатуру виробів. Застосовують одиничне виробництво у важкому, транспортному, енергетичному, металургійному машинобудуванні, хімічній промисловості. Для нього характерна порівняно висока собівартість виробів.

*Серійне* виробництво характеризується тим, що вироби виготовляють серіями (кількістю машин) або партіями (кількістю деталей), що запускають у виробництво одночасно. Застосовують універсальні та спеціальні верстати. Залежно від кількості виробів у серії, виробництво умовно розподіляють на три підтипи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

### Підтипи серійного виробництва

Типи виробництва	Кількість виробів (машин) у серії		
	велика	середня	мала
Дрібносерійне	від 2 до 5	від 6 до 25	від 10 до 50
Середньосерійне	від 6 до 25	від 26 до 150	від 51 до 300
Великосерійне	понад 26	понад 151	понад 300

*Дрібносерійне виробництво* наближено до одиничного за технологічними ознаками (використовують універсальне обладнання, різальний, вимірювальний, допоміжний інструменти).

*Великосерійне виробництво* наближено до масового виробництва з достатньо широким застосуванням разом з універсальним спеціального обладнання, оснащення різального та вимірювального інструментів, агрегатних верстатів.

У серійному виробництві виготовляють понад 80 % машин (машини легкої, харчової, деревообробної, інструментальної промисловості, верстатобудування).

*Масове виробництво* – це виробництво, за якого обмежену номенклатуру виробів виготовляють безперервно протягом тривалого часу. Його застосовують під час виготовлення великої кількості виробів, ідентичних один одному або дуже схожих. Майже всі споживчі товари виготовляють на базі технології масового виробництва.

Характерною ознакою масового виробництва є наявність великої кількості вузькоспеціалізованих робочих місць, на яких виконують тільки одну операцію (виробництво автомобілів, тракторів, велосипедів, електродвигунів та ін.). У масовому виробництві обробку здійснюють на спеціальному обладнанні, агрегатних верстатах, автоматах, напівавтоматах, автоматичних лініях, які можуть працювати цілодобово для безперервного виготовлення однакового за характеристиками продукту у великих обсягах. Прикладами безперервного виробництва можуть слугувати перероблення нафти, сталеплавильне виробництво, робота електростанцій.

Водночас на металорізальних верстатах застосовують спеціальний різальний інструмент, зокрема засоби активного та автоматичного контролю, спеціальні пристосування.

Для визначення типу виробництва користуються коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (1.1)$$

де  $O$  – кількість операцій;

$P$  – кількість робочих місць.

Зважаючи на залежність (1.1) і табл. 1.3, коефіцієнт закріплення операцій  $K_{30}$  змінюється в межах  $1 < K_{30} < \infty$ .

Таблиця 1.3

### Характеристика типів виробництва

Назви	Одиничне виробництво	Серійне виробництво	Масове виробництво
Обсяг випуску ( $N$ )	1 – 10	Дрібносерійне $N = 10^2$ Середньосерійне $N = 10^3$ Великосерійне $N = 10^4$	$10^5 - 10^6$
Коефіцієнт закріплення операції ( $K_{30}$ )	$K_{30} \rightarrow \infty$	Дрібносерійне $K_{30} > 10$ Середньосерійне $6 < K_{30} < 10$ Великосерійне $K_{30} < 5$	$K_{30} = 1$
Технічне оснащення	Універсальні верстати, універсальне оснащення та універсальні інструменти	Універсальне та спеціалізоване обладнання: верстати із числовим програмним управлінням (ЧПУ), оброблювальні центри, верстати	Спеціальні верстати для виготовлення конкретної деталі виробу, автомати та напівавтомати, автоматичні лінії
Кваліфікація робочої сили	Висока	Середня кваліфікація (вища, ніж у масовому, та нижча, ніж в одиничному виробництві)	Середня кваліфікація (нижча, ніж у серійному та одиничному виробництві)
Особливості	Призначено обслуговувати серійне та масове виробництва, виготовляючи за їхні замовлення спеціальне оснащення	Продукцію випускають періодично повторюваними партіями (серіями) за заданої номенклатури та обсягу випуску, головна перевага – гнучкість виробництва	Масове виробництво забезпечує стабільну якість і низькі витрати виробництва

## Запитання для самостійного контролю

1. У чому полягає сутність технологій та їхнє значення для суспільства?
  2. Наведіть класифікацію технологій із різних їхніх ознак.
  3. Чим обумовлено різноманітність визначень поняття "технологія"?
  4. Які є тенденції розвитку технологій та їхні особливості на різних етапах розвитку суспільства?
  5. Сформулюйте визначення поняття "технологічна система".
  6. Які рівні побудови містить технологічна система? Охарактеризуйте їх.
  7. Назвіть основну різницю між поняттями "технологічна система" та "технологія".
  8. Назвіть види технологічних систем та охарактеризуйте їх.
  9. Чим відрізняється виробничий процес від технологічного?
  10. Який елемент є основою технологічного процесу?
  11. Назвіть основні напрями розвитку технологій на сучасному етапі.
  12. Обґрунтуйте сутність поняття "високі технології".
  13. Де застосовують високі технології?
  14. Назвіть основні характеристики високих технологій.
  15. Чим відрізняються нанотехнології від традиційних технологій?
  16. Сформулюйте визначення поняття "соціальні технології".
  17. Сформулюйте визначення поняття "інформаційні технології".
  18. Чим відрізняються поняття "інновація", "новітність" та "нововведення"?
  19. Що таке "продуктові" та "процесні" інновації?
  20. У чому сутність інноваційного процесу?
  21. Які елементи містить структурна модель інноваційного процесу сучасних промислових технологій?
  22. Охарактеризуйте об'єкти машинобудівного виробництва.
  23. Наведіть класифікацію технологічних процесів машинобудівного виробництва.
  24. Назвіть типи виробництва та їхні відмінності.
- Література:** [4; 7; 36; 37; 45; 48; 53; 54; 60; 65; 67; 71; 72].



## 2. Властивості технологічних систем

### 2.1. Зміст поняття "технологічна система"

Технологічними системами називають сукупність взаємопов'язаних технологічних процесів. Технологічні системи створюються людьми, із метою виконання кількісно або якісно нової функції. Вид нової функції визначено, своєю чергою, видом елементів і зв'язків, що утворюють технологічну систему (докладніше буде розглянуто далі). Створення технологічних систем має на меті забезпечити підвищення продуктивності праці. Методи досягнення цієї самої мети досліджено в темі 1 у процесі аналізу технологічного процесу. Системоутворювальним (твірним) параметром для технологічних систем є виконувана ними функція, навколо якої об'єднуються елементи системи. Саме відсутність можливості виконувати необхідну функцію окремими елементами (технологічними процесами) змушує звертатися до технологічних систем. Тому результатом науково-технічного процесу є інтенсифікація всіх сфер виробництва та формування високоефективних технологічних систем на основі нових технологій та техніки, із метою виготовлення продукції необхідної якості за мінімальних витрат ресурсів у найкоротші терміни [52].

Технологічну систему конкретного виробництва визначено прогресивною комплексною технологією, яка об'єднує у єдине ціле основні й допоміжні роботи, реалізовані єдиною сукупністю машин, засобів управління обслугованих та залежних виробництв.

Технологічні системи не ізольовані, вони містять також людей, що беруть участь у процесі, взаємодіють із навколишнім середовищем (гео-, біо-, атмосферою) та іншими зовнішніми системами.

В умовах мінімального часу на створення та випуск конкурентоспроможної продукції, проєктування й організація виробництва має бути підпорядковано системно-цільовому підходу, тобто вирішення головного завдання має бути забезпечено взаємозалежною структурою виробництва – технологічною системою.

**Система** – це упорядкована сукупність взаємопов'язаних відповідних відносин елементів, призначених для вирішення загальної мети. Відношення між елементами визначено метою, тобто результатом дії системи у вигляді об'єкта (предмета), енергії, інформації, зміни їхнього стану.

Мета відображає бажаний стан об'єкта, до формування якого слід прагнути. Стан можна уявити, якщо відомо, що виконують із кожним елементом системи. Є кінцева множина елементів системи та відношень між ними. Це становить структуру системи, яка визначає її функціонування.

Структурні елементи, що входять до системи, також можуть бути системами. Тому поняття "система" й "елементи системи" відносні. Наприклад, поняття "оточення", "зовнішнє середовище" містять усе, що не включено в цю систему та має хоча б один вихід [65].

Для характеристики відносин "середовище – система" використовують поняття "вхід", що відображає дію або стан об'єкта.

Вхід характеризує відношення системи з оточенням (також може бути дією або станом).

Виходи системи можуть бути входами у її елементи.

У технологічній системі, пов'язаній із матеріальними об'єктами, входом може бути те, що оброблено в системі, а виходом те, що визначено в результаті функціонування.

Загалом особливістю технологічної системи є наявність структурних елементів у вигляді незалежних підсистем та елементів, що є продуктами цих систем.

Зміну якості у процесі здійснення обробки від одного структурного елемента до іншого називають *процесом перетворення*.

У технологічних системах як структурні елементи застосовують технічні системи: обладнання, пристосування, комплекси та ін.

## **2.2. Послідовність перетворень як форма технологічного процесу. Модель технологічного процесу**

*Перетворення* – це перехід об'єкта з одного стану в інший за допомогою дій на основі хімічних, фізичних, біологічних та інформаційних явищ і законів.

Перетворюваний об'єкт називають *операндом*, а засоби, якими реалізують перетворення, – *операторами*.

Зміст перетворень можна подати у вигляді технологічного ланцюга в напрямі ходу процесу (у напрямі вектора зміни властивостей). Модель перетворень можна подати набором операторів (рис. 2.1), які перетворюють вхідну величину на вихідну (кінцеву).

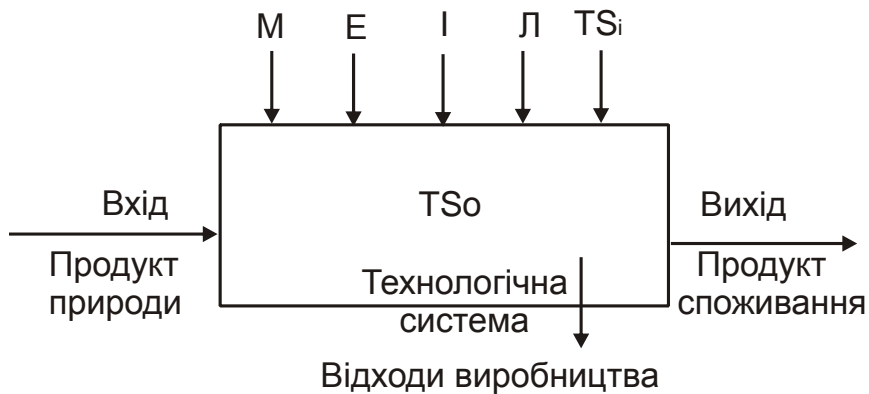


Рис. 2.1. **Модель перетворень**

У наведеній моделі перетворень (див. рис. 2.1) показано такі оператори: Е – джерело енергії; І – джерело інформації; Л – оператор (людина); М – матеріал;  $TS_i$  – технологічні системи.

Технологічна система як оператор системи перетворень є підмножиною технічних систем, які виконують необхідні перетворення.

Процеси, які відбуваються під час виготовлення деталей машин, містять такі перетворення: форми, властивостей у масі та на поверхні деталей, стану, положення об'єкта.

Ці зміни (перетворення) можна реалізувати на основі базових перетворень такими способами:

- зняття (або нарощування додаткового) шару матеріалу;
- перетворення операнда без зміни його обсягу.

Перетворення можна реалізувати використанням різних способів (базових технологій) і засобів для їхньої реалізації (часткових технологій). Наприклад, зміни форми: механічним способом – зняттям матеріалу (різанням); фізичним – оплавленням, ерозією, випаровуванням; хімічним – травленням.

Наведені способи реалізують на конкретному технологічному обладнанні: на токарних, фрезерних та інших металорізальних верстатах; на електроерозійних та інших верстатах і установках. Часткових технологій може бути безліч.

Для задоволення потреб людини у продуктах технологій (матеріального, енергетичного, інформаційного або біологічного видів) необхідно змінити наявний стан операнда на бажаний. Цього досягають шляхом інструментальних перетворень у технологічних процесах, переважно, за участю людини.

Модель технологічного процесу створюють на основі перетворень, які відбуваються в технологічній системі. Для цього, як мінімум, потрібно знати:

що (хто) є операндом;

який його початковий, проміжний та кінцевий стан;

за допомогою яких перетворень (базових технологій) досягають спільних перетворень;

якими діями реалізують часткові перетворення (матеріального, енергетичного, інформаційного типу) у заданих умовах;

яких операторів використовують для цих цілей.

Оскільки технологія є завжди конкретною, то зміст перетворень визначають за станом операнда й умовами, у яких перетворення відбуваються.

У технологічних системах перетворення здійснюють за допомогою техніки, тому базовим перетворенням мають відповідати принципові шляхи зміни властивостей операнда (без зазначення конкретних способів набуття цих властивостей).

Наприклад, заготовка для деталі як операнд може мати об'єм:

що перевищує об'єм деталі;

що дорівнює об'єму деталі;

менший за об'єм деталі.

Кожному з таких початкових станів заготовки відповідає базова технологія надання необхідної форми деталі:

зняттям зайвого шару матеріалу (різанням, травленням, оплавленням, ерозією та ін.);

пластичним деформуванням (куванням, штампуванням, прокатуванням та ін.);

нанесенням поверхневого шару матеріалу (наплавленням або напиленням).

Відповідно до заданої геометричної форми деталі, яку необхідно виготовити як сукупність кінцевих властивостей або стану операнда, визначають часткові перетворення та відповідні їм способи. Так, наприклад, для обробки деталі, що є тілом обертання (вал, втулка, диск та ін.), можна запропонувати точіння (токарну обробку) або шліфування, а якщо деталь містить плоскі поверхні (пази, лиски) – можна запропонувати фрезкування та ін.

У послідовності часткових перетворень форм може бути перерва для виконання іншого базового перетворення, пов'язаного, наприклад, зі зміною стану оброблюваного матеріалу. Наприклад, термічна обробка після чорнової механічної обробки перед оздоблювальними операціями (тобто перед чистовим шліфуванням). Таким чином, структурну модель ТП виготовлення деталі можна подати у вигляді (рис. 2.2) [65].

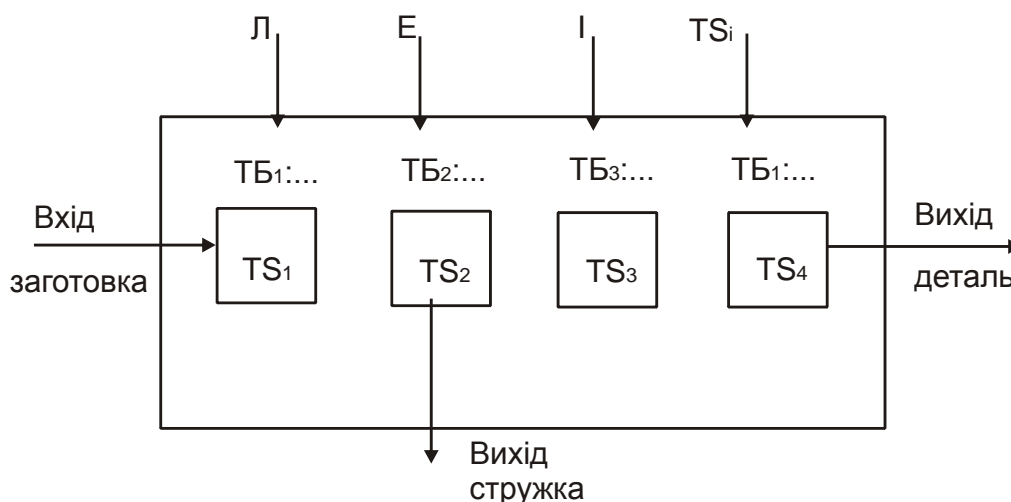


Рис. 2.2. Модель технологічного процесу виготовлення деталі

Оператори – це технічні системи (засоби, якими здійснюють перетворення):

TS<sub>1</sub> – транспортна система (візок, транспортер, конвеєр та ін.);

TS<sub>2</sub> – обробна система – обладнання (токарний чи інший верстат);

TS<sub>3</sub> – система контролю (вимірювання);

TS<sub>4</sub> – транспортна система (стелаж для деталей та ін.).

Базові технології:

TБ<sub>1</sub> – зміна положення заготовки – транспортування;

TБ<sub>2</sub> – зміна форми зняттям шару матеріалу, наприклад, точінням;

TБ<sub>3</sub> – визначення значення інформації про фактичний стан геометричних розмірів остаточним виміром.

Часткові технології (дії), наприклад:

TБ<sub>11</sub> – узяти заготовку;

TБ<sub>12</sub> – установити, закріпити у пристосуванні верстата;

TБ<sub>13</sub> – зняти;

TБ<sub>21</sub> – увімкнути верстат;

TБ<sub>22</sub> – увімкнути привід головного руху.

### **Загальні принципи розроблення технологічного процесу:**

1. Базову технологію визначено операндами, стан яких необхідно змінити.
2. Опис стану операнда має бути достатнім для визначення умов перетворень. Послідовні входи та виходи технологічного процесу для однієї базової технології мають бути однорідними, оскільки розглядають зміну стану одного й того самого операнда.
3. Вихід формується зі змінюваних властивостей, які надходять на вхід.
4. Перелік операндів має бути повним, включно із псевдооперандами (уявними операндами): енергією, інформацією, матеріалами та ін.
5. Технологічний процес охоплює операції з операторами за всіма базовими й частковими перетвореннями (для обліку допоміжних операцій).
6. Модель процесу може містити супутні побічні процеси, що виконуються зовнішніми підсистемами (постачання, транспортування, управління процесом, налагодження, ремонт верстатів та ін.)
7. Необхідно враховувати умови розташування процесу у просторі й часі, чим обумовлено стан параметрів місця виконання процесу (тиск, температура, швидкість, потужність та ін.).
8. Ступінь деталізації вхідних перетворень (опис процесу) має бути однаковою (якщо в бібліотеці даних відсутні стандартні опис).
9. Контроль і визначення ступеня відповідності отриманого процесу здійснюють із тестів (аналізом питань):
  - чи всі властивості операнда враховано;
  - чи достатньо операцій для формування цих властивостей;
  - чи можлива заміна операцій іншими;
  - чи доцільно поділяти або об'єднувати операції?
10. Текстові описи мають відображати ступінь деталізації процесу. Для цього використовують дієслово, що означає дію, спрямовану на об'єкт перетворення. Наприклад, увімкнути верстат, точити поверхню, виміряти діаметр 20 мм та ін.

### **2.3. Класифікаційні ознаки технологічних систем**

Технологічні системи класифікують за такими основними ознаками: за ієрархічними рівнями; за структурою; за рівнями автоматизації; за рівнями спеціалізації; за станом [68].

1. За *ієрархічними рівнями* технологічні системи розподіляють на технологічні системи операцій, процесів, виробничих підрозділів (дільниць, цехів) і підприємств.

2. За *структурою* технологічні системи розподіляють на:

а) послідовну технологічну систему, усі підсистеми якої послідовно виконують різні частини заданого технологічного процесу.

У послідовній системі технологічних процесів елементи жорстко пов'язані між собою предметними зв'язками: продукт першого елемента системи стає сировиною для другого та ін. Для безперебійного функціонування послідовної системи технологічних процесів необхідно забезпечити погодженість між елементами системи за обсягом продукту, що переробляють, та часом обробки. Вихід із ладу одного елемента системи призводить до припинення функціонування всієї системи. Тому послідовні системи ще називають системами із жорсткими зв'язками. Послідовні технологічні системи забезпечують нарощування обсягу продукції, що випускають, за одиницю часу без принципових змін технологічних операцій. Характерною особливістю послідовних систем є можливість збільшення обсягу виробництва та практично неможливість технологічного розвитку в межах цієї системи. Прикладами послідовних систем ТП можуть слугувати цехи у структурі підприємства, що утворюють послідовний ланцюжок із перероблення одного предмета праці.

Виділення послідовних технологічних систем також має велике значення у визначенні основних напрямів розвитку виробництва. До особливостей послідовних технологічних систем слід зарахувати таке:

результат праці одних складових частин складної системи є предметом праці, знаряддям праці або засобом праці для інших складових частин системи (рис. 2.3);

випуск продукції такої системи визначають її обмежною ланкою.



Рис. 2.3. **Схема послідовної технологічної системи**

Обмежна ланка послідовної технологічної системи – це такий її елемент, технологічні можливості якого визначають вихідні характеристики функціонування системи загалом [44; 60].

Наприклад, продуктивність складального конвеєра та швидкість його переміщення визначають за швидкістю та трудомісткістю монтажу одного з елементів виробу, що складають, навіть у разі, якщо інші елементи можна монтувати й із більшою продуктивністю.

До структурних утворень із послідовним взаємозв'язком можна зарахувати:

підприємства, у яких цехи є послідовними ланками одного технологічного процесу (наприклад, на підприємствах машинобудування можна виділити такий послідовний технологічний ланцюжок: заготівельне виробництво – обробне виробництво – складальне виробництво; на підприємствах текстильної галузі: прядильне виробництво – ткацьке виробництво – обробне виробництво тощо);

сам технологічний процес, що складається з послідовності технологічних операцій.

Послідовні технологічні системи різного ієрархічного рівня різняться між собою. У разі послідовної технологічної системи високого рівня діють такі додаткові чинники, як зв'язок одного елемента системи з декількома іншими; можливість у деяких випадках використовувати запаси вихідних продуктів; можливість випуску закінчених продуктів, які не використовують усередині цієї системи окремими її складовими частинами;

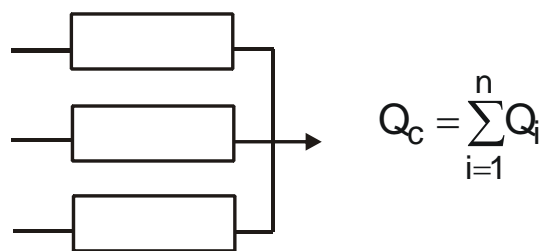
б) паралельну технологічну систему, підсистеми якої паралельно виконують задані технологічні операції або задані технологічні процеси. У паралельній технологічній системі зупинка одного з елементів системи лише частково може знизити випуск продукції за обсягом її випуску.

Елементи паралельної системи не залежать один від одного за матеріальними потоками сировини (за предметними зв'язками), але з'єднані інформаційними зв'язками, які слугують для передавання вміння та майстерності з виготовлення того чи того продукту, оскільки в паралельні технологічні системи об'єднують однотипні за своєю сутністю технологічні процеси. Загальний обсяг випуску паралельної системи в натуральному вигляді складається із суми випусків усіх елементів системи. Вихід із ладу одного з елементів паралельної системи не тягне за собою припинення функціонування всієї системи. Такі системи ще називають системами з нежорсткими технологічними зв'язками з урахуванням того, що під час вирішення завдань розвитку технологічної системи, переважно, необхідно вдаватися до зупинки та реконструкції деякого елемента.



Паралельні системи дозволяють здійснювати такий вихід одного елемента без шкоди для інших. Ця властивість паралельних систем показує їхню пристосованість до технологічного розвитку. Крім того, однотипність елементів паралельної системи приводить до спрощення обслуговування й управління. Характерною особливістю паралельних технологічних систем є створення умов для технологічного розвитку. Прикладами паралельних технологічних можуть бути технологічні дільниці у виробничому цеху, однотипні підприємства в галузі та ін.

У сучасних паралельних технологічних системах знайшла своє відображення цехова структура. Із самого початку розвитку промислових методів виробництва однакові або однотипні технологічні процеси виділялися в окремі групи. Головна ознака паралельної технологічної системи: продукція технологічної системи дорівнює сумі продукцій усіх складових її елементів (рис. 2.4).



**Рис. 2.4. Схема паралельної технологічної системи**

До переваг паралельної системи необхідно зарахувати: відсутність залежності елементів один від одного; взаємний обмін досвідом та конкуренція; зручність управління й обслуговування; більш вигідне й ефективне впровадження технологічних рішень. Усі ці переваги сприяють підвищенню продуктивності праці та якості продукції, що випускають.

Таким чином, для ефективного розвитку найбільш пристосовані паралельні технологічні системи. Прикладами паралельних технологічних систем можуть бути: у цеху – технологічні дільниці; у галузі – однотипні підприємства.

Підприємства, об'єднані в галузі, можуть значно відрізнитися за номенклатурою продукції, що випускають, але в них:

використовують однотипні технологічні процеси;

продукцію, переважно, призначено для задоволення однієї й тієї самої потреби.

На сучасних підприємствах цехи формують за принципом однотипних або подібних технологій, що визначають сутність здійснюваних у них процесів (ливарний цех, механообробний цех, складальний цех та ін.). Своєю чергою, у кожному із цехів використовують, переважно, різні технології, що визначають назву та призначення цеху (наприклад, у ливарному цеху є дільниці лиття в піщано-глинисті форми, лиття з виплавлюваних моделей, лиття під тиском та ін.). Підприємства в підгалузі об'єднують також у паралельні технологічні системи за принципом подібності їхніх технологій.

Загалом, паралельні технологічні системи різного ієрархічного рівня, незважаючи на суттєві їхні відмінності від елементарних паралельних технологічних процесів, мають ті самі основні властивості й особливості. Але водночас характер зв'язків технологічних систем певного рівня відрізняється від характеру зв'язків елементів системи більш низького ієрархічного рівня;

в) комбінована технологічна система – це система, структуру якої може бути подано у вигляді об'єднання послідовних і паралельних систем більш низького рівня (рис. 2.5).

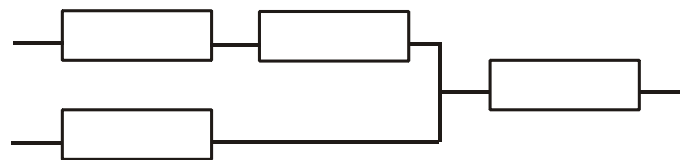


Рис. 2.5. **Схема комбінованої технологічної системи**

Такий вид системи характерний для більшості реальних технологічних систем, починаючи з рівня цеху. Наприклад, на машинобудівному підприємстві можна виділити, крім цехів, послідовно пов'язаних продукцією, що виготовляють, цехи, які забезпечують функціонування підприємства загалом (інструментальний цех, транспортний цех, ремонтно-технологічний та ін.) та становлять паралельну технологічну систему.

Перед будь-яким виробництвом завжди стоять два стратегічні завдання: збільшення випуску продукції та розвиток технології виробництва.

Вирішення першого завдання забезпечують послідовні, а другого – паралельні технологічні системи;

г) технологічна система із твердим зв'язком підсистем – це система, у якій відмова хоча б однієї з підсистем викликає негайне припинення функціонування технологічної системи загалом;

д) технологічна система з нежорстким зв'язком підсистем – це система, у якій відмова однієї з підсистем не викликає негайного припинення функціонування всієї технологічної системи.

3. За *рівнем автоматизації* технологічні системи можна розподілити так:

механізовану технологічну систему – тобто систему, засоби технологічного оснащення якої складаються з механізовано-ручних і механізованих технічних пристроїв;

автоматизовану технологічну систему – тобто систему, засоби технологічного оснащення якої складається з автоматизовано-ручних й автоматизованих пристроїв;

автоматичну технологічну систему, засоби якої складаються з автоматичних пристроїв.

4. За *рівнем спеціалізації*:

спеціальна технологічна система – це система, призначена для виготовлення (експлуатації) або ремонту виробів однієї назви чи одного типорозміру;

спеціалізована технологічна система, яку використовують для виготовлення (експлуатації) або ремонту виробів із загальними конструктивними й технологічними ознаками;

універсальна технологічна система, що слугує для виготовлення (експлуатації) або ремонту групи виробів з різними конструктивними й технологічними ознаками.

Класифікація технологічних систем за рівнем спеціалізації прийнята для технологічних систем операцій, процесів і виробничих підрозділів. Водночас універсальна, спеціалізована й спеціальна технологічна системи виробничого підрозділу містить підсистеми різного рівня спеціалізації.

5. За *станом* технологічні системи класифікують на:

працездатний стан технологічної системи – це такий стан системи, за якого значення параметрів і показників якості виготовленої продукції, продуктивності, матеріальних та вартісних витрат на виготовлення продукції відповідає вимогам, установленим у нормативно-технічній або конструкторській і технологічній документації.

До параметрів продуктивності зараховують: номінальну й циклову продуктивність, штучний час та ін.

До параметрів матеріальних і вартісних витрат зараховують: витрати сировини, матеріалів, енергії, вартість технічного обслуговування та ремонту тощо;

непрацездатний стан технологічної системи – це такий стан, за якого значення хоча б одного параметра або показника якості виготовленої продукції, продуктивності, матеріальних і вартісних витрат на виготовлення продукції не відповідає вимогам, установленим у нормативно-технічній або конструкторській та технічній документації.

### **Розвиток технологічних систем**

Є різні шляхи розвитку технологічних систем, які нагадують розвиток технологічних процесів [44; 60].

Раціоналістичний розвиток передбачає взаємозаміщення живої праці минулою, що належить до будь-яких дій з усієї сукупності технологічних процесів системи технологічних процесів. Це може бути взаємозаміщення всередині окремого елемента технологічної системи або взаємозаміщення на рівні допоміжних дій, що забезпечують реалізацію технологічних зв'язків між елементами системи.

Еволюційний розвиток систем технологічних процесів передбачає зниження сукупних витрат праці шляхом поліпшення допоміжних дій як усередині елементів системи, так і за їхніми межами.

Революційний розвиток систем технологічних процесів передбачає підвищення результативності функціональних (робочих) дій або їхню принципovu заміну. Водночас революційний розвиток деякого елемента технологічної системи приводить до підвищення якісних характеристик усієї системи.

Є специфічні особливості розвитку паралельних і послідовних технологічних систем. Завдання розвитку більш успішно вирішують у межах паралельних технологічних систем. До того ж, переважно, виділяють найбільш технологічно відсталу ланку системи, яку й удосконалюють, відповідно до її внутрішніх потреб. Через те що навколишні ланки паралельної системи технологічних процесів є однотипними, то для розвитку відсталої ланки використовують передовий досвід інших аналогічних ланок. Коли рівень усіх ланок паралельної системи технологічних процесів вирівняно, удаються до інших прийомів, що підвищує якісний аспект

елементів усієї системи. Інакше побудовано технологічний розвиток у межах послідовних систем технологічних процесів. Такі системи не пристосовано до технологічного розвитку через наявність жорстких зв'язків між їхніми ланками. Тому на час реконструкції технологічно відсталої ланки послідовної системи доцільно перейти на більш високий ієрархічний рівень і діяти викладеним раніше чином.

Крім раціоналістичного, еволюційного та революційного розвитку на рівні систем технологічних процесів може бути здійснено процедуру оптимізації. Оптимізація технологічних систем передбачає досягнення більшого результату без якісної зміни об'єкта та його елементів за минулими витратами шляхом більш умілого використання об'єкта оптимізації. Саме в цьому полягають основні переваги процедури оптимізації. Умовою оптимізації є максимум системного випуску за сталості витрат минулої та живої праці в системі до й після оптимізації. Елементи систем якісно не змінюються, тому значення параметрів рівня технології в елементах системи також залишаються незмінними. Завдання оптимізації полягає в деякому оптимальному перерозподілі трудовитрат між елементами системи, що забезпечує максимізацію випуску. Таким чином, мета процедур оптимізації та розвитку така сама: поліпшити співвідношення між витратами та випуском, проте досягають її по-різному. Розвиток передбачає якісну зміну наявних об'єктів, що потребує, переважно, додаткових витрат. Очевидно, що водночас зростання результату має перевершувати збільшення витрат. Оптимізація ж передбачає досягнення більшого результату за минулих витрат.

#### **2.4. Системні показники та аспекти технологічної системи**

Технологічна система має такі системні показники, як зв'язок із навколишнім середовищем, функція, структура та сукупність властивостей.

*Навколишнім середовищем* системи є все, що не входить до цієї технологічної системи. Наприклад, інформаційна система макросистеми суттєво впливає на результати діяльності підприємства (попит на ринку або відомості, які мають певний психологічний вплив на працівників підприємства) [68].

Під *функцією* розуміють деяку стабільну здатність технологічної системи до певних дій. Виділяють *головні, корисні, допоміжні та шкідливі функції*. До функції технологічної системи входить забезпечення реалізації

технологічних процесів із мінімальними витратами та заданим рівнем якості продукції. Водночас процес реалізації технологій є альтернативним, що має, переважно, кілька шляхів вирішення поставленого завдання.

Поняття *структури* характеризує внутрішню організацію, порядок та побудову технологічної системи, тобто є сукупністю елементів і відносин між ними.

Для будь-якої технологічної системи можна виділити три характерні типи завдань.

Завдання *аналізу*, якщо задано структуру технологічної системи, необхідно визначити її функціонування, можливу поведінку.

Завдання *синтезу*, якщо задано характер функціонування, необхідно визначити структуру, що задовольняє постійні вимоги.

Завдання "*чорного ящика*", якщо задано технологічну систему, структура якої невідома або відома частково, необхідно визначити особливості її функціонування та, можливо, структуру.

Завдання, які вирішують технологічною системою, – це підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що виготовляють, економія матеріальних, трудових і тимчасових ресурсів, зниження собівартості продукції, поліпшення умов праці та культури виробництва.

Складність цих завдань можна подолати шляхом удосконалення різних елементів технологічної системи:

- використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологічних процесів, групових методів обробки, концентрації операцій на окремих робочих місцях;

- підвищенням точності заготовок та деталей, збільшенням їхнього ресурсу та якості;

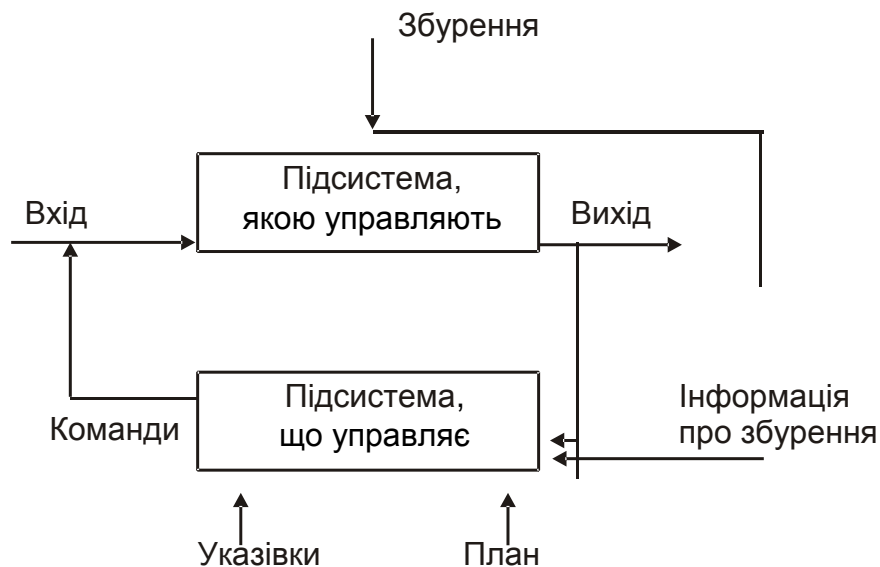
- збільшенням обсягу використання неметалічних матеріалів;

- виключенням екологічно небезпечних виробничих процесів;

- використанням прогресивного обладнання, створенням інтегрованих виробництв.

Під час вивчення технологічних систем виділяють такі аспекти: кібернетичний, фізичний, економічний та ін. Це зумовлює появу різних моделей: кібернетичної (інформаційної), фізичної, економічної та ін.

*Кібернетичний аспект* технологічної системи (рис. 2.6) дозволяє характеризувати її за призначенням, оцінювати роль у ній людини, структуру, кроки управління та ін. (беруть до уваги тільки інформаційні зв'язки між елементами технологічної системи).



**Рис. 2.6. Схема управління технологічною системою (кібернетичний аспект): входом системи є зовнішнє відношення "навколишнє середовище – система", а виходом – "система – навколишнє середовище"**

*Економічний аспект* характеризується типом виробництва, спеціалізацією, економічністю, ефективністю, продуктивністю та ін.

*Фізичний аспект* характеризується матеріальними зв'язками. Фізичну сутність становлять: технологічні операції та обладнання, що реалізують їх; виробничий підрозділ або підприємство, тобто вся сукупність функціонально пов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів праці та виконавців, що виконують конкретний процес виробництва продукції. У поєднанні ці аспекти дають більш точне уявлення про реальну технологічну систему.

Фізичний аспект технологічної системи вивчають через матеріальну основу, різноманітні процеси виробництва: фізичні, хімічні, комбіновані (здіяні у виготовленні об'єкта виробництва).

### **Основні (функціональні) властивості технологічної системи**

Більшість властивостей технологічної системи впливає з функцій, виконуваних системою, і тісно пов'язано з вирішуваними завданнями. З огляду на те, що основною функцією системи є реалізація технологічних процесів виготовлення продукції з найменшими витратами, мінімальною собівартістю та заданим рівнем якості, необхідно створити умови

оптимального функціонування технологічної системи з урахуванням поставленої мети.

До основних (функціональних) властивостей технологічної системи належать: *точність, стійкість, стабільність, продуктивність, ефективність та надійність*, які забезпечують якість продукції, що виготовляють, і функціонування технологічної системи загалом.

Технологічна система, що функціонує може перебувати в одному зі станів: *справному* (відповідає всім вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації); *несправному* (не відповідає хоча б одній із вимог); *працездатному* (значення всіх параметрів системи, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам); *непрацездатному* (значення хоча б одного з параметрів системи не відповідає вимогам); *граничному* (подальше застосування системи за призначенням не допустиме або недоцільне, відновлення неможливе або недоцільне).

Перехід технологічної системи в інший стан відбувається, унаслідок її ушкодження або відмови, а також після ремонту.

*Ушкодження* – це подія, що полягає в порушенні справного стану технологічної системи за збереження працездатного стану.

*Відмова* – це подія, що полягає в порушенні працездатного стану технологічної системи.

Розрізняють три групи відмов технологічної системи: 1) за характером порушення працездатності; 2) за наявністю зв'язку з іншими об'єктами; 3) за параметрами якості.

До *першої групи* – за характером порушення працездатності – належать функціональна та параметрична відмови.

Функціональну відмову технологічної системи виявляють у повному або частковому припиненні її функціонування.

Параметричну відмову технологічної системи обчислюють на виході параметрів функціонування окремих її модулів за допустимі межі.

До *другої групи* зараховують власну та вимушену відмови технологічної системи.

Власну відмову ТС викликано порушенням працездатного стану її складових елементів і функціональних зв'язків між ними.

Вимушену відмову обумовлено порушенням регламентованих для цієї технологічної системи умов виробництва.



До *третьої групи* входять відмови технологічної системи за параметрами продукції, продуктивністю та витратами.

Перехід технологічної системи у граничний стан спричиняє тимчасове або остаточне припинення застосування системи за призначенням.

У процесі аналізу технічного стану технологічної системи слід розрізняти й такі види систем: обслуговувана й необслуговувана, відновлювана й невідновлювана, ремонтпридатна й неремонтпридатна.

Для *неремонтпридатних* технологічних систем характерним є граничний стан двох видів: перший вид збігається з непрацездатним станом, а другий – подальше її застосування за призначенням, відповідно до певних критеріїв, яке неприпустимо, у зв'язку з небезпекою та шкідливістю використання (цей перехід технологічної системи відбувається до виникнення відмови).

Для *ремонтпридатних* технологічних систем можливі три види граничних станів. Для двох видів характерним є зупинка технологічної системи для капітального або середнього ремонту (тимчасове припинення використання технологічної системи), а для третього виду – остаточне припинення використання технологічної системи за призначенням. Технологічна система із граничного стану у працездатний переходить після ремонту, за якого відбувається відновлення ресурсу технологічної системи загалом.

Найважливішими властивостями технологічної системи є: точність, стійкість, стабільність, продуктивність та показники її ефективності.

Під *точністю* технологічної системи розуміють ступінь відповідності вихідного параметра технологічної системи вимогам технічних умов, тобто здатність системи зберігати точність вихідного параметра в часі.

*Стабільність* – це властивість технологічної системи зберігати сталість у часі значень параметрів, що обумовлює надійність забезпечення необхідної точності вихідного параметра.

*Стійкість* дозволяє: оцінити ступінь збереження початкової точності технологічної системи та виявити резерви підвищення ступеня автоматизації; визначити вихідні дані для обґрунтованого налагодження технологічної системи за заданою ознакою якості; визначити момент запобіжного налагодження технологічної системи.

*Продуктивність праці* – це показник, що відображає масштаб, характер та умови виробництва, кількість продукції, що виготовляють технологічною системою за конкретний період часу (годину, зміну, місяць, рік), його визначено витратами робочого часу на одиницю продукції.

У процесі створення технологічної системи необхідно розраховувати на більш високу продуктивність на основі врахування наявних науково-технічних досягнень у сфері їхнього створення. У практиці аналізу технологічних систем із погляду продуктивності використовують оперативний  $t_{оп.}$  і штучний  $t_{шт.}$  час виготовлення виробів:  $Q_{ц} = 1/t_{оп.}$  – це циклова продуктивність;  $Q_{н} = 1/t_{шт.}$  – це номінальна продуктивність.

В основі розрахунку продуктивності технологічної системи лежить теорія продуктивності машин і праці, запропонована професором Г. А. Шаумяном, яка відображає основні положення:

- кожна робота для свого виконання потребує витрат часу та праці;
- продуктивно витраченим вважають той час, який витрачають на основні процеси виготовлення (обробку, складання, монтаж, контроль та ін.), решта часу – непродуктивно витраченого – це втрати;
- в ідеальній технологічній системі відсутні втрати часу на холості ходи та простої;
- продуктивність технологічної системи межі не має;
- усі технічні засоби, що входять до технологічної системи, мають єдину основу автоматизації;
- технологічну систему характеризують за темпами зростання продуктивності праці.

На продуктивність технологічної системи впливають витрати праці на створення, обслуговування й експлуатацію системи.

Виділяють три компоненти витрат: одноразові витрати минулої праці, необхідні для створення технологічної системи; поточні витрати минулої праці, які містять частину матеріалізованої праці; поточні витрати живої праці обслуговуваних робітників, які, використовуючи засоби, створюють нові матеріальні цінності.

Якість функціонування технологічної системи оцінюють показниками ефективності, які кількісно обчислюють ступінь пристосованості технологічної системи до виконання поставлених завдань. Основні характеристики ефективності: економічна ефективність (вартісна), пропускна спроможність, термін окупності витрат на створення технологічної системи, надійність.

*Надійність* – це властивість об'єкта (технологічної системи) зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах

та умовах застосування, технічного обслуговування й ремонту. Надійність – це складна властивість, яка, залежно від призначення й умов функціонування технологічної системи, складається з поєднань таких властивостей, як безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість.

*Безвідмовність* – це властивість технологічної системи безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого напрацювання.

*Довговічність* – це властивість технологічної системи зберігати працездатний стан до настання граничного стану за встановленої системи обслуговування та ремонту.

*Ремонтпридатність* – це властивість технологічної системи, що полягає у пристосованості до запобігання виникненню відмов, ушкоджень та виявлення їхніх причин і підтримці, відновленню працездатного стану шляхом здійснення технічного обслуговування та ремонту.

*Збереженість* – це властивість технологічної системи зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом терміну служби, включно з терміном зберігання та функціонування (дві складові частини зберігання). Слід розрізняти збереженість технологічної системи до введення в експлуатацію та в період експлуатації після зберігання (вимушеної зупинки). У другому випадку термін зберігання входить складовою частиною в термін служби ТС.

*Напрацювання* – це тривалість або обсяг роботи технологічної системи.

*Напрацювання до відмови* – це напрацювання технологічної системи від початку її експлуатації або її відновлення після ремонту певного виду до переходу у граничний стан.

*Термін служби* – це календарна тривалість від початку експлуатації технологічної системи або її відновлення після ремонту певного виду до переходу у граничний стан.

*Час відновлення працездатного стану* – це тривалість відновлення працездатного стану технологічної системи.

Надійність технологічної системи оцінюють на стадіях проектування та виготовлення (розроблення технологічної системи), а також на стадії експлуатації (чинна технологічна система).

Оцінювання надійності чинних технологічних систем містить визначення фактичних значень показників надійності й перевірку виконання вимог за надійністю.

Результати оцінювання надійності технологічної системи мають використовувати для нормування показників надійності розроблюваних технологічних систем; розроблення та визначення ефективності заходів із підвищення надійності технологічної системи; оптимізації методів експлуатації, обслуговування та ремонту засобів технологічного оснащення; вибору оптимального варіанта проєктованого технологічного процесу (операції); оптимізації технологічних маршрутів і режимів обробки; вибору засобів технологічного оснащення; установлення ритму випуску; визначення періодичності заміни інструменту; установлення чинників, що призводять до відмов.

Усю сукупність показників надійності технологічної системи розподіляють на основні й комплексні.

До *основних показників надійності* належать:

- установлене безвідмовне напрацювання (установлений ресурс, установлений термін служби) технологічного комплексу;
- імовірність безвідмовної роботи технологічної системи за параметрами продукції (показниками продуктивності, витратами);
- призначене напрацювання технологічного комплексу до налагодження;
- імовірність виконання технологічною системою завдання та завдань за обсягом випуску.

*Імовірність безвідмовної роботи* технологічної системи за параметрами продукції (показниками продуктивності, витратами) – це ймовірність того, що в межах заданого напрацювання не буде відмови технологічної системи за параметрами продукції, що виготовляють.

*Призначене напрацювання* технологічного комплексу до проміжного налагодження є напрацюванням технологічного комплексу, після закінчення якого необхідно зробити налагодження засобів технологічного оснащення.

*Імовірність виконання технологічною системою завдання* – це ймовірність того, що випуск технологічною системою придатної продукції та витрати на її виготовлення за аналізований період будуть відповідати вимогам науково-технічної документації.

*Імовірність виконання технологічною системою завдання за обсягом* – це ймовірність того, що обсяг випуску технологічної системи придатної продукції за розглянутий інтервал часу буде виконано.

До *комплексних* показників надійності технологічної системи належать такі коефіцієнти: використання технологічної системи, виходу придатної продукції для технологічної системи, збереження продуктивності, витрати і-го виду матеріальних (вартісних) витрат, готовності технологічної системи.

*Коефіцієнт використання* технологічної системи визначає відношення середньої тривалості перебування системи у працездатному стані до значення номінального фонду часу за розглянутий інтервал часу.

*Коефіцієнт виходу придатної продукції* характеризує відношення середнього значення обсягу придатної продукції до обсягу всієї виготовленої системою продукції за розглянутий інтервал часу.

*Коефіцієнт збереження продуктивності* характеризує відношення середнього значення обсягу випуску технологічною системою придатної продукції за розглянутий інтервал часу до його номінального значення, обчисленого за умови, що відмови системи не виникають.

*Коефіцієнт витрати* і-го виду матеріальних (вартісних) витрат – це відношення середньої витрати і-го виду матеріальних (вартісних) витрат на виготовлення продукції за розглянутий інтервал часу до його номінального значення, обчисленого за умови, що відмови технологічної системи не виникають.

Найважливішими властивостями технологічної системи також є гнучкість і здатність до адаптації, висока інтенсивність, малостадійність та малоопераційність, маловідходність і безвідходність.

Під *адаптацією* розуміють таку реакцію на зміну внутрішнього або зовнішнього середовища, яка протидіє зниженню ефективності функціонування системи.

*Гнучкість* технології необхідна як дискретним, так і безперервним виробництвам. Безперервні виробництва більшою мірою піддають автоматизації та комп'ютеризації. Автоматизація виробництва в поєднанні з її гнучкістю дозволяє легко здійснювати перехід на випуск нового виду продукції, використання нової сировини та ін. У гнучкому автоматизованому виробництві переналадження стає органічною частиною технології та здійснюється автоматично. Гнучкість технології забезпечує зростання продуктивності праці як в основному, так і допоміжному виробництві, скорочує технологічний цикл, дозволяє краще застосовувати сучасне обладнання.

*Малостадійність і малоопераційність технологічної системи* дозволяє значно підвищити продуктивність праці та скоротити потребу у виробничих площах.

Для функціонування виробничої системи велике значення мають принципи її організації; безперервність, ритмічність, замкнутість.

*Безперервність і ритмічність* забезпечують найкращі умови функціонування.

*Принцип замкнутості багаторазових циклів* сприяє створенню високоефективних безвідхідних технологічних систем.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Що означає поняття "технологічна система"?
2. Яка мета створення технологічних систем?
3. Що означає поняття "система"?
4. Що відображають поняття "вхід" та "вихід" у технологічній системі?
5. Поясніть вираз "послідовність перетворень як форма технологічного процесу".
6. Наведіть графічно та поясніть модель перетворень.
7. Наведіть графічно та поясніть модель технологічного процесу виготовлення деталі.
8. Сформулюйте загальні принципи розроблення конкретного технологічного процесу.
9. Назвіть класифікаційні ознаки технологічних систем.
10. Охарактеризуйте послідовну й паралельну технологічні системи.
11. Охарактеризуйте комбіновану технологічну систему.
12. У чому полягають переваги паралельної системи?
13. Чим відрізняється революційний розвиток систем технологічних процесів від еволюційного розвитку?
14. Що означає "оптимізація технологічних систем"?
15. Назвіть основні (функціональні) властивості технологічної системи та наведіть їхні характеристики.

**Література:** [44; 52; 60; 65; 68].

### 3. Явища, на яких ґрунтується функціонування технологічних систем

#### 3.1. Технологічні процеси на основі фізичних явищ

Усю різноманітність процесів, що використовують технологією, із погляду їхньої природної сутності можна умовно розподілити на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні та, очевидно, процеси мислення. Ця класифікація є дуже спрощеною, але вона не виключає реалізацію більш складних процесів: фізико-хімічних, біохімічних, біофізичних та ін. [52].

*Фізичні процеси* пов'язано з такими перетвореннями предмета праці на продукт, за яких не відбувається суттєвих змін хімічної структури вихідних продуктів. Усі фізичні процеси, що використовують у технології, можна розподілити на такі групи: механічні процеси; гідромеханічні процеси; теплові процеси; масообмінні процеси.

Елементами *технологічної системи* є умовно неподільні одиниці – технологічні апарати, у яких відбуваються цілеспрямовані технологічні процеси фізичної, хімічної та біологічної природи.

*Технологія металів* – це наука, що охоплює як виготовлення металів із сировини, і заснована на зміні її хімічного складу, хімічних і фізичних властивостей, включно з металургією, так і на зміну форми, структури та фізичних властивостей оброблюваних заготовок і деталей, включно з ливарним виробництвом, зварюванням, паянням, механічною обробкою металів (обробкою металів тиском і різанням та ін.), електрофізичні й електрохімічні методи обробки металів, нанесення на метал захисних покриттів та ін.

*Металургія* – це галузь науки та техніки, що охоплює процеси виготовлення металів із руд або інших матеріалів, а також процеси, пов'язані зі зміною хімічного складу, структури та властивостей металевих сплавів. Охоплює підготовку сировини (збагачення та ін.) і добування із сировини металів, виробництво з них сплавів, термічну обробку, хіміко-термічну обробку, термомеханічну обробку металів, обробку металів тиском, включно з куванням, штампуванням, прокатуванням, волочінням тощо [52].

*Технології машинобудування* займаються вивченням та розробленням технологічних процесів, включно з конструюванням та виробництвом різних машин і приладів. До них належать: технічні розрахунки, вибір

матеріалів і способів їхньої обробки, контроль за якістю, способи виготовлення деталей та з'єднання деталей і вузлів, проектування машинобудівних заводів та організацію виробництва на них [37].

Механічні технологічні процеси (МТП) – це процеси, у яких змінюють форму, геометричні розміри, фізичні властивості матеріалу, виконують з'єднання деталей у складальні одиниці та вироби, здійснюють контроль за вимогами креслення та технічними умовами (рис. 3.1).

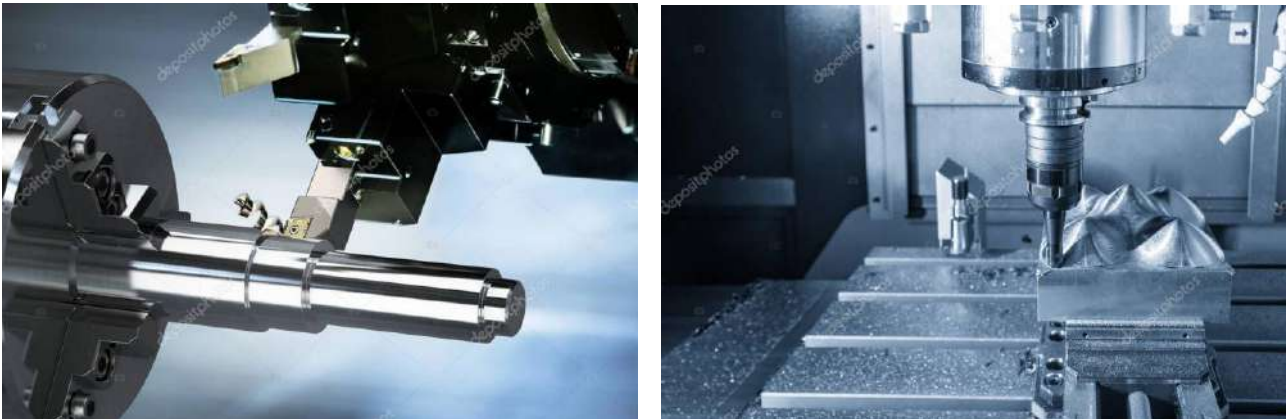


Рис. 3.1. Механічні технологічні процеси

Структура машинобудівних виробництв містить такі етапи: вибір матеріалу, виготовлення заготовок, обробку заготовок і виробництво деталей, складання виробу.

До механічних технологічних процесів належать усі види виробництва складних механізмів, приладів, обладнання, побутової техніки, меблеве виробництво, виробництво виробів легкої промисловості тощо.

До основних механічних технологічних процесів слід зарахувати процеси різання матеріалів, тому важливо розглянути їхні фізичні закономірності та технологічні можливості.

### 3.2. Технологічні процеси різання матеріалів

Нині процеси різання металів найбільше застосовують під час виготовлення деталей машин. Процес різання – це механічний процес, у якому під дією навантаження з боку різального інструмента відбувається видалення (зрізування) металу з поверхні оброблюваної деталі. Процес різання здійснюють на металорізальному верстаті, на якому кріплять деталь, що обробляють, та інструмент. Верстат забезпечує певні рухи



оброблюваної деталі та інструмента під час різання. Від технічного стану верстата залежать точність і якість виготовлення деталей, продуктивність та собівартість обробки. Очевидно, чим жорсткіший верстат, тим вища точність обробки, чим більша потужність верстата, тим вища продуктивність. Чим значніша технологічна оснащеність верстата, наприклад, системою числового програмного управління, тим більш складну деталь можна виготовити на верстаті з вищою точністю та продуктивністю.

### **Основні рухи під час обробки металів різанням**

У загальному вигляді поверхні деталей можуть бути прямолінійними та криволінійними (наприклад, плоскими, циліндричними та ін.). Для того щоб здобути задану поверхню, необхідно реалізувати на верстаті певну кінематичну схему обробки, надаючи деталі та інструменту відповідних рухів. Для цього в металорізальних верстатах використовують відповідні поєднання рівномірного прямолінійного й обертального руху деталі та інструмента. Прийнято вважати, що практично будь-яку геометричну поверхню деталі можна виготовити, якщо використовувати одну з восьми груп рухів [6]:

- 1 – один прямолінійний рух;
- 2 – два прямолінійні рухи;
- 3 – один обертальний рух;
- 4 – один обертальний та один прямолінійний рухи;
- 5 – два обертальні рухи;
- 6 – два прямолінійні та один обертальний рухи;
- 7 – два обертальні та один прямолінійний рухи;
- 8 – три обертальні рухи.

Наведені вісім груп рухів визначають різні методи обробки: точіння, розточування, свердління, фрезування, нарізування, різьблення, шліфування та ін. Наприклад, дві перші групи визначають методи обробки площин. Наступні групи – методи обробки циліндричних поверхонь та ін. Найбільш поширені перша та третя групи рухів.

Один із рухів, що надають інструменту або деталі, називають рухом різання, а інший – рухом подачі.

Рух *різання* – це рух, необхідний для здійснення процесу перетворення зрізаного шару на стружку.

Рух *подачі* – це рух, необхідний, щоб процес відбувався безперервно або періодично.

Швидкість руху різання називають *швидкістю різання*, а швидкість руху подачі називають просто *подачею*. Швидкість різання в багато разів більша за швидкість подачі.

Рух різання може здійснювати як деталь, так і інструмент (наприклад, під час стругання). Залежно від того, здійснюють рухи різання й подачі одночасно або в різний час, усі інструменти розподіляють на дві групи: інструменти із простим і складним робочим рухом. Якщо рух подачі відсутній тоді як відбувається рух різання, то інструмент має *простий* робочий рух. Якщо рух різання й рух подачі відбуваються одночасно, то інструмент має *складний* робочий рух. Так, стругальний різець здійснює простий робочий рух, а токарний різець під час поздовжнього точіння (рис. 3.2) – складний рух, оскільки оброблювана деталь обертається, а інструмент виконує рух уздовж оброблюваної циліндричної поверхні. Більшість інструментів має складний рух.

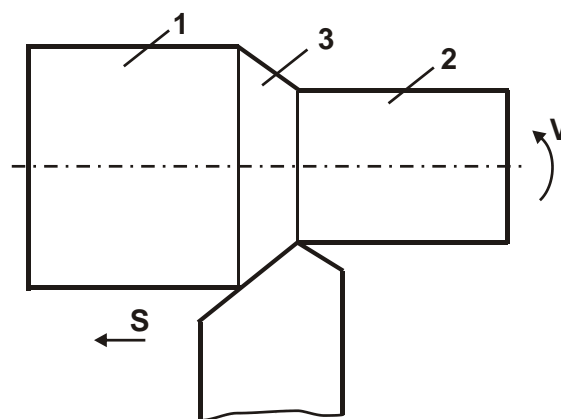


Рис. 3.2. **Схема поздовжнього точіння**

У процесі різання розрізняють три поверхні (див. рис. 3.2):

1 – оброблювана поверхня (поверхня, яка зникає під час різання);  
2 – оброблена поверхня (поверхня, яка утворюється після зняття припуску);

3 – поверхня різання (поверхня, безпосередньо утворена лезом інструмента у процесі різання, вона є перехідною та зникає після різання).

### **Основні конструктивні та геометричні параметри різального інструмента**

Для можливості інструменту здійснювати процес різання, його різальну частину має бути окреслено певними поверхнями. Розгляньте різець

(рис. 3.3). Її робоча частина складається з передньої поверхні 1, уздовж якої під час різання сходять стружка, що утворюється; задньої поверхні 2, яка у процесі різання прилягає до поверхні різання; допоміжної задньої поверхні 3, спрямованої до обробленої поверхні. Передня та задня поверхні інструмента можуть бути ввігнутими, випуклими або плоскими. Перетин передньої та задньої поверхонь інструмента утворює головне лезо 4, а перетин передньої та допоміжної задньої поверхні інструмента – допоміжне лезо 5. Між головним і допоміжним лезами розміщено перехідне лезо 6, яке утворено перетином передньої поверхні з перехідною задньою поверхнею 7.

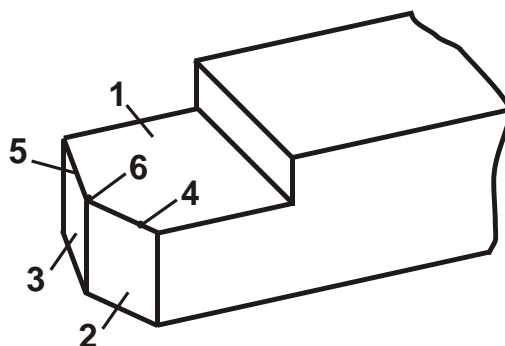


Рис. 3.3. Загальний вигляд різальної частини різця

Для простоти виготовлення перехідне лезо окреслюють дугою кола або прямою лінією. У деяких інструментах перехідне лезо відсутнє й тоді головне та допоміжне леза перетинаються в точці, яку називають *вершиною інструмента*. Залежно від типу інструмента, допоміжних задніх поверхонь може бути більше ніж одна (у відрізного різця), а може й не бути (в осьовій циліндричній фрези). Якщо у процесі обробки бере участь тільки одне головне лезо, то таке лезо називають *вільним*. Якщо у процесі обробки беруть участь головне, допоміжне й перехідне леза, то таке різання називають *невільним*. Для визначення геометричних параметрів різця розгляньте його у трьох взаємно перпендикулярних площинах I, II та III (рис. 3.4), де I – опорна площина (площина креслення); II – бічна площина; III – площина, перпендикулярна площинам I та II. Проведіть головну січну площину NN (що проходить перпендикулярно головному лезу) та допоміжну січну площину  $N_1N_1$  (що проходить перпендикулярно допоміжному лезу) [6].

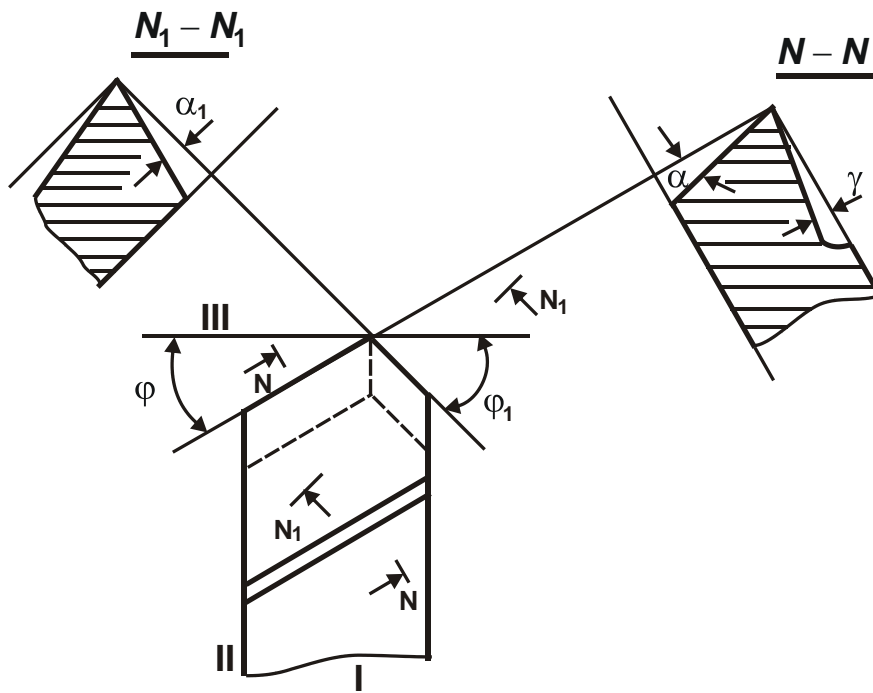


Рис. 3.4. Геометричні параметри різця

Зважаючи на таке геометричного уявлення положення головного леза, різця буде визначено головним кутом різця у плані  $\varphi$ , а положення допоміжного леза – допоміжним кутом різця у плані  $\varphi_1$ .

Положення передньої поверхні різця визначено переднім кутом  $\gamma$  (він може бути додатним і від'ємним), положення задньої поверхні різця – заднім кутом  $\alpha$ , а положення допоміжної задньої поверхні – заднім кутом  $\alpha_1$ . Положення головного леза відносно опорної площини визначено ще кутом  $\lambda$  (кутом нахилу головного леза). Він може бути додатним і від'ємним.

### Елементи різання та розміри зрізаного шару під час точіння

Розгляньте елементи різання й розміри зрізаного шару за поздовжнього точіння, що є найбільш поширеним методом обробки циліндричних поверхонь деталей (рис. 3.5). Рух різання (обертальний рух) здійснює деталь, що обробляють, а рух подачі – різець.

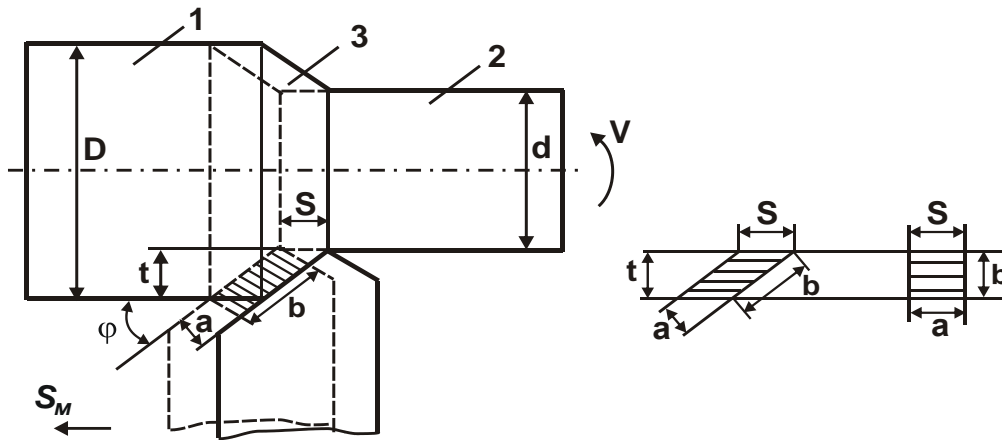


Рис. 3.5. Параметри зрізу під час поздовжнього точіння:  
**1 – оброблювана поверхня; 2 – оброблена поверхня;**  
**3 – поверхня різання**

Швидкість різання  $V$  (у м/хв) можна визначити за такою залежністю:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000}, \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної деталі, мм;  
 $n$  – кількість обертів деталі на хвилину.

Як випливає із залежності (3.1), збільшити швидкість різання  $V$  можна шляхом збільшення кількості обертів деталі на хвилину  $n$ .

Швидкість руху подачі можна описати двома параметрами: хвилинною подачею різця  $S_{\text{хв.}}$  (у мм/хв), і подачею на один оберт деталі (мм/об.). Ці два параметри пов'язано таким відношенням:

$$S = \frac{S_{\text{хв.}}}{n}. \quad (3.2)$$

У процесі різання з оброблюваної деталі за один прохід інструмента видаляють шар металу товщиною  $t$ , що вимірюють уздовж нормалі до напрямку руху подачі. Цю товщину прийнято називати глибиною різання  $t$  (у мм), і її визначають такою залежністю:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.3)$$

де  $D$ ,  $d$  – діаметри оброблюваної та обробленої поверхонь деталі, мм.

Товщину  $a$  й ширину  $b$  зрізу виходячи з рис. 3.5 визначають таким чином:

$$a = S \cdot \sin \varphi; \quad (3.4)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}. \quad (3.5)$$

Як видно з рис. 3.5, площа поперечного перерізу зрізу, що визначають добутком товщини  $a$  та ширини  $b$  зрізу з урахуванням залежностей (3) – (6), дорівнює добутку параметрів режиму різання  $S \cdot t$ . Отже, площа поперечного перерізу зрізу не залежна від товщини  $a$  й ширини  $b$  зрізу, а залежна від подачі  $S$  та глибини різання  $t$ .

На практиці, залежно від співвідношення товщини  $a$  й ширини  $b$  зрізу, реалізують три форми перетину зрізаного шару:

- 1)  $b < a$  (шар, що зрізують, – прямий);
- 2)  $b = a$  (шар, що зрізують, – рівнобокий);
- 3)  $b > a$  (шар, що зрізують, – зворотний).

Необхідно зазначити, що другий і третій випадки зустрічають рідко (під час чистового точіння широкими різцями та з великими подачами).

### Елементи конструкції, геометричні параметри гвинтового свердла та розміри зрізаного шару під час свердління

Гвинтові свердла призначено для свердління й розсвердлювання отворів, глибина яких не перевищує десяти діаметрів свердла. Свердло складається з робочої та хвостової частин (рис. 3.6).

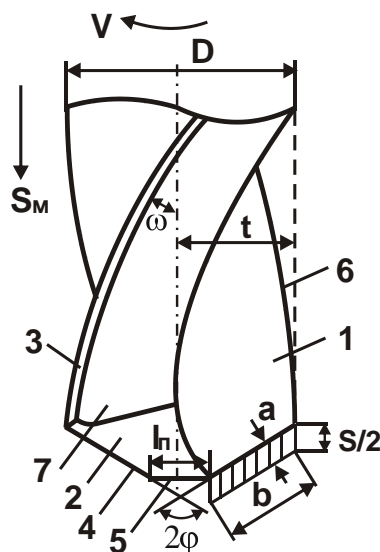


Рис. 3.6. Загальний вигляд свердла

*Хвостову частину* призначено для закріплення свердла на верстаті. *Робоча частина* складається із двох частин: різальної та напрямної. На *різальній частині* розміщено леза свердла. На *напрямній частині* є дві напрямні фаски, якими свердло центрують в отворі, та дві гвинтові стружкові канавки, призначені для транспортування стружки з отвору. Передня поверхня 1 є лінійчатою гвинтовою поверхнею, яка плавно сполучається із криволінійною гвинтовою поверхнею неробочої частини стружкової канавки.

Задня поверхня 2 здебільшого є конічною поверхнею з віссю, що перехрещується з віссю свердла під деяким кутом [6].

Допоміжна задня поверхня (фаска) 3 є частиною конічної поверхні з дуже малою конусністю, вісь якої збігається з віссю свердла. Для зменшення тертя між свердлом і стінкою отвору спинку свердла 7 занижено відносно фаски. Головне лезо свердла 4 можна вважати прямолінійним. У результаті перетину двох задніх поверхонь утворюється лезо 5, назване поперечним лезом або перемичкою. Допоміжне лезо 6 є конічною гвинтовою лінією з дуже незначною конусністю. Таким чином, свердло має дві передні, задні й допоміжні задні поверхні, два головні й допоміжні леза та поперечне лезо.

Головні леза перехрещуються під кутом  $2\varphi$ , що називають *подвійним кутом* у плані ( $2\varphi = 120^\circ$  – для стандартних свердел). Кут  $2\varphi$  може змінюватися в межах  $2\varphi = 90 \dots 140^\circ$ . Щоб вилучити затиснення свердла в отворі, напрямну частину свердла, виготовляють зі зворотною конусністю, яка дорівнює 0,04 – 0,1 мм на 100 мм довжини свердла. Кут  $\psi$  є *кутом нахилу перемички* (це кут між проєкціями головних лез і перемичкою на площині, що змінюється в межах  $\psi = 0 \dots 50^\circ$ ).

Кут  $\omega$  називають *кутом нахилу гвинтової канавки*. Це кут між дотичною до гвинтової лінії канавки та віссю свердла. Цей кут є змінним. Так, для точок леза, що наближаються до перемички, він зменшується. Для периферійної точки леза (стандартного свердла) кут нахилу перемички  $\omega = 25 \dots 30^\circ$ .

Передній кут  $\gamma$  вимірюють у площині, що є нормальною до головного леза. Установлено формулу для його визначення:

$$\operatorname{tg} \gamma \approx \frac{\rho}{R} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}, \quad (3.6)$$

де  $\rho$ ,  $R$  – поточне та максимальне значення радіуса свердла ( $\rho < R$ ), мм.

Зважаючи на залежність (3.6), кут  $\gamma$  є змінним, його визначають величиною  $\rho$ : зі зменшенням  $\rho$  він зменшується, тобто біля перемички він найменший.

Кут  $\alpha$  – це *задній кут свердла*. Його розглядають не у площині NN, а площині MM, дотичній до твірної циліндра, що проходить через задану точку головного леза. Кут  $\alpha$  є змінним. На відміну від кута  $\gamma$ , він збільшується, наближаючись до перемички. На кресленні свердла кут  $\alpha$  задають у периферійній точці головного леза, де його легко виміряти (для свердел до  $\varnothing 15$  мм – кут  $\alpha = 11 \dots 14^\circ$ , для свердел  $\varnothing 15 \dots 80$  мм –  $\alpha = 8 \dots 11^\circ$ ).

Свердління, як і точіння, засновано на поєднанні двох рівномірних рухів: обертального та поступального.

*Обертальний рух* свердла (або деталі) є рухом різання. На свердлильних верстатах рух різання виконує інструмент, а на револьверних верстатах – деталь (у патроні).

*Поступальний рух* інструмента є рухом подачі. Швидкість цього руху називають *хвилинною подачею*  $S_{\text{хв}}$  і вимірюють у мм/хв. Є таке поняття, як подача на оберт  $S$  інструмента або деталі й подача на зуб інструмента  $S_z = S/z$  (у мм), де  $z = 2$  (два зуби).

На рис. 3.6 подано кінематичну схему процесу свердління, за якою розраховують товщину  $a$  та ширину  $b$  зрізу:

$$a = \frac{S}{2} \cdot \sin \varphi; \quad (3.7)$$

$$b = \frac{D - l_n}{2 \cdot \sin \varphi}, \quad (3.8)$$

де  $l_n$  – довжина перемички, мм;

$D$  – діаметр свердла, мм.

На основі залежностей (3.7) і (3.8) можна встановити площу поперечного перерізу зрізу, що визначають добутком товщини  $a$  та ширини  $b$  зрізу.

Глибина різання під час свердління дорівнює  $t = D/2$  (у мм), швидкість різання  $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\,000}$  (м/хв), де  $n$  – кількість обертів свердла на хвилину.



## Елементи конструкції та геометричні параметри мітчика

Для нарізування різі в отворах використовують мітчики, які бувають ручними, машинними та гайковими.

*Ручні мітчики* призначено для нарізування різі вручну, вони працюють у комплекті із двох або трьох штук.

*Машинні мітчики* застосовують на токарних, револьверних, свердильних верстатах та автоматах, пневматичних або електричних дрелях.

*Гайкові мітчики* призначено для нарізування гайок, застосовують на спеціальних гайконарізних автоматах.

Робоча частина мітчика складається із двох частин: різальної та напрямної (рис. 3.7).

*Різальну частину* призначено для нарізування різі.

*Напрямна частина* центрує мітчик в отворі, переміщує його вздовж осі отвору та калібрує різь, нарізане різальною частиною [6].

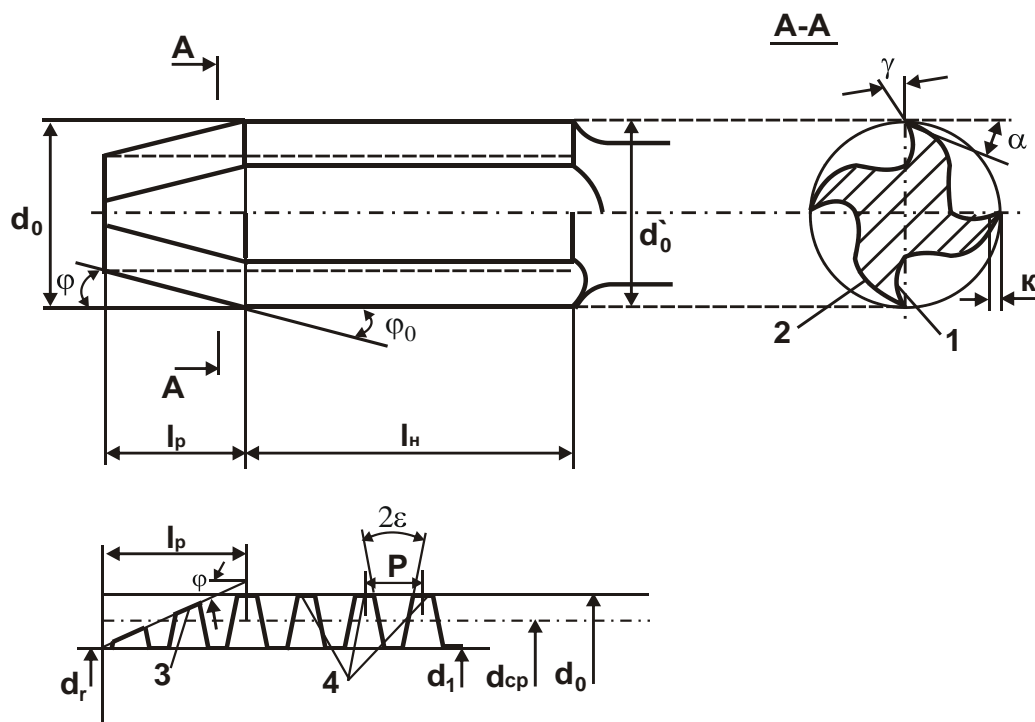


Рис. 3.7. Загальний вигляд мітчика та його конструктивних елементів

Стружкові канавки виконують прямими, паралельними осі інструмента. Передня поверхня 1 зуба мітчика є площиною, що плавно сполучається із дном стружкової канавки. Різальна частина мітчика за зовнішнім діаметром різі є конічною (різі формують поетапно). Задня поверхня зуба 2 є спіраллю Архімеда, її виконують шліфуванням (затилюванням)

на спеціальних затилувальних верстатах. Головне лезо 3 є лінією, виконаною під нахилом із кутом  $\varphi$  до осі мітчика. Допоміжні леза 4 стружку не зрізають, а формують нарізний профіль. Їхній нахил визначено кутом  $2\varepsilon$  профілю різи.

Елементами різальної частини мітчика є довжина  $l_p$  і кут  $\varphi$  нахилу різальної частини, а також крок різи  $P$ .

У машинних мітчиків для обробки наскрізних отворів довжина різальної частини дорівнює  $l_p = (5 \div 6) \cdot P$ , для обробки глухих отворів –  $l_p = (1,5 \div 2) \cdot P$ ; у гайкових мітчиків –  $l_p = (10 \div 12) \cdot P$ .

У ручних мітчиків, що працюють у комплекті із трьох штук, у першого мітчика  $l_p = 5 \cdot P$ ; у другого –  $l_p = 2,5 \cdot P$ ; у третього –  $l_p = 1,5 \cdot P$ .

Кут нахилу різальної частини  $\varphi$  визначено залежністю:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d_0 - d_T}{2 \cdot l_p}, \quad (3.9)$$

де  $d_T = d_1 - (0,1 \div 0,3)$ , мм.

Із залежності (10) випливає, що зі збільшенням величини  $l_p$  кут нахилу різальної частини  $\varphi$  зменшується (див. рис. 3.7).

Напряму частину мітчика за трьома діаметрами:  $d_0$ ,  $d_1$ ,  $d_{\text{сер}}$  виконують зі зворотною конусністю (для зменшення тертя) із кутом зворотного конуса  $\varphi_0$ . Мітчики з діаметром  $d_0 = 2 \dots 36$  мм виконують із кількістю зубів  $z = 3 \dots 4$ , а з діаметром  $d_0 = 39 \dots 52$  мм –  $z = 4 \dots 6$ . Більша кількість зубів погіршує відведення стружки. Передній кут  $\gamma \approx 5 \dots 25^\circ$ . Величину затилування визначено залежністю:

$$K = \frac{\pi \cdot d_0}{z} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.10)$$

Кут установлюють таким, що дорівнює  $8 \dots 12^\circ$ . За залежністю (3.10) розраховують величину затилування  $K$  й округлюють до 0,5 мм у більший бік. Цю величину проставляють на кресленні, згідно з нею вибирають затилувальний кулачок на верстаті. Кут  $\alpha$  на кресленні не проставляють. Напряму частину мітчика не затилують, оскільки кут  $\alpha = 0$ .

Розгляньте елементи різання. Мітчик є інструментом із простим рухом, оскільки осьове переміщення не є рухом подачі (як під час точіння та свердління). Тут є тільки рух різання із заданою швидкістю. Товщину зрізу  $a$  можна визначити з рис. 3.8.

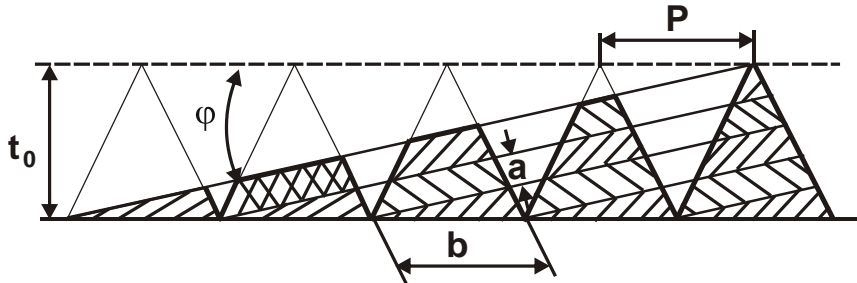


Рис. 3.8. Схема формування різі

Зважаючи на залежність (3.11), товщина зрізу  $a$  тим більша, чим більший крок різі  $P$  та менша кількість зубів  $z$ .

$$a = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi. \quad (3.11)$$

Ширина зрізу  $b$  є змінною величиною. На рис. 3.8 показано глибину профіля різьби  $t_0$ .

### Елементи конструкції та геометричні параметри осьової циліндричної й торцевої фрез

Осьова циліндрична фреза працює в умовах вільного різання, тому на кожному її зубі є тільки одне лезо, яке є головним. Кількість зубів установлюють, залежно від діаметра  $D$ , за емпіричною залежністю [53]:

$$z = m \cdot \sqrt{D}, \quad (3.12)$$

де  $m$  – коефіцієнт пропорційності (із великим зубом  $m = 1,05$ , із дрібним зубом –  $m = 2$ ).

Для вільного розміщення стружки (на відміну від залежності (3.12)) кількість зубів  $z$  необхідно встановлювати за такою залежністю:

$$z = \frac{0,2 \cdot D}{t_{\max}^{0,5} \cdot z_{\max}^{0,5}}, \quad (3.13)$$

де  $t$  – глибина різання, м;  
 $a_z$  – подача на зуб.

Кількість зубів  $z$  змінюється в межах  $z = 6 \div 14$ .

Для забезпечення плавної роботи фрези та для збільшення кількості зубів, що одночасно працюють, фрези мають гвинтову стружкову канавку (рис. 3.9).

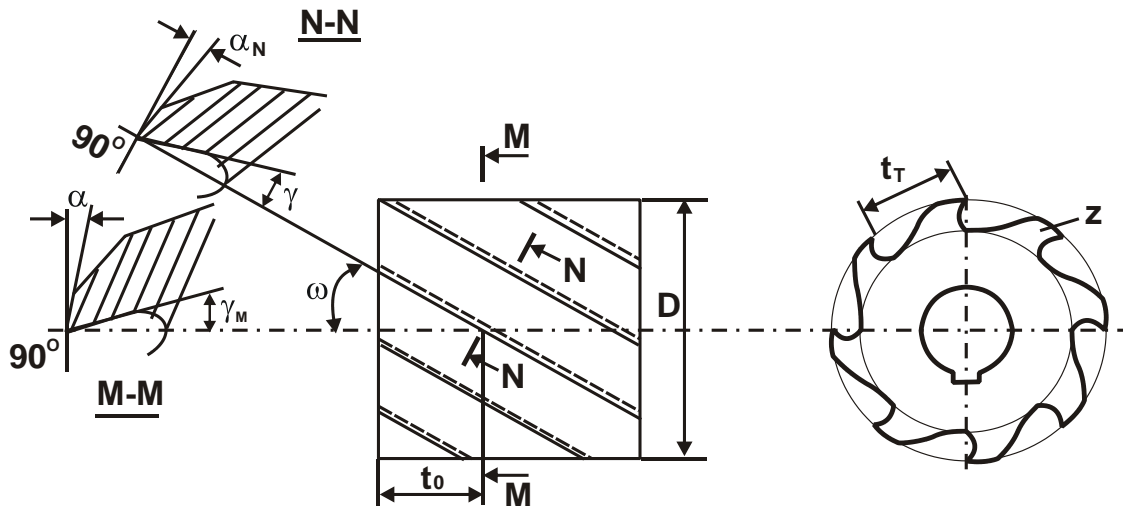


Рис. 3.9. Загальний вигляд осьової циліндричної фрези та її конструктивних елементів

Залежно від напрямку обертання на верстаті, фрези бувають ліворізальними (що обертаються за годинниковою стрілкою) та праворізальними (що обертаються проти годинникової стрілки). Для стандартних фрез кут  $\omega$  нахилу гвинтової канавки дорівнює  $25 \dots 35^\circ$ . Відстань  $t_T$  між двома зубами називають *торцевим кроком*:

$$t_T = \frac{\pi \cdot D}{z}, \quad (3.14)$$

де  $z$  – кількість зубів.

Відстань  $t_0$  між двома зубами вздовж осі фрези називають *осьовим кроком*:

$$t_0 = t_T \cdot \operatorname{ctg} \omega. \quad (3.15)$$

На основі залежностей (3.14) і (3.15) можна встановити геометричні параметри фрези.

Передня поверхня зуба фрези є лінійчатою гвинтовою поверхнею. Передній кут  $\gamma$  змінюється в межах  $5 \dots 25^\circ$ , задній кут  $\alpha = 15^\circ$  (для фрез із великим зубом  $m < 1,75$ ),  $\alpha = 20^\circ$  (для фрез із дрібним зубом  $m > 1,75$ ).

На рис. 3.9 показано торцевий передній  $\gamma_m$  і задній  $\alpha_n$  кути. Схему різання та час фрезування засновано на поєднанні двох рівномірних рухів: обертального й поступального (рис. 3.10).

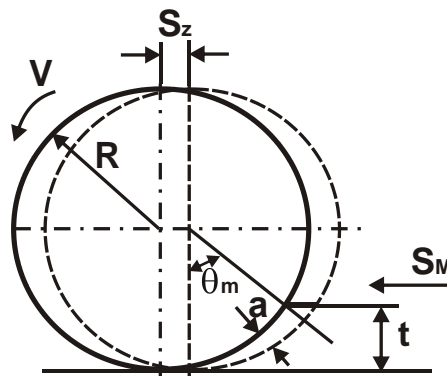


Рис. 3.10. Розрахункова схема фрезування

Товщина зрізу  $a$  є змінною величиною. Максимальну товщину зрізу визначають за такою залежністю:

$$a_{\max} = S_z \cdot \sin \theta_m, \quad (3.16)$$

де  $\theta_m = \frac{R-t}{R} = 1 - \frac{2 \cdot t}{D}$  – максимальний кут контакту;

$S_z = \frac{S}{z}$  – подача на зуб, мм/зуб;

$t$  – глибина різання, мм.

Зважаючи на залежність (3.16), зменшити максимальну товщину зрізу  $a_{\max}$  можна, головним чином, шляхом зменшення подачі на зуб  $S_z$ .

Під час фрезування розрізняють хвилинну подачу  $S_m$  (у мм/хв), подачу на оберт фрези й подачу на зуб  $S_z$ .

### Фізичні основи процесу різання металів

Розгляньте фізику процесу різання та з'ясуйте, яким чином відбувається видалення металу з оброблюваної поверхні. Як відомо, процес різання – це механічний процес. Тому спочатку зробить аналіз механіки різання. Розгляньте розрахункову схему, показану на рис. 3.11. Під час різання з боку передньої поверхні різця на оброблюваний матеріал діють дві сили: нормальна  $N$  і тангенціальна  $f \cdot N$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя оброблюваного матеріалу з передньою поверхнею різця. Ці дві сили, зазвичай, проєктують на осі координат і розглядають дві складові сили різання:  $P_z$  і  $P_y$ , під дією яких в оброблюваному матеріалі виникає напруження зсуву  $\tau$  (дотичне напруження) [61].

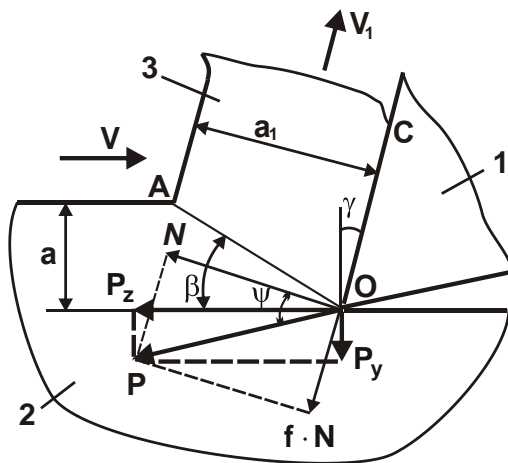


Рис. 3.11. Розрахункова схема процесу різання:  
1 – інструмент; 2 – оброблюваний матеріал; 3 – стружка

Дотичне напруження  $\tau$  в площині  $OA$  (див. рис. 3.11), розташована під певним кутом  $\beta$  до напрямку руху оброблюваного металу, визначають такою залежністю:

$$\tau = \frac{Q}{L \cdot b}, \quad (3.17)$$

де  $Q$  – сила, що діє у площині  $OA$ , Н;  
 $L$  – довжина площини  $OA$ , мм;  
 $b$  – ширина зрізу, мм.

Довжину площини  $L$  та силу  $Q$  визначають за такими залежностями:

$$L = \frac{a}{\sin \beta}; \quad (3.18)$$

$$Q = P_z \cdot \cos \beta - P_y \cdot \cos (90^\circ - \beta) = P_y \cdot (K_{\text{різ.}} \cdot \cos \beta - \sin \beta), \quad (3.19)$$

де  $a$  – товщина зрізу, мм;

$K_{\text{різ.}} = P_z / P_y$  – коефіцієнт різання.

Після підстановки залежностей (3.18) і (3.19) у (3.17), отримано:

$$\tau = \frac{P_y \cdot (0,5 \cdot K_{\text{різ.}} \cdot \sin 2\beta - \sin^2 \beta)}{a \cdot b}. \quad (3.20)$$

Як впливає із залежності (3.20), зі збільшенням кута  $\beta$  дотичне напруження  $\tau$  змінюється за екстремальною залежністю, проходячи точку максимуму (рис. 3.12).

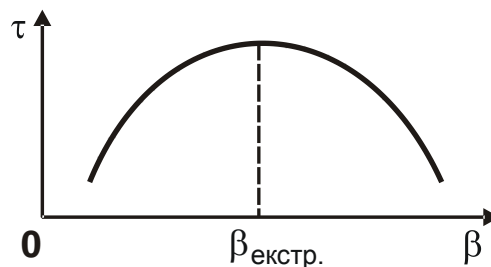


Рис. 3.12. Залежність дотичного напруження  $\tau$  від кута зсуву металу  $\beta$

Отже, є цілком конкретне положення площини  $OA$ , за якого дотичне напруження  $\tau$  набуває максимального значення. Очевидно, за умови  $\tau = \tau_{\text{зсув}}$  (де  $\tau_{\text{зсув}}$  – межа міцності на зсув оброблюваного металу) у цій площині відбудеться зсув (руйнування) металу й утворення стружки.

Екстремальне значення кута  $\beta$  за фізичною сутністю визначає кут зсуву металу  $\beta$ . Установити його можна за необхідної умови екстремуму:  $\tau'_\beta = 0$ . Тоді

$$K_{\text{різ.}} = \text{tg } 2\beta. \quad (3.21)$$

Кут зсуву  $\beta$  цілком однозначно визначено коефіцієнтом різання  $K_{\text{різ.}}$ : чим він більший, тим більший кут  $\beta$ . Зважаючи на рис. 3.13 встановлено зв'язок між силами  $P_z$  і  $P_y$  та  $N$  і  $f \cdot N$ :

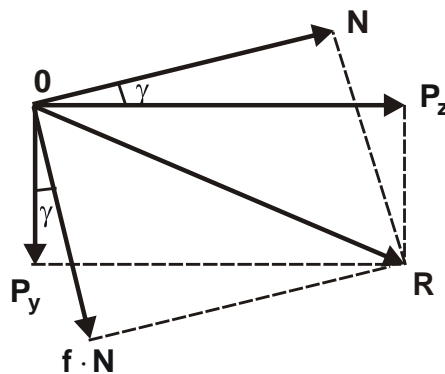


Рис. 3.13. Розрахункова схема сили різання

$$P_z = N \cdot \cos \gamma + f \cdot N \cdot \sin \gamma; \quad (3.22)$$

$$P_y = -N \cdot \sin \gamma + f \cdot N \cdot \cos \gamma. \quad (3.23)$$

Із залежностей (3.22) і (3.23) випливає:

$$K_{\text{різ.}} = \frac{P_z}{P_y} = \frac{1 + f \cdot \text{tg } \gamma}{1 - \text{tg } \gamma} = \frac{1}{\text{tg}(\psi - \gamma)}, \quad (3.24)$$

де  $f = \text{tg } \psi$  – коефіцієнт тертя;

$\psi$  – кут тертя оброблюваного металу з передньою поверхнею різця.

Із порівняння залежностей (3.21) і (3.24) встановлено відому формулу професора К. О. Зворикіна для визначення кута зсуву:

$$\beta = 45^\circ + \frac{\gamma - \psi}{2}. \quad (3.25)$$



Кут зсуву  $\beta$  залежний від різниці кутів  $(\gamma - \psi)$ : чим більша різниця, тим більший кут зсуву  $\beta$  і тим менший об'єм металу, який деформується під час різання, і, відповідно, менша енергія, що витрачається у процесі різання, а також менші сили й температура різання, вища точність та якість оброблюваної поверхні. Збільшити різницю кутів  $(\gamma - \psi)$  можна збільшенням переднього кута різця  $\gamma$  та зменшенням кута тертя оброблюваного металу з передньою поверхнею різця  $\psi$ . Переважно,  $\psi > \gamma$ . Зменшити кут  $\psi$  можна застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини, нанесенням на робочі поверхні інструменту зносостійких покриттів, які, з одного боку, підвищують зносостійкість інструмента, а з іншого – зменшують коефіцієнт тертя  $f$  оброблюваного та інструментального матеріалів.

Як відомо, коефіцієнт тертя  $f$  значно залежить від температури контактних тіл. Зі збільшенням температури коефіцієнт тертя  $f$  зменшується. Тому є оптимальні температури різання, за яких ефективно здійснювати обробку. Найменший коефіцієнт тертя мають синтетичні надтверді матеріали (СНМ) – алмаз, кубічний нітрид бору (ельбор, гексаніт та ін.). Тому останніми роками широко застосовують різці та інші інструменти, у яких як інструментальні матеріали використовують алмаз, ельбор та інші синтетичні надтверді матеріали. Лезовий інструмент із СНМ – це державка із впаяним у неї кристалом алмазу (або іншого СНМ) невеликого діаметра – 4 ... 8 мм. У процесі заточування кристалу надають потрібну геометрію (необхідні кути різання).

Залежність (3.25) справедлива в умовах різання лезовим інструментом із додатнім переднім кутом  $\gamma$ . У разі від'ємного переднього кута  $\gamma$  (див. рис. 3.11) залежність (3.25) набуває такого вигляду:

$$\beta = 45^\circ - \frac{\gamma + \psi}{2}. \quad (3.26)$$

У цьому разі кут зсуву металу  $\beta$  менший, отже, більший ступінь деформування металу під час різання (більший об'єм металу, який піддається пружному та пластичному деформуванню). Процес різання лезовим інструментом погіршується: відбувається з більшим силовим і тепловим напруженнями.

Від'ємні передні кути інструмента ефективно створювати в тих випадках, коли необхідно збільшити його міцність (під час різання з ударом, наприклад, під час фрезування). Однак тоді відбувається збільшення сили різання. Тому ефект обробки залежний від того, який чинник домінує. Як показує практика, одним із прикладів ефективного застосування інструментів із від'ємними передніми кутами різальних елементів є абразивні інструменти (шліфувальні круги, абразивні бруски та стрічки), які виконують із безлічі закріплених дрібних абразивних зерен діаметром до 1 мм.

Із залежності (3.26) випливає, що кут зсуву металу  $\beta$  майже завжди менший за  $45^\circ$ . Це свідчить про те, що товщина стружки, яка утворюється,  $a_1$  більша від товщини зрізу  $a$  (див. рис. 3.11). Відношення  $a_1 / a$  в теорії різання прийнято називати *коефіцієнтом усадки стружки* або *усадкою стружки* (позначають  $K_L$ ). Із розрахункової схеми (див. рис. 3.11) можна встановити тригонометричний зв'язок між кутом зсуву металу  $\beta$  та усадкою стружки  $K_L$ . Понад сто років тому російський учений професор І. А. Тіме встановив залежність, що пов'язує кут зсуву металу  $\beta$  й усадку стружки  $K_L$ :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\cos \gamma}{K_L - \sin \gamma}. \quad (3.27)$$

За умови  $\gamma = 0$  залежність (3.27) можна спростити:

$$K_L = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (3.28)$$

Із залежності (3.28) випливає, що чим більший кут зсуву  $\beta$ , тим менша усадка стружки  $K_L$ . За умови  $\beta = 45^\circ$  усадка стружки  $K_L = 1$ , тобто товщини зрізу та стружки, що утворюється, однакові. Це ідеальний випадок обробки, до якого необхідно прагнути, оскільки він забезпечує найменшу енергоємність процесу різання. Насправді, як встановлено на практиці, усадка стружки  $K_L$  значно більша та змінюється в межах 1 ... 8 (до 10). Відповідно, кут зсуву  $\beta$  набуває дуже малих значень:  $3 \dots 6^\circ$ , що різко збільшує енергоємність процесу різання.

Цим пояснюється те, що застосовувані процеси різання лезовими й абразивними інструментами характеризуються високою енергоємністю й потребують подальшого вдосконалення.

### Класифікація видів стружок, що утворюються під час різання

Усадка стружки суттєво залежить від оброблюваного металу та виду стружки. 1870 р. професор І. А. Тіме склав класифікацію стружок і виділив їхні чотири види: елементну, суглобисту, зливну та стружку надламу (рис. 3.14). Елементна, суглобиста та зливна є стружками зсуву, оскільки їхнє утворення пов'язано з напруженнями зсуву, тобто наведені раніше формули справедливі для цих трьох видів стружок. Стружка надламу (або стружка відриву) утворюється під дією розтяжних напружень.

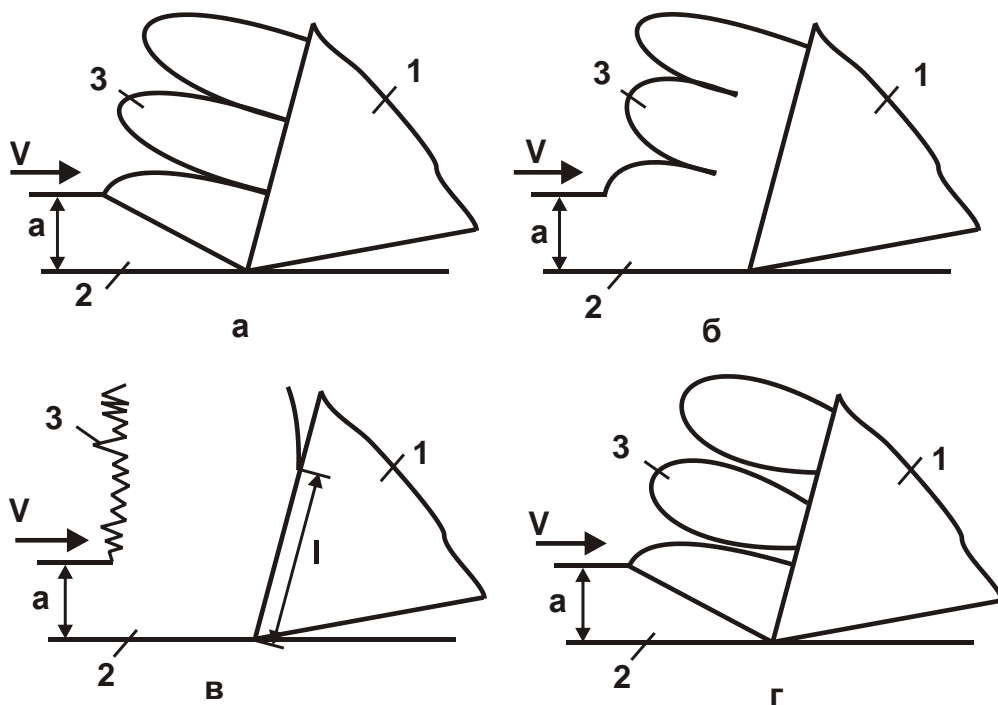


Рис. 3.14. Різні типи стружок

*Елементна стружка* (див. рис. 3.14а) складається з окремих "елементів" 1 приблизно однакової форми, пов'язаних або слабо пов'язаних один з одним [6].

У *суглобистій стружці* (див. рис. 3.14б) розподіл її на окремі частини не відбувається. Поверхню зсуву спостерігають, однак вона не пронизує стружку по всій товщині.

Основною ознакою *зливної стружки* (див. рис. 3.14в) є її суцільність (безперервність). Вона сходить із передньої поверхні інструмента

безперервною стрічкою. Поверхню 1 називають контактною стороною. Вона гладка (відполірована) у результаті тертя з передньою поверхнею різця. Поверхня 2 – вільна сторона, вона покрита дрібними зазублінками, за високої швидкості різання має оксамитовий вигляд. Ширина контакту стружки з різцем  $c_1$  у 1,5 ... 6 разів більша за товщину зрізу  $a$ .

*Стружка надламу* (див. рис. 3.14г) складається з окремих, не пов'язаних один з одним шматочків різної форми та розмірів. Водночас уся оброблена поверхня деталі складається з виламаних із неї шматочків стружки.

У процесі різання пластичних матеріалів утворюються перші три типи стружки. Із підвищенням твердості та міцності матеріалів зливна стружка переходить у суглобисту, а потім в елементну. Під час різання крихких матеріалів (наприклад, чавунів) утворюється частіше елементна й рідше стружка надламу. На вид стружки впливають: передній кут інструмента  $\gamma$  та режим різання. Зі збільшенням кута  $\gamma$  елементна стружка переходить у суглобисту, а потім у зливну.

Збільшення подачі (товщини зрізу) призводить під час різання пластичних матеріалів до послідовного переходу від зливної стружки до суглобистої та елементної. Зі збільшенням швидкості різання стружка з елементної переходить у суглобисту, потім у зливну (проте ця закономірність справедлива не для всіх оброблюваних матеріалів).

Необхідно зазначити, що в теорії різання [6] найбільш вивченим є процес зливного стружкоутворення, у результаті розроблено модель стружкоутворення (рис. 3.15).

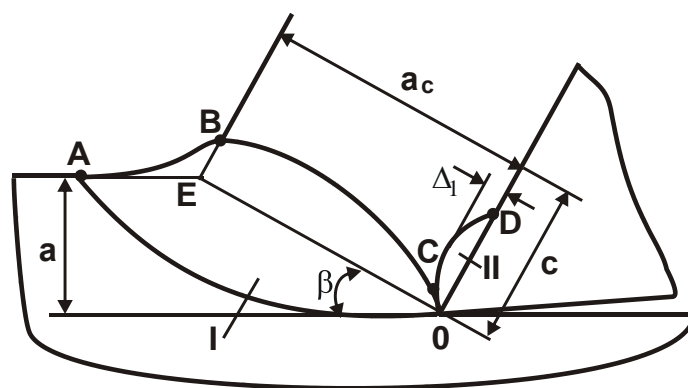


Рис. 3.15. **Схема стружкоутворення під час різання**

Зона OABC є зоною первинної деформації (I). Ділянка OE визначає довжину умовної площини зсуву, розташованої під кутом до напрямку

руху оброблюваного матеріалу. Доведено, що початкова поверхня зсуву матеріалу  $OA$  в 2 ... 4 рази довша кінцевої поверхні зсуву  $OB$ . У зоні I дотичне напруження  $\tau$  дорівнює межі міцності на зсув оброблюваного матеріалу  $\tau_{зсув}$ .

Зона II визначає зону вторинної деформації. Її довжина  $CD$  дорівнює  $s/2$ , де  $s$  – ширина площі контакту стружки, що утворюється, із передньою поверхнею інструмента. Ширина  $\Delta_1$  зони II дорівнює  $0,1 \cdot a_c$ , де  $a_c$  – товщина стружки.

Ступінь деформації матеріалу в зоні II в 20 разів більший, ніж у зоні I, у зв'язку з інтенсивним тертям стружки, що утворюється, із передньою поверхнею інструмента. Зі збільшенням швидкості різання розміри зони I зменшуються та схему стружкоутворення під час різання можна звести до схеми з однією площиною зсуву  $OE$ . На підставі цієї схеми визначено всі наведені раніше залежності.

### Наростоутворення під час різання

На передній поверхні інструмента за певних умов утворюється нарост. Він є результатом адгезійного захоплення оброблюваного матеріалу з передньою поверхнею інструмента. Нарост має клиноподібну форму (рис. 3.16), міцно утримується на передній поверхні інструмента, у результаті стружка контактує не з інструментом, а з наростом. Це збільшує передній кут інструмента, що полегшує процес стружкоутворення під час різання та в ряді випадків підвищує точність обробки. Однак у цьому разі збільшується шорсткість оброблюваної поверхні, що в кінцевому підсумку призводить до погіршення якості обробки. Отже, у процесі різання необхідно вилучити виникнення наросту.

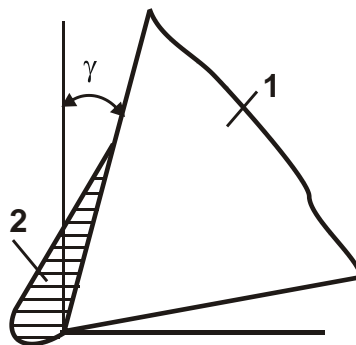


Рис. 3.16. Схема утворення наросту під час різання

Установлено, що нарiст утворюється за температури рiзання, що приблизно дорiвнює 300 °С, i зникає за температури 600 °С. Тому вилучити утворення наросту можна за рахунок вилучення пiд час рiзання температурного дiапазону 300 ... 600 °С. Цього досягають збiльшенням швидкостi рiзання, переднього кута iнструмента  $\gamma$  та iн. Слiд зазначити, що не всi матерiали схильнi до наростоутворення.

Розгляньте фiзичну сутнiсть умови, що вилучає утворення наросту. Припустiть, що на передню поверхню iнструмента дiють нормально  $q$  й тангенцiально  $q_1 = f \cdot q$  розподiленi навантаження ( $f$  – коефiцiєнт тертя оброблюваного матерiалу з передньою поверхнею iнструмента). Для того щоб стружка, що утворюється, могла перемiщатися передньою поверхнею iнструмента, необхідно виконати умову:  $q_1 < \tau_{зсув}$ , де  $\tau_{зсув}$  – межа мiцностi на зсув оброблюваного матерiалу.

Беручи в першому наближеннi таке вiдношення для сталей:

$$q = HV = 6 \cdot \tau_{зсув}, \quad (3.29)$$

де  $HV$  – твердiсть оброблюваного матерiалу,  $H/m^2$ ,  
з урахуванням наведеної умови, буде:  $f < 0,17$ .

Отже, для вилучення утворення наросту, тобто вилучення адгезiйного схоплювання оброблюваного матерiалу з передньою поверхнею iнструмента, необхідно, щоб коефiцiєнт тертя  $f$  був меншим за 0,17. Цю умову можна виконати за вiдносно високої температури рiзання, наприклад, 600 °С. За невеликих температур рiзання (до 600 °С) коефiцiєнт тертя  $f$  бiльший за 0,17.

Необхiдно зазначити, що цей розрахунок є спрощеним, оскiльки заснований на наближеному вiдношеннi (3.29).

### **Сили рiзання пiд час точiння**

Шар матерiалу, що зрiзають, тисне на рiзець iз силою рiзання  $P$ , яку можна розкласти на три складовi:  $P_z$ ,  $P_y$  i  $P_x$  (рис. 3.17).

У теорiї рiзання складовi сили рiзання прийнято називати:  $P_z$  – *окружна сила*, або *головна складова сили рiзання*;  $P_y$  – *радiальна сила*;  $P_x$  – *осьова сила*, або *сила подачi*. Очевидно, сила  $P_z$  згинає рiзець та оброблювану деталь. Сила  $P_y$  вiдштовхує рiзець i згинає оброблювану деталь.

Сила  $P_x$  протидіє просуванню різця в поздовжньому напрямку. На її основі розраховують на міцність механізм подачі верстата.

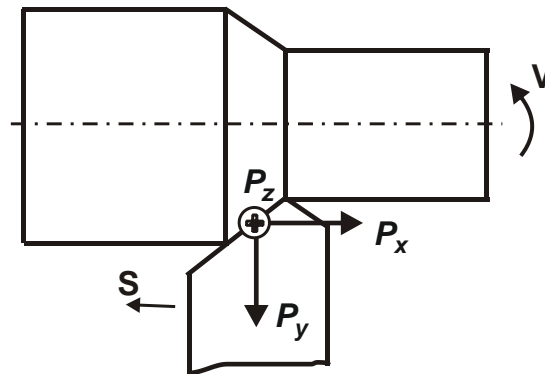


Рис. 3.17. Схема розташування складових сили різання

Доведено, що в загальному випадку справедливі такі відношення [6]:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : (0,4 \dots 0,5) : (0,25 \dots 0,3). \quad (3.30)$$

Отже, найбільшого значення набуває складова сили різання  $P_z$ , а найменшого – складова  $P_x$ .

Згідно з теоремою Піфагора, силу різання  $P$  з урахуванням залежності (3.30) можна обчислити таким чином:

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2} \approx (1,1 \dots 1,15) \cdot P_z. \quad (3.31)$$

Як випливає із залежності (32), сила різання  $P$  мало відрізняється від складової  $P_z$ . Тому всі розрахунки, переважно, виконують на основі складової сили різання  $P_z$ . Якщо знають величину  $P_z$  (в Н), то можна розрахувати крутний момент різання  $M$  (у Н·м) та ефективну потужність верстата  $N_e$  (у кВт):

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2\,000}; \quad (3.32)$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{6\,120}, \quad (3.33)$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної деталі, мм;  
 $V$  – швидкість різання, м/хв.

Складову сили різання  $P_z$ , яка входить у залежності (3.30) і (3.31), можна визначити за такою залежністю [61]:

$$P_z = S \cdot \sigma, \quad (3.34)$$

де  $S = a \cdot b$  – площа поперечного перерізу зрізу,  $\text{м}^2$ ;  
 $a, b$  – товщина й ширина зрізу, м;  
 $\sigma$  – умовне напруження різання,  $\text{Н/м}^2$ .

Умовне напруження різання  $\sigma$  визначено за такою залежністю:

$$\sigma = 4 \cdot \tau_{зсуб} \cdot \text{tg}(\psi - \gamma), \quad (3.35)$$

де  $\psi$  – кут тертя оброблюваного металу з передньою поверхнею різця;  
 $\gamma$  – передній кут інструмента.

Тоді складову сили різання  $P_z$  із урахуванням залежностей (3.34) і (3.35) остаточно обчислено таким чином:

$$P_z = 4 \cdot a \cdot b \cdot \tau_{зсуб} \cdot \text{tg}(\psi - \gamma). \quad (3.36)$$

Зважаючи на залежність (3.36), зменшити  $P_z$  можна зменшенням параметрів  $a$ ,  $b$ ,  $\tau_{зсуб}$ ,  $\psi$  і збільшенням  $\gamma$ . Зменшити кут  $(\psi - \gamma)$  можна шляхом зміни режиму різання (зменшення коефіцієнта тертя  $f$ ) і конструктивних параметрів інструмента (переднього кута  $\gamma$ ). Затуплення різця призводить до зменшення кута  $\gamma$  та збільшення складової сили різання  $P_z$ . Застосування мастильно-охолоджувальних рідин під час різання зменшує коефіцієнт тертя  $f$ , кут тертя  $\psi$  і, відповідно,  $P_z$ .

Можна розрахувати силу різання за емпіричною залежністю:

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{z_p} \cdot K_p, \quad (3.37)$$

де  $t, S, V$  – глибина різання, подача та швидкість різання;

$C_{pz}$  – коефіцієнт, залежний від умов обробки (крім параметрів  $t, S, V$ );



$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_r \cdot K_\omega \cdot K_\delta$  – уточнювальний коефіцієнт;

$K_m$  – міцність або твердість оброблюваного матеріалу;

$K_\varphi$  – головний кут різця у плані;

$K_\gamma$  – передній кут різця  $\gamma$ ;

$K_r$  – радіус перехідного леза різця;

$K_\omega$  – застосовувана мастильно-охолоджувальна рідина (МОР);

$K_\delta$  – ступінь зносу задньої частини різця.

Недоліком залежності (3.37) є те, що вона дійсна лише в заданих діапазонах зміни вхідних параметрів.

### Теплові явища під час різання матеріалів

У процесі різання понад 99 % роботи переходить у тепло. Це призводить до нагрівання оброблюваної деталі, різального інструмента, стружки, що утворюється, мастильно-охолоджувальної рідини, а в ряді випадків і верстата. Доведено, що є три основні джерела тепла: деформування металу у площині зсуву ОА (рис. 3.18), тертя на передній поверхні інструмента й тертя на задній поверхні інструмента. Водночас  $(q_{12} + q_{22})$  тепла йде на стружку,  $(q_{21} + q_{31})$  тепла – на оброблювану деталь,  $(q_{11} + q_{32})$  тепла – на інструмент та  $q_c$  тепла – у навколишнє середовище.

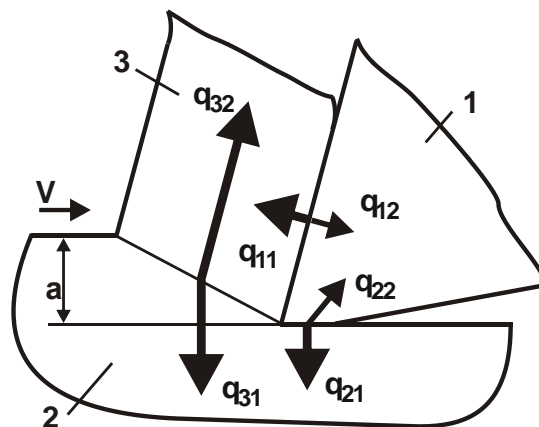


Рис. 3.18. Схема теплового балансу під час різання металів

Установлено, що найбільша кількість тепла переходить на стружку (під час обробки сталі – 60 ... 80 %). На інструмент переходить найменша кількість тепла (кілька відсотків) (див. рис. 3.18). Загалом баланс тепла залежний від характеристик оброблюваного матеріалу й режимів різання.

Середню температуру стружки аналітично визначено за умови, що вся робота різання  $A = P_z \cdot l$  йде на нагрівання стружки (де  $P_z$  – тангенціальна складова сили різання, Н;  $l$  – довжина шляху різання, м).

Кількість тепла, що витрачається на нагрівання стружки до температури  $\theta$ , визначають за такою залежністю:

$$Q = c \cdot m \cdot \theta, \quad (3.38)$$

де  $c$  – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг · К);

$m = \rho \cdot l \cdot S$  – маса стружки, кг;

$\rho$  – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$S$  – площа поперечного перерізу зрізу, м<sup>2</sup>.

За умови  $A = Q$  з урахуванням залежностей (3.33) та (3.38) встановлено залежність для визначення температури різання [58]:

$$\theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho}. \quad (3.39)$$

Спрощена залежність (3.39) містить змінну величину  $\sigma$  та постійні для кожного оброблюваного матеріалу величини  $c$  і  $\rho$ .

Як видно, середню температуру стружки  $\theta$  цілком однозначно визначено за умовним напруженням різання  $\sigma$ . Отже, знизити температуру стружки  $\theta$  можна лише зменшенням величини  $\sigma$  шляхом застосування "гострого" інструмента та зниження інтенсивності тертя в зоні різання. Цього досягають переходом від лезової до абразивної обробки, застосовуючи, наприклад, алмазні інструменти, які мають гостру різальну кромку, високу зносостійкість та низький коефіцієнт тертя. Крім того, під час абразивної обробки (шліфування) має місце інтенсивне тертя як зерен, так і зв'язки шліфувального круга з оброблюваним матеріалом, що є основним джерелом підвищення сили й температури різання. Тому в економічно розвинених країнах прагнуть всі види механічної обробки деталей машин (чорнові та чистові) здійснювати лезовими інструментами, а абразивні інструменти застосовувати лише на операціях доведення.

Згідно із залежністю (3.35), зменшення величини  $\sigma$  досягають зменшенням кута  $(\psi - \gamma)$ , тобто зменшенням коефіцієнта тертя  $f = \operatorname{tg} \psi$  оброблюваного матеріалу й переднього кута  $\gamma$ .

Установлено, що температуру по товщині стружки розподілено нерівномірно: найвища вона на передній поверхні інструмента. Тому під температурою різання розуміють середню температуру  $\theta$  на поверхні контакту інструмента зі стружкою й на поверхні різання:

$$\theta = \theta_d + \theta_{\text{пер.}}, \quad (3.40)$$

де  $\theta_d$  – температура деформації, К;

$Q_{\text{пер.}}$  – середня температура тертя на передній поверхні, К.

Для визначення за залежністю (3.40) середньої температури тертя на передній поверхні  $Q_{\text{пер.}}$  необхідно знати розподіл температури в інструменті. Однак теоретично вирішити це завдання достатньо складно. Тому його вирішують експериментально з використанням різних методів вимірювання температури. Основний метод – це метод термопар. Температуру стружки вимірюють калориметричним методом та складають емпіричну формулу для визначення температури різання:

$$\theta = C_\theta \cdot V^m \cdot a^n \cdot b^q, \quad (3.41)$$

де  $V$  – швидкість різання, м/хв.;

$a, b$  – товщина й ширина зрізу, мм;

$C_\theta$  – коефіцієнт, залежний від оброблюваного та інструментального матеріалів та інших чинників, за винятком параметрів  $V, a, b$ ;

$m, n, q$  – показники ступеня ( $m > n > q$ ).

Зважаючи на залежність (3.41), на температуру різання  $\theta$  найбільше впливає швидкість різання  $V$ , потім, у порядку зменшення, товщина  $a$  й ширина  $b$  зрізу. Отже, суттєво знизити температуру різання  $\theta$  можна, насамперед, шляхом зменшення швидкості різання  $V$ .

### **Мастильно-охолоджувальні рідини, що застосовують під час металообробки**

Для підвищення ефективності процесу різання в зону обробки подають мастильно-охолоджувальну рідину (МОР), яка діє на деталь та інструмент таким чином:

1) змащує тертьові поверхні, що зменшує коефіцієнт тертя у 3 ... 5 разів;

2) полегшує процес пластичного деформування та зменшує роботу під час різання;

3) охолоджує інструмент, стружку та оброблювану деталь, що знижує температуру різання й підвищує стійкість інструмента;

4) вимиває стружку із зони різання.

Основні вимоги до МОР: вона не має викликати корозію верстата, інструмента та деталі, а також бути нешкідливою для працівника. Маслично-охолоджувальні рідини розподіляють на такі групи:

1) МОР, що характеризуються охолоджувальною властивістю. Це водні розчини електrolітів, що складаються з води (98 %) та соди кальцинованої (2 %);

2) МОР, що характеризуються охолоджувальною та частково масильною властивістю. Це водний розчин мила (складається з води – 98,2 %, мила 0,9 % та інших компонентів), різні емульсії, що складаються з води та 2 ... 2,5 % емульсолів;

3) МОР, що змащують і частково охолоджують. Це масляні рідини, наприклад, сульфол, що містить масло веретенне № 3 (80 %), нігророл (18 %), сірку (2 %).

Для підвищення ефективності різання важкооброблюваних матеріалів застосовують охолодження газами (наприклад, вуглекислим газом  $\text{CO}_2$ ) або використовують тверді мастила (графіт). За чорнової обробки необхідно більше уваги приділяти охолодженню зони різання, за чистової – забезпечити зону різання мастилом. Основні способи підведення МОР: охолодження струменем, що падає, напірно-струминне охолодження, охолодження розпорошеною рідиною. Найбільш поширеним є перший спосіб. Його недолік – велика витрата рідини.

### **Основні види обробки різанням, їхнє призначення, сфери застосування**

1. *Точіння* – це найбільш поширений спосіб різання матеріалів. Верстати токарної групи становлять приблизно половину всіх металорізальних верстатів. Способом точіння обробляють зовнішні, внутрішні й торцеві поверхні тіл обертання циліндричної, конічної та фасонної форми. До того ж:

зовнішні поверхні обробляють прохідними різцями; внутрішні – розточувальними різцями; торцеві – підрізними різцями; зовнішні та внутрішні

різі нарізають нарізними різцями; розрізання заготовок на частини здійснюють відрізними різцями;

залежно від напрямку подачі, різці розподіляють на праві та ліві;

залежно від розташування робочої частини відносно корпусу, різці бувають прямі та зігнуті.

2. *Стругання* – це спосіб обробки плоских поверхонь. Застосовують стругальні різці. У процесі стругання є робочий і холостий (зворотний) хід різця або заготовки. Параметри зрізу у процесі стругання аналогічні параметрам під час точіння.

3. *Свердління, зенкерування й розверчення*. За допомогою свердел, зенкерів і розверток виконують обробку отворів. Ці інструменти належать до осьових різальних інструментів. Найбільш поширеними є гвинтові свердла, призначені для свердління й розсвердлювання наскрізних і глухих отворів.

Зенкером обробляють отвори, отримані після відливання, штампування або свердління.

Розвертки застосовують для остаточної обробки отворів.

Свердло є більш складним інструмент, порівняно з різцем.

Глибина різання під час свердління дорівнює  $D/2$ , де  $D$  – діаметр отвору.

Під час розверчення в різанні беруть участь більше зубів, ніж під час зенкерування, оскільки менша глибина різання. Розвертка має забірну 1 та калібрувальну 2 частини (рис. 3.19).

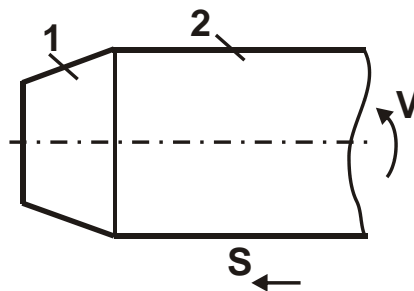


Рис. 3.19. Принципова схема конструкції розвертки

4. *Фрезування* застосовують для обробки площин, пазів, фасонних поверхонь, шліців, розрізання заготовок, виготовлення різі.

Порівняно з точінням і струганням, цей спосіб різання є більш продуктивним, тому що одночасно в роботі беруть участь кілька лез. **Фреза** –

це багатолезовий інструмент. Фрези бувають циліндричними, торцевими, кінцевими, дисковими, кутовими, фасонними та ін. У циліндричних фрез леза розташовано на зовнішній циліндричній поверхні. У торцевих фрез на торці розташовано різці. У циліндричних фрез леза розташовано паралельно осі фрези й під нахилом (уздовж гвинтової лінії). Тому ширина й товщина зрізу у процесі обробки змінні. Але за певних поєднань параметрів фрезування можна отримати постійну площу зрізу зубами, що одночасно працюють. Таке фрезування називають рівномірним. Воно є більш ефективним, ніж звичайне фрезування.

5. *Різенарізання*. Нарізають різі за допомогою різців, мітчиків, плашок, гребінок, фрез. Точні та дрібні різі нарізають шліфувальними кругами. Застосовують накочення різі, коли його профіль утворено не різанням, а методом пластичного деформування металу (видавлюванням). Внутрішні різі нарізають мітчиками, а зовнішні – плашками. Це достатньо складні процеси. Указані інструменти мають забірну й калібрувальну частини. Забірна частина зрізає метал, а калібрувальна частина зачищає поверхню, тобто створює якість.

6. *Протягування* застосовують для обробки наскрізних отворів і зовнішніх поверхонь різного профілю. Цей процес дозволяє у 2 – 3 рази підвищити продуктивність, порівняно із процесами стругання, фрезування та розверчення. Це пов'язано з тим, що в роботі бере участь велика кількість лез, забезпечено більшу сумарну площу зрізу металу. **Протяжка** – це багатолезовий інструмент, який може бути круглої, квадратної (рис. 3.20), прямокутної, шліцьової та інших форм. Є профільна, генераторна, прогресивна схеми різання протягуванням.

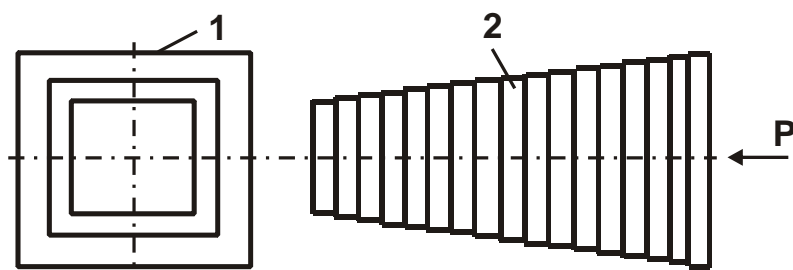


Рис. 3.20. Принципова схема протягування:  
1 – оброблюваний квадратний отвір; 2 – протяжка

7. *Зубоутворення* різанням здійснюють фрезуванням, струганням, довбанням, протягуванням, шліфуванням та іншими способами копіювання, центроїдного та безцентроїдного обгинання. За першим способом профіль інструмента має бути таким, як профіль западини на зубчастому колесі, а за другим і третім – не збігатися. Для обробки западини застосовують дискові, пальцеві й черв'ячні фрези, довбачі, протяжки та інші інструменти. Зуборізний довбач має форму западини на зубчастому колесі з різальними лезами (це той самий різець).

Черв'ячна фреза є черв'як, на якому перпендикулярно витками прорізано поздовжні канавки для формування різальних зубів.

8. *Шліфування* здійснюють шліфувальними кругами, які складаються з безлічі абразивних зерен, з'єднаних між собою зв'язкою. Процес відбувається з великими швидкостями різання – 20 ... 40 м/с. Матеріалом зерен слугують штучні абразиви: електрокорунд (нормальний, білий і монокорунд, окис алюмінію); карбід кремнію (зелений КЗ і чорний КЧ, сполука кремнію з вуглецем); карбід бору; синтетичні алмази АС.

Зв'язки кругів: керамічна, бакелітова (зі смоли та ін.), вулканітова (каучук і сірка).

Основні характеристики шліфувального круга – це твердість (тобто опір зерен вириванню їх зі зв'язки), а також структура (співвідношення обсягів зерен і зв'язки у крузі). Чим більший номер структури (від 1 до 12), тим більша відстань між зернами.

Марки алмазних зерен: АС2, АС4, ..., АС32 (характеристика їхньої міцності на роздавлювання).

Характеристики алмазних кругів:

концентрація зерен – 50, 100, 150;

зернистість кругів – 80 / 160, ..., 250 / 200 – це розмір алмазних зерен (у мкм).

Схеми шліфування: кругле зовнішнє та внутрішнє, плоске, безцентрове, фасонне, зубошліфування та різешліфування. Використовують три рухи: обертання круга, обертання, або зворотно-поступальний рух деталі, та рух подачі (круга або деталі).

Є три схеми круглого зовнішнього шліфування:

із поздовжньою подачею;

глибинне шліфування (знімання припуску за один прохід круга зі збільшеною глибиною шліфування – до 10 мм і більше);

методом урізання (рис. 3.21).

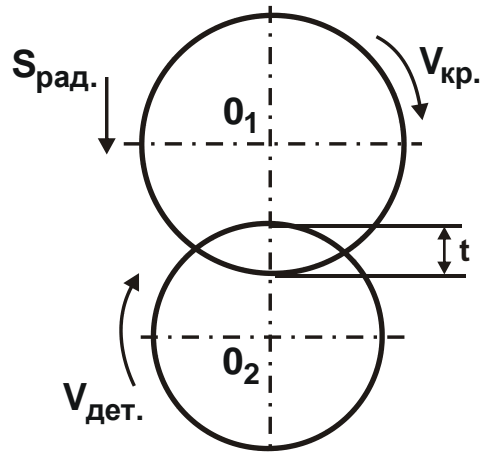


Рис. 3.21. Схема врізного шліфування

За безцентрового шліфування обробляють зовнішні та внутрішні поверхні. Шліфування зовнішніх поверхонь здійснюють трьома методами: на прохід, у підрізання та в упор. На відміну від звичайного круглого зовнішнього шліфування, за безцентрового шліфування використовують додатково провідний круг, який забезпечує обертання оброблюваної деталі шляхом тертя.

У процесі шліфування на прохід оброблювану деталь 1 розташовують між шліфувальним 2 і провідним 3 кругами, спираючи її на "ніж" 4 (рис. 3.22). Шліфувальний круг обертається зі швидкістю 30 ... 60 м/с, а провідний круг – із набагато меншою швидкістю – 0,2 ... 1,0 м/с. У результаті тертя, що виникає, між кругом 3 і оброблюваною деталлю 1 відбувається обертання деталі, а шляхом устанавлення провідного круга 3 під кутом деталь рухається в поздовжньому напрямку (уздовж "ножа").

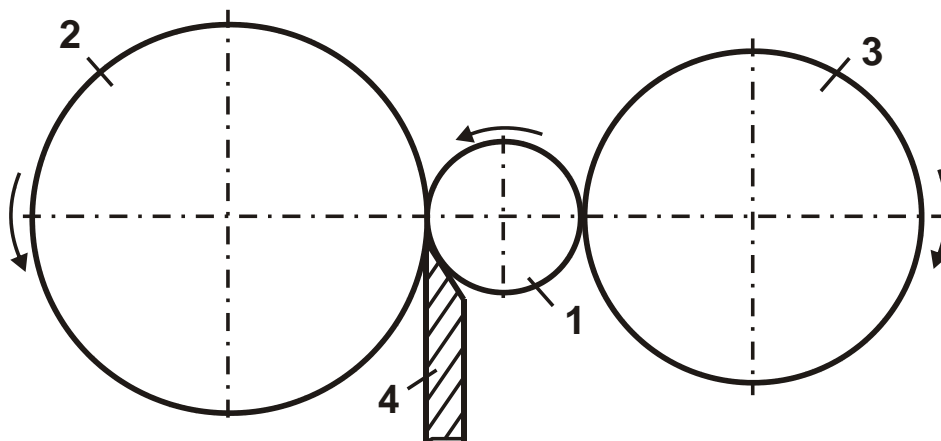


Рис. 3.22. Схема безцентрового шліфування



Максимальна товщина зрізу окремих зерном круга  $a_{\max}$  є основним фізичним параметром шліфування. Її визначають за залежністю, установлену на основі розрахункової схеми, поданої на рис. 3.21:

$$a_{\max} = \frac{V_{\text{дет.}}}{60 \cdot V_{\text{кр.}} \pm 2 \cdot V_{\text{дет.}}} \cdot l \cdot \frac{S}{B} \cdot \sqrt{t \cdot \left( \frac{1}{D_{\text{кр.}}} + \frac{1}{D_{\text{дет.}}} \right)}, \text{ мм}, \quad (3.42)$$

де  $l$  – середня відстань між зернами, мм;

$S$  – ширина шліфування, мм;

$B$  – ширина круга, мм.

Шліфування – це фінішний процес різання, що забезпечує кращу чистоту та точність обробки, порівняно з різанням лезовим інструментом. Тому під час шліфування максимальну товщину зрізу окремих зерном круга  $a_{\max}$  необхідно зменшувати, відповідно до залежності (3.42).

### **Матеріали, що застосовують під час виготовлення різальних інструментів**

Ефективність застосування інструментальних матеріалів визначено їхніми фізико-механічними властивостями – твердістю, в'язкістю, міцністю, зносостійкістю, температуропровідністю, червонотійкістю та ін.:

1) твердість інструментального матеріалу має в декілька разів перевищувати твердість оброблюваного матеріалу;

2) зі зростанням твердості зростає крихкість, що не бажано, тобто інструментальний матеріал має бути достатньо в'язким, щоб витримувати пульсувальні навантаження;

3) інструментальний матеріал має бути міцним;

4) інструментальний матеріал має бути теплопровідним, щоб відводити тепло із зони різання та знижувати температуру;

5) червонотійкість – це здатність матеріалу зберігати свої фізико-механічні властивості (особливо твердість) за високої температури.

Як інструментальні матеріали застосовують: вуглецеву інструментальну, леговану інструментальну та швидкорізальну сталі, металокерамічні тверді сплави, мінералокерамічні матеріали, алмази й абразивні матеріали (синтетичні надтверді матеріали) [6]:

1) вуглецеві інструментальні сталі марок У10А, У11А, У12А, У13А (уміст вуглецю 0,9 ... 1,3 %) застосовують для виготовлення свердел

малих діаметрів, зенкерів, фрез та інших інструментів під час обробки з низькими швидкостями різання ( $V < 10 \dots 15$  м/хв);

2) леговані інструментальні сталі марок ХГСВФ, 9ХС, ХВГ, Х, 11Х, ХВСГ та ін. застосовують під час обробки з невисокими швидкостями різання для виготовлення свердел, круглих плашок, фрез, мітчиків, розверток, протяжок;

3) швидкорізальні сталі: Р9 (9 % вольфраму), Р18 (18 % вольфраму) та ін.; Р9М (вольфрамо-молібденові) застосовують за більш високих швидкостей різання ( $V = 10 \dots 50$  м/хв);

4) металокерамічні тверді сплави дозволяють у 2 ... 10 разів підвищити швидкість різання, порівняно зі швидкорізальними сталями. Металокерамічні тверді сплави виготовляють методом пресування та спікання у вигляді пластин.

Є три групи твердих сплавів:

1) вольфрамова, ВК (ВК6 містить 6 % кобальту, 94 % карбід вольфраму);

2) титано-вольфрамова, ТК (Т15К6 містить 6 % СО, 15 % карбід титану, 79 % карбід вольфраму);

3) титано-тантало-вольфрамова, ТТК.

Сплави цих трьох груп розподіляють на марки, залежно від відсоткового вмісту елементів, що входять до них: вольфраму, кобальту та ін. Більш застосовна група ВК. Третю групу застосовують рідко, хоча вона характеризується найбільшою міцністю.

Мінералокераміка у вигляді пластинок забезпечує більш високі швидкості різання, порівняно із твердими сплавами. Вихідним продуктом у процесі виготовлення є глинозем  $Al_2O_3$ , застосовують методи пресування й термічної обробки (спікання). Мінералокерамічні інструменти застосовують для напівчистої та чистої обробки сталі, чавуну й кольорових металів за відсутності ударного навантаження.

Найбільшу твердість із всіх матеріалів у природі має алмаз. Його твердість у 5 – 6 разів перевищує твердість твердих сплавів. Однак він крихкий і нестійкий проти високих температур (до  $800^\circ C$ ), має низьку міцність, але дуже теплопровідний. Алмаз – це кристалічний вуглець. Застосовують природні та синтетичні алмази. На Полтавському заводі штучних алмазів та алмазного інструмента виготовляють пластинки із синтетичних алмазів для оснащення лезових інструментів розміром до 8 мм.

Велика крихкість і низька теплостійкість алмазу не дозволяють завжди ефективно застосовувати його під час обробки чорних металів (сталі

й чавуну), але його використовують під час обробки кольорових металів, міцних пластмас і напівпровідників.

Є ще такі синтетичні надтверді матеріали, як кубічний нітрид бору (або ельбор, боразон) та гексаніт. Це більш теплостійкі матеріали, порівняно з алмазом, але характеризуються меншою теплопровідністю. Різання цими інструментами дозволяє поліпшити чистоту обробки.

### **Знос і стійкість різальних інструментів**

У процесі різання відбувається знос інструмента, який призводить до його затуплення, збільшення сил і підвищення температури різання, погіршення якості обробки.

Залежно від умов різання можуть бути різні види зносу:

1) за невисоких швидкостей різання в результаті тертя стружки з передньою поверхнею інструмента й оброблюваної деталі із задньою поверхнею інструмента відбувається стирання, такий вид зносу називають *абразивним*;

2) за відносно високих швидкостей різання, унаслідок підвищених температур різання, відбуваються структурні зміни в поверхневих шарах інструмента. Зносостійкість інструмента знижується. Такий вид зносу називають *термічним*;

3) за високих швидкостей різання може бути знос за рахунок окиснення верхніх шарів інструмента, відбувається корозія – кисень вступає в хімічну реакцію. Це *окиснювальний знос*;

4) в інструментах, виготовлених із крихких матеріалів можливе викришування частинок (механічний процес). Знос називають *крихким*;

5) *адгезійний знос* відбувається за високих температур і тисків шляхом злипання стружки з передньою поверхнею інструмента, частинки металу вириваються;

6) під час роботи твердосплавним інструментом за температури 900 °С можливий *дифузний знос* (хімічна спорідненість інструментального та оброблювального матеріалів);

7) значно впливає на знос інструмента ударне навантаження під час різання, особливо за переривчастого різання твердосплавними й мінералокерамічними інструментами.

Знос може бути: переважно на задній поверхні й частково на передній; переважно на передній і частково на задній поверхні; одночасно на передній і задній поверхнях; шляхом округлення леза. Знос на задній

поверхні є основною причиною затуплення інструмента. Критерієм зносу є розмір зношеної площі на задній поверхні інструмента.

Граничний розмір, за якого різання необхідно припинити, називають *допустимим зносом*, або *нормою зносу*. На рис. 3.23 показано криву зносу інструмента одночасно на задній і передній поверхнях: ОА – початковий період; АВ – нормальний період; точка С – утрата різальної здатності інструмента.

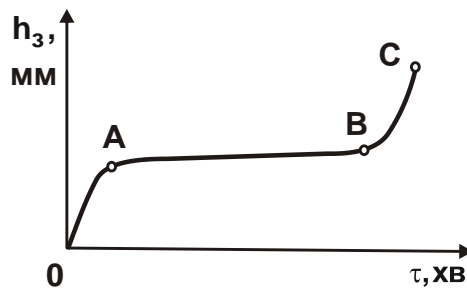


Рис. 3.23. Залежність зносу інструмента від часу обробки

Процес різання треба припинити в точці В та загострити інструмент.

Є таке поняття "стійкість інструмента", або "період стійкості інструмента". Це час роботи інструмента між його загостреннями (за досягнення норми зносу). Сумарна стійкість інструмента дорівнює добутку стійкості на кількість загострень.

Час роботи інструмента, протягом якого забезпечують задані розміри й чистоту обробки, називають *розмірною стійкістю інструмента*. За критерій зносу беруть радіальний знос інструмента.

Стійкість інструмента  $T$  визначено, залежно від швидкості різання  $V$  (рис. 3.24).

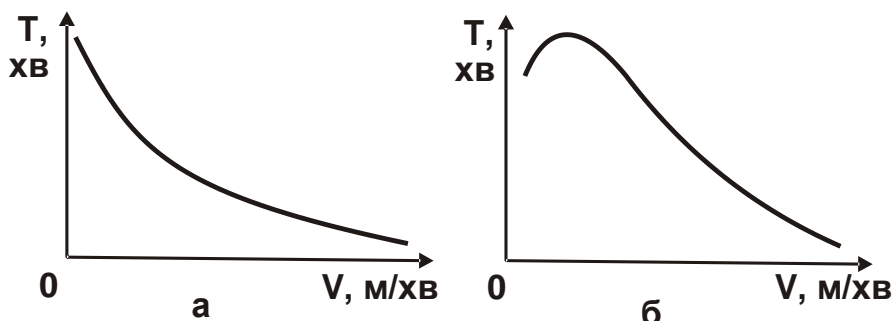


Рис. 3.24. Залежність стійкості інструмента від швидкості різання без утворення (а) і з утворенням (б) наросту на передній поверхні інструмента

За залежністю (3.43) можна розрахувати швидкість різання  $V$  за умови заданого періоду стійкості інструмента  $T$ .

$$V = \frac{A}{T^m}, \quad (3.43)$$

де  $A$  – постійна, що залежить від всіх інших параметрів різання;  $m < 1$ .

### **Кінематика та конструкції металорізальних верстатів**

Металорізальні верстати розподіляють на групи й типи.

Є 9 груп верстатів:

- 1) токарні;
- 2) свердлильні й розточувальні;
- 3) шліфувальні й довідні;
- 4) комбіновані;
- 5) зубо- та різьобробні;
- 6) фрезерні;
- 7) стругальні, довбальні та протяжні;
- 8) розрізні;
- 9) різні.

Є 9 типів верстатів (у межах кожної групи) [19; 56].

У позначенні верстатів перша цифра вказує групу, друга – тип, третя й четверта – один із найважливіших розмірів верстата або деталі. Указують ще й модернізацію верстата та ін.

За *ступенем універсальності* розрізняють верстати універсальні, спеціалізовані та спеціальні.

За *будовою* верстати розподіляють на автомати й напівавтомати.

За *ступенем точності* розрізняють верстати 5 класів: нормальної Н, підвищеної П, високої В, особливо високої А точності й особливо точні С. Є ще важкі верстати (масою понад 10 т), що відрізняються кількістю інструментів, що працюють та ін.

**Токарні верстати** розподіляють на універсальні та спеціалізовані. За допомогою універсальних верстатів виконують: обробку зовнішніх і внутрішніх циліндричних, фасонних і торцевих поверхонь; нарізування різь; відрізання, свердління, зенкування й розверчення отворів.

На *спеціалізованих* верстатах виконують менше операцій, наприклад, обточування східчастих валів та ін.

*Універсальні* верстати розподіляють на токарно-гвинторізні та токарні.

*Токарні верстати* призначено для виконання всіх токарних операцій, крім нарізування різей різцями.

*Токарно-гвинторізний верстат* складається зі станини, на якій зліва розміщено передню бабку (у ній є коробка швидкостей зі шпинделем, на передньому кінці якого закріплено патрон). Справа на станині встановлено задню бабку (її можна переміщати вздовж напрямних станини). Інструмент кріпиться в різцетримачі супорта, який може переміщатися в поперечному й поздовжньому напрямках.

*Револьверні верстати* відрізняються від токарно-гвинторізних тим, що не мають задньої бабки й ходового гвинта, а мають поздовжній супорт, що втримує револьверну головку, у гнізда якої встановлюють різноманітний інструмент.

*Токарні верстати* розподіляють на 9 типів: 1) автомати; 2) напівавтомати; 3) револьверні; 4) свердлильно-відрізні; 5) карусельні; 6) токарні й лобові (обробка коротких заготовок великого діаметра); 7) багаторізьцеві; 8) спеціалізовані; 9) різні токарні.

2-гу групу верстатів (до них належать **свердлильні й розточувальні** верстати) розподіляють на 9 типів: 1) вертикально-свердлильні; 2 і 3) напівавтомати; 4) координатно-розточувальні; 5) радіально-свердлильні; 6) розточувальні; 7) алмазно-розточувальні; 8) горизонтально-свердлильні; 9) різні свердлильні.

*Вертикально-свердлильний верстат* складається з колони (змонтованої на фундаментній плиті). Угорі колони розміщено шпиндельну головку, на якій встановлено електродвигун і шпиндель з інструментом. На вертикальних напрямних колони встановлено шпиндельну бабку, усередині якої – механізм подачі шпинделя. Заготовка кріпиться на столі.

*Радіально-свердлильні верстати* відрізняються від вертикально-свердлильних можливістю переміщення шпинделя щодо деталі в горизонтальному напрямку вздовж траверси. Шпиндель розміщено у свердлильній головці.

Є 9 типів **фрезерних верстатів**: 1) вертикально-фрезерні консольні; 2) фрезерні безперервної дії; 3) вільні; 4) копіювальні та гравіювальні; 5) вертикальні безконсольні; 6) поздовжні; 7) широкоуніверсальні; 8) горизонтальні консольні; 9) різні.

Розрізняють дві групи фрезерних верстатів: універсальні та спеціалізовані. До 1-ї групи верстатів належать: 1) горизонтально-фрезерні; вертикально-фрезерні; поздовжньо-фрезерні; 2) шпонково-фрезерні; шліцефрезерні та ін.

*Горизонтально-фрезерні верстати* відрізняються від *вертикально-фрезерних* розташуванням шпинделя. Ці верстати характеризуються горизонтальним розташуванням шпинделя та складаються з фундаментної плити, на якій встановлено станину, усередині якої розміщено механізм головного руху й коробка швидкостей. У вертикальних напрямних станин змонтовано консоль (вона може переміщатися вертикально), на ній встановлено поперечні санчата, а на них – поворотну плиту, що утримує позовжній стіл. Деталь, встановлена на столі, може отримувати подачу в 3 напрямках.

*Поздовжньо-фрезерні верстати* призначено для обробки площин великогабаритних деталей. На них встановлено по дві фрезерні головки з горизонтальною та вертикальною віссю шпинделя.

*Шпонково-фрезерні верстати* призначено для фрезування шпонкових валів.

**Стругальні верстати** (група 7) призначено для обробки різцями площин і фасонних поверхонь. Верстати розподіляють на поперечно-стругальні та довбальні. Перші застосовують під час виготовлення дрібних і середніх за розмірами деталей, другі – для обробки великих або одночасно декількох деталей середнього розміру.

*Довбальні верстати* використовують для обробки шпонкових пазів, канавок, фасонних поверхонь невеликої довжини.

У *поперечно-стругальних верстатах* носійна частина верстата – повзун – разом із супортом (та інструментом) здійснює прямолінійний зворотно-поступальний рух горизонтальними напрямними станини. Поперечна подача здійснюється столом.

У *поздовжньо-стругального верстата* рухомою частиною є стіл із закріпленою на ньому заготовкою. Різці кріпляться у двох супортах (зверху та збоку) для обробки верхніх і бічних поверхонь. Розмірною характеристикою цих верстатів є найбільші розміри оброблюваної заготовки (ширина × довжина × висота), наприклад, 5 000 × 12 500 × 4 500 мм.

Верстати **шліфувальної групи** розподіляють на такі основні групи:

- 1) круглошліфувальні та безцентрові;
- 2) внутрішньошліфувальні;
- 3) плоскі.

Є також спеціальні верстати шліфувальної групи – різешліфувальні, зубошліфувальні та ін.

*Круглошліфувальні напівавтомати* характеризуються найбільшим діаметром оброблюваної деталі та її довжиною: 100 – 160 мм, довжина 150 – 1 250 мм.

Круглошліфувальний верстат складається зі станини, на горизонтальних напрямних якої встановлено робочий стіл, що втримує передню й задню бабки, у центрах яких встановлено деталь. Ззаду, на поперечних напрямних станини, встановлено шліфувальну бабку із приводом обертання шліфувального круга. Деталь обертається за допомогою диска приводу передньої бабки. Разом зі столом деталь здійснює позовжню подачу.

*Плоскошліфувальний верстат* складається зі станини, уздовж позовжніх напрямних якої рухається робочий стіл (зворотно-поступальні рухи). Уздовж вертикальних напрямних стійки переміщається шліфувальна бабка із шліфувальним кругом. Верстат не має передньої й задньої бабок, як круглошліфувальний верстат.

*Внутрішньошліфувальний верстат*. На його станині розташовано бабку виробу, у патроні шпинделя якої затискають оброблювальну деталь. На позовжніх напрямних кочення встановлено стіл. На поперечних напрямних столу розміщено шліфувальну бабку зі шліфувальним кругом. На верстаті встановлено ще торцешліфувальне пристосування.

*Універсально-заточувельний верстат* 3В642 призначено для загострювання інструментів. На ньому можна виконувати: кругле зовнішнє, внутрішнє та плоске шліфування за допомогою різних пристосувань.

До шліфувальної групи верстатів також належать *довідні верстати* (хонінгувальні, притиральні).

**Зубообробні та різьобробні верстати.** У процесі виготовлення зубчастих коліс використовують два методи: копіювання профілю різального інструменту та обкатування (копіювання). Нарізування коліс за методом копіювання здійснюють фрезуванням, струганням, шліфуванням та протягуванням. Профіль зуба відповідає профілю інструмента. Для цього застосовують зубодовбальні та зубофрезерні верстати, що працюють за методом копіювання. Застосовують також зубофрезерні верстати, що працюють за методом обкатування.

*Верстати для обробки зубів.* Застосовують зубошевінгувальні верстати. Процес зубошевінгування призначено для зниження шорсткості поверхні та забезпечення високої точності профілю зубів зубчастих коліс. Використовують спеціальний інструмент – шевер, який є колесом



або рейкою, зуби у яких прорізано поперечними канавками для різальних крайок. Під час обертання шевера й оброблюваного колеса, що перебувають у зчепленні, відбувається бічне ковзання зубів і зрізання стружки.

Застосовують зубошліфувальні верстати для підвищення якості та точності обробки зуба зубчастого колеса.

*Шліцефрезерні верстати* призначено для фрезування шліців на валах черв'ячними шліцьовими фрезами за методом обкатування, аналогічно нарізуванню зубів на зубофрезерних верстатах.

Нарізування різей здійснюють на різефрезерних, різешліфувальних і різенакатних верстатах.

До 4-ї групи верстатів входять **комбіновані верстати**, призначені для електрофізичних та електрохімічних методів обробки.

Електрофізичні методи обробки засновано на різних процесах енергетичної дії на тверде тіло. У цьому разі твердість оброблюваного матеріалу не є обмежувальним чинником обробки.

*Електроерозійні верстати.*

Електроерозійну обробку засновано на тепловій дії імпульсних електричних розрядів, що виникають між електрод-інструментом і заготовкою, у результаті чого відбувається термічне руйнування оброблюваного матеріалу. Залежно від виду застосовуваних електричних розрядів, верстати розподіляють на 3 види (електроіскрові, електроімпульсні та анодно-механічні):

а) *електроіскрові верстати* використовують іскрові розряди малої тривалості (кілька сотих мікросекунди), які слідує із великою шпаруватістю (рис. 3.25), що дорівнює відношенню  $T_0 / T_1$  (наприклад, 10 і більше).

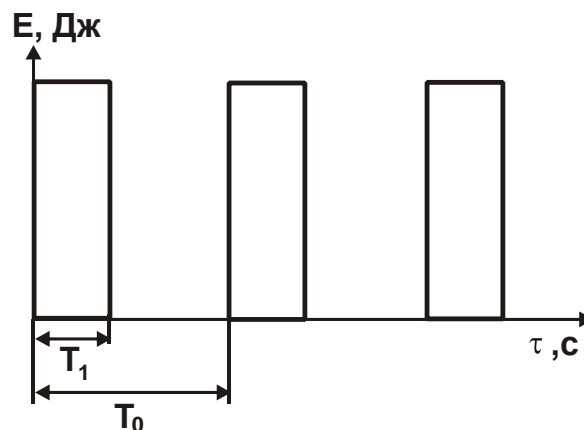
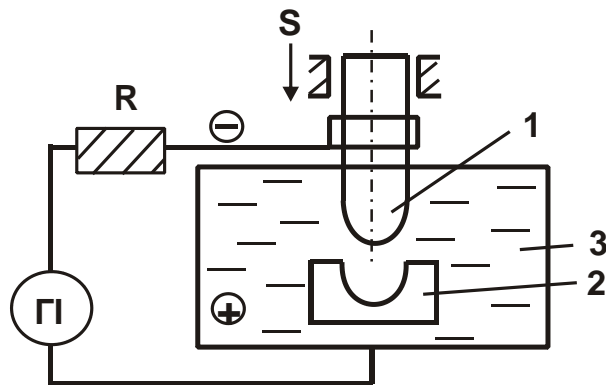


Рис. 3.25. Характер зміни енергії імпульсного струму в часі

Електричний розряд створює на поверхні оброблюваного матеріалу температуру 4 000 – 5 000 °С. Це призводить до розплавлення металу (рис. 3.26). Струм рухається від полюса "+" до полюса "-".



**Рис. 3.26. Схема електроіскрової обробки: 1 – електрод-інструмент; 2 – оброблювана деталь; 3 – рідке середовище, яке не проводить електричний струм (трансформаторне масло); ГІ – генератор імпульсів; R – опір; S – подача**

Потужність ГІ – 1 ... 1,5 кВт, енергія імпульсів – 4 ... 5 Дж;

б) в *електроімпульсних верстатах* принцип роботи такий самий, що й в електроіскрових. Застосовують розряди малої шпаруватості, але різної енергії та частоти. Чорнова обробка відбувається за великої енергії та низької частоти, а чистова обробка – за малої енергії та високої частоти. Оброблювану деталь під'єднують до полюса "-", а інструмент – до полюса "+". Електрод-інструмент виготовляють із матеріалів із високою теплопровідністю (мідь, алюміній, спеціальні графітні матеріали), які мають бути ерозійностійкими.

Електроерозійний копіювально-прошивний координатний верстат високої точності моделі 4Д722В призначено для обробки фасонних поверхонь та отворів у деталях зі струмопровідних матеріалів (твердих сплавів, міцних сталей та ін.). Верстат укомплектовано генератором типу ШГІ-63-440;

в) *верстати для анодно-механічної обробки*. Є комбінований процес анодного розчинення та електроерозійної дії на оброблювану деталь (рис. 3.27).

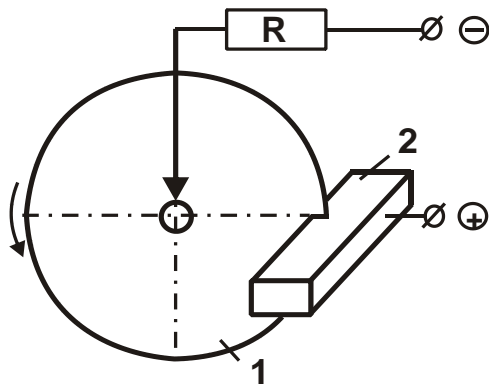


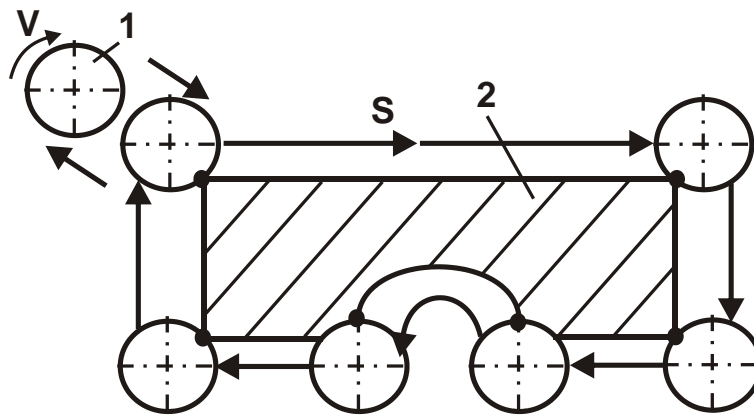
Рис. 3.27. **Схема анодно-механічної обробки:**  
**1 – інструмент; 2 – деталь**

Електроліт, що подають у зону обробки, розчиняє під дією струму метал (шляхом хімічної реакції). Утворену на поверхні металу тонку плівку легко видаляють інструментом. Одночасно відбувається електроерозійний процес, виникають електричні розряди. Застосовують процес для розрізання заготовок (див. рис. 3.27), для шліфування твердосплавних заготовок.

*Верстати із програмним управлінням.* Основною перевагою таких верстатів є можливість їхнього перенастроювання під час переходу на обробку нової деталі за дуже короткий час, що важливо у процесі обробки малих партій деталей (15 – 25 штук), а також складних за конфігурації заготовок, виготовлення яких на універсальних верстатах є малоефективним. Продуктивність праці зростає у 2 – 4 рази.

Управління верстатом здійснюється автоматично з використанням спеціальної програми, записаної на програмоносії (на комп'ютері). Підготовка верстата до роботи полягає переважно в розробленні програми що управляє (УП) для обробки конкретної заготовки. УП є сукупністю команд на мові програмування, відповідно до заданого алгоритму оброблення. УП складається з окремих кадрів. Кожен кадр реалізує не менше ніж одну команду й містить дані щодо значення переміщень інструмента вздовж осей координат, параметрів режимів різання та ін. Найбільш складною операцією під час підготовки УП є розрахунок координат опорних точок траєкторії руху інструмента під час контурної обробки на токарних і фрезерних верстатах.

Розгляньте схему обробки кінцевою фрезою плоскої деталі на верстаті із ЧПУ. Траєкторію руху кінцевої фрези у площині наведено на рис. 3.28.



**Рис. 3.28. Схема обробки кінцевою фрезою 1 плоскої деталі 2 на верстаті із ЧПУ**

Необхідно математично розрахувати опорні точки за кресленнями заготовки. Трудомісткість геометричних обчислень під час підготовки УП для складних креслень доходить до 90 %. Опорні точки – це точки, що з'єднують різні ділянки контуру оброблюваної заготовки, утворені відрізками прямих, дугами кіл і кривих вищого порядку.

Є такі види програмного управління:

- 1) ПУ – програмне управління;
- 2) ЦПУ – цифрове програмне управління (спрощене без застосування УП – переміщення обмежено упорами);
- 3) NC (ЧПУ) – управління за програмою в алфавітно-цифровому коді;
- 4) HNC – різновид ЧПУ з ручним завданням програми з пульта пристрою (клавіші та ін.);
- 5) SNC – має пам'ять для зберігання всієї програми;
- 6) CNC – автономне управління верстата із ЧПУ, містить електронно-обчислювальну машину (ЕОМ) або процесор;
- 7) DNC – управління групою верстатів від загальної ЕОМ.

Пристрої ЧПУ розподіляють на позиційні, контурні (прямокутні та криволінійні), комбіновані.

*Позиційні пристрої* застосовують для верстатів свердлильно-розточувальної групи (тут потрібна точність позиціонування).

*Комбіновані пристрої* застосовують частіше для управління багатоопераційними верстатами.

У позначенні моделей верстатів із ЧПУ в кінці шифру вказують букву  $\Phi$ , а після неї цифру ( $\Phi 1, \Phi 2, \Phi \dots$ ).

### 3.3. Технологічні процеси на основі хімічних явищ

**Хімічна технологія** – це наука про найбільш економічні методи й засоби масового хімічного перероблення природної та сільськогосподарської сировини на продукти споживання та продукти, що застосовують в інших галузях матеріального виробництва [21; 23]. Інакше кажучи, хімічна технологія – це наука про процеси, методи та засоби масового хімічного перероблення сировини та проміжних продуктів.

Хімічні технології пов'язані із глибокими та, переважно, незворотними змінами хімічної структури предмета праці, а, отже, їхніх властивостей. Нині все, що пов'язано із застосуванням матеріальних ресурсів у промисловості, на три чверті залежить від використання хімічних знань і застосування хімічної технології. Хімічна технологія є науковою основою нафтохімічної, коксохімічної, целюлозно-паперової, харчової промисловостей, промисловості будівельних матеріалів, чорної та кольорової металургії та інших галузей. Останніми десятиліттями хіміко-технологічні процеси використовують практично у всіх галузях промислового виробництва.

Хімічна технологія виникла в кінці XVIII ст. На той час вона займалася описом окремих хімічних виробництв, обладнання, матеріальних та енергетичних балансів. До 1930-х рр. хімічна технологія досягла надзвичайно високого рівня розвитку, перетворилася на хімічну промисловість. У зв'язку із цим виникла необхідність у вивченні загальних закономірностей хімічних технологічних процесів, розробленні та практичній реалізації їхніх оптимальних варіантів. У результаті хімічна технологія реалізує й об'єднує у єдиний комплексний процес різні хімічні, фізико-хімічні та механічні процеси [68].

**Хімічні технологічні процеси (ХТП)** – це процеси, що відбуваються під час хімічних реакцій, унаслідок яких змінюються склад, будова й, відповідно, властивості речовин, що перетворюються. Інакше кажучи, це процеси докорінної зміни внутрішньої будови, складу та властивостей речовин, у результаті яких утворюються нові речовини.

До ХТП належать:

виробництво органічних і неорганічних речовин, високомолекулярних (полімерних) з'єднань, перероблення нафти;

біохімічні виробництва, до яких, зокрема, належить виробництво харчових продуктів, очищення води;

металургія;

виробництво будівельних матеріалів (цементу, гіпсу тощо);  
фармацевтичне виробництво та ін.

Хімічні технологічні процеси розподіляють на періодичні й безперервні.

*Безперервний хімічний технологічний процес* – це процес, у якому надходження сировини в апарат і випуск продукції відбувається безперервно (або систематичними порціями) протягом тривалого часу, наприклад, виробництво чавуну, перероблення нафти та ін.

*Періодичний хімічний технологічний процес* – це процес, у якому порцію сировини завантажують в апарат, вона проходить у ньому ряд стадій обробки, а потім сировину вивантажують у формі речовини, що утворилася. Наприклад, це виробництво сталі, будівельних матеріалів, ліків, продуктів харчової промисловості тощо.

Основні напрями розвитку процесів хімічної технології:  
одночасне підвищення ефективності й екологічності виробництва;  
ефективне використання енергії реакцій;  
формування безвідхідних процесів;  
розвиток біохімічної та ферментативної технологій;  
широке застосування методів математичного моделювання у процесі проектування хімічних виробництв.

Особливої уваги заслуговують біохімічні технології, за допомогою яких можна вирішити завдання синтезу жирів і білків, використання діоксиду вуглецю. У хімічній технології власне хімічний технологічний процес складається з ряду операцій: підготовки сировини, її хімічного або частіше фізико-хімічного перероблення, відповідної обробки готової хімічної продукції. Від досконалості кожної із цих операцій залежні як технологічні, так і техніко-економічні показники виробництва.

*Хімічний технологічний процес* охоплює, переважно, такі взаємопов'язані елементарні стадії: підведення компонентів, що реагують, у зону реакції, відведення із зони реакції утворених продуктів. Підведення компонентів, що реагують, у зону реакції відбувається молекулярною дифузійною або конвекційною. За інтенсивного перемішування речовин, що реагують, конвективний перенос називають також *турбулентною дифузійною*. У дво- або багатофазних системах підведення компонентів, що реагують, може відбуватися абсорбція або десорбція газів, конденсація парів, плавлення твердих речовин або розчинення їх у рідині, випаровування

рідин або сублімація твердих речовин. Міжфазний перехід – це складний дифузійний процес.

*Хімічні реакції* – це другий етап хіміко-технологічного процесу. У системі, що реагує, зазвичай відбувається декілька послідовних (а іноді й паралельних) хімічних реакцій, що приводять до утворення основного продукту, а також ряд побічних реакцій між основними вихідними речовинами й домішками, наявність яких у вихідній сировині неминуче. У результаті, крім основного продукту, утворюються побічні продукти (матеріали, що мають господарське значення) або ж відходи виробництва, тобто продукти реакцій, що не мають значної цінності. Побічні продукти та відходи виробництва можуть утворюватися у процесі основної реакції разом із цільовим продуктом, а також унаслідок побічних реакцій між основними вихідними речовинами та домішками. Зазвичай у процесі аналізу виробничих процесів ураховують не всі реакції, а лише ті з них, які визначально впливають на кількість і якість утворених цільових продуктів.

Відведення продуктів із зони реакції може відбуватися так само, як і підведення компонентів, що реагують, – дифузією, конвекцією та переходом речовини з однієї фази (газової, рідкої, твердої) в іншу.

Сумарну швидкість процесу визначають за швидкістю перелічених елементарних стадій. Переважно, ці елементарні процеси відбуваються з різною швидкістю та послідовно. Тому загальну (сумарну) швидкість процесу лімітовано швидкістю найбільш повільної стадії. Якщо найбільш повільно відбувається сама хімічна реакція й вона лімітує сумарну швидкість, то процес відбувається в кінетичній зоні. Для прискорення таких процесів технології змінюють ті чинники, які найбільше впливають на швидкість хімічної реакції, збільшуючи, наприклад, концентрацію вихідних компонентів, температуру, тиск, застосовуючи каталізатори. Якщо загальну швидкість процесу лімітує підведення компонентів, що реагують, або відведення продуктів реакції, то процес відбувається в дифузійній зоні. Для прискорення таких процесів необхідно збільшити швидкість дифузії посиленням перемішування (турбулізацією системи, що реагує), диспергуванням фаз, підвищенням температури й концентрації, гомогенізацією системи, тобто переведенням багатофазної системи в однофазну та ін. Якщо швидкості всіх стадій технологічного процесу сумірні, тобто процес відбувається в так званій перехідній зоні, то для збільшення швидкості такого процесу необхідно, найперше, впливати на систему тих чинників,

які збільшують як дифузію, так і швидкість хімічної реакції, наприклад, підвищенням концентрації речовин, що реагують, і температури.

Знання основних закономірностей хімічної технології дозволяє встановити оптимальні умови процесу, здійснювати його найбільш ефективно та забезпечити утворення продуктів високої якості. Технолог користується основними закономірностями під час аналізу діючого виробництва для його поліпшення й особливо для організації нового процесу. У процесі класифікації хіміко-технологічних процесів ураховують розподіл хімічних реакцій на прості, складнопаралельні та складнопослідовні. Під час аналізу окремих класів хіміко-технологічних процесів реакції розподіляють за типом взаємодії реагентів на окисно-відновні (гомолітичні) та кислотно-основні (гетеролітичні). Хімічні реакції та процеси масопередавання можуть бути оборотними або необоротними, відповідно розрізняють і технологічні процеси загалом.

У класифікації технологічних процесів велике значення має необхідний для їхньої оптимізації технологічний режим.

*Технологічний режим* – це сукупність основних чинників (параметрів), що впливають на швидкість процесу, вихід та якість продукту. Для більшості хіміко-технологічних процесів основними параметрами режиму є температура, тиск, застосування каталізатора й активність його, концентрації взаємодійних речовин, спосіб і ступінь перемішування реагентів.

Параметри технологічного режиму визначають принципи конструювання відповідних реакторів. Оптимальному значенню параметрів технологічного режиму відповідають максимальна продуктивність апаратів і продуктивність праці персоналу, що обслуговує процес. Тому характер і значення параметрів технологічного режиму покладено в основу класифікації хіміко-технологічних процесів.

Для розвитку хімічної промисловості важливим є створення маловідхідних технологій, оскільки їх пов'язано з більш раціональним використанням сировини, зокрема і вторинної, що дає можливість отримати максимальний прибуток за незначних витрат на сировину. Маловідхідні технології здатні замінити деякі дорогі види сировини. Крім економічної вигоди, маловідхідні та безвідхідні технології дають велику користь екологічній ситуації, оскільки на утилізацію йде набагато менший обсяг речовини. Із цього погляду особливо актуальними є маловідхідні технології для підприємств кольорової металургії.



### 3.4. Технологічні процеси на основі біологічних явищ

*Біотехнологія* – це наука, що вивчає можливості використання живих організмів, систем чи продуктів їхньої життєдіяльності для вирішення технологічних завдань, а також можливості створення живих організмів із необхідними властивостями методом генної інженерії (рис. 3.29). Тому біологічні процеси пов'язано або з використанням живих мікроорганізмів, із метою створення необхідних продуктів (традиційна біотехнологія), або з відтворенням у штучних умовах процесів, що відбуваються в живій клітині (сучасна біотехнологія). Процеси з використанням живих мікроорганізмів були відомі ще з давніх часів: виноробство, хлібопечення, пивоваріння, виробництво молочних продуктів, способи обробки шкіри тощо. Наукові основи біотехнології було закладено в ХІХ ст. французьким ученим Л. Пастером (1822 – 1895) – засновником мікробіології. Перевагою біологічних процесів є те, що вони використовують відновлювальну сировину (біомасу) та відбуваються в м'яких умовах (за кімнатної температури, нормального тиску) із меншою кількістю технологічних етапів. Особливо вигідне (економічно й технологічно) застосування біотехнологічних процесів у разі провадження відносно дорогих, але малотонажних продуктів.

Нині біотехнологію розглядають як науку, що виникла на стику генетики, вірусології, мікробіології та рослинництва [34; 51]. Біотехнологія належить до високих технологій.



Рис. 3.29. Біотехнології

Біотехнологією часто називають застосування генної інженерії у ХХ – ХХІ ст., але термін належить і до більш широкого комплексу процесів модифікації біологічних організмів для забезпечення потреб людини,

починаючи з модифікації рослин і тварин шляхом штучного відбору та гібридизації. За допомогою сучасних методів традиційні біотехнологічні виробництва дістали можливість поліпшити якість харчових продуктів і підвищити продуктивність живих організмів.

До 1971 р. термін "біотехнологія" використовували, переважно, у харчовій промисловості та сільському господарстві. Із 1970 р. вчені використовують термін до таких лабораторних методів, як використання рекомбінантних ДНК і культур клітин, вирощуваних *in vitro*.

Біотехнологію засновано на генетиці, молекулярній біології, біохімії, ембріології та клітинній біології, а також на прикладних дисциплінах – хімічній та інформаційній технології й робототехніці.

**Види біотехнологій:** біоінженерія, біомедицина, біоінформатика, біофармакологія, біоніка, біоремедіація, штучний відбір, клонування, освітня технологія, гібридизація, генна інженерія.

*Біоінженерія (або біомедична інженерія)* – це дисципліна, спрямована на поглиблення знань у галузі інженерії, біології та медицини й зміцнення здоров'я людства шляхом міждисциплінарних розробок, які об'єднують інженерні підходи з досягненнями біомедичної науки та клінічної практики. Біоінженерія (або біомедична інженерія) – це застосування технічних підходів для розв'язання медичних проблем, із метою поліпшення охорони здоров'я. Цю інженерну дисципліну спрямовано на використання знань і досвіду для знаходження й розв'язання проблем біології та медицини. Основою біоінженерних досліджень є застосування методів комп'ютерного моделювання для створення білків із новими властивостями, а також моделювання взаємодії різних сполук із клітинними рецепторами, із метою розроблення нових фармацевтичних препаратів (*drug design*).

*Біомедицина* – це розділ медицини, що вивчає з теоретичних позицій організм людини, його будову і функції в нормі та патології, патологічні стани, методи їхньої діагностики, корекції й лікування. Біомедицина містить накопичені дослідження з медицини, ветеринарії, стоматології та таких фундаментальних біологічних наук, як хімія, біологічна хімія, біологія, гістологія, генетика, ембріологія, анатомія, фізіологія, патологія, біомедичний інжиніринг, зоологія, ботаніка та мікробіологія.

*Наномедицина* – це стеження за біологічними системами людини на молекулярному рівні, виправлення і конструювання її та контроль

над ними, використовуючи нанообладнання й наноструктури. У світі вже створено ряд технологій для наномедичної галузі: адресне доставляння ліків до хворих клітин, лабораторії на чипі, нові бактерицидні засоби.

*Біофармакологія* – це розділ фармакології, який вивчає фізіологічні ефекти, вироблені речовинами біологічного й біотехнологічного походження. Фактично, біофармакологія – це плід конвергенції двох традиційних наук: біотехнології, а саме, тієї її гілки, яку називають "червоною", медичної біотехнології та фармакології, що раніше цікавилася лише низькомолекулярними хімічними речовинами. Метою біофармакологічних досліджень є вивчення біофармацевтичних препаратів, планування їхнього створення та організації виробництва. Біофармакологічні лікувальні засоби та засоби для профілактики захворювань створюють із використанням живих біологічних систем, тканин організмів та їхніх похідних, засобів біотехнології, тобто лікарські речовини біологічного й біотехнологічного походження.

*Біоінформатика* – це сукупність методів і підходів, що охоплюють: математичні методи комп'ютерного аналізу в порівняльній геноміці (геномна біоінформатика); розроблення алгоритмів і програм для передбачення просторової структури білків (структурна біоінформатика); дослідження стратегій, відповідних обчислювальних методологій, а також загальне управління інформаційною складністю біологічних систем. Біоінформатика використовує методи прикладної математики, статистики та інформатики. Цю науку застосовують у біохімії, біофізиці, екології та інших сферах.

*Біоніка* – прикладна наука щодо застосування в технічних пристроях і системах принципів організації, властивостей, функцій і структур живої природи. Інакше кажучи, біоніка – це поєднання біології й техніки, що розглядає їх із нового боку, пояснюючи, які загальні риси та відмінності є у природі й техніці. Водночас розрізняють біологічну біоніку, що вивчає процеси, які відбуваються в біологічних системах; теоретичну біоніку, що будує математичні моделі цих процесів; технічну біоніку, яка застосовує моделі теоретичної біоніки для вирішення інженерних завдань. Біоніка тісно пов'язана з біологією, фізикою, хімією, кібернетикою та інженерними науками, а саме: електронікою, навігацією, зв'язком, морською справою та ін.

*Біоремедіація* – це комплекс методів очищення вод, ґрунтів і атмосфери з використанням метаболічного потенціалу біологічних об'єктів: рослин, грибів, комах, черв'яків та інших організмів.

*Штучний відбір* – це вибірковий підхід до розмноження тварин, рослин або інших організмів, із метою виведення нових сортів і порід. Він є попередником та основним методом сучасної селекції. Результатом штучного відбору є різноманітність сортів рослин і порід тварин.

*Клонування* – це поява природним шляхом або створення декількох генетично ідентичних організмів шляхом безстатевого (зокрема вегетативного) розмноження. Термін "клонування" в тому самому сенсі нерідко застосовують і щодо клітин багатоклітинних організмів. Клонуванням називають також створення кількох ідентичних копій спадкових молекул (молекулярне клонування). Нарешті, клонуванням також часто називають біотехнологічні методи, що використовують для штучного створення клонів організмів, клітин або молекул. Група генетично ідентичних організмів або клітин – це *клон*.

### **Біотехнологія в житті суспільства**

У 40 – 50-ті рр. ХХ ст., коли було здійснено синтез пеніциліну методами ферментації, почалася ера антибіотиків, що дало поштовх для створення мікробіологічної промисловості. У 60 – 70-ті рр. ХХ ст. почала розвиватися клітинна інженерія. Формально народження генетичної інженерії пов'язано зі створенням 1972 р. групою П. Берґа у США першої гібридної молекули ДНК. Ці два напрями визначили образ нової біотехнології, що має мало спільного з тією примітивною біотехнологією, що людина використовувала протягом тисячоліть. За стислий період свого розвитку (25 – 30 років) сучасна біотехнологія домоглася не тільки істотних успіхів, але й продемонструвала необмежені можливості використання організмів і біологічних процесів у різноманітних галузях виробництва.

У медицині біотехнологічні прийоми й методи відіграють головну роль під час створення нових біологічно активних речовин і лікарських препаратів, призначених для ранньої діагностики та лікування різноманітних захворювань. *Антибіотики* – це найбільший клас фармацевтичних сполук, створення яких здійснюють за допомогою мікробіологічного синтезу. Саме біотехнологія відкрила медичні методи лікування кардіологічних хвороб, склерозу, гемофілії, гепатиту та СНІДу. Нині створюють біотехнологічні продукти харчування, які зроблять дешевими та доступними для найбільшої частини населення планети життєво необхідні вітаміни та вакцини.

Найважливішим відкриттям стала розроблена 1975 р. Р. Келером і С. Мільштейном техніка використання гібридів для створення моноклональних антитіл бажаної специфічності. Їх використовують як реагенти для діагностики й лікування захворювань.

Внесок біотехнології в сільськогосподарське виробництво полягає в полегшенні традиційних методів селекції рослин і тварин та розробленні нових технологій. Найважливішою проблемою біотехнології в усьому світі є дослідження можливості правління процесом фіксації азоту. Розробляють нові регулятори росту рослин, мікробіологічні засоби захисту рослин від хвороб і шкідників. У створенні більш ефективних технологій племінної справи застосовують генно-інженерний гормон росту, а також техніку трансплантації й мікроманіпуляцій на ембріонах тварин.

Промислове вирощування мікроорганізмів, рослинних і тваринних клітин використовують для створення цінних сполук: ферментів, гормонів, органічних кислот. А. С. Спіріним у 1985 – 1988 рр. розроблено принципи безклітинного синтезу білка, коли замість клітин застосовують спеціальні біореактори, що містять необхідний набір очищених клітинних компонентів. У ряді країн за допомогою мікроорганізмів створюють етиловий спирт, що використовують як паливо для автомобілів.

Біотехнологію застосовують у багатьох предметах щоденного вжитку (одяг, їжа). Вона використовує сучасні наукові методи, які дозволяють поліпшити або модифікувати рослини, тварини, мікроорганізми з більшою точністю та передбачуваністю. Споживачі повинні мати можливість вибору з якомога ширшого переліку безпечних продуктів. Біотехнологія може надати споживачам можливість такого вибору не лише в сільському господарстві, але й медицині та з паливними ресурсами. Значний потенціал біотехнологія має й у боротьбі з голодом. Шляхом зростання врожайності та виведення культур, стійких до хвороб та посухи, біотехнологія може зменшити брак їжі. Подальший прогрес людства багато в чому пов'язано із розвитком біотехнології. Водночас необхідно враховувати, що неконтрольоване поширення генно-інженерних живих організмів і продуктів може порушити біологічний баланс природи та бути загрозою здоров'ю людини.

## Запитання для самостійного контролю

1. Що таке "технологічні процеси на основі фізичних явищ"?
  2. Що означає поняття "обробка різанням"?
  3. Назвіть інструменти для обробки різанням та їхнє призначення.
  4. Які складові сили різання ви знаєте?
  5. Поясніть призначення режимів для різних видів обробки різанням.
  6. Для чого призначено покриття на різальних інструментах?
  7. Які фізичні явища супроводжують процес обробки різанням?
  8. Назвіть основні методи обробки матеріалів різанням.
  9. У чому полягає протягування як високопродуктивний метод обробки.
  10. Дайте характеристику процесу шліфування.
  11. Назвіть перспективні напрями розвитку обробки різанням.
  12. Назвіть мастильно-охолоджувальні рідини та їхнє призначення.
  13. Які вимоги ставлять до інструментальних матеріалів?
  14. Дайте характеристику металокерамічних твердих сплавів.
  15. Дайте характеристику синтетичних надтвердих матеріалів.
  16. Назвіть види зносу різальних інструментів.
  17. Наведіть класифікацію металорізальних верстатів.
  18. Поясніть призначення, кінематику та конструкції токарних верстатів.
  19. Які є електрофізичні та електрохімічні методи обробки?
  20. Поясніть принцип роботи металорізальних верстатів із ЧУ.
  21. Що таке "технологічні процеси на основі хімічних явищ"?
  22. Які основні напрями розвитку хімічних технологічних процесів?
  23. Що таке "технологічні процеси на основі біологічних явищ"?
  24. У чому полягає сутність біотехнології? Назвіть її види.
- Література:** [6; 19; 21; 23; 34; 37; 52; 51; 56; 58; 61; 68].

## 4. Закономірності розвитку технологічних систем

### 4.1. Життєвий цикл технологічної системи. Етапи життєвого циклу

**Технологія** – це певна послідовність виробничих операцій і процесів, спрямованих на досягнення певного результату, тобто на виготовлення певного продукту праці. Кожна технологія, розв'язуючи проблему виробництва конкретного товару, має певні технологічні межі, які характеризують можливості цієї технології й обумовлюють перехід до більш досконаліх технологій. Причому виробництво одного продукту праці можна здійснювати за різними технологіями. Інакше кажучи, у межах чинної технології можна знайти кращі й гірші способи виробництва, усе залежить від глибини знань цих технологій і вміння вибрати найбільш ефективну з них. Застосування і використання нової техніки та технології дозволяє зменшувати індивідуальні витрати виробництва до рівня, нижчого ніж суспільно необхідний, і досягати більш високих результатів виробництва. Але, як і все в житті, технологія має певну межу, якщо закладений у неї потенціал вичерпується і вона стає неспроможною для подальшого прогресу. Технологічна межа означає, що високих результатів виробництва можна досягти лише за умови переходу до нової, більш високої технології. Процес розвитку полягає в такому: застосування нової техніки та технології, які дають додаткові доходи, поширюється, охоплює все більшу кількість підприємств і фірм, зменшує суспільно необхідні витрати до рівня, заданого новими умовами виробництва. Тому для подальшого зростання доходів необхідно застосовувати ще більш нову й ефективну техніку та технологію, які забезпечать зменшення індивідуальних витрат. Отже, періодично відбувається заміна чинної технології, за якої виготовляють основну масу продукції, на нову більш продуктивну технологію. Переходом до нової, більш ефективної технології є технологічний стрибок. Величину цього стрибка визначено ступенем ефективності нової технології.

Процес заміни чинної технології більш досконалою відбувається в часі, тобто охоплює більший чи менший період часу. Якщо чинна технологія досягла своєї межі й не відповідає новим умовам, а нову технологію ще не розроблено або ще не доведено її переваги, а тому й не поширюють швидко, то такий проміжок часу називають *періодом технологічного розриву*. Регулювання та стимулювання науково-дослідних

та дослідно-конструкторських розробок має ґрунтуватися на урахуванні й технологічної межі, а особливо технологічного розриву, щоб максимально його скоротити та пришвидшити процес відновлення технології.

Тому технологічна система має циклічний характер життя: вона народжується, розвивається й помирає. Цикл графічно можна зобразити частиною синусоїдної кривої в координатах: характеристики технології, залежно від сумарних витрат, інвестованих у її розвиток із часом, або ж від часу початку її розвитку (рис. 4.1) [31; 67].

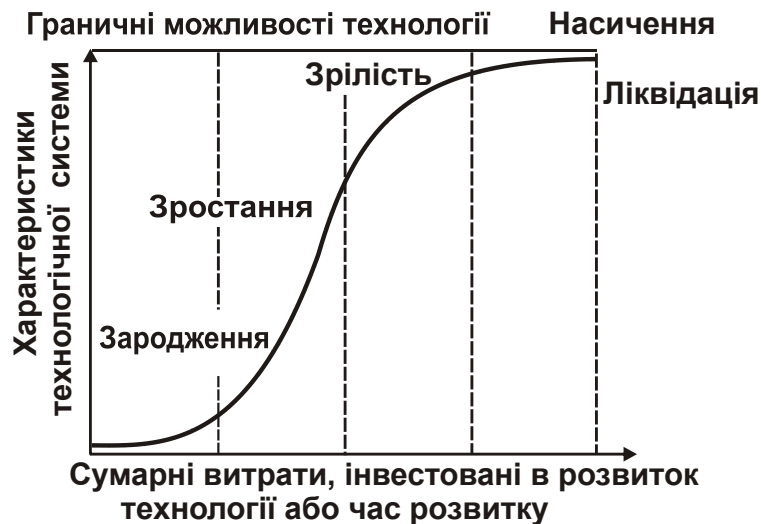


Рис. 4.1. Схема розвитку (цикл життя) технологічної системи

Час життя технологічної системи залежить від часу виготовлення й реалізації конкретного товару.

Цикл життя технологічної системи можна умовно розподілити на фази: зародження, зростання, зрілість, насичення й ліквідація (утилізація).

Перша фаза "зародження" (виникнення) — це період перших кроків технології та впровадження її в економічне життя після народження з винаходу або періоду науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт.

У цей період досягнення нової технологічної системи менш значущі, ніж у конкурентної старої системи. Але схильність до зростання її характеристик набагато сильніша, вища, ніж у попередньої технології, через більшу наукомісткість. Це найважливіший період у житті технології, коли вона, будучи ще зовсім слабкою, має довести свою життєздатність і перспективність. Саме на цій стадії життєвого циклу нова технологічна система має відповідати всім вимогам до якісної технології і, як підтвердження цьому, 90 – 95 % нових розробок гинуть, так і не доживши до наступних фаз розвитку. Це так звана дитяча смертність технологій.



Наступна фаза "зростання" – це фаза інтенсивного поліпшення нової технології й обладнання. Технологія стала досить надійною, знайшла собі ряд значущих застосувань. У цей період у технологію вносять серйозні зміни, покликані усунути її слабкі сторони, що виявили у процесі експлуатації, водночас розвиток технології часто супроводжується мініатюризацією об'єктів виробництва, як це відбувається в електроніці, або підвищенням питомих характеристик, як це відбувається в машинобудуванні. У цей період відбувається зростання не тільки технічних характеристик технологічної системи, але й техніко-економічних – технологія знайшла свою нішу застосування й розвивається там більш швидкими темпами. Водночас часто відкриваються нові, додаткові функції, які не забезпечувалися раніше чинною технологією, тобто зони дії нової та старої технологій не повністю збігаються.

"Зрілість" – це фаза, коли технологія стабілізується і її процеси відпрацьовано, а зростання показників хоча й зберігається, але явно вповільнюється. Набутий досвід дозволяє за допомогою цієї технології вирішувати принципові питання у сферах, де її впроваджено та розвинено. На цій стадії розвитку технологію значно поширено. Із технічного боку характеристики технології добре відомі й, виходить, можна аналізувати її можливе застосування. А з іншого – техніко-економічного боку – уже важко очікувати вигоди від поліпшення її показників, і всі зусилля спрямовано на екстенсивний шлях розвитку, на заміщення чинної технології, на пошук нових ринків збуту технології й товарів, зроблених із її застосуванням. У зв'язку з масованим поширенням нової технології й техніки, за допомогою якої реалізують цю технологію, вони є новими для широкої публіки та їх часто кваліфікують як "нові техніка й технологія", хоча насправді вони вже не нові.

Наступна фаза "насичення" – технологія досягає своїх меж. Насамперед, це зниження параметрів функціонування елементів системи, поява та збільшення невідповідності параметрів системи вимогам часу, збільшення витрат на досягнення меж підвищення характеристик технологічної системи, які диктує зовнішнє середовище. Наприклад, подальше зростання потужності системи можливе тільки за рахунок пропорційного зростання розмірів і маси. Знайти нові застосування технології вже не вигідно. У техніко-економічному плані ситуацію виявляють у підвищенні собівартості та зниженні продуктивності. Це фаза зниження рентабельності.

Технологія переходить у розряд старої. Водночас необхідно чітко розмежувати фази існування технології, технологічної системи, регламенту, методу, способу та ін. Наприклад, технологічна система "регламент" може пройти всі фази, включно з насиченням, і ліквідацію, а технологія буде ще у фазі зародження чи зростання.

Наступна фаза в розвитку технологічної системи – "ліквідація". Це дуже відповідальна фаза, особливо для технологічних систем із наявністю шкідливих функцій. Прикладом можуть слугувати технологічні системи збереження та використання озброєння підрозділами Міністерства оборони країни, технологічні системи транспортування й перероблення відходів атомних електростанцій та ін. Як приклад, фазу "зародження" технологічної системи можна подати у вигляді схеми (рис. 4.2).

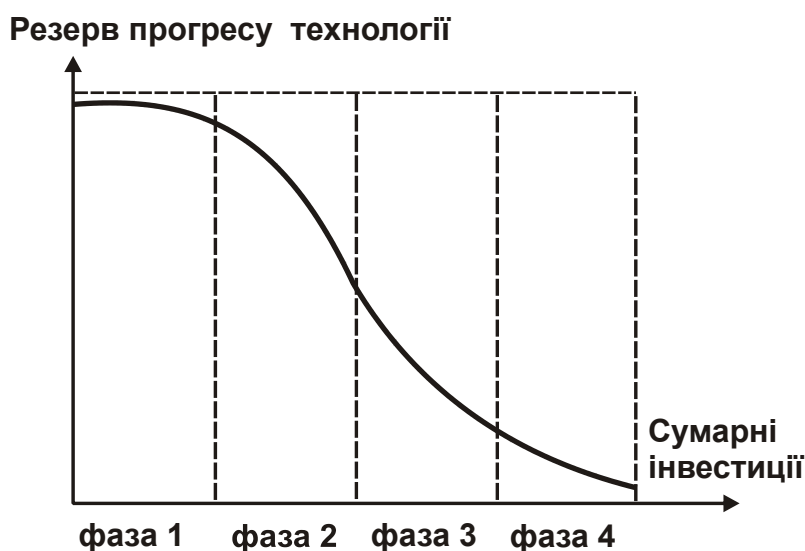


Рис. 4.2. Фаза "зародження" технологічної системи

Деякі автори пропонують ніби перевернуту криву життєвого циклу технології (рис. 4.3), де більш наочно подано вичерпання внутрішніх ресурсів розвитку технології. З одного боку, це результат наявності фізичної межі. Наприклад, якби не вдосконалювали залізниці та не підвищували швидкість поїздів, але на поїзді не можна приїхати, скажімо, на Місяць. Інерційність електронної лампи обмежує швидкодію обчислювальної техніки, і тому неможливо створити сучасний комп'ютер на її основі.

Слід зазначити, що є не тільки фізична межа розвитку. Будь-яку технологічну систему засновано на використанні фізичних, хімічних і біологічних явищ чи їхніх комбінацій.

Усі обмеження цих явищ переходять на об'єкти, у яких вони наявні, тому всі технологічні системи мають свої обмеження щодо елементарних складових і, таким чином, мають межу розвитку системи загалом. Однак вибір явищ для використання в системі, які мають менш обмежений термін їхньої дії, може привести до створення нових, більш ефективних технологічних систем. Дуже важливо, яка країна володіє такими технологіями. Достатньо часто до таких обмежень додають обмеження й іншого порядку: економічні, соціальні, екологічні та ін. Тоді говорять про самонасичення технології.



**Рис. 4.3. Цикл життя технології як оцінка її резервів розвитку, що залишилися**

Прикладом такого самонасичення є технологія друкування тексту на друкарській машинці. Щоб підготувати до друку текст статті чи книги, раніше необхідно було набрати текст на друкарській машинці та здати

в редакцію. Із появою електронних носіїв інформації час підготовки тексту значно зменшився, а технологія підготовки тексту на друкарській машинці вичерпала себе. У результаті самонасичення технологічної системи (складові частини системи: оснащення (машинка), предмет праці (текст) і виконавець) відбулося її самознищення ще й тому, що на зміну прийшла нова технологічна система (комп'ютер, предмет праці й новий професійний виконавець).

Водночас схема розвитку технологічної системи, наведена на рис. 4.1, не викликає відчуття, що це відповідає повному циклу життя технології. Справді, крива обривається, ніби на зльоті, коли характеристики технологічної системи, хоч і повільно, але зростають або принаймні залишаються незмінними й найвищими, ніж коли-небудь раніше. І тут настає ліквідація (утилізація) технологічної системи. Водночас інформаційний блок технології доповнюють, і вона стає більш наукомісткою, сильною, ефективнішою. Так, наприклад, технологія добування вогню діє дуже довго й має нескінченний термін життя, а технологічні системи добування вогню народжуються, розвиваються і гинуть, щоб перетворити технологію на більш наукомістку й ефективнішу.

Як приклад можна порівняти добування вогню для підпалювання газової колонки за допомогою сірників та електричної іскри. Дійсно, одна з останніх технологічних систем добування вогню (використання сірників) має в 4-й фазі свого розвитку найвищі характеристики за час свого використання. Але прогрес технології загалом потребує ще більш високих характеристик (рис. 4.4), які чинна технологічна система через вичерпання свого потенціалу задовольнити не може, що викликає розрив між вимогами до технологічної системи та її можливостями. Тобто чинна технологічна система вже не встигає забезпечувати конкурентоспроможність виготовленого товару, порівняно з технологічним оточенням.

Якби ця технологічна система була ізольованою, то її могли б використовувати як завгодно довго. Насправді на заміну приходять нова технологічна система більш високого рівня. Час застосування технологічних систем різний і залежить від наукомісткості технології, ступеня забезпеченості конкурентоспроможності товару та її важливості для суспільства. З іншого боку, час застосування системи визначено часом застосування її елементів. Зі зростанням часу застосування системи збільшується обсяг виготовлення відповідного технологічного оснащення.

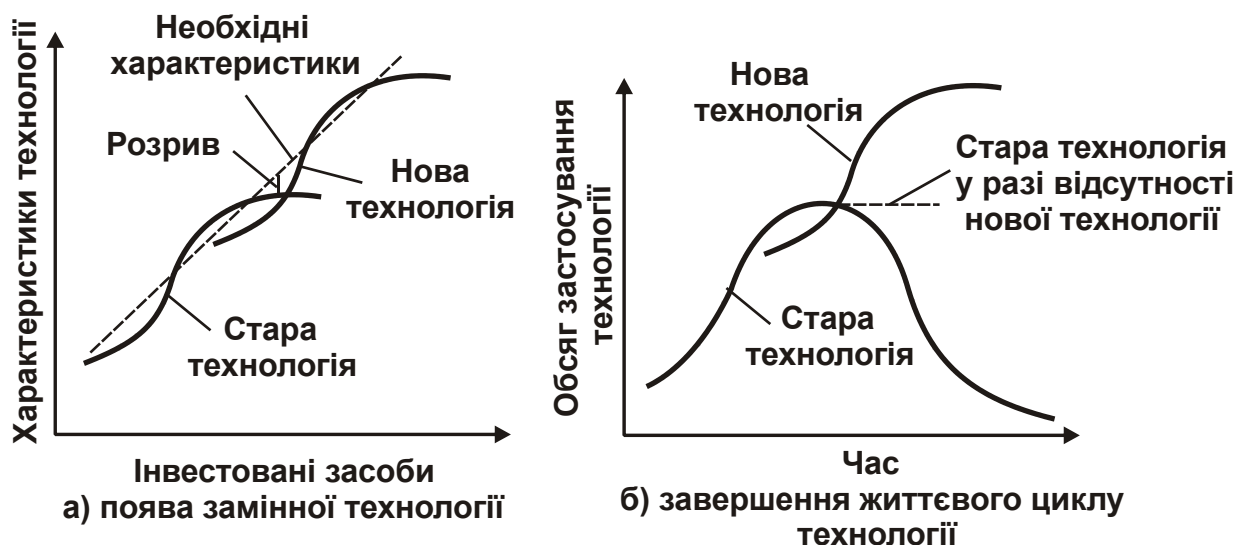


Рис. 4.4. Зміна технологічних систем (підсистем)

У результаті появи нової, більш удосконаленої технології, що теж розвивається не ізольовано, відбувається перерозподіл ролей.

Нова технологія відбирає у старій одну сферу використання за одною, в результаті чого сфера застосування старої технології неухильно скорочується й занепадає (див. рис. 4.4 б). Так, на кривій життєвого циклу, побудованій у координатах (обсяг застосування технології / час), виникає період спаду, що свідчить про завершення життєвого циклу.

Приходять до такого висновку: спостерігають обмеженість життя технологічної системи й безперервність технічного прогресу. Кожна окремо взята технологічна система має обмежений потенціал, у разі вичерпання якого вона не може пристосуватися до вимог навколишнього технологічного середовища й починає зазнавати з її боку тиск. Тиск усе сильніший, і під його впливом чинна технологічна система поступається всіма сферами застосування новій, і як результат – гине.

Чинна технологічна система, яка зробила свій внесок у прогрес технології, руйнується (ліквідується) в ім'я подальшого прогресу. Таким чином, на рівні одиничних технологічних систем відбувається поєднання обмеженості їхнього життя й зародження нової системи, яка буде забезпечувати безперервність процесу підвищення технологічного рівня (інформаційне вдосконалення технології) (рис. 4.5). Своєю чергою, зародження нової технологічної системи відбувається після чергового інформаційного вдосконалення технології. Відбувається рух нагору, ніби сходами, де цими сходами є елементарні технологічні системи (підсистеми).

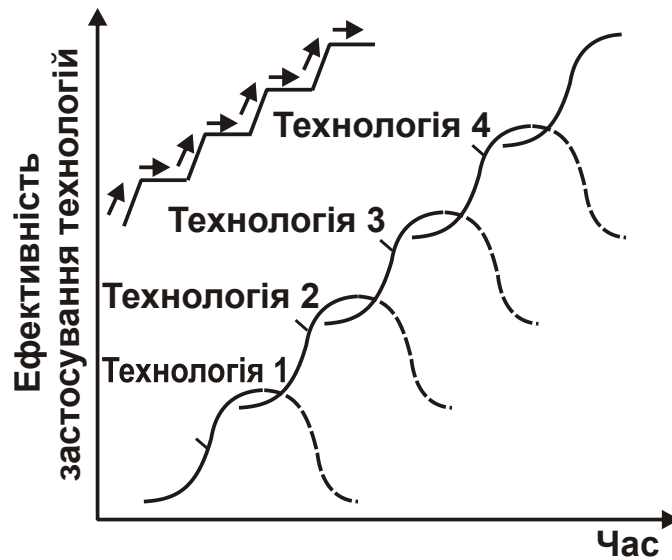


Рис. 4.5. **Безперервність прогресу технології**

Технологічна система виготовлення товару складається з великої кількості одиничних технологій (рис. 4.6) і є мережею взаємозв'язків між елементами, підсистемами.



Рис. 4.6. **Схема життєвого циклу технологічної системи**

Технологічна система сприймає зміни, збурювання зовнішнього та внутрішнього середовищ підприємства, демпфіруючи, передаючи, поширюючи, а іноді й підсилюючи їхній вплив на інші складові частини.

Оскільки технології, що становлять систему, структуровано, відповідно до ієрархії, то виникнення кризи в тій або тій технології має різний вплив на систему загалом. Розмах, широта викликаного хвилювання може перебувати в межах від мінімальної непогодженості до колапсу системи, залежно від місця потрясіння. Як і на підприємстві, переміщення виконавця з одного на інше робоче місце чи звільнення працівника не буде виходити за межі дільниці, цеху й не буде впливати на показники роботи підприємства, так і в технологічній системі виробництва товару проблеми у прикладних технологічних процесах, криза й катастрофа в них здійснюють тільки локальні порушення цієї системи. До того ж тривалість циклів життя технологій різна та зміна технологій відбувається не одночасно. Криза фундаментальних технологій або блоку загальних технологій може призвести до катастрофи технологічної системи загалом, звільняючи місце для розвитку нової технологічної системи. Такі потрясіння технологічної системи найвищого рівня є промисловою революцією (рис. 4.7).

У підсумку й науково-технічний прогрес становить послідовну зміну технологічних систем найвищого рівня, що мають також обмежений цикл життя.

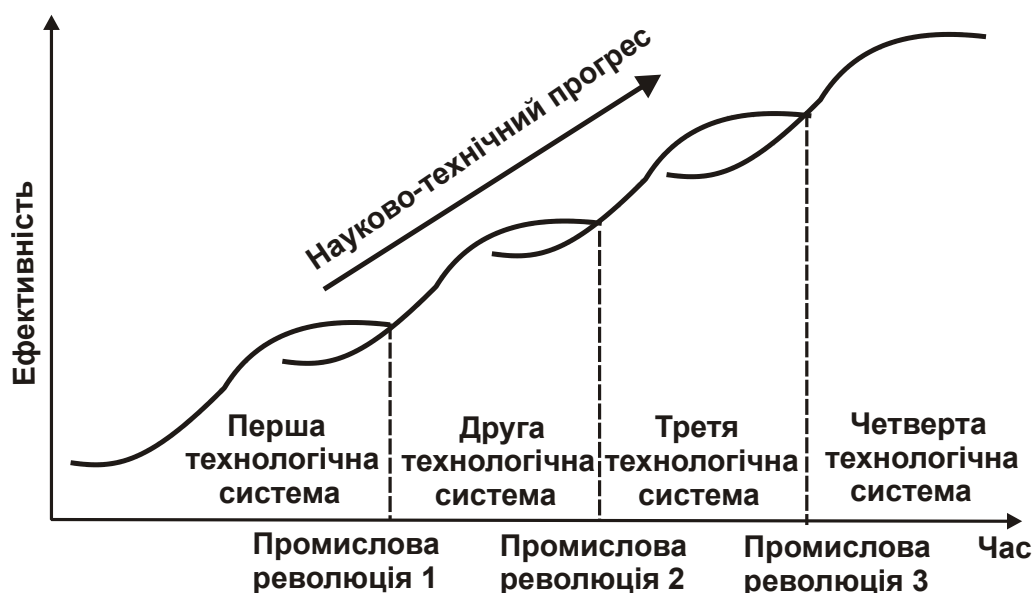


Рис. 4.7. Зміна технологічних систем і науково-технічний прогрес

## 4.2. Промислові революції

**Промислова революція** – це процес переходу від аграрної економіки, для якої характерно ручна праця й ремісниче виробництво, до індустріального суспільства з переважанням машинного виробництва [44; 60]. Процес розпочався в Англії в 1740 – 1780-х рр. і тільки потім поширився на інші країни Європи та США. Сам термін виник значно пізніше та став широко вживаним лише з останніх десятиліть XIX ст.

### **Передумови промислової революції**

Для XVIII ст. було характерно значне збільшення населення низки європейських країн, зокрема й Англії. Суттєво зріс попит на продукти харчування, що спровокувало в Англії сільськогосподарську революцію: перебудову системи землекористування, зміну технологій обробки землі, селекцію насіння й порід худоби, виникнення спеціалізації окремих районів країни та ряд інших явищ. На зміну селянам-власникам землі приходили орендарі, які використовували найманих працівників. Усе це дозволило зробити англійське сільське господарство не лише набагато більш продуктивним, а й більш вигідним, а гроші, які з'явилися в сільському господарстві, своєю чергою, спричинили масовий попит на промислові товари.

Побудована на ручній праці система виробництва, яка тоді домінувала, повною мірою задовольнити цей попит не могла. До того ж ці вимоги почали ставити нові верстви суспільства, які не мали досвіду масового використання промислових товарів, – ті, для кого продукція ремісників чи мануфактур була занадто дорогою, із задоволенням купували дешевші, хоча часто й менш якісні фабричні вироби.

Крім того, сільськогосподарська революція дозволила розв'язати й іншу проблему: де взяти гроші на будівництво заводів і фабрик, причому часто в тих галузях, де раніше ніякого промислового виробництва взагалі не було. Фабрики були в декілька разів більш дорогі, ніж мануфактури, і капітали, накопичені в сільському господарстві, було запущено у промисловість. Таким чином, до середини XVIII ст. в Англії зійшлися воедино відразу кілька чинників: багатство природних ресурсів, вільні капітали, бажання та вміння вкладати гроші в ту сферу економіки, яка здавалася більш вигідною, і масовий попит на промислову продукцію, який забезпечує і зростання цін на неї, і ринок збуту.



## Перша промислова революція

Перша промислова революція, яка почалася понад 200 років тому з винаходом ткацьких машин, призвела до заміни людських рук машинами майже у всіх галузях виробництва та викликала колосальний підйом продуктивності праці.

Починаючи з першої промислової революції, термін "технологія" нерозривно пов'язують із машинізацією процесів виробництва, а технічні інновації стали основним двигуном економічного зростання та створення робочих місць (рис. 4.8).

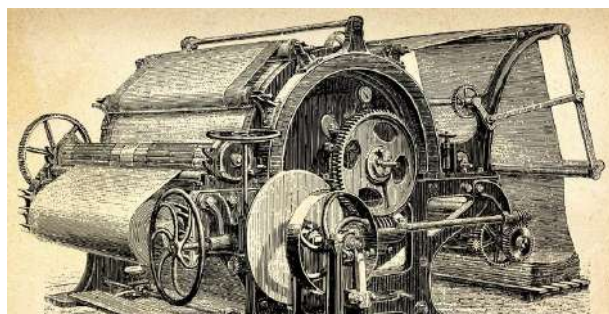
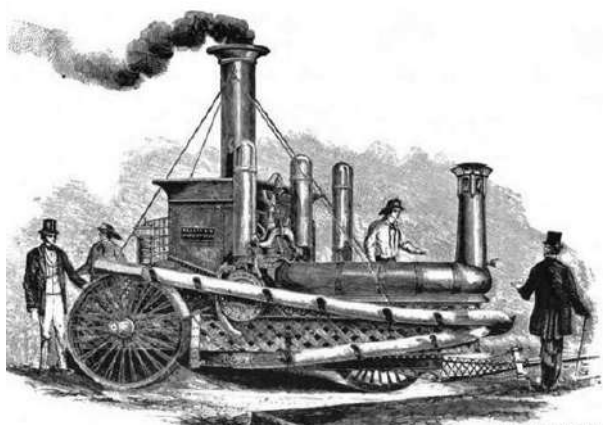


Рис. 4.8. Досягнення першої промислової революції

У результаті зростання продуктивності праці та соціальних перетворень підвищився добробут найманих працівників, зменшилася тривалість робочого дня, розширилися можливості для здобуття освіти та зміни видів діяльності. Суттєво зросла роль науки, мистецтва й технічного прогресу в житті суспільства. На рубежі XVII і XVIII ст., 1735 р., уперше було застосовано доменне виплавляння чавуну на коксі. 1784 р. створено паровий двигун (конструктор – Джеймс Ватт) і цей винахід також

ознаменував початок першої промислової революції, кардинально змінив умови людського існування. Слідом за ним виникло поняття про енергію як про якусь субстанцію, що міститься в гарячому парі, яку можна перетворювати на роботу.

Перша промислова революція – це перехід від ручної праці до машинної, від мануфактури до фабрики. Перехід від, переважно, аграрної економіки до індустріального виробництва, у результаті якого відбулася трансформація аграрного суспільства в індустріальне, причому в різних країнах не одночасно, починаючи із другої половини XVIII ст. й до кінця XIX ст. Характерною рисою промислової революції стало стрімке зростання продуктивних сил на базі великої машинної індустрії та затвердження капіталізму як панівної світової системи господарства. Перша промислова революція використовувала для механізації виробництва силу води й пару [67].

### **Друга промислова революція**

У кінці XIX – на початку XX ст. зміни в науково-технічній базі виробництва були значні та привели до таких наслідків в організації господарства, що вони дістали визначення "друга промислова революція".

У цей період набули розвитку три взаємопов'язані процеси: винаходи, інновації та поширення нових технологій.

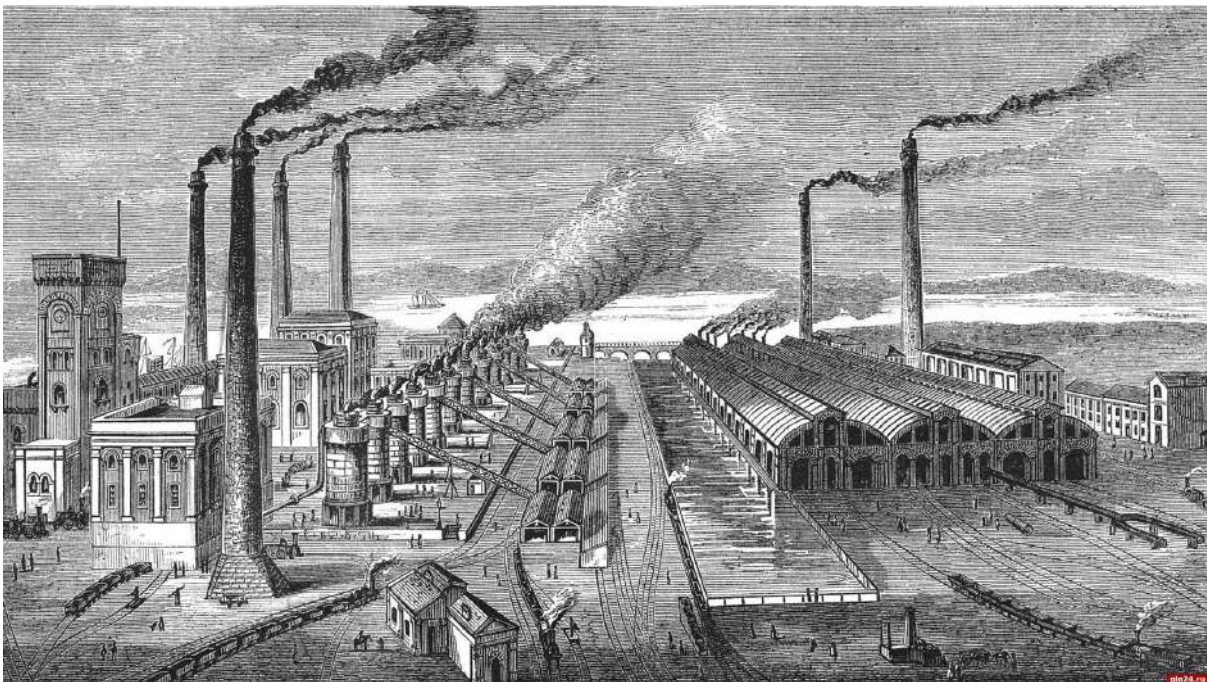
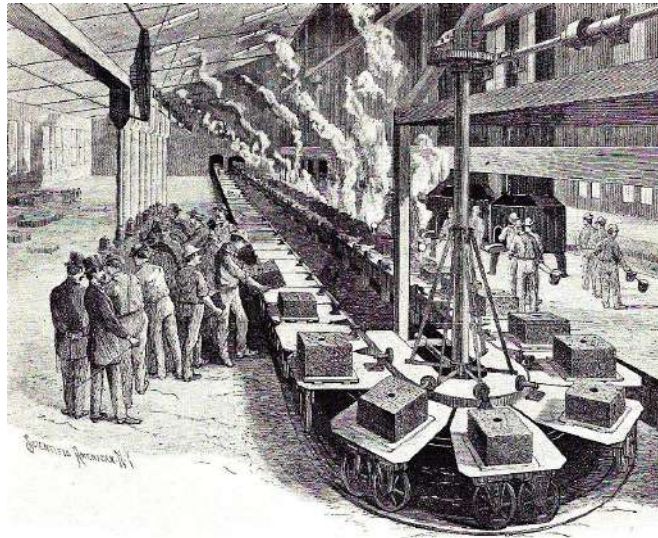
*Винахід* означає будь-яке нововведення механічного, хімічного або електричного характеру. Щоб винаходи набули значення для економічного розвитку, їх необхідно впровадити в господарський процес, тоді вони стають *інноваціями*. Поширення інновацій усередині цієї країни, між галузями та між країнами є процесом дифузії технологій.

*Поширення, або дифузія технологій*, залежне від умов в різних галузях і регіонах країни, наявності та поєднання чинників виробництва в них, а також культурного середовища.

Друга промислова революція охоплює період із 70-х рр. XIX ст. до 60-х рр. XX ст. Вона не є однорідною і тому її слід розподілити на два етапи. Перший етап – це етап індустріалізації, який тривав до 30-х рр. XX ст., привів до формування розвинених капіталістичних товариств, де провідними соціальними групами стали клас буржуазії та робітничий клас. Другий етап другої промислової революції – це так звана науково-технічна революція.

Технологічні розробки в розглянутий період було обумовлено зміною енергетичної бази виробництва (рис. 4.9).





**Рис. 4.9. Досягнення другої промислової революції**

Парову енергію було витіснено електрикою, почався процес загальної електрифікації виробництва, транспорту, побуту. Основою цього

процесу стали: винахід динамо-машини (В. Сіменс, Німеччина, 1867 р.), генератора (Т. Едісон, США, 1888 р.), трансформатора для передавання енергії на відстань (Т. Едісон, 1891 р.), електричної залізниці (В. Сіменс, 1879 р.), лампи розжарювання (П. Яблочков, Росія, 1876 р.), електричної плавильної печі (Т. Едісон, 1877 р.), парової турбіни (Г. Парсонс, 1884 р.). 1898 р. побудовано першу гідроелектростанцію на річці Ніагара (США).

Визначальну роль відіграв також винахід двигунів внутрішнього згоряння (Р. Дізель, Німеччина, 1893 р. та Н. Отто, Німеччина, 1877 р.). У 1883 – 1885 рр. з'явився винахід автомобіля (Г. Даймлер, К. Бенц). Стався технічний переворот у металургії, металообробці, легкій (автоматичний ткацький верстат) і поліграфічній (механічний складальний стан) промисловостях.

Виникли нові галузі промисловості: електроенергетична, хімічна, нафтова та нафтохімічна, автомобілебудування (1900 р. у США завод Форда випускав понад 4 тис. автомобілів на рік), виробництво сталі (сумарна виплавка сталі зросла з 1870 до 1900-го рр. у 20 разів). У США винайдено систему Тейлора (конвеєр), яка привела до гігантського зростання продуктивності праці.

Нова технічна база змінила систему транспорту. До початку ХХ ст. світовий тоннаж парового флоту вже перевищив світовий тоннаж вітрильного флоту. Різко зросла світова залізнична мережа, виник електричний (ліфт, трамвай, метро), безрейковий (на базі двигуна внутрішнього згоряння) і трубопровідний транспорт. Найбільшим досягненням стало виникнення повітряного транспорту.

На початку ХХ ст. усе більш важливим економічним ресурсом стає нафта. До цього часу було три регіони її видобутку: Російська імперія (Азербайджан, Поволжя), США (Пенсильванія, Техас, Каліфорнія) і Перська затока (входила до сфери британського впливу). Іншим стратегічним ресурсом стала в цей період селітра. Основним регіоном її видобутку була Південна Америка. Подібне розташування стратегічних ресурсів призвело до того, що Німеччина, на частку якої припадало 16 % світового промислового виробництва, залежала від постачань Росії та США. Така залежність впливала на її політичні плани.

Усе більшу роль на рубежі ХІХ – ХХ ст. у технічному прогресі стала відігравати наука. Виникла вища технічна освіта. Перші виші виникли в 1870-х рр. у Німеччині (Берлін, Дрезден, Мюнхен та ін.), США (університет Дж. Гопкінса в Балтиморі), Японії та інших країнах. Прогрес техніки

набув значення науково-технічного прогресу. Його результати було, найперше, використано у військово-промисловому комплексі. Військове виробництво охопило досягнення металургії, двигунобудування, електротехніки, точного приладобудування, хімічної технології та ін. Фабрично-заводська індустрія, насамперед, замінила гладкоствольну рушницю на гвинтівку, дерев'яні вітрильні судна – металеві пароплави, а незабаром і броньовані турбоходи, виникли швидкострільні гармати, які стріляли більш ніж на 10 км, винайшли й застосували бездимний порох. У кінці XIX ст. почалася поступова автоматизація стрілецької зброї: виник кулемет (1883 р., США).

Друга промислова революція спричинила зміни й у соціальній сфері. На цьому етапі сформувалося споживче товариство – соціум, орієнтований на матеріальні цінності та споживання. Остаточно затвердили соціальну стратифікацію економічного типу та класову соціальну структуру суспільства. Усі звичайні критерії статусної групової стратифікації (спосіб життя, рівень освіти, професійна спеціалізація, конфесійна й національна належність) були вторинними щодо економічних чинників і класового статусу.

Друга промислова революція однією з особливостей мала масовий характер винахідництва на час винаходу одного й того самого продукту в різних країнах. Це свідчило про те, що вже не окремі країни, а багато країн вступили у століття промислової цивілізації. Дуже часто другу промислову революцію називають *індустріальною революцією*.

На відміну від першої промислової революції, заснованої на інноваціях у виробництві чавуну, парових двигунах і розвитку текстильної промисловості, друга промислова революція відбувалася на основі виробництва високоякісної сталі, поширенні залізниць, електрики та хімікатів. В епоху другої промислової революції розвиток економіки країн було, переважно, засновано на наукових досягненнях, а не просто на вдалих винаходах.

Друга промислова революція – це фаза промислової революції, відома також як *технологічна революція*. У ході другої промислової революції відбувся перехід від вугілля як головного енергоносія до використання нафти (рис. 4.10), винахід електрики, електродвигуна, телефону (рис. 4.11), поширення нових форм виробництва: конвеєр, розвиток хімічної промисловості, металургії. Суттєві нововведення було впроваджено також у сталеливарній промисловості [67].





Рис. 4.10. Перехід від вугілля до нафти



Рис. 4.11. Еволюція телефонів

Другу промислову революція наприкінці XIX – на початку XX ст. підготовлено сторічним розвитком виробничих сил на машинній основі, розвитком науки на основі техніки.

Конкретні досягнення містили винаходи парової турбіни та двигунів внутрішнього згорання. Як наслідок зазначених винаходів, у ході другої промислової революції було створено літак, запущено масове комерційне виробництво автомобілів та інших споживчих товарів.

Друга промислова революція почалася в середині XIX ст. розвитком залізниць і пароплавів. Поштовхом для другої промислової революції стали важливі винаходи таких видатних винахідників, як Г. Бессемер, В. Сіменс, основним із яких є винахід мартенівської печі, збудованої французьким інженером та металургом П. Мартеном 1864 р. Більшість винаходів відбулися в десятилітті, що передувало 1871 р.

Г. Бессемер працював із проблеми виробництва дешевої сталі для цілей виробництва від 1850 до 1855-го рр., коли він запатентував свій відомий метод – "бессемерівський процес для виробництва сталі".

Наслідком винаходів стало виробництво дешевої сталі, яка суттєво здешевила та поліпшила швидкісні властивості парового транспорту. Як і перша, друга промислова революція так само сприяла швидкому зростанню міського населення. Але тоді як першу промислову революцію було зосереджено на поліпшенні використання вугілля, заліза й технологій, пов'язаних із паром, другу – навколо сталі, електроенергії та хімічних речовин.

У Сполучених Штатах Америки друга промислова революція зазвичай асоціюється з електрифікацією, а, насамперед, із такими світилами наукової думки, як Н. Тесла, Т. А. Едісон та Дж. Вестінгауз і видатним американським інженером, засновником наукової організації праці й менеджменту Ф. В. Тейлором. Тому друга промислова революція використовувала для конвеєрного виробництва електрику.

### **Третя промислова революція**

Третя промислова революція, яку іноді також називають *технологічною революцією*, – це якісні зміни технологічних способів виробництва, сутність яких полягає в докорінному перерозподілі основних технологічних форм між людськими й технічними компонентами продуктивних сил суспільства (рис. 4.12).

Третя промислова революція ґрунтується на:

винаході та удосконаленні мікропроцесорів, створенні на їхній основі персональних комп'ютерів;

розвитку нанотехнологій – галузі фундаментальної та прикладної науки й техніки, що має справу із сукупністю теоретичного обґрунтування, практичних методів дослідження, аналізу й синтезу, а також методів виробництва та застосування продуктів із заданою атомною структурою;

розвитку біотехнології – науки, що вивчає можливості використання живих організмів, їхніх систем чи продуктів їхньої життєдіяльності для вирішення технологічних завдань, а також можливості створення живих організмів із необхідними властивостями, використовуючи метод генної інженерії.



**Рис. 4.12. Досягнення третьої промислової революції**

Третя промислова революція – це комплексні глибокі трансформації систем, структур, інститутів, відносин і технологій, які радикально змінюють способи, механізми, зміст того, як люди організують виробництво, обмін, споживання, навчання, комунікації та відпочинок [67].

Під *системами* мають на увазі, найперше, систему розподілу праці, грошову, фінансову, торговельну, правову та інформаційну системи.

Під *структурами* слід розуміти структури державного й корпоративного управління, міжнародні організації та організації недержавного сектору, зокрема релігійні.

Під *інститутами* слід розуміти власність, державу, бізнес, право, гроші, торгівлю, норми та стандарти виробництва й обміну товарами або послугами, а також інтелектуальні еліти та середній клас.



Наукові відкриття, що генеруються приватними та державними організаціями, втілили в новітні технології, унікальні машини, обладнання, прилади та пристрої. Технології трансформувалися в конкретні інвестиційні та споживчі товари й послуги.

Дж. Ріфкін висунув ідею третьої промислової революції. Її було підтримано Європейським парламентом у червні 2007 року у вигляді ухвалення формальної декларації. Наступні п'ять років цілий ряд дослідних центрів розвинули цю тему, ґрунтуючись на серії проривних відкриттів і технологій, які виникли в цей період. У її основі лежить синергія телекомунікаційних та енергетичних технологій і систем. Нові форми комунікації стали засобом для створення, організації нових джерел енергії й управління ними, зокрема відновлюваної енергії. На думку Дж. Ріфкіна, третя промислова революція ґрунтується на п'яти стовпах:

1) на поновлюваних джерелах енергії (сонячній, вітряній, гідро-, геотермальній, океанічних хвиль, біомаси та ін.);

2) на будівництві будівель, які самі генерують електроенергію;

3) на водневих та інших технологіях зберігання енергії;

4) на технології "енергетичний інтернет", тобто розумній системі координації поведінки виробників і споживачів електроенергії в автоматичному режимі, коли кожен будинок може стати електричною мініпідстанцією. Використання інтернет-технологій для трансформації системи передавання електроенергії, тобто перетворення мережі з передавання електроенергії на таку саму систему для енергії, як інтернет для передавання інформації (використання smart grid або intergrid);

5) на електричних, гібридних та інших транспортних засобах, зокрема на паливних елементах.

Перша промислова революція ознаменувалася радикальною зміною промислової мануфактури, упровадженням парових двигунів і винаходом друкарського преса. Зміна текстильного виробництва та розвиток легкої промисловості дозволили значно підвищити продуктивність праці, змінити характер виробництва, спосіб і місце життя людей та ін. Виникла фабрична економіка, а друковане слово радикально змінило інформаційне та освітнє поле.

Друга промислова революція – це розвиток електрики, двигунів внутрішнього згоряння й конвеєрного складання. Електрифікація заводів і фабрик ознаменували епоху масового виробництва товарів. Товаром-символом цього періоду став автомобіль. Розвиток автомобілебудування

різко збільшив попит на енергоресурси. Автомобілі змінили місце та спосіб життя людей, а телефон, радіо й телебачення здійснили радикальне перезавантаження соціального життя.

На думку Дж. Ріфкіна, третя промислова революція передбачає поєднання комунікаційних технологій на основі інтернету, поновлюваних джерел енергії. Інші вчені вважають не менш важливим винаходом, який створює фундамент для третьої промислової революції, є принтери 3D для виготовлення споживчих товарів. Використання таких технологій дозволить здійснити перехід до адаптації масового продукту під запити конкретного споживача шляхом часткової зміни виробництва.

Наприклад, розгляньте процес 3D-друкування. Достатньо натиснути кнопку "друк" на комп'ютері, як у струминний принтер відправляється файл для 3D-друкування, а з нього виходить тривимірний продукт.

Програмне забезпечення дозволяє управляти 3D-принтером так, що він створює продукт із послідовно нанесених шарів порошку, розплаву пластмаси або металу. Водночас 3D-принтер здатний відтворити безліч копій продукту подібно фотокопіювальній машині.

Таким чином, завдяки третій промисловій революції виробництво стало цифровим, виникли абсолютно нові технології на основі 3D-принтерів і простих у використанні роботів. Тому третю промислову революцію ще називають *цифровою*, вона розпочалася у другій половині ХХ ст. зі створення цифрових комп'ютерів і подальшої еволюції інформаційних технологій. Ми живемо саме в цю епоху.

### **Четверта промислова революція**

Цифрова революція зараз переходить у четверту промислову революцію, особливістю якої є масове впровадження кіберфізичних систем у виробництво [19].

Слід зазначити, що однією з основних тем Всесвітнього економічного форуму (ВЕФ) у Давосі стала четверта промислова революція, оскільки 27 засідань фонду 2017 р. було присвячено *Індустрії 4.0* (рис. 4.13). Таку назву дістала нинішня епоха інновацій, коли передові технології радикально змінюють цілі галузі економіки приголомшливо швидкими темпами. У результаті має виникнути абсолютно новий тип промислового виробництва, який буде ґрунтуватися на так званих великих даних та їхньому аналізі, повній автоматизації виробництва, інтернеті речей та ін.



Рис. 4.13. Ознаки четвертої промислової революції

Термін "четверта промислова революція" введено 2011 р. у межах німецької ініціативи – Індустрії 4.0.

Ознаки Індустрії 4.0:

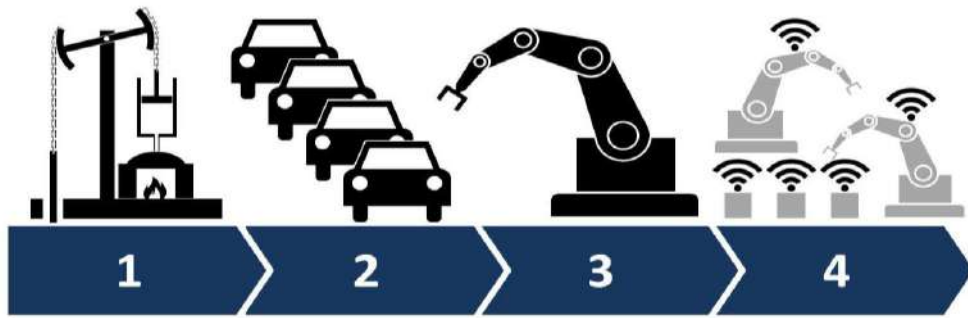
- Першу промислову революцію (наприкінці XVIII – на початку XIX ст.) зумовлено переходом від аграрної економіки до промислового виробництва (від ручної праці до машинної) шляхом винаходу парової енергії, механічних пристроїв, розвитку металургії (табл. 4.1, рис. 4.14) [44; 60].
- Друга промислова революція (друга половина XIX ст. – початок XX ст.) – винахід електричної енергії, що викликало потокове виробництво й розподіл праці (розвиток масового конвеєрного виробництва).
- Третя промислова революція, яку ще називають *цифровою*, почалася у другій половині XX ст. (із 1970 р.) зі створенням цифрових комп'ютерів і подальшої еволюції інформаційних технологій, тобто вона почалася із застосування у виробництві електронних та інформаційних систем, що забезпечили інтенсивну автоматизацію й роботизацію виробничих процесів. Інакше кажучи, третя промислова революція автоматизувала виробництво за допомогою електроніки та інформаційних технологій.

## Характеристики промислових революцій

Промислові революції	Періоди	Інновації / прориви	Результати
Перша промислова революція	наприкінці XVIII – на початку XIX ст.	водяні та парові двигуни, ткацькі верстати, механічні прилади, транспорт, металургія	перехід від аграрної економіки до промислового виробництва, розвиток транспорту
Друга промислова революція	друга половина XIX ст. – початок XX ст.	електрична енергія, високоякісна сталь, нафтова та хімічна промисловості, телефон, телеграф	потокове виробництво, електрифікація, залізниці, розподіл праці
Третя промислова революція	кінець XX ст. (із 1970 р.)	цифровізація, розвиток електроніки, застосування у виробництві інфокомукаційних технологій	автоматизація та робототехніка
Четверта промислова революція	термін уведено 2011 р.	глобальні промислові мережі, інтернет, перехід від металургії до композитних матеріалів, 3D-принтери, нейромережі, біотехнології, робототехніка, штучний інтелект	розподілене виробництво, розподілена енергетика, мережевий колективний доступ та споживання, заміна посередників на розподілені мережі, прямий доступ виробника до споживача, економіка спільного використання (наприклад, car sharing)



Рис. 4.14. Промислові революції



Закінчення рис. 4.14

Багато з наведених елементів уже давно й успішно застосовують на практиці, але саме об'єднання їх в одну цілісну систему дозволить розвинути концепцію Індустрії 4.0 й забезпечити новий рівень ефективності виробництва та додатковий дохід шляхом використання цифрових технологій, формування мережевої взаємодії постачальників і партнерів, а також реалізації інноваційних бізнес-моделей (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Технології Індустрії 4.0

Індустрія 4.0 стирає межі між фізичними, цифровими й біологічними сферами.

"Мова йде про хвилю відкриттів, обумовлених розвитком можливостей установлення зв'язку: роботи, дрони, розумні міста, штучний інтелект, дослідження головного мозку", – зазначає засновник ВЕФ К. Шваб. Передбачають, що ці кіберфізичні системи будуть об'єднуватися в одну мережу, зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу, самоналаштовуватися та вчитися новим моделям поведінки (рис. 4.16). Вони зможуть

вибудувати виробництво з меншою кількістю помилок, взаємодіяти з виробленими товарами й за потреби адаптуватися до нових потреб споживачів. Наприклад, виріб у процесі випуску зможе сам визначити обладнання, здатне виготовити його, до того ж у повністю автономному режимі без участі людини.



Рис. 4.16. Елементи Індустрії 4.0

Першими кроками людства до нової промислової революції стали хмарні технології, розвиток способів збирання й аналізу Big Data, краудсорсинг, біотехнології, безпілотні автомобілі й медицина, заснована на 3D-друкуванні. У світі фінансів – це криптовалюти bitcoin й технології Blockchain.

*Великі дані.* Поняття Big Data – це сукупність технологій, покликана здійснювати такі операції:

опрацьовувати великі, порівняно зі стандартними сценаріями, обсяги даних;

уміти працювати з даними, що швидко надходять, у дуже великих обсягах;

уміти працювати зі структурованими та погано структурованими даними паралельно в різних аспектах.

Прикладом Big Data може стати Великий адронний колайдер, який виробляє величезну кількість даних і робить це постійно. Установка безперервно видає великі обсяги даних, а вчені з їхньою допомогою вирішують паралельно безліч завдань.

*Інтернет речей.* Internet of things – це концепція простору, у якому все з аналогового та цифрового світів може бути поєднано.

Це не просто безліч різних приладів і датчиків, об'єднаних між собою дротяними й бездротовими каналами зв'язку та підключених до інтернету, а це більш тісна інтеграція реального та віртуального світів, у якому спілкування здійснюється між людьми та пристроями.

*Віртуальна та доповнена реальність.* Virtual reality – це створений технічними засобами світ, який передається людині через її відчуття: зір, слух, нюх, дотик та ін. Віртуальна реальність імітує як дію, так і реакцію на дію. Доповнена реальність (augmented reality) має на увазі можливість надавати фізичним об'єктам віртуальні властивості, наприклад, відображення інформації про них, яка до того ж може бути індивідуалізованою під конкретного суб'єкта сприйняття.

*3D-друкування.* Друкування на 3D-принтері можна здійснювати різними способами та з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердого об'єкта. Це універсальний метод створення великого спектра фізичних об'єктів на основі єдиної платформи. Він дає можливість відмовитися від різнорідних підходів до вирішення різноманітних завдань на користь єдиного підходу, реалізованого в цифровому вигляді.

Є також експериментальні біопринтери, у яких друкування 3D-структури майбутнього об'єкта (органу для пересадки) здійснюється краплями, що містять живі клітини.

### **Наслідки та ризики промислової революції**

*Для економіки.* Галузі економіки, які мають доступ до великих масивів даних, дістають можливість радикально підвищити якість ухвалених рішень на їхній основі, особливо рутинних. Це стосується банківських, юридичних послуг, страхування, бухгалтерії, управління, консалтингу та аудиту, метрологічного забезпечення, охорони здоров'я.

Засновник ВЕФ К. Шваб виділяє чотири основні ефекти: підвищення очікувань замовника; поліпшення якості продуктів; спільні інновації



та нові форми організації. Перевагу здобуде компанія, яка має унікальну платформу, що об'єднує безліч людей.

*Для людей.* Хоча людина звільниться від важкої й рутинної праці, але повна незалежність виробництва від людей призведе до масової втрати робочих місць, що зараз можна спостерігати у країнах, де практикують автоматизацію на заводах і фабриках.

Розвиток технологій також може викликати збільшення розриву між доходами від капіталу і праці та як наслідок зростання нерівності. Попит на працівників із низьким рівнем освіти й більш низькою кваліфікацією, навпаки, знизиться. Тому експерти закликають держави вже зараз перейматися цим питанням і підготуватися до нової промислової революції. Країни з низькою оплатою працівників можуть утратити перевагу перед розвиненими країнами та відстати від них ще більше.

*Для людини.* Новий світ на базі цифрових технологій змінить особистість людини, оскільки Індустрія 4.0 закладе нові принципи в етику й естетику. Людина зможе підлаштовувати під себе товари та послуги, а також створювати "продовження" світу, який подобається саме їй.

У міру занурення людини в цифрове середовище її індивідуальна поведінка буде ставати оцифрованою та спровокує відчуження від людини її внутрішнього світу, відсутність свободи формування власної особистості, сегрегацію людей, засновану на їхній ідентичності, та як наслідок поляризацію людських спільнот.

*Для держави.* Чим щільніше фізичний світ буде перетинатися із цифровим, тим більше виникне можливостей для контролю й моніторингу небажаних подій по всьому світу за допомогою цифрових мереж.

Нові технології дозволять громадянам впливати на політичне життя своєї держави, але Індустрія 4.0 загострить проблеми безпеки, а війни в майбутньому будуть мати абсолютно іншу природу.

Як уважає К. Шваб, майбутні конфлікти будуть мати гібридний характер і поєднувати прямі дії на полі бою з недержавними явищами й елементами. "Кордон між війною та миром, солдатом і цивільним й навіть насильством і ненасильством (кібертероризмом) виявиться розмитим. Із розвитком військових технологій, появою біологічного та автономного озброєння недержавні об'єднання людей досягнуть того самого рівня смертоносності, що й держави", – говорить голова ВЕФ.

Крім того, погіршення положення середнього класу може призвести до розбалансування політичних систем, що спираються на середній клас,



посилення ідей популізму, радикалізму, фундаменталізму й мілітаризму, що зараз уже можна спостерігати. Це, своєю чергою, призведе до посилення глобальної невизначеності.

### **Результати технологічних революцій**

1. Промисловий переворот XVIII – XIX ст. дав поштовх становленню машинної індустрії, викликав зміни в соціальній структурі суспільства: утворення двох нових класів – буржуазії та найманих робітників, утвердження панування буржуазії. На відміну від нього, результатами другої технологічної революції стали зміни в техніці й технології виробництва, реконструкція машинної індустрії, перетворення науки на безпосередній чинник виробництва. Тому цю революцію називають не промисловою, а *науково-технічною*. Вона забезпечила значне зростання виробництва: за 1850 – 1900-й рр. добування вугілля збільшилося в 10 разів, нафти – у 25 разів, виплавлення сталі за 1870 – 1900-й рр. зросло більше ніж у 50 разів.

2. Друга технологічна революція забезпечила появу багатьох нових галузей промислового виробництва, яких раніше не знала історія: електротехнічної, хімічної, нафтопереробної, автомобілебудівної та ін.

3. Відбувалася не тільки диверсифікація галузей, а й підгалузей (машинобудування: виробництво локомотивів, автомобілів, літаків, кораблів – річкових і морських, трамваїв тощо).

4. Зміни в технології виробництва, застосування нових матеріалів і швидкий розвиток нових галузей та машинобудування зумовили зміни у структурі чорної металургії, унаслідок чого значно зріс попит на сталь.

5. Технологічна революція викликала зміни у світовій галузевій структурі промисловості. На перший план вийшли галузі важкої індустрії, значно випередивши за темпами зростання легку промисловість. Ці зміни привели до посилення концентрації виробництва, стали переважати великі підприємства. Такі структурні зрушення викликали значне зростання розмірів капіталу, необхідного для створення й забезпечення роботи окремого підприємства. Залучення додаткових капіталів досягали шляхом випуску акцій та створення акціонерних товариств.

6. Унаслідок другої технологічної революції, замість індивідуальної приватної форми власності, основною стає акціонерна, у сільському господарстві – фермерська: два варіанти господарювання – американський (США і Канада) і пруський. Для Європи було характерним поєднання

обох шляхів розвитку капіталізму в аграрному секторі. Розвивали також кооперативну й муніципальну форми власності. 1913 р. у США на підприємствах, які належали акціонерним товариствам (28 % усіх підприємств), працювало 80 % робітників. У Німеччині створення акціонерних товариств, охопило, насамперед, гірничу й металургійну промисловість, будівництво та залізниці. Із дозволом випуску дрібних акцій номіналом до 1 фунта стерлінгів у 1895 – 1905 рр. відбувається значне зростання акціонерних товариств в Англії. Дещо повільними темпами цей процес здійснювався у Франції. Кооперативна власність виникла на основі добровільного об'єднання капіталів та засобів дрібних товаровиробників і слугувала формою захисту їх від експлуатації посередників та великих підприємців. Основними видами кооперації, які виникли до 1914 р., були споживча, кредитна, сільськогосподарська, житлова кооперація. До початку Першої світової війни Росія, до складу якої входила значна частина українських земель, посідала перше місце у світі за кількістю учасників кооперативного руху (24 млн осіб), об'єднаних у 63 тис. кооперативів.

#### **4.3. Зародження нової технологічної системи та цикл її життя**

Якщо одинична технологічна система переважно є компонентом внутрішнього середовища підприємства, то технологічна система виготовлення товару є для підприємства внутрішнім і зовнішнім середовищем та його технологічним оточенням. Зовнішнє середовище й особливо зміни, що відбуваються в ньому, значно впливають на підприємство, яке для своєї успішної діяльності має добре орієнтуватися в цьому середовищі та знати закономірності його розвитку [67].

Візьміть приклад життєвого циклу третьої технологічної системи, названої *електромеханічною*.

*Зародження.* Нову систему було створено в результаті другої промислової революції в період із 1870 до 1914-го рр. Цей період характеризується гострим суперництвом розвинутих країн США й Німеччини. Поразка Німеччини в Першій світовій війні дозволила США залишитися одноособовим лідером і відірватися у своєму розвитку від конкурентів. Суперництво країн перейшло у фазу воєнних дій – Першу світову війну. Провідні країни, зробивши переділ світу, із новою енергією взялися за здобування переваг, використовуючи нові технологічні системи, породжені промисловою революцією, новими вдосконаленими технологіями.

Розвиваючи високими темпами національні економіки, вони наближалися до нової світової війни.

Нова система виникла, унаслідок виснаження можливостей попередньої технологічної системи "залізо – пар – текстиль", що була цілком сформована на залізі й вугіллі як принциповому джерелі енергії. Основною енергетичною машиною була парова машина зворотно-поступальної дії. Виникли енергетичні труднощі, які були наслідком обмеженості потужності парових машин. Цьому сприяли низькі характеристики конструкційних матеріалів і відомі на той час способи перетворення енергії в машинах. Матеріали обмежували підняття тиску пари в циліндрі, а зворотно-поступальний принцип дії машини обмежував її швидкодію. Промислова революція привела до появи цілого ряду нових технологій, які стали рушійною силою економічного розвитку нової системи. Прикладом є виробництво сталі. Причиною бурхливого розвитку її виробництва стало виникнення прикладних технологій, пов'язаних з іменами П. Мартена, Г. Бессемера й С. Томаса, які в період із 1856 до 1880-го рр. створили нові технологічні системи виробництва цього металу та знизили його вартість у 10 разів. Водночас технологію виробництва чавуну, основного металу після першої промислової революції, не було відкинуто. Більш того, вона повністю збереглася й перетворилася на першу стадію процесу виробництва сталі. Розроблення нових технологій її виготовлення привела до вражаючих наслідків – сумарне виробництво сталі в Англії, Франції, Німеччині й Бельгії в період із 1860 до 1913-го рр. зросло зі 125 тис. т до 32 млн т.

У 80-х рр. XIX ст. почалося промислове виробництво кольорових металів: алюмінію, марганцю, нікелю, хрому та ін. До того ж частину з них виготовляють за допомогою електрики. Навіть виробництво такого традиційного металу, як мідь, трансформувалося, у зв'язку із застосуванням електрики. Паралельно із цим кольорові метали почали застосовувати для створення сплавів, зокрема й легованих сталей. 1865 р. було видано перший патент на хромисту сталь, 1883 р. – перший патент на марганцевисту сталь. Таким чином, зважаючи на зазначене раніше, усі події, що мали місце в металургії, можна подати у вигляді схеми (рис. 4.17).

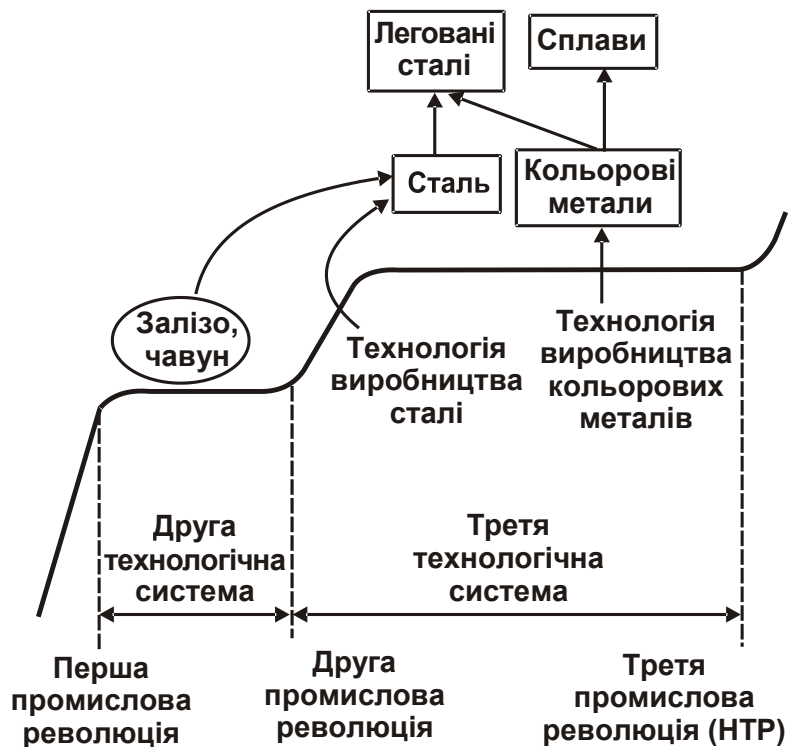


Рис. 4.17. Розширення номенклатури конструкційних матеріалів

Слід зазначити, що революція в металургії сталі відбулася не у зв'язку з науковими відкриттями, а завдяки винаходу ефективних пристроїв, тобто на основі раніше відомих фізико-хімічних процесів.

Приблизно те саме відбулося і з виробництвом кольорових металів, де наукові відкриття, що є основою зародження кольорової металургії, відбулися десятиліттями раніше, у надрах старої технологічної системи. Значне розширення обсягів виробництва дозволило знизити вартість металів, а їхнє поєднання привело до нової якості – створення сплавів із широким діапазоном характеристик.

У галузі енергетики виникла проблема низької ефективності парової машини. Спроби створити могутніші установки призводили до появи монстрів, витрати на виробництво яких зростали темпами, що значно перевершують темпи підвищення їхніх характеристик. Виникла необхідність у відмові від пристроїв подвійного перетворення енергії пару, у яких спочатку відбуваються зворотно-поступальні рухи поршня, а потім вони перетворюються на обертовий рух вихідного вала. Зворотно-поступальний рух поршня встановлює обмеження в роботі машини. Поршень у кінцевих положеннях свого ходу має швидкість, що дорівнює нулю, а в період переміщення між ними рухається спочатку із прискоренням, щоб

досягти певної максимальної швидкості, а потім на мить зупиняється. Такий характер руху робочого органу обмежує швидкість обертання вала, а в підсумку й потужність машини, особливо її питомі показники потужності.

Альтернативні рішення, що створюють постійний крутний момент на валу, мали місце й раніше, однак їх не використовували. Такими пристроями прямого створення обертового руху були вітряки та водяні млини. Ці пристрої приводилися в обертання природним середовищем, мали невелику потужність і були прив'язаними до певної місцевості. Однак перша промислова революція й полягала в тому, що за допомогою парової машини вдалося вирватися із залежності від цих простих пристроїв. Але минув якийсь час і виявилось, що в основі цих пристроїв лежить більш наукомістка ідея, ніж у парової машини. Перемогу паровій машині дала можливість використання палива та її установлення в будь-якому місці. А пристроям прямого створення обертового руху не вистачало можливості використати штучне середовище, яке б приводило в обертання їхні робочі органи. Інакше кажучи, таке штучне середовище було відсутнім.

Використання парової машини у промисловості привело до появи нових галузей знань, наприклад термодинаміки, а також підготувало умови для відродження й реалізації ідеї машини прямого створення обертового руху. Основною такою умовою було створення штучного середовища стислої пари у великих обсягах у котлах парових машин.

1984 р. було створено працездатну парову турбіну, яка використовувала стислу пару для приведення в обертання ротора. Із парової машини було використано котельний агрегат, а водяний млин став аналогом для ротора турбіни (рис. 4.18). Насправді ротор турбіни набагато складніший за колесо млина, але принцип дії зберігається. Парова турбіна виявилася найбільш доцільною формою приводу для потужних електрогенераторів, що потребують рівномірного обертання.

У процесі розроблення двигуна внутрішнього згорання з парової машини було взято циліндр із поршнем і кривошипно-шатунний механізм – власне те, від чого позбулися в ході розроблення парової турбіни. Саме тут позбулися й від іншої проміжної ланки – пари як проміжного робочого тіла, а зараз і від котла, який її виробляє. Робочим тілом слугує газ, що утворився під час згорання палива, яке відбувається безпосередньо в циліндрі. Саме принцип внутрішнього згорання палива став тим винаходом, що дозволив виготовити новий тип двигуна. До цього сюди необхідно додати й систему запалювання палива електричною іскрою.

Очевидно, у циліндрі двигуна не можна спалювати вугілля або дрова, для цього необхідно інше паливо – рідке.

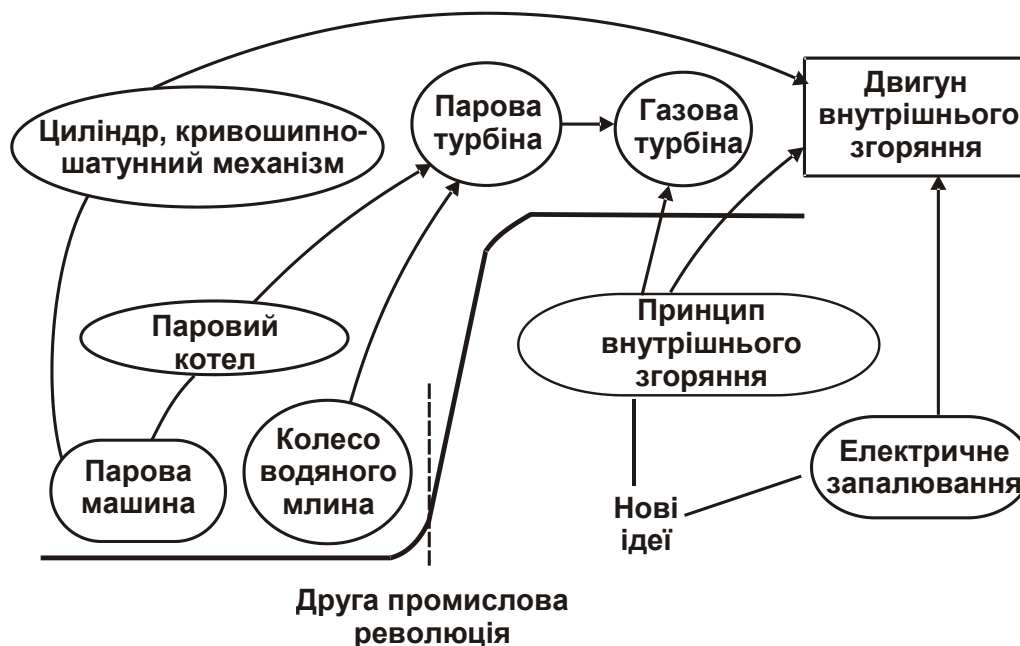


Рис. 4.18. **Схема зародження нових енергетичних машин**

Таким чином, двигун внутрішнього згоряння в конструктивному плані має багато загального з паровою машиною, але є і три принципово нові рішення: принцип внутрішнього згоряння, електричне запалювання й новий вид палива. Завдяки малій питомій вазі, двигун набув значного поширення на транспорті.

Згодом застосування принципу внутрішнього згоряння до турбіни привело до створення газових турбін, які, як більш компактні й менш важкі, починаючи із 40-х рр. ХХ ст. широко застосовували в авіації.

Отже, є переконливий приклад еволюції технологічної системи, коли стару технологію значною мірою було інтегровано в нову. Пару почали використовувати в турбіні, що стало основою для створення важливої форми енергії – електрики. Першу велику станцію високої напруги було побудовано в Лондоні в 1887 – 1889 рр.

Електрику можна назвати важливим видом енергії, тому що вона має гарну транспортабельність і гнучкість. Електроенергію можна перетворити на тепло, світло або створити електромагнітну силу. Можливість транспортування цієї енергії на довгі відстані дозволяє значно більше використовувати світові енергетичні ресурси, наприклад енергію гірських рік.

Поява електрики стимулювала розвиток технологічної системи у трьох напрямках: технології з безпосереднім застосуванням електрики (виробництво алюмінію, соди та ін.), електричних моторів, електричного освітлення.

Великі зміни відбувалися й у механіці та машинобудуванні. Широке використання сталі й електродвигунів привело до відновлення верстатного парку, виникла генерація нових металорізальних верстатів, покликаних підвищити точність і швидкість обробки металу та зменшити участь людини у процесі цієї обробки. Але якщо з енергетичного погляду висока швидкість обробки металу забезпечувалася електромоторами, то питання стійкості інструмента, зносу третюх деталей верстатів, точності обробки потребували свого вирішення, оскільки з підвищенням енергооснащеності верстатів виявили нездатність чинних конструктивних рішень сприймати підвищену потужність. Це викликало винахід 1877 р. шарикопідшипника, а також виникнення нової галузі техніки – змащення, що дозволило вирішити питання підвищення зносостійкості третюх поверхонь, швидкості руху робочих органів верстатів та інших машин, точності обробки деталей.

Своєю чергою, прогрес базової техніки вперше дозволив розробити й поширити складні механічні машини для широкого вжитку: велосипеди, друкарські та швейні машинки, автомобілі, зброю тощо. Серед них найбільш важливими були швейні машинки й автомобілі. У цих виробках використовували складні й точні механізми, що виготовляли великими серіями. Вироби мали бути надзвичайно надійними, легко піддаватися ремонту в невиробничих умовах і бути простими в експлуатації. У зв'язку із цим необхідно було забезпечити стандартизацію деталей. Безумовно, поява таких машин вплинула великою мірою на все суспільство.

Значних успіхів було досягнуто також у текстильній і хімічній промисловості, водночас остання працювала, головним чином, на потреби текстильної. Було розроблено різні технології виготовлення відбілювачів, барвників, а також налагоджено виробництво штучних волокон, штучного шовку, віскози. Крім того, було створено целофан, целулоїд, синтетичну гуму, вибухівку, лаки, фотографічні пластинки та ін. Так було створено матеріальну базу для третьої технологічної системи.

*Зростання. Зрілість.* Становлення нової технологічної системи створює не тільки нові технології, що заміняють старі, але й формує нову мережу взаємозв'язків між цими технологіями. Це також визначає нову

роль науки в інноваційному процесі, нові взаємини між технологіями та природним середовищем, технологіями й економічним розвитком.

Взаємозв'язок технологій передбачає не тільки встановлення певних відносин між технологіями у процесі їхнього розвитку, але й, що особливо важливо, вирівнювання рівня характеристик технологічних систем. Потенціал основних загальних технологій, які зробили ривок уперед, може бути реалізовано тільки за умови підняття рівня всіх суміжних технологій. Тільки в цьому разі нові технології може бути реалізовано у великих масштабах. Таким чином, потрібно привести у відповідність, наприклад, швидкість роботи машин із міцністю матеріалу, із якого їх виготовлено, корозійну стійкість хімічних апаратів з агресивним впливом на них хімічних речовин, точність вимірювання маси з необхідною точністю дозування реагентів хімічних реакцій тощо.

У попередній технологічній системі великі відкриття здійснювалися геніальними винахідниками на основі дослідів, методом спроб і помилок. Відкриття, що відбуваються із практичного досвіду, потім набували свого теоретичного обґрунтування, але вже набагато пізніше за їхнє промислове застосування.

Починаючи з кінця XIX ст. технології нової системи мали характеристики, засновані виключно на емпіричному підході до них. Це стосується технологій, заснованих на електриці, хімії, де можна діяти тільки на основі певних теоретичних знань. У цей період виникають дослідні лабораторії державні й виробничі. Тепер уже технічний прогрес поєднується з наукою й перетворюється на науково-технічний.

Але науково-технічний прогрес потребує відповідної кваліфікації робітників, здатних читати та розраховувати, зчитувати й інтерпретувати інформацію із креслень і шкали приладів. Створюють суспільство, здатне мислити категоріями більш абстрактними, ніж до цього, і думати не тільки про науку, але й про організацію робіт. Тому саме наприкінці XIX ст. у Європі вводять систему обов'язкової шкільної освіти.

Нова технологічна система також значно розширила перелік використовуваної сировини. Після першої промислової революції цей перелік був невеликим. Із мінералів, переважно, використовували вугілля, залізні руди й меншою мірою мідні руди, а з органічних речовин – основну сировину, що виробляли в землеробстві та скотарстві: бавовну, льон, коноплю, вовну для текстилю, тваринний жир для змащення тертьових пар машин. А після другої промислової революції почали збільшувати як джерела, так і обсяги використання сировини. Насамперед, це введення



у використання фосфористої залізної руди, що раніше була не придатною для металургії, але з виникненням процесу, розробленого С. Томасом, перейшла до розряду сировини. Це також руди різних кольорових металів, боксити та багато видів енергії й сировинних матеріалів, які дає нафта.

Технології другої промислової революції відкрили фантастичні можливості для переміщень у просторі різних засобів пересування. Це й морський флот, що набув другого дихання з появою нафтопродуктів як палива, це й автомобілі, мотоцикли та велосипеди, що випускають у величезних кількостях, що зробило суспільство дуже мобільним. Водночас розробляли й пристрої, здатні переміщатися також і у вертикальних напрямках, – літаки та підводні човни.

До ХХ ст. більшість підприємців не замислювалися над тим, як системно управляти організаціями, а більше піклувалися про те, як, використовуючи ці організації, заробити більше грошей і заволодіти політичною владою. Але, проте, були й такі, хто розумів необхідність у певних змінах у цій галузі. Переважно це стосувалося спеціалізації робіт. Роботу розподілили між фахівцями замість того, щоб доручити її виконання від початку до кінця одній людині. Ідея спеціалізації була простою, а результати її використання переконливими. Тому підприємці сприйняли її та стали швидко застосовувати.

Усе більші труднощі в організації роботи великих організацій, а також дії невеликої кількості допитливих людей привели до розуміння того, що організацією можна управляти систематизовано. Тейлор уніс у теорію менеджменту чотири найважливіші досягнення, що сприяли зростанню продуктивності праці: нормування праці; дослідження витрат часу; професійний відбір і навчання робітників; застосування грошових стимулів. Розроблені на основі його праць концепція й система методів пошуку максимальної продуктивності великих промислових виробництв дістали назву *наукової організації праці*.

Методологію *наукової організації праці* засновано на роздрібненні робочих місць і впровадженні вимірювань часу, контролі за ритмом виробничого процесу, реорганізації цехів і заводів.

Процес спеціалізації та наукову організацію праці було доведено до детального вивчення, включно з виділенням окремих жестів і дій працівників. Це дозволило їх уточнити, відшліфувати та ввести хронометраж часу, який, своєю чергою, дав можливість вимірювати час рухів, порівнювати аналогічні рухи різних людей і, нарешті, створити норми часу, які могли бути основою для розроблення виробничих процесів. Нормування

є частиною організації процесу виробництва. Розподіл завдань дозволив зробити наступний крок у виробництві: створити спеціалізовані служби, що організують виробничий процес і постачають робочі місця заготовками, інструментом. Процес виробництва став більш прозорим для керівників. Розподіл завдань на дрібні складові частини потребував рішення іншого завдання – синхронізації, взаємного поєднання робіт.

Наукова організація праці разом із появою й розвитком транспортних, підйомно-транспортних машин, конвеєрів і транспортерів дозволила організувати виробничі лінії, а також системи внутрішньої комунікації, зокрема й телефон, що сприяють швидкому передаванню інформації.

Нова технологічна система стала основою розвитку інновацій та зростанню виробництва на ціле сторіччя. Водночас можна виділити три хвили її розвитку, які доповнювали інформаційну складову частину системи.

Перша хвиля, яку можна кваліфікувати як *електромеханічну*, тривала до кінця 1930-х рр. Друга хвиля, *електронна*, тривала з початку 1930-х рр. до першого післявоєнного року. Третю хвилю, що охоплює післявоєнний період, орієнтовано на органічну хімію, пластмаси й синтетичні матеріали, а також продовження розвитку електроніки. У той час не було великих досягнень у розвитку технології. Це були скоріше десятиліття доробки й удосконалювання наявного технологічного надбання, де відкриття початку століття почали давати плоди як у технічному, так і комерційному плані. Із 1920-х рр. почалося комерційне життя автомобілів і літаків. Але цілий ряд нових товарів і нових галузей промисловості вийшли з електричних технологій. Це були комплекси електричного й електромеханічного обладнання: праски, пральні машини та ін. Відкрите на початку століття радіо дуже швидко стали застосовувати як у відкритій цивільній сфері, так і закритій – військовій. Згодом воно ввійшло складовою частиною в телевізори, радари, гідролокатори та ін.

У післявоєнний період електромеханічна технологічна система характеризується своїм винятковим зростанням, що ґрунтується, головним чином, на економній експлуатації попередніх технологічних інновацій. Інновації ґрунтувалися або на таких старих розробках, як автомобілі, або таких, як синтетичні матеріали на полімерній основі. У цей період спостерігали зниження темпів розвитку електроніки. Настала фаза експлуатаційних і поліпшувальних інновацій.

В останній період виникають нові технологічні системи, які формують технологічну базу нової системи технологій. Ця тенденція стає помітною з початку 1950-х рр. у сфері синтетичних матеріалів, ядерній

і космічній технологіях та особливо в електроніці й інформатиці. Потреба в засобах опрацювання інформації, яку до того ж було стимульовано Другою світовою війною, у зв'язку із проблемами дешифрування радіозвернень супротивника, стала поштовхом для прискорення досліджень, а потім розроблення та виготовлення 1945 р. першої електронної обчислювальної машини.

Незважаючи на дуже великий прогрес технологій у сфері запам'ятовувальних пристроїв та елементів опрацювання інформації, що виявився, головним чином, у переході від ламп до транзисторів, розвиток цих технологій відбувався у формі створення великих обчислювальних пристроїв, установлюваних на великих підприємствах, в адміністративних установах і важливих дослідних центрах. Протягом 30 років використання таких технологій не виходило за межі двох застосувань – наукових розрахунків та управління.

Розвиток технологічної системи в тій або тій країні обмежено нестачею матеріальних та енергетичних ресурсів, що підштовхує уряд до силового розв'язання проблеми забезпечення ресурсами, оголошенню цілих регіонів на земній кулі своїми зонами життєвих інтересів. Протистояння й загроза війни потребують постійного збільшення інвестицій на розвиток високих технологій у галузях оборонної промисловості, прискорюючи тим самим розвиток технологічної системи у країні загалом.

Відрив у гонці озброєнь майже завжди веде до спроби скористатися цим досягненням. І в наші дні навіть наявність "зброї стримування" (ядерної зброї) не перешкоджає переділу світу, що дорівнює за результатами світовій війні.

*Насичення.* Загальна економічна криза почалася 1973 р. одночасно з нафтовою кризою та тривала приблизно 15 років. Ця криза засвідчила початок третьої промислової революції, яку ще називають *технологічною*, або *науково-технічною*.

Нафтова криза була ніби завершальним етапом загальної кризи, чітко окресливши його, але до того моменту загальна криза вже розвивалася, виявляючись у зниженні рентабельності виробничих систем (настала невідповідність систем основних технологій внутрішньому середовищу, розрив взаємозв'язків виробничих систем із зовнішнім середовищем).

Кризу виробничих систем в Україні можна охарактеризувати такими взаємозалежними складовими частинами:

виснаженням фундаментальних і загальних технологій;

кризою економічної доктрини й організації виробництва;  
кризою взаємодії з навколишнім природним середовищем.

До початку 1970-х рр. електромеханічна система досягла меж своїх внутрішніх можливостей. Настала *фаза насичення*, коли стало неможливим далі поліпшувати свої характеристики, уникнувши водночас таких недоліків, як гігантизм, складність виробничих систем, забруднення навколишнього середовища та ін. Як наслідок виробничі системи, організовані на основі цих технологій, уже не могли постачати товари й послуги в потрібних кількостях і потрібної якості. Водночас показник зростання продуктивності праці став малоефективним засобом боротьби за ринок.

В апогеї розвитку електромеханічної системи було розроблено також технічні системи й об'єкти з дуже високими показниками, такі, наприклад, як електронно-обчислювальні машини або системи космічного зв'язку. Але їх створили на межах можливостей старих технологій, котрі вже не могли забезпечити розширене виробництво, а також здешевлення й мініатюризацію цих об'єктів і систем. Розвиток аерокосмічної техніки натрапив на труднощі виконання проєктних робіт. Без комп'ютерного моделювання й систем автоматизованого проєктування не можна було забезпечити подальшого розвитку цієї техніки.

Деякі технічні об'єкти, розроблені в надрах цієї технологічної системи, застаріли разом із відповідними загальними технологіями, інші продовжували розвиватися, опираючись на підтримку технологій, що виникають. Таким чином, наприклад, з'явилися металорізальні верстати із числовим програмним управлінням. А ряд об'єктів був настільки динамічним у своєму розвитку, що сам породив вимоги до нових технологічних рішень і викликав посилений розвиток нових технологій, що виникають, як це було з аерокосмічною технікою.

Одним із головних свідчень виснаження загальних технологій була зростаюча неефективність системи наукових досліджень, що мала місце на початку 1970-х рр. Унаслідок зростання вартості досліджень і збільшення проміжку часу між науковими відкриттями й досягненням економічного ефекту від їхнього впровадження, знижувалася рентабельність технологій, у результаті чого зростав ризик цієї діяльності. Зусилля дослідників спрямовували, переважно, на поліпшення якості наявних виробів. Починаючи з 1975 р. кризу в дослідженнях було посилено загальною кризою, що виявили в таких трьох особливостях науково-дослідних

робіт того часу: по-перше, промисловці стали більш обережними під час укладання грошей у дослідження, особливо в довгострокові програми; по-друге, відбувся перерозподіл ресурсів. Їх стали терміново спрямовувати на розв'язання найбільш насущних проблем, пов'язаних із питаннями виробництва й економії енергії та пошуку технічних відповідей на різке підвищення її собівартості, викликаної енергетичною кризою. Людські ресурси, здатні розв'язати виниклі проблеми, виснажилися. Спостерігали відсутність заміни наукових кадрів. Без державної підтримки зникають науково-дослідні інститути.

Великі підйоми в обсягах споживання, які спричиняли економічне зростання, завжди спиралися на нові вироби, що є наслідком розвитку технологій і поширення інновацій. Наприкінці 1960-х рр. велика гама таких товарів широкого вжитку, як: автомобілі, електропобутові товари, телевізори, електронні апарати, – наповнила ринок, і всі потенційні покупці здійснили закупівлю цих товарів. Настав період "ринку відшкодування", коли товари купують тільки для заміни тих виробів, що зносилися або застаріли. Необхідно було розробити нові концепції масових виробів, значно оновити функціональні можливості наявних товарів, щоб відкрити нові ринки масової продукції або скоротити її цикли відновлення. Але зробити це було неможливо, спираючись на старі загальні технології того часу, пов'язані з механікою, електромеханікою, рядом напрямів електроніки.

Як наслідок виникли псевдоінновації, що не дають відчутного поліпшення характеристики виробів, а спрямовані тільки на вирішення другорядних завдань. Наприклад, клієнти очікують велосипеди з підвищеними ходовими якостями, а їм пропонують ті самі конструкції велосипедів, але з різними прикрасами, зміненою формою руля тощо.

Наприкінці 1960-х рр. стала очевидною неефективність гігантських промислових комплексів, які будували протягом попередніх двадцяти років як у переробній промисловості (металургії, хімії, нафтохімії), так і складальних виробництвах (автомобілебудуванні, суднобудуванні, електронній промисловості). Саме в ці роки було прийнято і втілено в життя тезу "економії на масштабах" (ефективність заводів пропорційна їхнім розмірам). Такі підприємства мали потребу в потужній інфраструктурі. Щоб компенсувати витрати на її утримання, масштаб виробництва мав бути якнайбільшим. Величезні заводи виготовляли продукцію з найнижчою собівартістю. Ця теза виявилася помилковою для більшості галузей промисловості. Гігантські підприємства стали вимирати, як динозаври.

До падіння ефективності цих підприємств призвели внутрішні й зовнішні причини. До внутрішніх можна зарахувати такі три причини:

досягнення технічної межі, використання всіх переваг задіяних процесів, перехід їх у фазу насичення;

стагнацію (застійні явища) характеристик технічних систем і промислового обладнання, викликана необхідністю у їхньому координуванні й налаштуванні. Ці величезні підприємства було призначено для масового виробництва, а це передбачає розподіл роботи на дрібні операції, що в умовах величезних масштабів виробництва зробило спеціалізацію настільки складною, коли наявні інформаційні системи виявилися не здатними ефективно здійснювати управління складними виробничими комплексами;

досягнення граничних масштабів виробництва. Подальше зростання розмірів підприємства викликає надмірне зростання витрат на інфраструктуру, що призводить до зростання собівартості.

Ці внутрішні проблеми промислових комплексів було ускладнено зовнішніми чинниками: нафтовою кризою, інфляцією, зміною кон'юнктури на ринку, що потребує різноманітності продукції та ставить під сумнів доцільність наявності масового виробництва і як наслідок безперервного зменшення виробництва. У підсумку цілі галузі промисловості зазнали краху. Узагалі сама поява тези "економії на масштабах" була виявом симптому повного виснаження технологічних систем того періоду. Спроби підвищити їхні характеристики на цій стадії розвитку призвели до зростання розмірів промислових об'єктів.

Кризу виявили і в організації праці. Це була вже криза її наукової організації. Тейлоризм вичерпав себе. Об'єктом, на якому ґрунтувалася наукова організація праці, було одиничне, ізольоване робоче місце. Розвиток тейлоризму призвів до створення безлічі одиничних, гранично ефективних робочих місць. Але цей метод позбавив працівника великої кількості допоміжних функцій, виконуваних ним для реалізації загального процесу виробництва: забезпечення робочого місця необхідними ресурсами, виконання вантажно-розвантажувальних робіт, переміщення об'єктів виробництва від одного робочого місця до іншого, регулювання обладнання та ін. Ці функції, що виконували раніше на менш спеціалізованому робочому місці, було передано спеціальним службам, які мали дуже точно погоджувати свої дії на окремих робочих місцях. Водночас особливо складною виявилася проблема синхронізації робіт у загальному виробничому процесі. Ускладнення виконуваних завдань призводило

до створення нових функцій і служб, розширення невиробничого сектору у промисловості, розростання управлінського апарату.

Своєю чергою, криза взаємодії технологічної системи з навколишнім природним середовищем викликала такі негативні наслідки: виснаження сировинних ресурсів, накопичення відходів.

Кожна технологічна система має свої особливі відносини із природним середовищем. До того ж наявність достатку або дефіциту сировини залежить від того, як інтенсивно її використовують цією технологічною системою, а також від уміння й технічної можливості її видобутку. Нафту, відому з античних часів, спочатку використовували для другорядних цілей. Але вона стає найголовнішою сировиною з винаходом двигуна внутрішнього згоряння. А з розробленням ефективних технічних систем видобутку її стали витягати з надр у величезних обсягах.

Технологічна система, розширюючи свою експансію, стала причиною руйнування зовнішніх, природних умов свого функціонування. Виник ризик виснаження невідновлюваних викопних сировинних ресурсів, на яких найбільшою мірою ґрунтувався розвиток цієї системи. Перспектива недостачі нафти як основного джерела енергії та деяких мінералів як сировини викликало різке підвищення цін, а насамперед, на нафту, що, своєю чергою, прискорило й розширило технологічну кризу.

Розвиток технологічної системи загрожує тим, що порушує рівновагу екологічної системи під впливом відходів і викидів. Наявна тривалий час думка про те, що забруднення навколишнього середовища є "винаходом" кінця 1960-х рр., є не зовсім правильною. Про це нагадують покриті кіптявою великі західні міста, отруєне хімічними викидами населення, жужільні відвали та відвали порід, що залишили незгладимі сліди у вугільних і металургійних зонах. Ці відходи накопичували й до кінця 1960-х рр. вони стали загрозувати біосфері.

Змінилася структура споживання. Відбулося насичення домашніх господарств холодильниками, телевізорами, пральними машинами. Тепер люди вже не хотіли купувати "все, що завгодно". Населення перестало сприймати масову продукцію, а почало віддавати перевагу натуральній і диференційованій продукції. Зросли вимоги до якості виробів.

Крім того, відбувся зсув пріоритетів у споживанні в бік послуг. Дозвілля та здоров'я стають двома основними сферами споживання.

Виникли також суперечності в соціально-культурній сфері. Так, увійшли в суперечність усе вищий освітній і культурний рівень робітників та низький інтелектуальний рівень завдань, які надає робітникові система

Тейлора. Тобто тейлоризм відмовляв працівникам у використанні своїх інтелектуальних здібностей, навіть на користь прогресу підприємства. Вони мали сліпо дотримуватися встановлених правил, підприємству потрібні були тільки їхні руки. І цю логіку тільки зовсім недавно змінили. Зростала також суперечність між авторитарною системою організації праці на підприємствах і тенденцією до демократизації життя в суспільстві. Спостерігали певний відхід від поважного ставлення до роботи, що особливо відчувалося серед молоді. Це викликано підвищенням вимог до загального сенсу життя, ідеалу в розвитку особистості, що підігріваються прославлянням матеріальних благ і насолод від дозвілля, яке проповідувалося масованою рекламою.

*Зародження нової системи технологій.* У надрах старої електромеханічної системи зародилися нові домінуючі технології, що визначили чотири сектори індустрії, визнані сферами високих технологій: інформаційні технології; технологія матеріалів; біотехнології; технології у сфері енергетики. Саме сферу інформації, біології, матеріалознавства й енергетики набувають сьогодні надзвичайного розвитку, і вони дають суспільству більшість із тих товарів, що ми звикли пов'язувати з високими технологіями.

#### **4.4. Взаємозв'язок життєвого циклу технологічної системи та науково-технічного прогресу**

Інформатика, заснована на електроніці, виникла й досягла досить значних результатів в електромеханічній технологічній системі. Але, як уже зазначали раніше, опрацювання інформації гальмувалося низькою швидкістю. Подією, яка все змінила, було розроблення 1971 р. мікропроцесора. Маленька кремнієва пластинка виявилася здатною вмістити продуктивність опрацювання інформації, еквівалентну десяткам тисяч транзисторів та обчислювальних машин перших поколінь. Здатність сконцентрувати в невеликому обсязі величезні потужності з опрацювання інформації зробила технологію електронного опрацювання інформації домінуючою, дозволила їй швидко інтегруватися в більшість машин, сприяючи її корінній перебудові більшості технологічних пристроїв. Вона відкрила цілий феєрверк нових технологій. Можливості, які відкрили мікропроцесори, називають революційними в мікроелектроніці. Як результат сьогодні є потужна галузь промисловості, що за товарообігом уже перевершує автомобільну. Звичайними стали такі назви, як персональний



комп'ютер, лазерний диск, мобільний телефон, автоматизоване проектування, інтернет, гнучкі автоматизовані виробничі комплекси та ін.

Композиційні матеріали, в обмеженому асортименті використовувани й раніше, наприклад інструментальні тверді сплави, автомобільні шини або залізобетон, набули на стику двох технологічних систем особливого значення, тому що можливості досягнення високих характеристик металевих сплавів до цього часу вже було вичерпано. Поєднання у єдину композицію, переважно, дуже міцних, але таких крихких компонентів, як скловолокно, волокна вуглецю й бору та пластичних матриць, наприклад синтетичних смол і пластичних або легких металів, різко підвищує характеристики вхідних компонентів. За невеликої щільності вони можуть мати високу міцність, деякі з них зберігають працездатність і за високої температури. У наш час відбувається заміна традиційних матеріалів на композиційні практично в усіх галузях виробництва.

Біотехнології відомі з давніх часів. Хліб, вино, пиво, горілка, сир, йогурт та ін. – це мала частина продуктів, які виготовляють завдяки біотехнології. Частина сільськогосподарських технологій виявляється заснованою на біотехнології. Наприклад, використання перегною як добрива тваринного походження й консервування трав у формі силосу – це теж ферментація, що дозволяє позбутися від патогенних зародків у цій субстанції. Технологію ферментації можна вважати *біотехнологією першої генерації*. Триває широке застосування традиційних процесів ферментації. Але виник цілий ряд нових мікроорганізмів, що дозволяють, наприклад, виготовляти етиловий спирт, здійснювати очищення металів або збагачувати руди біологічним шляхом. У США близько 15 % виготовленої міді створено біологічним шляхом. Ферментацією переводять у метан сільськогосподарські, промислові й побутові відходи, а також відходи зі станцій очищення води. Новою сферою ферментації є виробництво біологічних інсектицидів [34].

Ензимні технології є *другою генерацією біотехнології*. Ці технології є поєднанням біологічної дії й хімічних реакцій. Ензими – це протеїни, що витягають із живих клітин і відіграють роль каталізаторів, здатних значно сповільнити або прискорити хімічну реакцію. Вони мають надзвичайну силу впливу, підсилюючи реакцію в мільйони разів. Наприклад, 30 г ензиму можуть перетворити 60 т крохмалю на цукор. Ензимні технології використовують і в агропромисловому комплексі для виробництва глюкози, фруктози та ін. із целюлози, лактози, крохмалю, різного цукру.

Із їхньою допомогою також виготовляють протеїни, використовувані на бісквітній і кондитерській фабриках, у фармакології – антибіотики, вітаміни, гормони.

*Третя генерація біотехнологій* – це генні технології, які виникли в 1970-х рр. у результаті відкриття генетичного коду. Біотехнології завжди відчувають потребу в мікроорганізмах, які мають специфічні властивості і дозволяють робити те, що не відбувається у природних умовах. Набуття таких властивостей досягали відбором. Генна технологія дає можливість набувати необхідних властивостей змінами в генетичному коді організму. На порозі широкого застосування стоїть генна інженерія. Прикладом тому може бути клонування тварин. Позитивною рисою біотехнологій є й та обставина, що вони працюють на натуральній відновлюваній сировині. Використовуючи життєву силу, вони заощаджують енергію.

В енергетиці теж відбулися серйозні зміни, головним чином, завдяки розвитку ядерної галузі. Перші ядерні електростанції виникли в 1950-х рр. Енергетична криза прискорила розвиток ядерної енергетики. Проте ядерна енергія не стала переважальною, як це спочатку очікували, що пояснено двома причинами. З одного боку, ядерну енергію можна трансформувати тільки в електричну, що не дозволяє нею замінити нафту та інші види органічного палива за межами енергетичної галузі. З іншого – зберігається небезпека від діяльності ядерної енергетики, про що свідчить Чорнобильська катастрофа.

Особливістю попередньої технологічної системи була її орієнтація на одне джерело енергії – нафту. У результаті ця система стала дуже залежною від цього енергоносія та вражається легко в разі нафтових криз. Тому з'явилася мрія про замітники нафти, про відновлюване джерело енергії.

Енергетична криза 1970-х рр. змусила зробити інвентаризацію всіх джерел енергії й перейти від орієнтації на одне джерело до орієнтації на їхню множину. Крім появи ядерної енергії, цей період характеризується також поверненням до енергоносія, що перебував у фазі насичення свого життєвого циклу, – вугілля. Але оскільки використання вугілля у твердій формі є незручним і поєднаним із забрудненням, а добувати його треба на дуже великих глибинах, то використали технології перетворення його на рідину або газ.

Усе ширше стали використовувати такі альтернативні відновлювані джерела енергії, як вітер, геотермальне тепло, енергію припливів

і відливів, газ і спирт, виготовлені з біомаси, сонячну енергію. Але найважливішим альтернативним джерелом енергії, особливо у психологічному плані, виявилася економія енергії. У відповідь на підвищення ціни на нафту стали розробляти енергозберігаючі технології, більш економічні двигуни, автомобілі з гарною аеродинамікою. Можливо, що саме виховання дбайливого ставлення до енергетичних ресурсів стало головним досягненням нової системи технологій у сфері енергетики.

#### 4.5. Технологічні уклади

**Технологічний уклад** – це історичний підхід до розгляду технологічних процесів від моменту їхнього виникнення до моменту повного припинення використання [44; 60].

*Перший технологічний уклад* домінував у період 1790 – 1830-х рр. Технологічними лідерами були Велика Британія, Бельгія, Франція. Ядром технологічного укладу стали: текстильна промисловість, текстильне машинобудування, виплавлення чавуну, водяний двигун. Ключові чинники: водяний двигун і текстильні машини. Основні переваги: механізація виробництва та його концентрація на фабриках, які забезпечують зростання масштабів виробництва та продуктивності праці.

*Другий технологічний уклад* домінував у період 1840 – 1880-х рр. Технологічними лідерами були Велика Британія, Франція, Бельгія, Німеччина та США. Ядром технологічного укладу стали: паровий двигун (пароплави, паровози), залізничне будівництво, машинобудування, верстатостроительна промисловість, вугільна та металургійна промисловість. Ключовим чинником став паровий двигун. Основні переваги другого технологічного укладу, порівняно з першим технологічним укладом: зростання масштабів і концентрація виробництва на основі механізації праці з використанням парового двигуна.

*Третій технологічний уклад* домінував у період 1890 – 1940-х рр. Технологічними лідерами були Німеччина, США, Велика Британія, Франція, Бельгія, Швейцарія, Нідерланди. Ядро технологічного укладу: виробництво сталі, електроенергії, неорганічної хімії, електротехнічне та важке машинобудування, кораблебудування. Ключові чинники: електродвигун, сталь масового застосування. Основні переваги, порівняно із другим технологічним укладом: підвищення різноманітності та гнучкості виробництва на основі використання електродвигуна.

Четвертий технологічний уклад домінував у період 1940 – 1980-х рр. Ядром технологічного укладу стали: двигун внутрішнього згоряння, електроніка, хімізація "зелена революція", електронні обчислювальні машини, банки даних, нафтовугільна та атомна енергетика.

П'ятий технологічний уклад домінував у період 1980 – 2020-х рр. Ядром технологічного укладу стали: мікроелектроніка, біотехнологія мікроорганізмів, персональні комп'ютери, інтернет, робототехніка, нафтогазова та атомна енергетика.

Нині набув розвитку і шостий технологічний уклад (рис. 4.19), ядром якого стали: нанотехнології, ракетокосмічна техніка, тонка хімія, генна інженерія, біотехнології рослин і тварин, глобальні інформаційні мережі, нові джерела енергії (на основі водневих і термоядерних технологій), альтернативна енергетика (зокрема воднева).



Рис. 4.19. Структура нового VI технологічного укладу

Як видно, перший технологічний уклад утворився під впливом промислової революції. Його ключовим чинником були ткацькі машини, а ядром – водяний двигун, виплавлення чавуну, обробка заліза, будівництво каналів. Одночасно в цьому укладі зароджується другий технологічний уклад у формі парових двигунів і машинобудування. Це забезпечило створення паровозів, пароплавів, а значить, будівництво залізниць, суднобудування, розвиток вугільної та металургійної промисловості.

У надрах другого технологічного укладу зароджується третій уклад – виробництво сталі, електроенергії та неорганічної хімії. Ключовим чинником цього укладу став електродвигун, що зумовило розвиток електротехнічного та важкого машинобудування, виробництва неорганічної хімії.

Провідним чинником четвертого укладу стали двигун внутрішнього згоряння та нафтохімія. У цьому укладі зароджуються автомобілебудування, кольорова металургія, авіаційна промисловість, видобуток і перероблення газу.

Ключовим чинником п'ятого укладу стали мікроелектронні компоненти. Вони визначили розвиток таких галузей, як електроніка, обчислювальна техніка, програмне забезпечення, телекомунікації, роботобудування, біотехнології.

Таким чином, перші чотири технологічні уклади є формою індустріальної технології, розвитку машинного виробництва. П'ятий уклад визначає вищий ступінь технології, коли інформація та знання стали новим чинником виробництва. Він є матеріально-технологічною основою переходу людства до вищої стадії цивілізаційного прогресу – інформаційного (постіндустріального) суспільства. За прогнозами п'ятий технологічний уклад мав тривати до 2020 р., а далі виникає шостий технологічний уклад, до якого зараховують біотехнологію, ракетнокосмічну техніку, тонку хімію та ін. Як видно, цього досягають шляхом вилучення цих технологій із п'ятого технологічного укладу. Тому шостий технологічний уклад мало чим принципово відрізняється від технологій п'ятого укладу. Отже, і для виділення його в новий уклад мало підстав. Однак учені передбачають у найближчі десятиліття швидкий розвиток біотехнологій та генної інженерії, нанотехнологій, мембранних і квантових технологій. Подорожчання та неминучий дефіцит вуглеводневої сировини потребує винайдення нових джерел енергії, найперше, у водневих і термоядерних технологіях. Хоча й тут мають місце біотехнології, як і в п'ятому укладі, але, напевно, суспільство зараз перебуває на початковій стадії цього науково-технічного напрямку й тому тут закладено великі можливості. Їх може бути реалізовано в найближчому майбутньому, що зробить шостий технологічний уклад реальністю.

Отже, технологічні уклади – це комплекси, що відображають історичний ступінь розвитку індустріального технологічного способу виробництва. Перехід від парового до електричного двигуна, як більш досконалого й ефективного, визначило формування третього технологічного

укладу, сенс якого полягав у перетворенні електроенергії на основний двигун розвитку всієї економіки. Двигун внутрішнього згорання став ключовим чинником розвитку четвертого технологічного укладу, презентованого автомобілебудуванням, кольоровою металургією, нафтохімією, становленням масового й серійного виробництва.

Паровий двигун, електричний двигун, двигун внутрішнього згорання – це етапи в удосконаленні енергетичної основи індустріального виробництва.

П'ятий технологічний уклад – електронні вироби, комп'ютери, обчислювальна техніка, програмне забезпечення, телекомунікації та багато іншого – це вже, насправді, не традиційна індустріальна техніка та не машини у прийнятому розумінні, а засоби нового типу, які працюють не механічно, а на основі команд людини. Завдяки вбудованому в цих засобах мікрокомп'ютеру на напівпровідникових кварцових кристалах з інтегральною схемою, їх наділено власною пам'яттю, що дозволяє здійснювати певні операції й управляти ними. Нова комп'ютерна техніка, будучи створеною людиною, його розумом, набагато більше розширює масштаби й обсяги виконуваних операцій, що не під силу людині.

Прискорення науково-технічного прогресу, особливо починаючи із другої половини ХХ ст., зумовило швидкі зміни в техніці та технології, поглиблення взаємодії та взаємопроникнення технологічних укладів, скорочення життєвого циклу технологічних укладів до 40 років і менше.

Із цього можна зробити висновок, що технологічний уклад – це техніко-технологічний комплекс, який функціонує на основі технології, яка є особливою в межах єдності технологічного способу виробництва, тобто це комплекс галузей, споріднених єдиними технологічними принципами. Зважаючи на наведену історію розвитку технологічних укладів, цей процес характеризується певними особливостями.

По-перше, технологічна багатокладність є характерною рисою техніко-економічних систем.

По-друге, поєднання еволюційного розвитку з революційними, стрибкоподібними технологічними нововведеннями, які охоплюють різні галузі економіки, приводить до поширення нових більш продуктивних технологій і визначає утворення та розвиток нового технологічного укладу. Інакше кажучи, у процесі розвитку технологічних укладів постійно зникають технологічні кордони й технологічні розриви, безперервний поступальний розвиток змінюється різкими стрибками, переходом до якісно нової технології, у кінцевому підсумку – до нового технологічного укладу.

По-третє, для розвитку технологічних укладів характерно поступально-циклічне зростання, за якого кількісні зміни переходять у якісні, які відкривають нові можливості кількісних змін із подальшим переходом у нову якість. Накопичення капіталу та зміна поколінь техніки й технології зумовлюють нерівномірний розвиток ринкової економіки, її циклічний характер, що диктує необхідність у досягненні макроекономічної рівноваги. Тому розвиток технологічних укладів відбувається, згідно з малими та великими хвилями, тобто великими та малими циклами, виявляють у безперервному коливанні ринкової кон'юнктури, оскільки матеріальною основою промислового циклу є оновлення та розширення основного капіталу. Періодичні кризи, коли відбувається спад виробництва, його депресія, а потім поступово наростаючи, поновлення капіталу шляхом застосування нової техніки та технології, визначають спочатку пожвавлення, а потім і підйом економіки.

Економічна криза найсильніше вплинула на високотехнологічні галузі економіки, електронної промисловості, радіопромисловості та ін. Незважаючи на те що вже кілька років відбувається економічне зростання, воно має місце не в передових, високотехнологічних галузях, а, навпаки, у галузях, що належать до третього та незначною мірою четвертого технологічних укладів. У результаті особливого прогресу в електро- та радіопромисловості не видно. Одночасно достатньо різко зросла частка металургійної та хімічної промисловості. У зв'язку із цим чітко простежують невідкладні завдання щодо переходу нашої економіки на інноваційний шлях розвитку шляхом усебічного вдосконалення третього й особливо четвертого технологічних укладів і прискореного розвитку п'ятого укладу, створюючи паралельно шостий уклад.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. На які фази розподіляють цикл життя технологічної системи?
2. Які є етапи зародження та створення технологічної системи виробництва товару?
3. У чому полягає сутність етапу зростання технологічної системи?
4. У чому полягає сутність етапу зрілості технологічної системи?
5. У чому полягає сутність етапу насичення технологічної системи?
6. Обґрунтуйте розвиток технології з позиції зміни технологічних систем.

7. Зобразіть графічно безперервність прогресу технології.
8. Зобразіть графічно схему життєвого циклу технологічної системи.
9. Зобразіть графічно взаємозв'язок зміни технологічних систем і науково-технічного прогресу.
10. Що таке "технологічний розрив" та як його долають?
11. Яким чином в умовах обмеження життєвого циклу одиничних технологій має місце безперервність технічного прогресу?
12. Чи можна застосувати концепцію життєвого циклу до технологічних систем?
13. У чому полягає сутність зміни технологічних систем і безперервність науково-технічного прогресу?
14. Який новий енергоносій стали дуже широко застосовувати з винаходом двигуна внутрішнього згорання?
15. У яких напрямках стимулювало розвиток технологічної системи поява електрики?
16. Чому розвиток технологій, які виникли в кінці XIX ст. та пізніше, потребує не тільки практичного досвіду, як це було раніше, а й наукового підходу?
17. Чому в кінці третьої технологічної системи виникли величезні підприємства?
18. Чому в кінці 1960 – на початку 1970-х рр. ефективність наукових досліджень була низькою?
19. Чому виникла нестача сировинних ресурсів і відбувається порушення рівноваги екологічної системи?
20. Які нові технології виникли в надрах попередньої електромеханічної системи?
21. Наведіть характеристики чотирьох промислових революцій.
22. У чому полягають результати технологічних революцій?
23. Обґрунтуйте життєвий цикл третьої технологічної системи, названої електромеханічною.
24. Обґрунтуйте поняття "технологічний уклад" та скільки всього є технологічних укладів?
25. Дайте характеристику технологічних укладів.
26. Який зв'язок наявний між технологічними укладами та промисловими революціями?
27. Чим відрізняються п'ятий та шостий технологічні уклади?

**Література:** [19; 32; 34; 44; 60; 67].



## 5. Основи створення ресурсозберігаючих та безвідхідних технологій

### 5.1. Значення матеріальних ресурсів у життєдіяльності людини

Для виробництва потрібного продукту необхідна взаємодія трьох складових частин: робочої сили, предметів праці (сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектувальних виробів, енергоресурсів, інформації та ін.) і засобів праці (обладнання, промислових споруд, машин та ін.).

Комплекс робочої сили, предметів і засобів праці – це виробничі ресурси, без яких виробничий процес не відбувається. Своєю чергою, розрізняють матеріальні, сировинні, енергетичні ресурси й ресурси робочої сили. Загалом матеріальні ресурси є комплексом речових елементів, енергії, інформації, призначених для обробки у процесі виробництва за допомогою знарядь праці. Вони складаються з матеріалів, добутих безпосередньо із зовнішнього середовища, а також матеріалів, що пройшли попередню обробку (сировина та сировинні матеріали).

**Сировина** – це предмети праці, на здобуття і виробництво яких витрачено роботу. У процесі перероблення вони змінюють натуральну форму, набувають нових якісних властивостей. Традиційно це результати роботи сировинновидобувних галузей.

**Матеріали** – це предмети праці, що пройшли перероблення в обробних галузях (чавун, титанові, алюмінієві сплави, бензин та ін.). Природні продукти, які можна використовувати у виробництві, створюють природні ресурси (вода, повітря, земля, мінерали та ін.).

Відсутність або обмежена наявність якого-небудь із перелічених ресурсів створює загальнонаціональну або навіть глобальну проблему, пов'язану з економічною незалежністю держави та нації.

Розв'язання економічних, соціальних і політичних проблем, вирішення завдань суспільства, умови та перспективи його розвитку перебувають у прямій залежності від стану й обсягу використання наявних матеріальних ресурсів (потенціалу).

Проблему дефіциту матеріальних ресурсів розв'язати неможливо без ризику втрати національних державних пріоритетів.

Сучасна стадія розвитку цивілізації характеризується зростанням обсягу випуску продукції в разі зниження витрат, що визначає необхідність

у підвищенні ефективності використання ресурсів на основі ресурсозберігаючих і безвідхідних технологій [16; 24; 65; 67; 68].

Підвищення ефективності виробництва забезпечує зростання національного прибутку на одиницю супутніх витрат. **Національний прибуток** (НП) – це різниця між валовим національним продуктом (ВНП) і витратами на його виробництво, транспортування, складування, зберігання. Підвищення НП свідчить про поліпшення використання національного багатства країни. Структура НП містить: новоутворені цінності (чиста продукція) – 10 ... 30 %; матеріали та сировину ~ 30 %; енергію всіх видів – до 20 %; витрати на обладнання – до 20 %. Ситуацію ускладнено тим, що збільшуються масштаби використання традиційних видів сировини, корисних копалин, енергоресурсів, які відновлюються протягом тривалого часу. Ці обставини потребують розв'язання двох проблем:

1. Пошуку технологій, що виключають або зменшують потребу в ресурсах.

2. Створення природовідновлювальних технологій.

Порушення господарсько-технологічних зв'язків між регіонами колишнього СРСР загострили ресурсні й екологічні проблеми. Це призвело до збільшення терміну виходу з екологічної, енергетичної, сировинної кризи приблизно у 2 – 3 рази. Така ситуація для України ставить особливо актуальні завдання, пов'язані з раціональним використанням ресурсів у режимі їхньої жорсткої економії та збереження.

### **Оцінювання використання матеріальних ресурсів**

Якість використання витрачених праці, коштів, матеріалів та інших видів ресурсів оцінюють за величиною досягнутого ефекту. Для співвідношення корисності використання якогось виду ресурсу в різних галузях, технологічних процесах або виробках застосовують поняття ефективності ресурсу [65]. Для цього обчислюють значення досягнутого ефекту  $E$  на одиницю витрат ресурсу  $P_i$ , тобто значення коефіцієнта:

$$\eta = \frac{E}{P_i}. \quad (5.1)$$

Чим більший коефіцієнт  $\eta$ , визначений за залежністю (5.1), тим більша ефективність ресурсу.

Для розрахунку ефективності та її окремих складових частин користуються диференційованими показниками: трудомісткості, матеріаломісткості, фондомісткості, капіталомісткості виробленого продукту або досягнутого ефекту.

*Трудомісткість* – це величина витрат живої праці на одиницю національного прибутку, чистої товарної продукції або продукції в натуральному обчисленні. Наприклад, час, витрачений робітником на виготовлення деталі, складання вузла (хв/шт.).

*Матеріаломісткість* – це кількість матеріалу, витраченого на одиницю продукції. Матеріаломісткість відображає ефективність використання витрачених предметів праці (основних і допоміжних матеріалів, сировини, палива, енергії).

*Енергоємність* продукції розраховують як відношення супутніх річних витрат паливно-енергетичних ресурсів (перераховують у тонни умовного палива) до обсягу виробництва, національного прибутку країни або валової продукції галузі підприємства.

*Фондомісткість* характеризує ефективність використання виробничих фондів (основних та оборотних), що розраховують як відношення їхніх величин за звітний період до обсягу виробництва. Зворотну величину називають *фондовіддачею*, яка є відношенням частини вартості (прибутку) до гривні або долара. Ці показники відображають організаційний та економічний стан підприємства або галузі.

*Капіталомісткість продукції* – це відношення обсягу капіталу, який укладено у виробництво, до приросту обсягу продукції, викликаного цим укладенням. Зворотне значення – *капіталовіддача*.

Використання диференційованих показників дозволяє оцінити стан цього виду ресурсу та встановити шляхи вдосконалення техніки й технології. Наприклад, зниження матеріаломісткості національного прибутку України на 5 ... 6 % еквівалентно економії 3 млн т сталі, а зниження енергоємності на 8 % – приблизно 40 млн т умовного палива.

## **5.2. Основні шляхи ресурсозбереження у промисловості**

Ресурсозбереження як система заходів, спрямованих на абсолютне та відносне зниження витрат ресурсів, має охоплювати весь життєвий цикл виробу. Аналіз балансу ресурсів у системах виробництва, пов'язаного

з ним споживача та джерела надходження (довкілля) показує, що для збереження рівноваги в зовнішньому середовищі маса витрат ресурсу має оновлюватися, завдяки відходам, що надходять зі сфери виробництва та від споживача (рис. 5.1). Це забезпечує врівноважене природо-користування [49; 65; 67; 68].



**Рис. 5.1. Ресурсозбереження**

Скорочення витрат ресурсів можна досягти:

- зниженням споживання, наприклад, шляхом підвищення довговічності (якості) виробу;
- зменшенням розмірів відходів, завдяки технічним і технологічним рішенням;
- збільшенням віку вторинних ресурсів;
- зменшенням маси виробів шляхом удосконалення конструкції.

Умови мінімальних витрат ресурсів установлюють такі шляхи ресурсозбереження у промисловості:

- забезпечення економії всіх видів ресурсів на етапі вибору проектних рішень, що враховують умови виробництва, експлуатації, обслуговування, ремонту та ін. Суперечність вимог визначає вибір узагальнювальних критеріїв оптимізації або мінімум витрат гостродефіцитного ресурсу в речовому обчисленні;
- використання комплексних і безвідхідних технологій;
- уведення в обіг вторинних ресурсів як основного, так і допоміжного виробництв;

- підвищення ефективності використання традиційних матеріалів (завдяки раціональності конструкції й більш доцільного використання їхніх якостей у процесі виробництва);

- створення нових матеріалів-замінників;
- використання систем нормування витрат ресурсів.

Практикою проєктування та виготовлення виробів встановлено ефективні методи й заходи зниження витрат (наприклад, ЕСТПП):

- збільшення серійності шляхом стандартизації, уніфікації, конструктивної подібності, обмеження номенклатури рішень;
- використання конструктивної спадковості (освоєних, перевірених конструктивних рішень);
- застосування стандартного технологічного оснащення, оптимального рівня автоматизації та механізації виробництва;
- використання рішень, що забезпечують зниження витрат часу під час експлуатації та ремонту.

Для зниження матеріаломісткості передбачено:

- використання раціонального сортаменту й марок матеріалів, раціональних способів вироблення заготовок, методів і режимів виготовлення деталей;
- використання прогресивних рішень, що дозволяють підвищити ресурс виробів;
- використання мало- та безвідхідних технологічних процесів;
- розроблення раціонального компонування виробів, що скорочують витрати матеріалів у процесі монтажу;
- використання науково обґрунтованих запасів міцності, нових методів обчислень, розрахунків та випробувань виробів.

Отже, уже на рівні стандартів передбачено необхідний комплекс рішень для забезпечення ресурсозбереження на стадії проєктування. Раціонально спроектована конструкція машини є оптимізованою за критерієм максимального ефекту на одиницю витрачених ресурсів.

Головними проєктними та виробничими рішеннями з погляду економії ресурсів є такі, що забезпечують зростання показників якості, розширення багатофункціональності використання, збільшення довговічності термінів міжремонтних періодів, ремонтпридатності продукції. Основним джерелом економії ресурсів, яку дає підвищення якості промислової продукції, є зниження потреб в обладнанні й машинах, скорочення простоїв

техніки, зменшення обсягу матеріальних витрат на виробництво й експлуатацію, ремонт, транспортування, збереження та ін. Поліпшення якості дозволяє на кінцевій стадії виготовити більш високопродуктивний виріб більшої надійності та меншої маси.

Для зниження витрат енергоресурсів велике значення має освоєння ресурсозберігаючих технологій, тобто створення систем, які забезпечують зменшення енергоємності продукції, що випускають.

Найпривабливішими можна вважати два напрями розв'язання проблем ресурсозбереження.

1. Розвиток регенераційного виробництва для повторного використання відходів. Наприклад, виробництво паперу із вторсировини зберігає 75 – 95 % енергії, порівняно із прямим виробництвом. У світі із вторинної сировини (промислових і побутових відходів) виготовляють 45 % паперу, 50 % нікелю та срібла, 40 % міді та сталі, 45 % свинцю, 20 % алюмінію. Відходи стають суттєвою частиною національних ресурсів. Реальною може бути ситуація, коли відходи стануть одним із головних джерел сировини матеріалів, а природні ресурси будуть резервним джерелом.

2. Розроблення нових і вдосконалення наявних конструкційних матеріалів. Цей напрям більш вагомий, ніж розширення пошуку корисних копалин. Особливого значення набувають композиційні та керамічні матеріали, пластмаси; застосування технологій нанесення спеціальних покриттів із властивостями, якими управляють.

Таким чином, розв'язання проблем ресурсозбереження має бути тісно пов'язано із рівноважним, збалансованим природокористуванням.

### **Основні чинники та напрями економії ресурсів**

Висока вартість матеріальних ресурсів та обмежені можливості їхнього поновлення визначають один із головних напрямів – усебічну економію й раціональне використання ресурсів.

Основний шлях економії матеріалів, сировини, палива (матеріальних ресурсів) полягає в розробленні та використанні ресурсозберігаючої техніки та технологій.

До основних чинників економії належать:

- підвищення надійності та довговічності машин для зменшення їхньої загальної маси та зниження витрат ресурсів для створення дублерів;
- поліпшення споживчих властивостей продукції;

- прискорення обороту ресурсів шляхом зменшення складських запасів, незавершеного виробництва;
- заміну традиційних матеріалів на більш ефективні, що забезпечують зменшення маси машини, а також поліпшення використання традиційних матеріалів;
- удосконалення наявних і використання маловідходних і ресурсозберігаючих технологій для зниження фактичних витрат матеріальних ресурсів;
- використання прогресивних норм витрат ресурсів.

### 5.3. Місце і роль технологій у ресурсозбереженні

Використання нових технологічних процесів і засобів праці, які є результатом науково-технічного прогресу (НТП), знижує питомі витрати ресурсів і прискорює переоснащення всього процесу виробництва на основі створення технологічних систем (рис. 5.2). Такі системи поєднують у єдиний комплекс машини, побудовані за принципами автоматизації й безперервності процесів, а також застосування електроніки, тобто створюють гнучкі переналаштовувані виробництва й технологічні модулі.



Рис. 5.2. Технології ресурсозбереження

Концепцією розвитку технології є створення малоопераційних технологічно замкнених процесів, що забезпечують комплексне використання сировини, матеріалів та охорону зовнішнього середовища за інтенсифікації виробництва на основі досягнень світового НТП.

Повільні темпи зниження витрат ресурсів, наприклад у машинобудуванні, пояснено переважанням стружкоутворювальних обробних процесів та обладнання. Величина характерного коефіцієнта використання

матеріалу ( $K_{\text{вм}}$ ) залежна від виду оброблюваної заготовки (для прокату – 0,65, для штампування – 0,53, для точного лиття – 0,85), тобто від комплексу технологій, застосовуваних у технологічній системі.

Більш перспективними з погляду ресурсозбереження є технології, що витісняють механічну обробку різанням, або зменшують її обсяг, які підвищують  $K_{\text{вм}}$ . Прикладом може бути технологія обробки тиском із застосуванням прокатних вальцьованих верстатів, холодне та гаряче видавлювання, холодне висадження, висадження на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), штампування, а також розкочування, накочення, зміцнення зварювальних і зварювально-складальних конструкцій, наплавлення, нанесення покриттів із властивостями, якими управляють за поєднання з обробкою на верстатах із ЧПУ та ін. НТП у галузі лиття, наприклад лиття в оболонкові форми та плівково-вакуумні форми, завдяки високій точності та якості забезпечує економію 200 – 300 кг метала на кожну тонну придатного литва. Використання однієї тонни виливків із виплавлюваних моделей, зберігає дві тонни металопрокату, до 120 кВт електроенергії, знижує капітало- та трудомісткість виготовлення деталей.

Будь-який продукт технології реалізує свої функції, завдяки витраченим на його створення матеріальним і паливно-енергетичним ресурсам, і після завершення життєвого циклу практично не відновлює взяте із природи, тобто порушує її рівноважний стан. Тому особливого значення для забезпечення ресурсозбереження набуває інженерний проєкт – раціональне конструювання, яке має ґрунтуватися на таких принципах:

- поліпшення техніко-економічних параметрів і характеристик виробу за призначенням;
- використання прогресивних технологій і матеріалів;
- застосування прогресивних методів і засобів конструювання;
- забезпечення технологічності конструкції виробу.

### **Основні принципи створення нових технологій**

На будь-якій стадії розвитку основою нових технологій є науково-технічний прогрес, а також сформульовані цілісні технологічні системи, що поєднують виробництво й управління різних рівнів.

Загальні принципи створення нових технологій такі:

- кількість операцій для створення продукту має бути мінімальним за одночасної умови їхньої концентрації на одному робочому місці;



- одноступеневий перехід від початкового стану (сировина, напів-фабрикат, заготовка) до продукту;
- розміри заготовок мають максимально наближати до розмірів деталі, а деталі – до кінцевого виробу (монолітність);
- прийнятий процес перетворення енергії або речовини не має супроводжуватися додатковим підведенням енергії або технологічний процес має здійснюватися без зовнішніх джерел енергії;
- перевагу слід надавати процесам, що виділяють енергію, яку можна утилізувати для інших процесів;
- усі часткові процеси за місцем, часом і виконанням необхідно об'єднати в один комплексний процес із відповідним обладнанням;
- витрати на технологічну підготовку виробництва, технологічні засоби не мають перевищувати критичні за обсягом і часом;
- процеси мають забезпечувати урівноважене або природоохоронне користування.

Таким чином, в ідеальному ресурсозберігаючому процесі:

- усі операції виконуються автоматично на одному робочому місці;
- дії реалізують, завдяки внутрішній енергії з утилізацією її залишків;
- управління процесом забезпечено саморегулюванням;
- одноступеневий перехід від початкового стану (сировина, напів-фабрикат) до кінцевого продукту;
- маса кінцевого продукту відповідає початковій масі.

### **Основні поняття ресурсо- і енергозберігаючих технологій**

*Ресурси* – це природні або створені людиною цінності, призначені для задоволення виробничих і невиробничих потреб.

*Ресурсозбереження* – це сукупність заходів щодо збереження та ефективного використання фактів виробництва (капіталу, землі, праці). Ресурсозбереження забезпечено за допомогою використання ресурсозберігаючих та енергозберігаючих технологій; зниження фондомісткості та матеріаломісткості продукції; підвищення продуктивності праці; скорочення витрат живої та матеріалізованої праці; підвищення якості продукції; раціонального застосування праці менеджерів і маркетологів; використання вигод міжнародного поділу праці та ін. Застосування ресурсозбереження сприяє зростанню ефективності економіки, підвищенню її конкурентоспроможності.

*Ресурсозберігаючі технології* – це технології, що забезпечують виробництво продукції з мінімально можливою витратою палива й інших джерел енергії, а також сировини, матеріалів, повітря, води та інших ресурсів для технологічних цілей.

Ресурсозберігаючі технології охоплюють використання вторинних ресурсів, утилізацію відходів, а також рекуперацію енергії, замкнену систему водозабезпечення та ін. Вони дозволяють економити природні ресурси й уникати забруднення навколишнього середовища.

Загальна вартість основних фондів в енергетичних галузях (включно з трубопровідними системами) перевищує 25 % фондів загальносвітової економіки. Наприклад, на нафті тримається третя частина потужностей усієї енергетики та четверта – усієї сировинної бази хімічної індустрії.

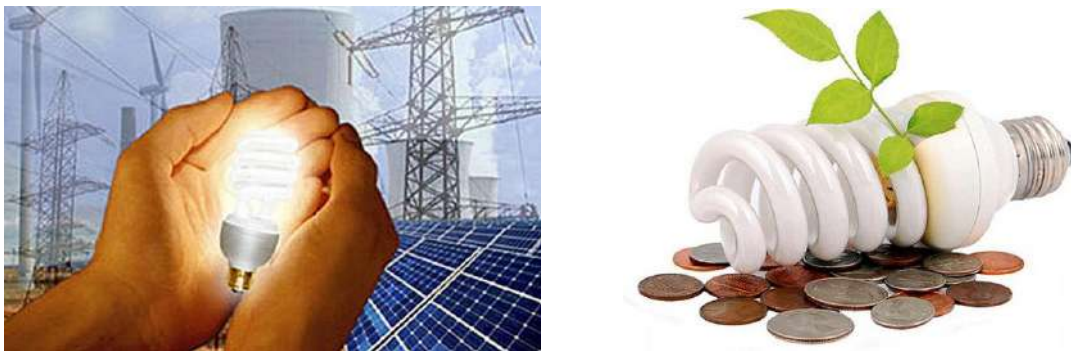
Тим часом, багаторічна "енергетична гонка" призвела до реальних загроз природі та клімату. Про глобальне потепління, викликане, як вважають експерти, передусім, екологічними наслідками видобутку, перероблення та використання енергосировини, сказано чимало.

Великі обсяги спалювання нафти, газу, вугілля та сланців у процесі їхнього видобування та перероблення, масштаби використання продуктів перероблення первинної енергосировини, що постійно зростають, завдають комплексну шкоду навколишньому середовищу та провокують глобальні й незворотні природно-кліматичні зміни. Тому питання розроблення і швидкого впровадження природо- та ресурсозберігаючих енерготехнологій у наш час є надзвичайно актуальними [32; 70].

Загальносвітове споживання енергоресурсів із 1980 до 2008-го рр., за оцінками Міжнародного енергетичного агентства, збільшилося майже наполовину. За прогнозами, до 2030 р. воно зросте ще на 65 – 70 %. Причому країни з ринковою економікою (насамперед Китай, Індія, Росія, Бразилія та Мексика) найбільш швидкими темпами нарощують енергоспоживання. Але вже не перше десятиліття його комплексна ефективність, тобто сукупні обсяги втрат енергопродуктів у процесі видобування, використання та забруднення біосфери в розрахунку на одиницю споживаної енергосировини, – мінімальна саме в цих країнах. Комплексна ефективність енергоспоживання в індустріально розвинених країнах (Південна Корея, Тайвань, Малайзія, Сінгапур, Бруней) утричі більша, ніж у Росії, Індії та Китаї. До того ж ті самі три країни за темпами впровадження

природо- і ресурсозберігаючих технологій в енергетиці та суміжних галузях істотно відстають не тільки від індустріально розвинених, але й від багатьох країн, що розвиваються. Зокрема від Бразилії, яка ще в середині 1970-х рр. налагодила промислове виробництво альтернативних видів палива з рослинної сировини.

Енергозбереження сьогодні є одним із пріоритетних напрямів політики й компаній, орієнтованих на динамічний розвиток, як у плані зниження витрат на власне виробництво основної продукції, так і зниження навантажень на потужності з виробництва енергоресурсів (рис. 5.3).



**Рис. 5.3. Технології енергозбереження**

Енергозбереження є одним із найважливіших завдань для будь-якого підприємства, яке особливо гостро постало перед підприємствами зараз, у період економічної кризи.

Ціни на енергоносії, що постачають централізовано, постійно зростають. У собівартості кінцевої продукції промислових підприємств велика частка витрат на теплову й електричну енергію (у 1,5 – 2 рази вища, ніж у промислово розвинених країнах), що негативно позначено на конкурентоспроможності товарів та обладнання, виробленого на вітчизняному виробництві. Ефективне енергозбереження дозволяє значно знизити собівартість продукції та як наслідок підвищити її конкурентоспроможність на ринках.

Однак слід зазначити, що енергозберігаючі технології досить слабо застосовують на підприємствах. А, проте, тут приховано ефективний інструмент із підвищення ефективності діяльності будь-якого підприємства, який можна використовувати, із метою збільшення обсягу оборотних коштів і зниження виробничих витрат, вивільняючи, таким чином, додаткові кошти, які може бути інвестовано в розвиток компанії. Адже й сама

криза на виробничих підприємствах, яка почалася задовго до нинішньої економічної кризи, серед інших пов'язано також із тим, що енергозбереженню на більшості промислових підприємств не приділяють належної уваги. Основною причиною цього є, крім загального технічного стану й низької енергетичної ефективності наявного на підприємствах обладнання, той факт, що більшість промислових підприємств було спроектовано та побудовано в розрахунку на використання практично безкоштовної електричної й теплової енергії, що мало місце за часів централізованого планування економіки СРСР. Але ринкова економіка диктує свої умови, тому зниження собівартості продукції підприємства безпосередньо залежить від його енергоефективності.

Є велика кількість різноманітних методів підвищення раціонального використання наявних енергетичних ресурсів і потужностей. І чим раніше підприємство почне впроваджувати енергозберігаючі технології, тим швидше воно відчує позитивний ефект від цих заходів, який буде обчислено в конкретних фінансових показниках.

### **Енергозберігаючі технології**

*Енергозбереження* – це новий виток у технологічному розвитку, а також абсолютна необхідність за сучасних цін на енергоносії й екологічних вимог, що постійно посилюють. У структурі операційних витрат типової комерційної будівлі, витрати на енергію становлять близько 30 %, а на деяких підприємствах: металургійної, хімічної, нафтопереробної промисловості – частка енергії у вартості продукту може досягати 60 %. Тому правильно розроблений комплекс заходів з енергозбереження може значно скоротити витрати й оптимізувати бюджет.

Основним напрямом розвитку світової енергетики є використання таких альтернативних поновлюваних джерел, як енергія сонця, вітру, води, біопаливо. Для України також актуальними є використання відходів агропромислового комплексу, пелет (біопаливо), а також переоснащення газових котлів. На сьогодні частка поновлюваних джерел у структурі вироблення енергії становить 14,0 %. Водночас найбільша частка продовжує залишатися за біопаливом, а найбільший приріст показують сонячна енергетика (в середньому зростання на 37,3 % щорічно), вітрова енергетика (23,6 %), біогаз (12,3 %). Безперечними лідерами з використання такої енергії є скандинавські країни, де частка альтернативної енергії доходить до 70 %.

Учені постійно шукають нові можливості для підвищення ккд і використання нових більш дешевих матеріалів для відновлюваних джерел енергії. Наприклад, не так давно вчені з Китаю змогли збільшити ефективність органічних сонячних батарей, порівнявши їх до звичайних. Модулі, створені з вуглецю і пластмаси набагато дешевші звичайних кремнієвих, а завдяки структурі їх можна наносити на тонкі та гнучкі поверхні, на вікна, фасади, колони, дерева та ін. Але не варто забувати, що дешева й екологічна енергія це добре, але енергоефективність усередині об'єкта нерухомості важлива не менше, а може навіть більше.

На чотири основні системи – освітлення, опалення, кондиціонування і вентиляція, а також водопостачання припадає 74 % від загального енергоспоживання. Які саме технології можна використовувати для скорочення цієї статті витрат?

*Опалення.* Експерти стверджують, що найбільше тепла йде через вікна та стіни, тому утеплення фасадів і заміна вікон на енергозберігаючі – це must-have будь-якої комерційної будівлі. Наступний момент модернізація самої системи опалення. Сучасні технології дозволяють модернізувати вже наявні котли й переобладнати їх із газового на органічне паливо. Також професіонали галузі рекомендують використовувати залишковий потенціал технологічних теплоносіїв. Тобто установлення систем рекуперації, конденсатовідвідників, вторинне використання розігрітої води допоможе значно поліпшити енергоефективність будівлі.

*Освітлення.* Майже 20 % світового енергоспоживання припадає на освітлення. Що стала вже нормою, заміна ламп розжарювання на LED може показати економію у 5 – 7 разів. Незважаючи на відносну дорожнечу, порівняно з лампами розжарювання, термін служби таких елементів освітлення в 7 – 10 разів більше. Із недоліків LED-освітлення найбільшим є вміст ртуті, це означає, що потрібно заздалегідь подбати про правильну утилізацію лампочок.

Наступним етапом скорочення витрат на освітлення може стати установлення датчиків освітлення, руху та максимальне використання денного світла. Завдяки використанню різних датчиків, можна автоматично регулювати яскравість освітлення, вимикати світло, коли люди виходять із приміщення. У деяких випадках це може заощадити ще 20 %.

*Кондиціонування та вентиляція.* Найбільш поширеним методом зниження витрат під час використання цього обладнання, є установлення систем рекуперації. Правильним налаштуванням та своєчасним

обслуговуванням можна скоротити витрати до 10 %. Такі системи краще всього проектувати під час будівництва, проте нерідкісні випадки, коли модернізацію доводиться здійснювати в уже давно наявних будівлях, і тут важливо звернутися до досвідчених проєктантів, які допоможуть правильно розрахувати всі показники, і встановити систему найбільш оптимальним способом.

*Водопостачання.* Однією з популярних технологій економії на водопостачанні є збирання й очищення дощової води для подальшого використання в будівлі. Звичайно, вона актуальна тільки в широтах, де дощі трапляються досить часто, а взимку не буває мінусової температури. Для більшості розвинених країн актуальними є автоматизовані датчики подавання води, використання залишкового потенціалу теплоносіїв для підігрівання води.

Усі перелічені раніше методи й технології можна застосовувати як окремо, так і в комплексі. Тут важливий індивідуальний підхід, попереднє вивчення всіх особливостей об'єкта, інфраструктури та систем, здійснення енергоаудиту для виявлення найбільш уразливих місць. В умовах складних економічних реалій повне переобладнання приміщення на енергоефективні рішення навряд чи можливе, але з розробленим планом поступове зниження витрат позитивно позначиться і на собівартості продукції, і на продуктивності роботи.

#### **5.4. Теплозбереження та ресурсозбереження в побуті**

Як уважають виробники, застосування якісної теплоізоляції під час будівництва нових будівель, а також реконструкції вже наявних будівель, крім економії енергії, підвищують капіталізацію економіки загалом.

Повсюдно в житлових будинках у тамбурах, на сходових майданчиках і сходових прогонах, на приквартирних майданчиках світильники працюють від 12 до 24 год на добу. А скільки часу проводять у цих приміщеннях люди, яким, власне, й необхідно освітлення? Очевидно, що зовсім небагато. Заходи з енергоресурсозбереження полягають у використанні енергозберігаючих світильників та вимикачів, коли освітлення гарантовано подають у потрібне місце і потрібний момент часу в повному обсязі, максимально задовольняючи вимоги комфортності та безпеки, відповідно до всіх наявних нормативних документів і практичних вимог.

Пристрої ефективно "передбачають" появу людини по голосу, шуму кроків, повороту ключа, відмиканню дверей, стуку та ін. Людина завжди входить в уже освітлене приміщення.

Спеціальні паливні гранули, енергозберігаючі лампи, "розумні будинки", біоенергетика, сонячні батареї та вітряки – усе це із серії енергозберігаючих альтернатив (рис. 5.4). Однак будь-яке переоснащення потребує чималих укладень. Тому важливо завжди прорахувати передбачуваний ефект, і тільки після цього впроваджувати новації.



Рис. 5.4. Енергозберігаючі технології в побуті

Учені пропонують цілий ряд цікавих методик, зокрема з використанням кам'яних теплових акумуляторів, убудованих у стіни будівель. Вони не тільки зберігають тепло, але й перерозподіляють його, у результаті частину пікового навантаження перенесено на нічний час, що дає відчутну економію. Можна використовувати насоси з перерозподілу теплого повітря від більш до менш нагрітих тіл. У межах цієї закордонної методики пропонують заміну центрального опалення на автономне та поквартирне.

Пропонують і новий спосіб передавання електрики однопровідною лінією з використанням перетворювача напруги. Для цього розроблено цілком конкурентне обладнання з безконтактної діагностики інженерних

мереж, зокрема пірометри й тепловізори. Ці прилади здатні за кілька хвилин визначити місце витоку тепла, води, пошкодження труби або кабелю. До того ж не треба перекопувати територію в пошуках аварійної ділянки. Уведена в експлуатацію унікальна кліматична камера для проведення комплексних випробувань зовнішніх огорожень конструкцій будівель. Вона дозволяє перевірити їхні теплозахисні властивості, випробувавши фрагменти зовнішніх стін у натуральну величину.

Для забезпечення зростаючих енергетичних потреб економіки йде безперервний пошук таких альтернативних джерел енергії, як гідро-, сонячної, вітрової, атомної, геотермальної та ін., розробляють нові енергозберігаючі технології. Технології, що дозволяють практично використовувати нові – альтернативні, поновлювані – джерела енергії, виникли в 1970-х рр., за часів нафтової кризи. Ідея використання сонячної енергії виникла давно, але лише в роки кризи було створено пристрої, що дозволяють утілити її в життя. Основна перешкода – це вартість пристрою. Однак для сільських районів – це прекрасне розв'язання проблеми, тому що виключає необхідність у прокладанні силових кабелів.

Нині технологію використання сонячної енергії інтенсивно розвивають. Наприклад, ще 2007 р. недалеко від Севільї (Іспанія) запущено електростанцію, що працює на сонячній енергії, яка забезпечує електроенергією 6 000 будинків. Зараз побудовано мережу таких електростанцій, що виробляють 300 МВт і забезпечують приблизно 200 000 будинків. Значний інтерес до великих вітряних турбогенераторам виник ще в 1970-х рр. Серед основних країн, що використовують нині енергію вітру, – Німеччина, США, Данія, Іспанія, Індія, Китай.

У 1970-х рр. альтернативою викопному паливу серйозно стали розглядати ядерну енергію. Відносно недороге паливо врівноважує інвестиції, необхідні для будівництва ядерних електростанцій. У результаті електрика стала дешевшою.

Сьогодні серед основних енергоресурсів – нафта й газ – тобто вуглеводнева сировина. Однак у період очікування можливості всесвітнього потепління, людство змушене звернутися до екологічно чистих джерел енергії. Складність проблеми відмови від нафтопродуктів як джерела енергії, що забруднює навколишнє середовище, дефіцитного й дорогого, пов'язано з тим, що галузі, які охоплюють індустрії нафтопереробних заводів і транспортних засобів, є системоутворювальними для всієї світової



економіки. Військова техніка, транспорт, теплоелектростанції, обладнання на заводах, системи опалення – усе це в сучасному суспільстві значною мірою працює на нафті й газі. Відмова від нафтопродуктів потребує ламання індустріальної структури держав, що є одним із головних гальм розвитку альтернативних джерел енергії.

Однак проблеми з вуглеводневим паливом постійно змушують займатися розв'язанням цієї проблеми. Так, автомашини, що працюють на водні, на біопаливі, електромобілі – уже не рідкість.

Нові ідеї з використання альтернативних джерел енергії безперервно пропонують та розробляють, вони "літають у повітрі".

Людство мобілізується та наближається до розв'язання проблеми створення та промислового використання нових енерго- та ресурсозберігаючих технологій.

### **5.5. Заміна основних ресурсів на біопаливо**

Зараз головним завданням є зниження залежності не лише від газу, а й від нафтопродуктів [34]. У цьому допомагає біопаливо. *Біопаливо*, або *біологічне паливо*, – це органічні матеріали: деревина, відходи та спирти, які використовують для виробництва енергії. Це поновлюване джерело енергії, на відміну від таких інших природних ресурсів, як нафта, вугілля та ядерне паливо. Офіційне визначення *біопалива* – це будь-яке паливо, яке містить (за обсягом) не менш ніж 80 % матеріалів, здобутих від живих організмів, зібраних у межах десяти років перед виробництвом.

Подібно до вугілля й нафти, *біомаса* – це форма збереженої сонячної енергії. Енергія сонця "захоплюється" через процес фотосинтезу під час росту рослин. Одна перевага біологічного палива, порівняно з іншими типами палива, – це те, що воно повністю розкладається мікроорганізмами, і тому відносно безпечне для довкілля.

Сільськогосподарська продукція, яку вирощують для виробництва біопалива: кукурудза та соя (більше у США), льон і ріпак (найперше у Європі), цукрова тростина (у Бразилії) і пальмова олія (у Південно-Східній Азії). Розкладена мікроорганізмами продукція промисловості, сільського господарства, лісового господарства та побутові відходи також можна використовувати для здобуття біоенергії, наприклад, солону, лісоматеріал, добриво, рисове лушпиння, стічні води й залишки продуктів харчування.

Ці продукти перетворюються на біогаз шляхом анаеробного травлення. Біомаса, яку використовують як паливо, також часто складається з такої недовикористаної продукції, як солома та відходи тваринництва. Тому розгляньте історію біопалива.

Як біопаливо першими почали використовувати традиційні сільсько-господарські культури з високим вмістом жирів, крохмалю, вуглеводів. Рослинні жири добре піддаються перетворенню на біодизель.

Рослинні крохмаль і цукри переробляють на етанол. Однак використання таких сировин виявилось вкрай незручним: крім витратного землекористування, виснаження ґрунтів і потребами у їхньому обробленні, додаванні добрив та пестицидів виникають відповідні проблеми з реалізацією харчових продуктів на ринку. Таку сировину зараховують до *біопалива першого покоління*.

*Біопаливо другого покоління* – це різні види палива, виготовленого методами піролізу біомаси, а також інші види палива (крім метанолу, етанолу, біодизелю), виготовлені із джерел сировини другого покоління. Джерелами сировини для біопалива другого покоління є лігніт-целюлозні сполуки, які залишаються після виділення придатної для використання в харчовій промисловості біологічної сировини.

Швидкий піроліз дозволяє перетворити біомасу на рідину, яку легше й дешевше транспортувати, зберігати та використовувати. Із рідини можна виготовляти автомобільне паливо або паливо для електростанцій.

За оцінками Німецького енергетичного агентства (Deutsche Energie-Agentur GmbH) за наявних технологій виробництво палива шляхом піролізу біомаси може покрити 20 % потреб Німеччини в автомобільному паливі. До 2030 р. із розвитком технологій піроліз біомаси може забезпечити 35 % від споживання автомобільного палива. Собівартість виробництва становить менше ніж €0,80 за літр палива.

Достатньо перспективним є також використання рідких продуктів піролізу деревини хвойних. Наприклад, суміш із 70 % живичного скипидару, 25 % метанолу і 5 % ацетону, тобто фракцій сухої перегонки смолистої деревини сосни, з успіхом можна застосовувати як заміну бензину марки А-80. Водночас для переганання застосовують відходи дереводобувних процесів: сучки, пеньки, кора. Вихід паливних фракцій становить до 100 кілограмів від 1 т відходів. Основні недоліки сировини другого покоління – це задіяні земельні ресурси та відносно невисока віддача з одиниці площі.

*Біопаливо третього покоління* – це група палива, здобутого з водоростей. Департамент енергетики США із 1978 до 1996-го рр. досліджував водорості з високим умістом олії за програмою Aquatic Species Program. Установлено, що 200 тис. га ставків можуть виробляти паливо, якого буде достатньо для річного споживання 5 % автомобілів США. Причому 200 тис. га – це менше ніж 0,1 % земель США, придатних для вирощування водоростей. Однак у цій технології ще залишаються актуальними безліч проблем. Наприклад, водорості потребують високої температури, для їхнього культивування краще підходить пустельний клімат, але також потрібна певна температурна регуляція за нічних перепадів температур. У кінці 1990-х рр. технологія не потрапила у промислове виробництво через низьку вартість нафти. Крім вирощування водоростей у відкритих ставках, є технології вирощування водоростей у малих біореакторах, розташованих поблизу електростанцій.

*Біопаливо у світі.* Світовими лідерами з використання рідкого біопалива є Бразилія, США та країни ЄС. Щоб не залежати від імпорту нафти, Бразилія використовує етанол із дешевої цукрової тростини. У США, щоб підтримати аграрний сектор усередині країни, та одночасно поліпшити стан довкілля, поширено етанол із кукурудзи. Європейський Союз, упроваджуючи біопаливні технології, має відразу декілька цілей: ліквідацію залежності від імпорту нафти, запобігання глобальному потеплінню клімату, виконання зобов'язань за Кіотським протоколом щодо викидів діоксину вуглецю в атмосферу, а також розвиток аграрного сектору. У США автомобільне біопаливо займає 5 % ринку, у Бразилії – близько 30 %. У Бразилії продають автомобілі, які можуть їздити на суміші етанолу й бензину в будь-якій пропорції. Із 2011 р. у ЄС виробники або продавці зобов'язані додавати в бензин до 5 % етанолу, а бензин марки E10 (10 % етанолу) продають на всіх автозаправних станціях Німеччини. Станом на квітень 2011 року в Німеччині налічували понад 350 автозаправних станцій, які реалізують E85. 2019 р. Etihad Airways, національна авіакомпанія ОАЕ, рапортувала про перший комерційний переліт на біопаливі, здобутому з рослин.

*Біопаливо в Україні.* Біопаливо розглядають в Україні як вагому альтернативу традиційному пальному. Уважають, що його виготовлення найближчими роками буде максимально вигідним для української економіки. Виготовлення готового продукту є набагато вигіднішим для України,

ніж експорт сировини, здебільшого в Польщу та Німеччину. Широкі можливості у використанні біоенергетики мають різні регіони України. На півночі – це торф, відходи деревообробки, енергетичні рослини. На сході та півдні – солома, лушпиння соняшника. Є можливість по всій Україні виробляти біогаз. На тлі різкого подорожчання нафти й газу і, відповідно, продуктів їхнього перероблення перспективу переведення підприємств країни на споживання альтернативного пального починають реалізовувати.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Яке значення мають матеріальні ресурси в життєдіяльності людини?
2. Як оцінити використання матеріальних ресурсів?
3. Дайте визначення понять трудомісткості, матеріаломісткості, фондомісткості, капіталомісткості виробленого продукту або досягнутого ефекту.
4. Обґрунтуйте шляхи ресурсозбереження у промисловості.
5. Назвіть основні чинники та напрями економії ресурсів.
6. Обґрунтуйте значення технологій у ресурсозбереженні. Які інженерні методи економії ресурсів ви знаєте?
7. Назвіть основні принципи створення нових технологій.
8. Які основні поняття ресурсозберігаючих і енергозберігаючих технологій ви знаєте?
9. Що означає ідеальний ресурсозберігаючий процес?
10. У чому полягає сутність енергозбереження?
11. Наведіть приклади енергозберігаючих технологій?
12. Якими шляхами можна досягти енергозбереження в системах опалення, освітлення, кондиціонування і вентиляції та водопостачання?
13. Наведіть приклади теплозбереження та ресурсозбереження в побуті.
14. У чому полягає заміна основних ресурсів на біопаливо?
15. Що належить до біопалив першого, другого та третього покоління?
16. Назвіть види біопалива, яке застосовують у різних країнах світу та Україні.

**Література:** [16; 24; 32; 34; 49; 65; 67; 68; 70].

## 6. Роль науки в розвитку технологічних систем

### 6.1. Наукомісткість технологій

Роль науки в розвитку сучасного суспільного виробництва настільки зростає, що її все частіше вважають продуктивною силою. Це відбувається тоді, коли науку відокремлюють у самостійну сферу діяльності з особливим професійним складом працівників, зі своєю специфічною матеріально-технічною базою та кінцевою продукцією.

Від науково-технічного потенціалу країни багато в чому залежить і науково-виробничий потенціал її національних фірм та підприємств, їхня спроможність забезпечувати високий рівень і темпи науково-технічного потенціалу, їхнє "виживання" в умовах конкурентної боротьби. Науково-технічний потенціал країни створюють як зусиллями національних науково-технічних організацій, так і використанням світових досягнень науки та техніки. У другій половині ХХ ст. сформувалася особлива категорія технологій, галузей промисловості та виробів, які дістали назву *наукомістких*, або *високотехнологічних* (high technology), як їх зазвичай називають у закордонній літературі.

Під *технологією* розуміють сукупність методів і прийомів, що застосовують на всіх стадіях розроблення та виготовлення певного виду виробів. *Наукомісткість* – це один із показників, що характеризує технологію та відображає ступінь її зв'язку з науковими дослідженнями й розробками (ДР). *Наукомісткою* називають технологію, яка містить обсяги ДР, що перевищують середнє значення цього показника технологій у певній галузі економіки, наприклад, в обробній чи видобувній промисловості, сільському господарстві або сфері послуг [7 – 9; 16; 34].

Галузь господарства, у якій переважне, ключове значення відіграють наукомісткі технології, належить до наукомістких галузей. У літературі найчастіше розглядаються наукомісткі технології в галузі обробної промисловості. Наукомісткість галузі, зазвичай, визначають як відношення витрат на ДР до обсягу збуту. Використовують й інший показник – відношення до обсягу збуту кількості вчених, інженерів і техніків, зайнятих у галузі. Нарешті, *наукомісткою продукцією* є вироби, у собівартості або в доданій вартості яких витрати на ДР вищі, ніж у середньому по виробках галузей цієї сфери господарства (рис. 6.1 і 6.2).



**Рис. 6.1. Наукомісткий виробничий комплекс**



**Рис. 6.2. Інтернет працює у виробництві**

Терміни й поняття, які стосуються наукомістких технологій, галузей і виробів, ще не усталені, їх не стандартизовано, як не стандартизовано й методики визначення такого показника.



Новизну поняття *наукомісткість* пояснено тим, що сам процес інтеграції науки з виробництвом за історичними мірками почався не так давно, а проблема вартості науково-технічного прогресу стала актуальною лише десь в 70-х рр. ХХ ст., коли навіть найбагатшим країнам грошей на підтримання високого темпу науково-технічного розвитку, характерного для періоду Другої світової війни та наступних за нею двох десятиліть, стало не вистачати. Науково-технічний прогрес, а саме він забезпечував у ХХ ст. основну частку економічного зростання (близько 80 %) у промислово розвинених країнах, – справа дуже дорога. Відповідно до закону В. Решера, навіть для того, щоб темп появи великих відкриттів і винаходів не уповільнювався, а був постійним, потрібно нарощувати обсяг ресурсів у сфері науки та техніки за експоненціальним законом. Але протягом тривалого часу цього не може дозволити собі жодне підприємство або галузь, жодна держава, та й усе міжнародне співтовариство.

У кожній галузі, відповідно до її особливостей, формують свій баланс витрат, що забезпечує стійке прибуткове господарювання. Тому порушення його загрожує неприємностями. У складі зазначеного балансу є стаття витрат на ДР. Обсяг цих витрат залежить від обсягів виробництва, а, головне, від обсягів збуту продукції. Так, у середині 80-х рр. ХХ ст. в американській промисловості, що випускає комп'ютерну техніку, на науку витрачали 8 % від обсягу продажів, у верстатобудуванні – 3 %, у виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних схем – 12 %, у паперовій промисловості – 1 %, у металургії – 0,5 %, а у фармацевтичній промисловості – 8 %.

Держава виділяє на підтримання науки певну частку свого валового виробничого продукту (ВВП). У розвинених країнах протягом останніх десятиліть ХХ ст. ця частка становила від 1 до 3 %, залежно від країни (табл. 6.1) [8]. Це означає, що для того щоб збільшити фінансування науки на 1 млрд потрібно, щоб національний ВВП збільшився приблизно на 40 млрд. Наприклад, у США 1964 р. витрати на науку становили 2,88 % від ВВП, 1978 р. вони зменшилися до 2,13 %, а 1998 р. дорівнювали 2,67 %.

Таким чином, наукомісткість національної економіки загалом, окремої галузі господарства, або групи галузей усередині сфери виробництва, або сфери послуг може бути стабільним показником, що характеризує певні особливості об'єкта, до якого він належить.

**Витрати промислово розвинених країн на науку 2000 р.**

Країни	Витрати на науку	
	% від ВВП	на душу населення (дол. США)
Велика Британія	1,83	397,7
Німеччина	2,29	527,4
Італія	1,05	218,2
Канада	1,61	406,8
Корея	2,52	365,1
США	2,84	842,3
Чехія	1,26	163,4
Франція	2,18	461,6
Швеція	3,70	773,8
Японія	3,06	731,3

На початку 1990-х рр. організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), куди входять усі передові промислово розвинені країни, зробила детальний аналіз прямих і непрямих витрат на ДР у 22 галузях промисловості 10 країн: США, Японії, Німеччини, Франції, Великої Британії, Канаді, Італії, Нідерландів, Данії та Австралії. У розрахунках урахувували витрати на науку, чисельність учених, інженерів і техніків, обсяг доданої вартості, обсяги збуту продукції, частку кожного сектору в загальному обсязі виробництва 10 країн. Під час визначення непрямих витрат використовували апарат так званої виробничої функції. У кінцевому підсумку до наукомістких було зараховано чотири галузі: 1) аерокосмічну; 2) виробництво комп'ютерів і конторського обладнання; 3) виробництво електронних засобів комунікацій; 4) фармацевтичну промисловість.

Слід зазначити високі темпи зростання, які ці галузі демонстрували останніми десятиліттями минулого століття та продовжують демонструвати нині. У період із 1980 – 1997-го рр. середнєрічне зростання обсягів наукомісткого промислового виробництва у світі становило, із поправкою на інфляцію, 6,2 %, тоді як в інших обробних галузях воно становило 2,7 %. Особливо інтенсивно наукомісткі галузі розвивалися в 1994 – 1997-му рр. Річне зростання в ці роки перевищувало 11 %, у чотири рази більше, ніж в інших галузях обробної промисловості. 1980 рр. наукомістка продукція



становила 7,1 % обсягу світового випуску продукції, а 1997 р. частка наукомісткої продукції досягла 11,9 %.

Найбільш інтенсивно структурна перебудова промисловості на користь наукомістких галузей відбувалася у двох групах країн. Першу групу становили визнані технологічні лідери – США, Японія та Велика Британія, а другу – дві азійські країни серед нових індустріальних – Південна Корея та Китай. За 1980-ті рр. частка наукомістких галузей у промисловому виробництві США та Великої Британії зросла з 9 до 11 %, а за 1990-ті рр. піднялася до 14,7 % у США та до 12 % у Великій Британії. У Японії 1980 р. цей показник дорівнював 8 %, а 1997 р. досяг 15,7 %. За той же період у Китаї він становив, відповідно, 7 і 14,8 %, а Південна Корея до 1997 р. наздогнала щодо цього Японію – 15,8 %. Це майже вдвічі більше, ніж у Франції чи Німеччині, де частка наукомістких галузей до кінця 1990-х рр. дорівнювала приблизно 8 % [8], але й 8 % – це достатньо високий показник. Таким чином, наукомісткі галузі роблять вагомий внесок у промислове виробництво загалом, і внесок цей зростає, причому зростає випереджальними темпами щодо інших галузей промисловості.

Але швидке зростання та значні обсяги продажів – це не єдина характерна особливість наукомістких галузей економіки. До таких особливостей зараховують велику частку доданої вартості у продукції цих галузей, високий рівень заробітної плати працівників, значні обсяги експорту. Але найголовніше – це інноваційний потенціал, яким наукомісткі галузі володіють більшою мірою, ніж інші галузі господарства. Наукові дослідження й розробки (ДР) та інновації органічно пов'язані, саме інновації є метою дослідної діяльності наукомістких підприємств та організацій, що працюють у гостроконкурентному середовищі як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. Високий рівень витрат на ДР – це головна зовнішня ознака наукомісткості галузі або окремого підприємства й запорука постійної та інтенсивної інноваційної активності.

З інноваційним потенціалом наукомістких галузей пов'язано ще одну їхню особливість: наукомісткі технології є благодатним підґрунтям для виникнення та успішної діяльності малих і середніх компаній. Відомо, що такі фірми в економіці будь-якої країни відіграють величезну роль, на них працює чи не основна частина населення, вони забезпечують до 2/3 ВВП. У США на частку таких фірм припадає майже 50 % зайнятості у приватному секторі й половина національного внутрішнього продукту.

Звичайно, далеко не всяке нововведення малим фірмам "до снаги". Вони не можуть, наприклад, створити космічний корабель, інший який-небудь великий об'єкт, вести фундаментальні ДР у галузі фізики високих енергій. Але розробляти спеціалізовані обчислювальні пристрої на базі стандартних мікросхем, створювати різноманітне програмне забезпечення, комп'ютерні ігри, надавати різного роду послуги консультативного характеру, проводити лабораторні дослідження в галузі біотехнології та інші роботи малі фірми можуть навіть краще, ніж великі.

У малих фірм незрівнянно більше гнучкості, готовності до ризику, ніж у великих корпорацій, що необхідно для динамічного оновлення виробництва. Загалом малий бізнес у всіх сучасних розвинених країнах є одним з основних "двигунів прогресу", а тому й об'єктом особливих турбот державної адміністрації всіх рівнів, що надає йому всіляку допомогу у формі податкових пільг, безвідсоткових, а то й безповоротних кредитів, технічних консультацій, курсів навчання маркетингу та ін.

Через усі розглянуті раніше особливості наукомісткі галузі стають лідерами в економіці розвинених країн, що є основним "локомотивом" економічного зростання та позитивної динаміки інших показників соціально-економічного розвитку. А оскільки, як зазначалося раніше, розвиток будь-якої галузі безпосередньо залежить від обсягів виробництва та продажів, між основними виробниками наукомісткої продукції точиться гостра конкурентна боротьба за ринки збуту як у масштабах окремих країн, так і на світовій арені, де наукомісткі галузі є провідною силою настільки актуальних сьогодні процесів економічної глобалізації.

## **6.2. Вплив науки на розвиток технологічної системи**

Успіхи сучасної техніки, насамперед, залежні від розвитку науки. Технічні нововведення ґрунтуються на науково-технічних знаннях. Але не варто забувати, що й техніка ставить перед наукою все нові й нові завдання. Невипадково рівень розвитку сучасного суспільства визначають досягнення науки та техніки [25; 26; 36; 48].

Із функціонально-виробничого погляду для нинішнього етапу науково-технічного прогресу характерні такі риси:

науку перетворено на провідну галузь розвитку суспільного виробництва;

якісно перетворено всі елементи продуктивних сил: виробника, знаряддя та предмет праці;

інтенсифіковано виробництво, завдяки використанню нових, більш ефективних видів сировини та способів її обробки;

знижено трудомісткість шляхом автоматизації та комп'ютеризації, підвищення ролі інформації та ін.

Із соціального погляду сучасний науково-технічний розвиток викликає потребу в людях із високим рівнем загальної та спеціальної освіти, у координації зусиль учених на міжнародному рівні. Сьогодні витрати на наукові дослідження настільки великі, що далеко не всі можуть дозволити собі розкіш вести їх поодиночі. До того ж такі дослідження часто виявляються безглуздими, тому що їхні результати дуже швидко масово тиражують, і вони не слугують для авторів довгостроковим джерелом надприбутків. Однак автоматизація та кібернетизація звільнюють і час працівників, і саму робочу силу. Виникає новий вид виробництва – індустрія дозвілля.

Із суспільно-функціонального погляду сучасний етап науково-технічного прогресу означає створення нової бази виробництва (нових технологій), хоча систему продуктивних сил як і раніше становлять "людина – техніка – навколишнє середовище".

Основним призначенням прикладних наук є дослідження дійсності, із метою застосування результатів цих досліджень у різноманітних сферах практичної діяльності людини за допомогою технологій. Технологія – це сутність застосування наукових знань на практиці, із метою виробництва предметів споживання, зміни, удосконалення умов життя та його контролювання.

Необхідно уявляти різницю між поняттями "технологія" та "технологічна система". *Технологія* – це результат розумової діяльності у сфері інформації, а *технологічна система* – це результат діяльності у сфері матеріальних об'єктів (у сфері маси й енергії). Якщо *елементарна технологічна система* ґрунтується на технологічних операціях (прийомах, способах, методах), то *технологічна система виготовлення товару* (система більш високого рівня) ґрунтується вже на різних, але взаємопов'язаних технологічних процесах (сукупності взаємопов'язаних елементарних технологічних систем). Розробник нової технології працює у сфері абстракції, хоча він і пов'язаний із діяльністю в матеріальній сфері.

Розробник технологічної системи має розробити чітку однозначну основу для виробництва конкретного товару.

Технологія детермінує розвиток техніки, є провідним аспектом у цьому процесі. Функціонування техніки приводить до раніше намічених змін у технологічному розвитку. Технологію тісно пов'язано з іншими науками. Вона об'єднує математику, фізику, хімію, біологію, техніку, економіку, політику, управління та ін. Технологія ґрунтується на об'єктивних законах, розвивається адекватно природі. Можна виділити два основні напрями її розвитку: проникнення у глибину матерії (нанотехнології) та вихід на різні рівні управління виробничими системами, альянсами, державами. Нові технології, розроблені в результаті використання досягнень фундаментальних наук: фізики, хімії, біології (наукомісткі технології), допомагають розвивати нове вискоєфективне технологічне оснащення з новими функціями. Техніка допомагає розвивати науку, а наука – розробляти нові наукомісткі ефективні технології.

Таким чином, технологія детермінує розвиток техніки, з одного боку, а функціонування техніки, з іншого – викликає заздалегідь намічені зміни в технологічному розвитку.

*Принципово нова техніка* – це техніка, у якій для створення товару із предметів праці використовують новітні досягнення науки, фізико-технічні, хімічні, біологічні та інші методи, які раніше не використовували. Переважно, така техніка значно підвищує продуктивність праці й часто її використовують у процесі проведення наукових досліджень, вона є фундаментом для нових наукових досягнень і появи нових, більш ефективних технологій.

Розвиток технології як науки розподіляють на *чотири етапи*.

На ранньому етапі свого розвитку поняття сутності технології можна подати описом технологічних операцій без чіткого обґрунтування вибору того чи того способу їхньої реалізації. Наука на цьому етапі мала описовий характер. Вибір технологічних операцій та їхньої послідовності здійснювали тільки на основі порівняння різних варіантів.

На наступному етапі, крім опису методів і технологічних прийомів, почали використовувати спроби аналізу фізико-хімічних явищ, що відбуваються, та обґрунтування причин, які визначають вибір технологічного прийому. Наука зробила якісний стрибок. Вибір технологічних процесів та операцій пояснювався на основі якісних аналізів продукції, але без достатнього кількісного обґрунтування визначених результатів.

Наступний етап характеризується більш чітким кількісним обґрунтуванням вибору технологічних схем, методів і режимів обробки матеріалів (сировини, напівфабрикатів). На цьому етапі технологія ґрунтувалася на науковому вченні щодо єдності процесів, загальних для багатьох технологічних прийомів у різних галузях промисловості, виникла можливість розраховувати розміри, продуктивність та інші характеристики обладнання. З огляду на суперечливість вимог до технологічного обладнання за споживаною енергією, його вартістю та продуктивністю, переважний варіант вибирався на основі практичного досвіду.

На сучасному етапі розвитку технологія як наука використовує всі сучасні підходи: формалізовані закономірності процесів, що відбуваються, і явищ, методи математичного моделювання, оптимізації та ін. Це дозволяє знайти таке поєднання технологічних рішень, що забезпечує здобуття готового продукту заданої якості з найменшими витратами, оскільки, спираючись на методи математичного моделювання та статистики, забезпечено вибір оптимального, найкращого варіанта умов функціонування технологічної системи (операції, ділянки, технологічної лінії, цеху, підприємства).

Зародження нових технологій завжди мало революційний характер, але, з іншого боку, технологічні революції не знищували класичних традицій. Кожна попередня технологія створювала певну матеріальну й культурну базу, необхідну для появи наступної. Кожна зміна поколінь засобів інформаційної техніки та технології потребує перенавчання й радикальної перебудови інженерного мислення фахівців, зміни надзвичайно дорогого технологічного обладнання та створення все більш масової обчислювальної техніки. Це встановлення постійних еволюційних темпів має достатньо загальний характер, тим більше, що передова галузь техніки та технології визначає характерний ритм часу технічного розвитку загалом.

*Інформаційна технологія* має інтегративну властивість щодо як наукових знань загалом, так і всіх інших технологій. Вона є найважливішим засобом реалізації так званого формального синтезу знань. В інформаційних системах на комп'ютерній основі відбувається своєрідний формальний синтез різноманітних знань. Пам'ять комп'ютера в таких системах є як би енциклопедією, яка увібрала в себе знання з різних галузей. Ці знання тут зберігають й обмінюють через їхні формалізації. Розширення можливостей програмування якісно відмінних знань дозволяє

очікувати в найближчій перспективі суттєву раціоналізацію та автоматизацію наукової діяльності. Разом із тим упровадження науки як фундаментальної основи в сучасні технології потребує такого обсягу та якості розрахунково-обчислювальної діяльності людини, які можна здійснити тільки сучасними комп'ютерами.

Революційна форма НТП означає якісний стрибок, перехід до нового типу засобів праці, вона ґрунтується на нових відкриттях науки й, таким чином, використанні у виробництві якісно нових науково-технічних принципів. Революційна форма НТП – це науково-технічна революція (НТР), обумовлена потребами суспільства й рівнем розвитку продуктивних сил машинного виробництва. Так, механічна обробка металу різанням відтісняється методами точного лиття, тиску, порошкової, плазмової та лазерної технологій, термічного зміцнення. Приклади революційної форми НТП: перехід від мартенівського до конвертерного методу виплавлення сталі, використання енергії атомного ядра, створення штучних алмазів та ін. Подібні технічні зрушення потребують кардинальної заміни виробничого обладнання та матеріалів, переходу до нових технологій і форм організації виробництва. НТР – технологічна революція – це ривок у розвитку технології перероблення й перетворення інформації, енергії та речовин, що ґрунтується на освоєнні нових структурних рівнів організації матерії, форм її руху. Серед базових технологій виділяють фізичні, хімічні та біологічні. У ході наукового прогресу посилюють взаємозв'язок наукового, технічного й технологічного процесів.

По-перше, науково-технічна революція характеризується глибоким процесом інтеграції науки та виробництва, до того ж такої інтеграції, за якої виробництво поступово перетворюється мовби на технологічний цех науки. Формується єдиний потік – від наукової ідеї через науково-технічні розробки та дослідні зразки до нових технологій і масового виробництва. Усюди відбувається інноваційний процес, виникнення нового та його швидке просування у практику використання. Значно посилюють процес оновлення та виробничого обладнання. Нові технології й нові вироби стають утіленням усе більш сучасних досягнень науки та техніки. Це приводить до кардинальних змін у чинниках і джерелах економічного зростання, у структурі економіки та її динамізмі. Коли говорять щодо науково-технічної революції, то, насамперед, мають на увазі саме процес інтеграції науки та виробництва. Однак було б неправильно все зводити тільки до цієї, лише першої складової частини, сучасної НТР.

По-друге, під поняттям "науково-технічна революція" слід розуміти революцію в підготовці кадрів та у всій системі освіти. Нова техніка і технології потребують нового працівника – більш культурного й освіченого, який гнучко пристосовується до технічних нововведень, високо дисциплінованого, який має до того ж навички в колективній роботі, що є характерною рисою нових технологічних систем.

По-третє, найважливішою складовою частиною НТР є справжня революція в організації виробництва та праці в системі управління. Новій техніці й технології відповідає і нова організація виробництва та праці. Адже сучасні технологічні системи, зазвичай, ґрунтуються на взаємопов'язаному ланцюжку обладнання, на якому працює та яке обслуговує достатньо різнобічний колектив. У зв'язку із цим ставлять нові вимоги до організації колективної праці. Оскільки процеси дослідження, конструювання, проектування та виробництва нерозривно пов'язані, переплітаються та взаємно проникають один в одного, перед керівником стоїть завдання: об'єднати воєдино всі ці етапи. Складність виробництва в сучасних умовах багаторазово зростає. Тому, щоб відповідати йому, саме управління переходить на наукову основу й на нову технічну базу у вигляді сучасної електронно-обчислювальної, комунікаційної та організаційної техніки.

Науково-технічна революція означає стрибок у розвитку продуктивних сил суспільства, перехід їх на якісно новий стан на основі докорінних зрушень у системі наукових знань.

Новим революційним технологічним системам, які приходять на зміну наявним, багато в чому некомплексним та неавтоматизованим технологіям, притаманні нові риси, викликані сучасним етапом НТР. Прогрес іде в напрямі виникнення малоопераційних технологій, коли на основі використання нових наукових принципів вдається створити необхідний виріб за значно меншою, ніж раніше, кількістю операцій. На місце багатьох операцій різання в машинобудуванні приходять малоопераційні процеси деформації металу. Завдяки новим каталізаторам, значно скорочують кількість стадій у багатьох хімічних виробництвах. Так, наприклад, у роторно-конвеєрних лініях об'єднують операції обробки та транспортування виробів тощо.

Завдяки управлінню з використанням комп'ютерів, нові технології стають гнучкими, виникають гнучкі виробничі системи, що дозволяють на одному технологічному ланцюжку обладнання виготовляти продукцію

з різними параметрами. Це значно підвищує ефективність продукції, що випускають, приводить до її більшої різноманітності та пристосування виробництва до запитів споживача.

Ще одна важлива властивість сучасних технологій – це їхня мало-відхідність та безвідхідність, що важливо як для зростання ефективності виробництва, так і для збереження навколишнього середовища.

В автоматизованій системі машин поруч із трьома класичними елементами (двигуном, передавальним механізмом і робочою машиною), які на основі електронно-інформаційної техніки докорінно змінюються, виникає четвертий – той, що управляє та контролює, який звільняє людину від безпосереднього контакту тепер уже не тільки зі знаряддями виробництва, але й із самою робочою машиною. Це новий якісний стрибок у розвитку виробництва, підвищенні продуктивності праці. Зараз виробничі параметри розширюють далеко за межі не тільки фізичних, але й розумових можливостей окремої людини.

Комп'ютеризація докорінно змінює інформаційні функції, перетворює інформатику на новий ресурс та елемент технологічного процесу, на один із найважливіших чинників підвищення продуктивності праці. Її широко впроваджують у невиробничу сферу, уносять радикальні зміни в управління суспільними процесами.

Корінні зрушення в характері предметів праці пов'язано, найперше, із досягненнями хімії та фізики твердого тіла, а також біології. Створюють величезну кількість штучних і синтетичних матеріалів із найрізноманітнішими властивостями, включно із чистими й надчистими матеріалами, напівпровідники, білкові сполуки. Бурхливо розвивається виробництво композиційних матеріалів. Небачені раніше можливості в забезпеченні суспільства сільськогосподарською сировиною та продуктами харчування відкривають біотехнологія й генна інженерія.

Основним напрямом НТР у галузі технології є перехід від механічної обробки матеріалів до використання форм руху матерії на молекулярному, атомному та субатомному рівнях, завдяки чому змінюється сама структура речовини. Ідеться про такі технології, як хімічна, лазерна, нанотехнологія, пряме перетворення теплової енергії на електричну, біотехнологія та генна інженерія.

Науково-технічні досягнення якісно змінюють продуктивні сили лише в тому разі, коли їх матеріалізують у принципово нових технологічних



процесах. А вони не можуть виникнути без відповідних змін у засобах та предметах праці, енергетичній базі виробництва.

Важлива особливість науково-технічної революції в тому, що вона приводить до зміни становища людини в системі виробництва, ставить до неї якісно нові, більш високі вимоги. Працівник, який колись був безпосередньо задіяний у процесі виробництва, нерідко простим додатком машини, тепер змінює свої функції контакту з виробництвом, виконуючи функції контролера й регулювальника. Але це вже працівник нового типу – за рівнем освіти, професійними навичками, ставленню до справи.

Серед соціально-економічних завдань суспільства важливе місце посідає об'єднання досягнень науково-технічної революції із промисловим виробництвом. Спостерігають швидке впровадження досягнень науково-технічної революції, що впливає на всі галузі суспільства, а саме: на інтенсифікацію й підвищення ефективності суспільного виробництва, розширення обсягу та поліпшення якості продукції, обсяг економічного зростання, оздоровлення умов і зміну праці робітників, розвиток галузевих суміжних виробництв, а також умов життя, ідеологію, економіку, культуру, мораль та побутові умови життя.

Науково-технічна революція є якісним стрибком у вивченні законів природи та їхнього використання. Цей стрибок має тісний зв'язок із перетворенням науки на величезну високоефективну виробничу силу суспільства, яка, насамперед, спрямовує швидкий розвиток галузевих наук і впровадження їхніх досягнень у суспільне виробництво.

Науково-технічна революція досягла широкого розмаху починаючи із середини ХХ ст. і відрізняється якісно новим станом техніки, докорінно змінила матеріальну основу, спрямовану на збільшення продуктивності праці й підвищення ефективності суспільного виробництва та духовний стан суспільства. Її головні риси різноманітні: найважливіші з них спрямовано на відкриття нових видів і джерел енергії (атомної, термоядерної), автоматизацію й тісно пов'язану з нею кібернетизацію виробництва, широке використання в управлінні виробництвом і науці комп'ютерної техніки, створення нових предметів праці з наперед спрямованими властивостями, упровадження нових методів виробництва та технологій, проникнення науки в мікро- й макроструктуру найпростіших часток матерії та в космічний простір. Вона має глобальні властивості, привертає у свою галузь усі верстви суспільства, а також її використання дуже впливає на соціально-економічні наслідки розвитку суспільства.

Для ХХ ст. властиве величезне прискорення наукових знань і впровадження їх у техніку та виробництво. Наприклад, якщо на початку ХХ ст. фундаментальні дослідження науки впроваджували в життя через 20 років, то зараз їх упроваджують у практику виробництва через 3 – 4 роки. Уважають, що наука дає суспільству підвищення національного прибутку до 50 %. Раніше впровадження технічних новинок сприяло підвищенню продуктивності праці на 5 – 20 %, зараз від нього отримують на 50 – 100 % більше, а також на 60 – 80 % прибутку від продуктивності праці.

Найважливіші напрями розвитку науково-технічної революції на сучасному етапі можна сформулювати так:

- величезне зростання енергетичної бази суспільства на основі прискореного розвитку атомної енергетики, а також тепло- та гідроенергетики;
- усіляке удосконалення знарядь праці на основі комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів;
- упровадження нових виробництв і, насамперед, полімерних матеріалів, а також удосконалення традиційних матеріалів;
- широке використання принципово нових технологій (хімічної, електрохімічної, лазерної тощо);
- перетворення сільського господарства на індустріальне виробництво;
- швидке впровадження сучасних засобів опрацювання інформації за допомогою електронно-обчислювальних машин;
- прискорення впровадження сучасних досягнень науки й техніки в галузі транспорту та невиробничій сфері.

На сучасному етапі особливе значення мають такі прогресивні напрями науки й техніки, як удосконалення технологічних процесів у різних галузях виробництва, механізація та автоматизація виробничих процесів, хімізація виробництва, удосконалення виробництва в будівельній індустрії, машинобудуванні та ін.

Перехід до нових технологій у виробництві, по-перше, забезпечує підвищення продуктивності праці та якості продукції більшою мірою, ніж удосконалення техніки в умовах чинної технології. По-друге, дозволяє комплексно використовувати сировину за значно менших збитків на відходи. По-третє, виникає можливість відмовитися від громіздкого традиційного обладнання та ефективно використовувати капітальні вкладення.

Досягнення в галузі вдосконалення технології можна демонструвати на прикладах прискореного розвитку атомної енергетики, використання в легкій промисловості нетканих матеріалів, клейових методів з'єднання деталей взуття та одягу, перетворення будівництва на процес кантування будівель і споруд із конструкцій деталей і вузлів промислового виготовлення з високим рівнем виробничої готовності. Виникли тенденції, які використовують методи хімічного перетворення речовин, внутрішньоядерної енергії, використання біологічних процесів у виробництві, створення безмашинних генераторів. Величезне значення в сучасній науково-технічній революції належить автоматизації та хімізації. Сучасний переверт у засобах виробництва є перехід від техніки, заснованій на використанні однієї механічної форми руху, до техніки, заснованій на комплексному використанні різноманітних складних форм руху, із використанням фізичних, хімічних і біологічних процесів. Це перехід від системи простих машин, що працюють, до автоматизованої системи з електронною обчислювальною технікою. Повний облік такого процесу враховує кібернетизація та інтелектуалізація виробництва.

Хімізація є переходом від аналізу та вивчення структури матерії й речовини, природи реакцій і процесів, які виникають у навколишньому світі, до цілком спрямованого впливу на них, синтезу речовин із заздалегідь заданими властивостями. Хімізацію спрямовано на підвищення ефективності суспільного виробництва, вона значно розширює сировинну базу господарства, дозволяє інтенсифікувати виробничі процеси, розширювати асортимент і поліпшувати якість продукції, упроваджувати у виробництво нові матеріали з наперед заданими властивостями.

Незважаючи на те що з кожним роком виникає все більше полімерів та інших хімічних матеріалів, метали, як і раніше, залишаються основною матеріальною базою технічного прогресу. Перевагою металів і сплавів є те, що за цілеспрямованої зміни їхнього хімічного складу та внутрішньої будови можливе створення різноманітних конструктивних матеріалів із новими властивостями, які дозволяють їхнє використання в різних галузях господарства.

Сучасні досягнення науки про метали значною мірою належать таким видатним вітчизняним ученим: П. П. Амосову, О. О. Байкову, М. Є. Курникову, М. О. Павлову, Д. К. Чернову та ін.

В оцінюванні технологічних процесів різних галузей господарства використовують найбільш прогресивні техніко-економічні показники, які

дають оцінку рівня та ефективності технологічних процесів. У металургії у процесі виробництва агломерату використовують оцінку його кількості з кожного квадратного метра площі агломераційних машин, собівартість, якість, а у процесі виробництва чавуну – кількість чавуну, отриманого з одного кубічного метра корисного об'єму доменної печі; собівартість, використання коксу, швидкість плавлення. У процесі виробництва сталі використовують оцінку кількості сталі, отриманої з одного квадратного метра поду печі, собівартість сталі, її марку та ін.

Значення важливих галузей у розвитку господарства визначають у властивій їм унікальності у складному механізмі суспільного господарства. Наприклад, чорна металургія є основою функціонування суспільного господарства та обороноздатності країни, тому метал потрібен для спорудження заводів, фабрик, механізмів, машин, літаків, ракет, споруд побутового та промислового призначення. Машинобудування охоплює практично всю обробку металів, напівфабрикатів, заготовок деталей, а також механізми, машини, прилади, інструменти, верстати, сільсько-господарські машини, автомобілі та ін.

*Хімічна промисловість* проникає нині практично в усі галузі громадського господарства тому, що дуже багато полімерів хімічного виробництва є заміниками металів, які не поступаються їм за своїми властивостями. Продукцію хімічної промисловості широко використовують у сільському господарстві під час виробництва добрив, знищення бур'янів і шкідників, комах, для прискорення росту й захисту рослин і тварин. Вироби зі штучного каучуку широко використовують в автомобільній, тракторній, авіаційній, машинобудівній та в інших галузях. Різні кислоти необхідні для виготовлення хімічних препаратів та створення полімерних матеріалів, штучних волокон і тканин, які мають значне поширення в техніці й побуті. Вироби з полімерних смол і пластмас також мають значне поширення в побуті й техніці.

*Будівельна промисловість* зараз посідає одне із провідних місць у громадському господарстві. Виготовляють величезну кількість цементу й цегли, бетону та залізобетону для будівництва споруд промислового й побутового призначення. Величезні будівлі електростанцій, заводів, фабрик, а також житлове будівництво перетворили будівельну галузь на одну з найбільш розвинених галузей суспільного господарства, у якій зібрано потужні деревообробні, цементні, цегельні, шиферні, смолопереробні та інші виробництва. Цілорічне будівництво створило домобудівні

комбінати, які індустріальними методами будують житлові квартири, окремі ділянки й цехи промислових будівель і споруд, що складають на майданчиках складально-зварювальними методами.

Виняткове значення в підвищенні ефективності виробництва належить стандартизації якості продукції, яка є сукупністю властивостей, що задовольняють певні потреби, відповідно до призначення продукції. Якість продукції визначають за її властивостями, хімічним складом, розмірами та іншими параметрами, які визначають з урахуванням надійності та вартості. Оцінювання та гарантія якості виробів можлива тільки в разі, коли їхні якісні характеристики чітко визначено й належним чином узаконено. Такі документи мають назву стандартів.

Найважливіша *властивість стандартизації* – це її активна роль в управлінні громадським господарством. Цього досягають такими способами: усі роботи зі стандартизації виконують планово; стандарти розроблено в інтересах розвитку громадського господарства з урахуванням і на основі найважливіших досягнень та перспектив розвитку науки й техніки; стандарти є загальнодержавними обов'язковими документами й за їхнім виконанням постійно наглядають. У зв'язку із цим стандартизація виконує функції підвищення ефективності виробництва, управління якістю продукції та зниження її собівартості.

Методами підвищення ефективності стандартизації є *уніфікація, типізація, агрегування*. Стандартизацію спрямовано на розроблення таких обов'язкових правил, норм і вимог, які мають забезпечити найкращу якість продукції, підвищення продуктивності праці, економії матеріалів, енергії, часу, а також гарантування безпеки умов праці. Стандартизація передбачає встановлення одиниць фізичних величин, термінів і позначень, вимог до продукції та виробничого процесу, а також вимог, які забезпечують зберігання матеріальних цінностей.

Випереджувальну стандартизацію здійснюють з урахуванням прогресивного розвитку показників якості об'єктів стандартизації. У випереджувальних стандартах передбачають кілька підвищених, найбільш прогресивних показників якості, їхній досягнутий рівень і визначають періоди введення цих показників у дію. Періоди визначають обґрунтовано з урахуванням упровадження у виробництво сировини, матеріалів, комплектувальних виробів та обладнання, а також вирішення наукових, технічних та інших супутніх завдань. Випереджувальна стандартизація стимулює діяльність підприємств у підвищенні науково-технічного прогресу.

*Уніфікація* є різноманітністю стандартизації та приводить до раціонального зменшення типів, видів і розмірів об'єктів однакового призначення.

У минулому найбільшу увагу приділяли індивідуальному проектуванню, де заново конструювали всі механізми, вузли та деталі, включно із дуже поширеними. До того ж дуже мало враховували досвід проектування й експлуатації виробів такого самого призначення. Цей підхід до проектування супроводжувався значними витратами часу й непродуктивним використанням проектувальників високої кваліфікації. Крім того, значну частину деталей і вузлів у заново створюваних об'єктах супроводжували підвищенням ціни й часу на їхнє виготовлення. До того ж різні машини, прилади, обладнання мають велику кількість деталей, вузлів, механізмів аналогічного призначення, наприклад, підшипники використовують для здійснення обертового руху, зубчасті передачі працюють для перетворення кутових прискорень та обертальних моментів у приводах машин і, незалежно від видів, мають чимало спільного у їхніх конструкціях. Це дозволяє створювати типові деталі, вузли й механізми, які без будь-яких перероблень можна використовувати в різноманітних готових виробах. Такі типові вироби широкого використання, переважно, виготовляють на спеціалізованих підприємствах, що значно прискорює й поліпшує проектування та виготовлення нових об'єктів. Уніфікацію здійснюють на основі аналізу і вивчення конструктивних варіантів та особливостей роботи виробів аналогічного призначення (муфт, підшипників та ін.).

Шляхом порівняння різних варіантів створюють один або кілька типів одноманітних виробів і виявляють ряд розмірів, наприклад, діаметр підшипника кочення, який повністю відповідає вимогам промисловості. Якщо до уніфікації належать вироби масового призначення (підшипники), то її завершують створенням стандартів і навіть спеціалізованих виробництв. Уніфікація може мати самостійне призначення, якщо уніфікують вироби, що мають обмежене використання.

*Агрегативання* – це метод створення нових машин, приладів та обладнання шляхом компонування стандартних та уніфікованих деталей, вузлів і механізмів, що мають однакові геометричні розміри та призначення. Уніфікацію й агрегативання все більше використовують у машинобудуванні та приладобудуванні, оскільки вони значно скорочують трудомісткість проектування, виготовлення й ремонт виробів, розширюють

можливості стандартизації, підвищують рівень взаємозамінності продукції та спеціалізації підприємства, механізації й автоматизації виробничих процесів, підвищують якість продукції, а також полегшують перебудову виробництва в перехідний період підприємства для виготовлення продукції.

*Стандартизація* великих міжгалузевих систем передбачає створення систем взаємопов'язаних стандартів, які забезпечують найбільшу ефективність виконання робіт загальнодержавного призначення.

Завжди найбільшу увагу у промисловості приділяли інтенсифікації виробництва й підвищенню його ефективності. Відомі два напрями збільшення суспільного виробництва – екстенсивний та інтенсивний. За екстенсивного напрямку економічне зростання забезпечують шляхом підвищення кількості працівників, залучення у виробничий процес додаткових матеріальних ресурсів і капітальних вкладень, збільшення парку обладнання на тій самій технологічній базі. Інтенсивний шлях забезпечує економічне зростання шляхом підвищення продуктивності праці працівників, кращого використання матеріальних ресурсів та обладнання, підвищення технічного рівня виробництва. Це дозволяє досягти більш високих показників за найменших витрат.

Вирішальним чинником підвищення ефективності виробництва є підвищення продуктивності праці, для чого в усіх галузях суспільного господарства необхідне підвищення технічного рівня праці; широке впровадження механізації й автоматизації; зменшення кількості працівників, зайнятих ручною працею на підсобних і допоміжних роботах.

Використання прогресивних якісно досконаліших та ефективних засобів виробництва, прогресивних технологічних процесів, наукової організації праці та виробництва дозволяє скоротити витрати живої праці на одиницю продукції, досягти більш продуктивних кінцевих результатів.

### **6.3. Поєднання виробництва, науки та інновацій**

У сучасних умовах досягти підвищення ефективності виробництва можна, переважно, шляхом розвитку інноваційних процесів, які набувають кінцевого виявлення в нових технологіях, нових видах конкурентоспроможної продукції. *Інновацією* є виробництво або впровадження продукту, у створення якого вкладено нові, раніше не використані знання. *Інноваційним продуктом* можна вважати лише той, у собівартості якого частка витрат на створення НДДКР перевищує 15 %, а якщо менше –

це лише *вдосконалення*. Пошук і використання інновацій безпосередньо на підприємствах є актуальною проблемою. Розвиток нових технічних та організаційно-технологічних рішень, удосконалення основних принципів управління щодо специфіки вітчизняного ринку створюють умови для поновлення процесів відтворення на підприємствах і дають додатковий імпульс для економічного зростання. Інновації містять не тільки технічні чи технологічні розробки, а й будь-які зміни у кращий бік в усіх сферах науково-виробничої діяльності. Постійне оновлення техніки й технологій робить інноваційний процес основною умовою виробництва конкурентоспроможної продукції, завоювання та збереження позицій підприємств на ринку та підвищення продуктивності, а також ефективності підприємства. Якщо зважати на це, то *інноваційний розвиток* – це еволюція на основі нових знань [17; 22; 49].

Широке освоєння інноваційних технологій у всіх сферах промислового виробництва для більшості індустріально розвинених країн світу є ключовим напрямом досягнення економічного зростання та підвищення якості життя людей. Принцип сьогоднішнього дня – це випередження наукою техніки та технології. Успіх технічного й технологічного процесу, усього ходу науково-технічної, технологічної, інформаційної революції нині залежить від того, наскільки повно та глибоко буде пізнано певну галузь науки.

Науково-технічна революція як корінний переворот у продуктивних силах сучасного суспільства, який здійснюють за випереджальної ролі науки, охоплює не тільки науку та техніку, а й виробництво.

Поняття *наука* є багатозначним. З одного боку, під наукою розуміють систему понять про явища й закони дійсності навколишнього світу. З іншого – наукою називають сферу дослідницької діяльності, спрямовану на здобуття нових знань щодо природи, суспільства й мислення. Також іноді під наукою розуміють підсумковий досвід людства в концентрованому вигляді, форму суспільної свідомості, відображення дійсності в суспільній свідомості та ін.

Поява великого машинного виробництва створює умови перетворення науки на активний чинник самого виробництва. В умовах науково-технічної революції відбувається корінна перебудова науки, уже не просто наступною за розвитком техніки, а обганяє її, стає провідною силою прогресу матеріального виробництва. Необхідність у науковому підході в матеріальному виробництві, економіці та політиці, сфері управління



та системі освіти змушує науку розвиватися швидшими темпами, ніж будь-яку іншу галузь діяльності.

*Наукові дослідження* класифікують за різними ознаками: методами вирішення поставлених завдань, сферою застосування результатів дослідження, видами досліджуваного об'єкта та ін.

*Теоретичні дослідження* засновано на застосуванні математичних і логічних методів пізнання об'єкта. Результатом теоретичного дослідження є встановлення нових залежностей, властивостей і закономірностей явищ, що відбуваються. Результати теоретичних досліджень має бути підтверджено практикою.

*Теоретико-експериментальні дослідження* передбачають подальшу експериментальну перевірку результатів теоретичних досліджень на натурних зразках або моделях.

*Експериментальні дослідження* здійснюють на натурних зразках або моделях у лабораторних умовах, за яких установлюють нові властивості, залежності та закономірності, а також використовують для перевірки висунутих теоретичних положень.

*Фундаментальні дослідження* ставлять за мету розв'язання принципово нових теоретичних проблем, відкриття нових законів, створення нових теорій. На їхній основі вирішують багато прикладних завдань щодо потреб конкретних галузей науки, техніки та виробництва.

*Прикладні дослідження* є пошуком і вирішенням практичних завдань розвитку окремих галузей виробництва, створенням нових технічних пристроїв і систем, нових технологій і матеріалів та ін. на основі результатів фундаментальних досліджень. Саме прикладні дослідження визначають прогрес промисловості, техніки та технології, освіти й культури, підвищення військового потенціалу країни.

Таким чином, можна стверджувати, що сучасне виробництво тісно пов'язано з науковою діяльністю та інноваціями, що й привело до науково-технічної революції.

## **Запитання для самостійного контролю**

1. Що означає поняття "наукомісткість технологій"?
2. У яких галузях промисловості найбільше застосовують наукомісткі технології?

3. Скільки відсотків становлять обсяги витрат на розвиток науки (від внутрішнього валового доходу) у різних країнах?

4. Скільки відсотків становлять наукомісткі технології у промисловому виробництві розвинених країн?

5. Чи застосовують наукомісткі технології в малих компаніях?

6. Який зв'язок між інноваційними та наукомісткими технологіями?

7. Назвіть характерні риси науково-технічного прогресу.

8. Який зв'язок є між технологією та науковими знаннями?

9. Чим відрізняється технологія від технологічної системи?

10. Що означає термін "принципово нова технологія"?

11. Назвіть чотири етапи розвитку технологій.

12. Що означає "революційна форма науково-технічного прогресу"?

13. Наведіть приклади науково-технічного прогресу в технологіях.

14. Назвіть характеристики науково-технічної революції.

15. Назвіть основні властивості сучасних технологій.

16. Назвіть основні досягнення в науці.

17. Назвіть напрями розвитку науково-технічної революції.

18. Які досягнення в розвитку металів ви знаєте?

19. Які документи мають назву стандартів?

20. За якими характеристиками визначають якість продукції?

21. Які є методи підвищення ефективності стандартизації?

22. Що означає термін "інновація" і як його пов'язано з наукою та виробництвом?

**Література:** [ 7 – 9; 16; 17; 22; 25; 26; 34; 36; 48; 49].

## 7. Пріоритетні напрями технологічного розвитку

### 7.1. Види напрямів технологічного розвитку

На різних етапах розвитку суспільства, що характеризують різноманітність напрямів науково-технічного прогресу, виділяють пріоритетні напрями, які відрізняються більш високими темпами розвитку, більшою концентрацією кадрів, матеріальних ресурсів і мають велику соціальну значущість розроблювальних проблем.

Пріоритетні напрями можуть бути національними (окремих країн), регіональними (міжнародних об'єднань та організацій) та глобальними. Їх обумовлено типом організації суспільства та його економічних відносин. Пріоритетні напрями науково-технічного прогресу (НТП) – це особливість стратегії науково-технічного розвитку передових у науковому та економічному аспекті країнах.

Сучасною та прогресивнішою вважають таку технологію, яка забезпечує більш якісний продукт за найменших питомих витрат ресурсів. Основні напрями та особливості розвитку сучасних технологій визначають за такими чинниками: жорсткими вимогами до якості продукції виробничої системи; частою зміною продукції; економією всіх видів ресурсів; забезпеченням урівноваженого природокористування; зростанням людського чинника; можливостями нової техніки.

Технології безперервно оновлюють по мірі розвитку науки й техніки. Основні тенденції розвитку сучасних виробничих технологій становлять три основні напрями:

перехід від дискретних (циклічних) технологій до безперервних (потоківих) виробничих процесів, які є найбільш ефективними та економічними;

упровадження замкнених (безвідхідних) технологічних циклів у складі виробництва, які є найбільш екологічно нейтральними;

підвищення наукомісткості високих і новітніх технологій, які є найбільш пріоритетними в бізнесі.

До пріоритетних напрямів розвитку технологій на сучасному етапі слід зарахувати: забезпечення мінімальної кількості операцій у технологічному процесі; застосування мало- або безвідхідних технологій; поєднання (об'єднання) технологій із мікроелектронікою; застосування наукомістких

технологій; формування інноваційних технологічних систем, що об'єднують різні процеси й засоби для їхньої реалізації.

Аналізуючи конкретні результати розвитку інноваційних технологій, можна навести такі приклади [7; 12; 17; 19; 46; 52].

Фундаментальні дослідження в галузі теорії синтезу й техніки високих температур і тисків дозволили створити новий, відомий у природі матеріал – нітрид бору, який застосовують на фінішних операціях металообробки. Аналогічно із графіту створили синтетичний алмаз – матеріал високого спектра промислового застосування, аж до ювелірного виробництва. На стадії прикладних досліджень перебуває техніка промислового виробництва третьої алотропічної форми вуглецю – фулеренів. Фулерени, без перебільшення, можна визнати високоефективними матеріалами найближчого майбутнього: напівпродуктом для створення алмазів, інструментальним матеріалом та новим видом термостійкого напівпровідника.

Фундаментальні дослідження плазми забезпечили створення зносостійких покриттів у вигляді нітриду титану та інших композицій для різальних інструментів. Розширення досліджень у цій галузі дозволяє створювати композиційні покриття з різними властивостями для підвищення експлуатаційних характеристик, наприклад, для таких відповідальних деталей, як лопаті турбін. Застосування нанотехнології дозволяє створювати найтонші шари покриттів, матеріал яких перебуває у стані, наближеному до теоретичної міцності.

### **Комбіновані технології обробки матеріалів**

Прикладом комбінованих технологій обробки матеріалів є *плазмово-механічна обробка* металів, сутність якої полягає в обробці різанням матеріалів, попередньо знеміцнених струменем плазми із плазмотрона, закріпленого в зоні різця. За такого знеміцнення оброблюваної поверхні навантаження на різець знижують майже у 2 рази, а стійкість різця підвищують у декілька разів. Застосування цієї технології в декілька разів підвищує продуктивність праці та поліпшує якість оброблюваної поверхні.

Створення комбінованих методів обробки є значним досягненням у галузі технології машинобудування. Так, у результаті тривалих досліджень процесів шліфування та електричного розряду в газах і рідинах розроблено метод алмазно-іскрового шліфування, який з успіхом застосовують під час фінішної обробки деталей, виготовлених із важкооброблюваних матеріалів. За цього способу використовують алмазні (рис. 7.1), або кубонітові круги, або абразивні шліфувальні круги на металевій зв'язці.

Стабільність процесу різання досягають шляхом усунення засалювання шліфувального круга, оскільки електроерозія, що формується електричними іскрами, руйнує стружки (які утворюються під дією алмазних зерен), а також забезпечує передруйнування оброблюваного матеріалу в зоні різання. Це знижує енергоємність процесу шліфування та забезпечує підвищення продуктивності та якості обробки.



Рис. 7.1. Алмазні круги

Залежно від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, зв'язки та зернистості круга, а також вимог до шорсткості оброблюваної поверхні, інтенсивність електроіскрового процесу алмазно-іскрового шліфування регулюють за характеристиками електричної енергії, що подають у зону обробки.

Таким чином процес алмазно-іскрового шліфування є яскравим прикладом використання наукомістких технологій разом із традиційними технологіями обробки різанням, причому виник він у результаті фундаментальних досліджень у галузі нових інструментальних матеріалів та інновацій у металообробці.

*Електрофізичні та електрохімічні технологічні системи.* Електрофізичні та електрохімічні методи обробки, удосконалюючись та об'єднуючись у більш складні технології, сприяють реалізації нових технічних рішень. Засновано їх на використанні сфокусованих променів різних видів енергії високої щільності. Процеси згруповано за фізичними ознаками, що охоплюють лазерні, електроерозійні, електронно-променеві, ультразвукові процеси (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Електроерозійне шліфування

Роль цих процесів зростає в міру залучення у виробництво нових більш твердих і зносостійких матеріалів, які важко обробляти традиційними способами.

Процеси легше піддаються автоматизації, яка дозволяє їх використовувати в технологіях більш високого рівня.

Нині розробляють гнучкі переналаджувані модулі для гнучких автоматизованих виробництв, у яких принципи подібної обробки матеріалів у поєднанні з мікропроцесорним управлінням та автоматизацією зміни електродів-інструментів можуть забезпечити суттєвий економічний ефект. Безпека процесів та їхня екологічна чистота значною мірою сприяють значному поширенню цих технологій.

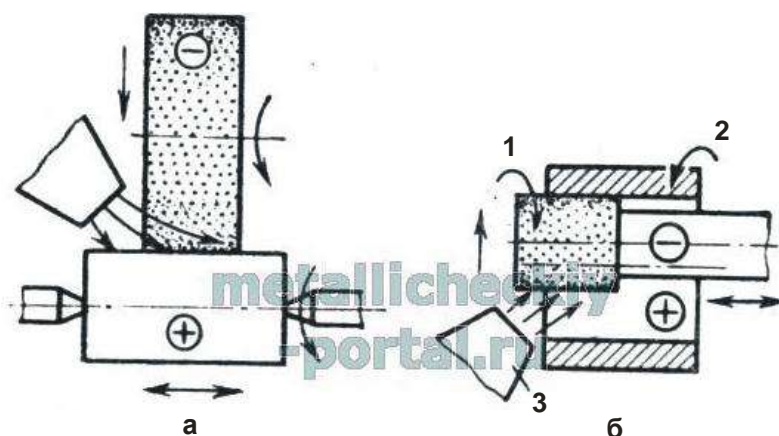
Ефективною є розмірна *анодно-механічна обробка* металів і сплавів на основі їхнього анодного розчинення під час електролізу. Як електроліт використовують водний розчин солей, кислот і лугів. На поверхні оброблюваного металу, що є анодом, відбуваються хімічні реакції, у результаті оброблюваний метал розчиняється в електроліті, продукти розчинення видаляють із робочої зони проточним електролітом.

Більш ефективною слід розглядати *електроабразивну обробку*, яка поєднує анодне розчинення та абразивне різання зернами в зоні безпосереднього контакту різальної частини інструмента з оброблюваною поверхнею.

*Електроерозійну хімічну розмірну обробку* засновано на розмірній електрохімічній обробці зі сполученим електроерозійним руйнуванням металу. У результаті відбувається анодне розчинення оброблюваної поверхні. Для забезпечення електроерозійного руйнування необхідно

на електроди (інструмент і заготовку) підводити відповідний імпульс напруги, наблизивши його на величину пробою.

Основним недоліком електрохімічної обробки металів (рис. 7.3) є застосування складного обладнання та верстатів, виконаних із корозійно-стійких металів та сплавів, кислотостійких, лужностійких, гальванічних покриттів, обмазок, пластмас. Тому впровадження електрохімічної обробки виправдано серед інших способів лише наявністю відповідних техніко-економічних показників або неможливістю обробки деталей іншими способами. Необхідно враховувати також і те, що такий спосіб обробки пов'язано із впливом шкідливих чинників на людину й навколишнє середовище, наскільки б не були досконаліми обладнання й технологія.



**Рис. 7.3. Схеми електрохімічного круглого шліфування зовнішніх (а) та внутрішніх (б) поверхонь:  
1 – абразивний круг-катод; 2 – заготовка; 3 – сопло**

Перевагою обробки металів різанням в умовах використання механіки руйнування є використання звичайного обладнання з меншою шкодою навколишньому середовищу та людині.

Новими інструментальними матеріалами є синтетичні алмази певної якості й кубічний нітрид бору, або ельбор.

Новими в металообробці є прикладні дослідження регульованих електророзрядних процесів руйнування оброблюваної поверхні, коли шляхом змінювання режиму електророзрядного процесу можна здійснювати грубу обробку й обробку із граничним згладжуванням шорсткості шляхом електролітичного полірування.

Фундаментальні дослідження в галузі квантової оптики привели до створення лазерної техніки, яку успішно застосовують у процесі різання,



зміцнення та зварювання металів, вироблення отворів малого діаметра в надтвердих матеріалах. Лазерний промінь і промінь, що має іншу природу, створили ряд нових напрямів науково-технічного розвитку в медицині, біології та військовій справі [22].

*Лазер* (оптичний квантовий генератор) є джерелом потужного світлового монохроматичного випромінювання. Пристрій лазера здатний фокусувати промінь світлової та електромагнітної енергії до таких розмірів, які забезпечують концентрацію значної енергії в мікрообсязі. Чітко спрямована дія такого променя може бути короткочасною, тобто у вигляді імпульсів, які тривають частки секунди, або безперервною. Робочими тілами в лазерних пристроях можуть бути монокристали рубіна, гази (суміш вуглекислого газу з азотом), напівпровідники й рідини. У технологічних процесах, переважно, використовують найбільш потужні твердотільні або газові лазери (рис. 7.4).



**Рис. 7.4. Обробка лазером**

Накопичений досвід лазерної технології та результати вітчизняних і закордонних досліджень у цій галузі показують, що з найбільш перспективних напрямів розвитку лазерної технології виділяють, найперше, удосконалення розвитку розмірної обробки. Передбачають підвищення якості та точності вироблення прецизійних отворів малих діаметрів за підвищення продуктивності, а також забезпечення високопродуктивного якісного різання сталевих та інших металевих матеріалів товщиною до 15 мм, композиційних і керамічних матеріалів. За допомогою лазерів успішно роблять отвори діаметром меншим за 1 мм, особливо в надтвердих або важкооброблюваних матеріалах, за розташування отворів



під кутом до оброблюваної поверхні, тобто отворів, які звичайним свердленням зробити важко. Так, за допомогою лазерного випромінювання можна зробити отвори діаметром 0,03 – 3 мм і завглибшки декілька міліметрів із продуктивністю до 60 отворів на хвилину. Отвори роблять у твердих сплавах, кераміці, годинникових каменях, алмазах та ін. Похибка розмірів отворів не перевищує  $\pm 0,01$  мм. Переміщаючи оброблювану деталь і використовуючи потужні газові лазери безперервної дії, можна вирізати контур деталі в листі металу завтовшки 10 – 20 мм. Різання матеріалів виконують за щільності потужного лазерного випромінювання  $10^5 \dots 10^7$  Вт/см<sup>2</sup> для металів та  $10^2 \dots 10^5$  Вт/см<sup>2</sup> – для деяких неметалічних матеріалів.

Найбільшого ефекту досягають під час лазерного різання коштовних матеріалів: жароміцних і з іржостійкої сталей, титанових та інших сплавів, оскільки з його допомогою можна суттєво знизити втрати матеріалів, а застосування лазерних установок із програмним управлінням (особливо в умовах серійного виробництва) сприяє значному підвищенню продуктивності праці.

Другим прикладом лазерної обробки є *лазерне зварювання*. За характером впливу випромінювання на матеріал лазерне зварювання може бути імпульсним і безперервним. Лазерне зварювання виявилось більш ефективним для з'єднання сталевих спіральних пружини (волоска) у колодці осі балансу годинникового механізму, замість механічного кріплення. Завдяки малій тривалості імпульсу випромінювання в маленьку ділянку термічної дії, виходить якісне з'єднання та підвищується точність відліку часу годинником. Лазерне зварювання дозволяє зробити шви завглибшки від декількох міліметрів до десятих часток міліметра.

Застосування лазерної технології для вже освоєних технологічних процесів, якими є в машинобудуванні різання та зварювання матеріалів, стримано недостатньою кількістю потужних технологічних лазерних верстатів. Потужні газові лазери застосовують для зварювання і напаявання листових і дротяних різномірних металів та сплавів. Заломляючи світловий промінь лазера за допомогою оптичних систем (лінз), можна спрямувати його у важкодоступні для обробки місця, концентрувати й робити зварні з'єднання у вигляді мікрокрапок. Імпульсне зварювання за допомогою твердотільних лазерів широко застосовують у радіоелектронній промисловості під час зварювання інтегральних схем.

До нових перспективних напрямів використання лазерної технології належать різні види зміцнення поверхневих шарів матеріалів, із метою підвищення їхньої зносостійкості та інших експлуатаційних характеристик. Причому зміцнення під впливом лазерного променя відбувається, завдяки надвисоким швидкостям нагрівання й подальшого охолодження матеріалу, що опромінюють, часткового насичення поверхневого шару азотом повітря, вуглецем або іншими елементами зі спеціального покриття або інших середовищ, а також завдяки зростанню дислокацій у зоні опромінення. Водночас відбуваються структурні перетворення з утворенням ультрадисперсної гомогенної структури з унікальними властивостями.

Застосовуючи імпульсне або безперервне випромінювання з певною потужністю й різною швидкістю сканування променя заданою траєкторією, можна управляти макро- та мікротопографією поверхні, напружено-деформованим станом поверхневого шару матеріалу, механічними та іншими характеристиками зони термічного впливу. Досвід показує, що застосування лазерного зміцнення сталевих напрямних різних машин, великогабаритного протягування дозволяє значно підвищити їхню стійкість. Стійкість вирубних штампів, фасонних різців, фрез і довбачів підвищено у 2 – 4 рази.

Лазери широко використовують в металообробці, термообробці та під час нанесення тонких плівок на поверхню будь-яких матеріалів для активації хімічних реакцій, голографічного запису інформації, у волоконно-оптичних лініях зв'язку, для вимірювання відстаней, у мікрохірургії ока, космонавтиці, наукових дослідженнях та інших сферах діяльності людини. У міру вдосконалення технологічного обладнання будуть упроваджувати лазери для зварювання металів великої товщини, значного підвищення швидкості різання, використання лазерів у металургії, в обробленні кам'яних матеріалів під час буріння свердловин нафто- та газовидобутку, в умовах прокладання штолень у важкодоступних шахтах та ін.

Застосування лазера дозволило в десятки разів підвищити продуктивність, порівняно із традиційними електрофізичними методами, і більш ніж у 100 разів, порівняно з механічними методами. Лазерне загартування дозволяє обробляти деталі складної форми з вилученням негативного впливу на деталь.

*Важливою для техніки та технології є ультразвукова обробка, заснована на пружних механічних коливаннях із частотою вищою за 20 кГц, що не сприймається вухом людини. Найбільш короткі ультразвукові хвилі*

мають довжину, відповідну хвилям видимого світла. Ультразвукові хвилі, також як і світлові, відбиваються від перешкод, їх можна фокусувати то-що. За допомогою ультразвуку досягають інтенсифікацію багатьох технологічних процесів. Ультразвукові коливання, створювані за допомогою електронних пристроїв, широко застосовують у процесах напаявання та зварювання деталей, очищення поверхонь від забруднень, у процесі обробки діелектричних матеріалів [56].

Сутність ультразвукової розмірної обробки полягає в тому, що між інструментом, з'єднаним із випромінювачем, і заготовкою вводять абразивний матеріал, що впливає на оброблювану поверхню. Абразивним матеріалом (зернами) тут є алмаз, корунд, наждак, кварцовий пісок, карбід бору, карбід кремнію та ін. Ультразвуком можна обробляти й крихкі матеріали (скло, кераміку, кварц, кремній, германій та ін.) і жароміцні тверді (загартовані та азотовані сталі, тверді сплави), застосовувані, зокрема, для виготовлення металорізального інструменту. Якість ультразвукового очищення незрівнянна з іншими способами. Наприклад, у процесі очищення деталей різними органічними розчинниками на їхній поверхні залишається до 80 % забруднень, за вібраційного очищення – до 55 %, а ультразвукового – не більше ніж 0,5 %.

Таким чином, інноваційні процеси є ключовим питанням розвитку науково-технічного прогресу.

## 7.2. Розвиток високих технологій

### Робототехніка

**Робот** – це програмований механічний пристрій, здатний виконувати завдання та взаємодіяти із зовнішнім середовищем без допомоги з боку людини.

**Робототехніка** – це наукова й технічна база для проєктування, виробництва та застосування роботів (рис. 7.5) [26; 35].

До компонентів робота належать: тіло/рама (рис. 7.6), система управління, маніпулятори та ходова частина.

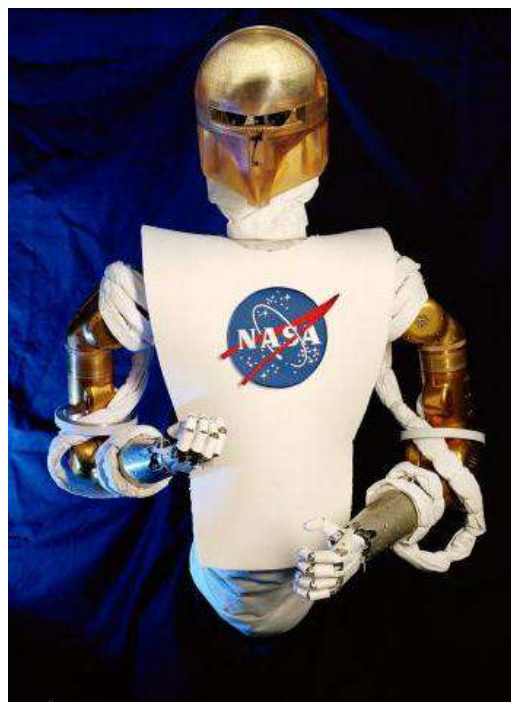
*Тіло, або рама, робота* може мати будь-яку форму й розмір, вона забезпечує конструкцію робота.

*Система управління робота* є еквівалентом центральної нервової системи людини. Її призначено для координування управління всіма елементами робота. Датчики реагують на взаємодію робота із зовнішнім

середовищем. Відповіді датчиків відправляють у центральний процесор (ЦП), у якому обробляють дані за допомогою програмного забезпечення та ухвалюють рішення на основі логіки. Те саме відбувається за введення команди користувача.



**Рис. 7.5. Роботизоване виробництво**



**Рис. 7.6. Тіло/рама робота**

*Маніпулятори.* Для виконання завдання більшість роботів взаємодіє із зовнішнім середовищем, а також навколишнім світом. Іноді потрібно переміщення об'єктів зовнішнього середовища без безпосередньої участі з боку операторів. Маніпулятори не є елементом базової конструкції робота, як його тіло/рама або система управління, тобто робот може працювати й без маніпулятора.

*Ходова частина.* Хоча деякі роботи можуть виконувати поставлені завдання, не змінюючи своє місце розташування, найчастіше від роботів потрібна здатність переміщатися з одного місця в інше. Для цього необхідна ходова частина, тобто привідний засіб переміщення. Роботи-гуманоїди оснащено ногами, тоді як ходову частину практично всіх інших роботів реалізовано за допомогою коліс (рис. 7.7).



**Рис. 7.7. Робот на колесах**

За сферою застосування роботів розподіляють на три основні категорії: промислові роботи; дослідні роботи; освітні роботи.

*Промислові роботи.* У промисловості для виконання величезної кількості робіт необхідні висока швидкість та точність. Протягом багатьох років відповідали за виконання подібних робіт люди. Із розвитком технологій використання роботів дозволило прискорити та підвищити точність багатьох виробничих процесів: упакування, складання, фарбування й укладання на піддони. Спочатку роботи виконували тільки особливі види повторюваних робіт, де потрібно дотримуватися простого заданого набору



правил. Із розвитком технологій промислові роботи стали набагато більш рухливі, і тепер вони здатні ухвалювати рішення на основі складної відповіді від датчиків. Нині промислові роботи, переважно, оснащено системами технічного зору (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Промислові роботи

Роботів можна використовувати для виконання складних, небезпечних завдань, а також завдань, які людина виконати не в змозі. Наприклад, роботи здатні знешкоджувати бомби, обслуговувати ядерні реактори, досліджувати глибини океану й досягати найвіддаленіших куточків космосу.

*Дослідні роботи.* Роботи мають широке застосування у світі досліджень, оскільки їх часто використовують для виконання завдань, у вирішенні яких людина безпорадна. Найбільш небезпечні та складні середовища перебувають під поверхнею Землі. Із метою вивчення космічного простору та планет Сонячної системи, використовують космічні апарати, посадкові модулі та всюдиходи з функціями роботів.

*Роботи в освіті.* Робототехніка стала захоплюючим і доступним інструментом навчання та підтримки концепції – STEM (це об'єднання природничих наук, технології, інженерії та математики), проектування

й підходів до вирішення завдань. У робототехніці учні та студенти дістають можливість реалізувати себе в ролі проєктувальників, артистів і техніків одночасно, використовуючи власні руки й голову. Це відкриває величезні можливості застосування наукових і математичних основ.

У сучасній системі освіти з урахуванням фінансових обмежень заклади середньої та вищої освіти перебувають у постійному пошуку економічно вигідних шляхів викладання складних програм (поєднують технології з безліччю навчальних дисциплін) учням та студентам для їхньої підготовки до професійної діяльності. Викладачі відразу побачили переваги робототехніки й цього навчального курсу, оскільки в них реалізовано міжпредметні методи поєднання різних навчальних дисциплін. Крім того, робототехніка пропонує найбільш доступне та відповідне для повторного використання обладнання.

Зараз школи застосовують робототехнічні програми у класі для "пожвавлення" навчальних курсів і забезпечення відповідності широкому спектрові академічних стандартів, необхідних для учнів. Робототехніка не тільки є унікальною й широкою базою для викладання різноманітних технічних дисциплін, але також галуззю техніки, що значно впливає на розвиток сучасного суспільства.

*Призначення робототехніки.* Робототехніка є новою галуззю техніки, яку застосовують у багатьох сферах життя людини. Важливим чинником розвитку суспільства є поінформованість усіх його членів щодо наявних технологій. Але це не єдина причина щораз більшої значущості робототехніки. Робототехніка унікально поєднує основи навчальних дисциплін STEM (природничі науки, технології, інженерію та математику).

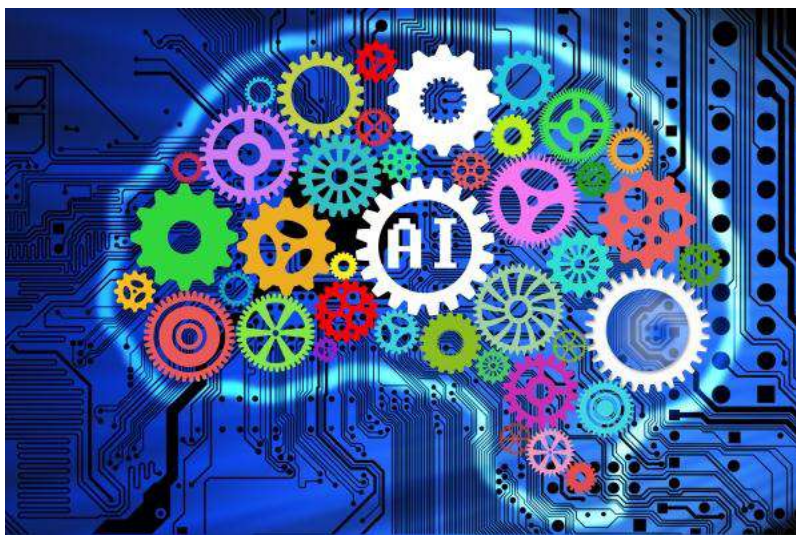
У процесі навчання студенти вивчають різні навчальні дисципліни та їхні взаємозв'язки, використовуючи сучасні, технологічні інструменти. Крім цього, візуальне подання проєктів, яке потребують від студентів, стимулює їх до експериментів і вияву винахідливості у процесі пошуку естетичних та працездатних рішень. Комбінуючи ці аспекти праці, студенти підвищують свої знання й піднімають можливості на новий рівень.

### **Технології штучного інтелекту**

*Штучний інтелект* – це технологія, а точніше напрям сучасної науки, що вивчає способи навчити комп'ютер, роботизовану техніку й аналітичну систему розумно мислити, так як мислить людина [25].

Людей у середині 1950-х рр. значно вразили можливості обчислювальних машин, особливо здатності електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), безпомилково виконувати безліч завдань одночасно. У головах учених і письменників відразу виникли фантастичні ідеї щодо машин, які мислять. Саме в цей період починають зароджуватися перші технології штучного інтелекту.

Дослідження у сфері штучного інтелекту проводять шляхом вивчення розумових здібностей людини та переведення здобутих результатів у поле діяльності комп'ютерів. Таким чином, штучний інтелект дістає інформацію з різних джерел і дисциплін: це й інформатика, математика, лінгвістика, психологія, біологія, машинобудування. На основі масиву даних за допомогою технології машинного навчання комп'ютери намагаються імітувати інтелект людини (рис. 7.9).



**Рис. 7.9. Образ імітування інтелекту людини**

*Головні цілі штучного інтелекту:*

створення аналітичних систем, які характеризуються розумною поведінкою, можуть самостійно або під наглядом людини навчатися, робити прогнози й будувати гіпотези на основі масиву даних;

реалізація інтелекту людини в машині – створення роботів-помічників, які можуть поводитися як люди: думати, навчатися, розуміти та виконувати поставлені завдання.



## Технологічні принципи штучного інтелекту

**Машинне навчання (МН)** – це принцип розвитку штучного інтелекту на основі самонавчальних алгоритмів. Участь людини за такого підходу обмежено завантаженням у "пам'ять" машини масиву інформації та постановленням мети. Є кілька методик МН:

навчання з учителем – людина задає конкретну мету, хоче перевірити гіпотезу або підтвердити закономірність;

навчання без вчителя – результат інтелектуального опрацювання даних є невідомим – комп'ютер самостійно знаходить закономірності, навчається думати як людина;

глибоке навчання – це змішаний спосіб, головна відмінність в опрацюванні великих масивів даних і використанні нейромереж (рис. 7.10).

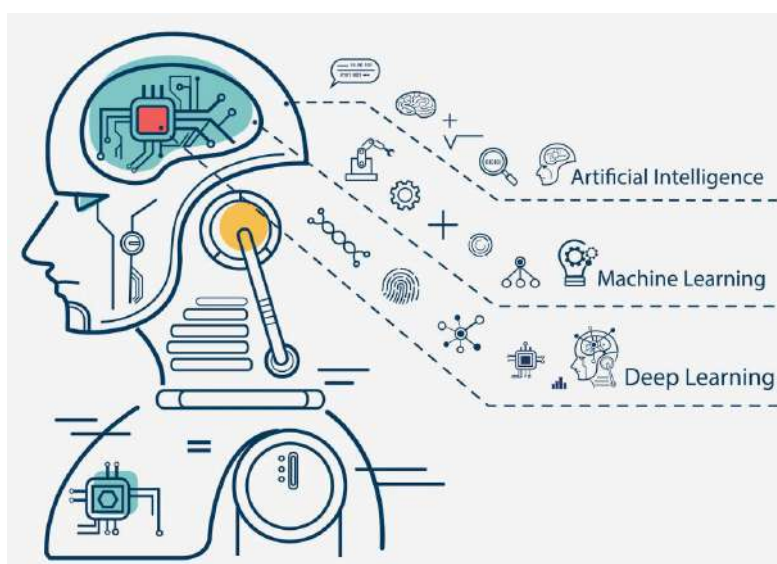


Рис. 7.10. Образне подання нейромереж

**Неймережа** – це математична модель, яка імітує будову та функціонування нервових клітин живого організму. В ідеалі – це система, що самостійно навчається. Якщо перенести принцип на технологічну основу, то неймережа – це безліч процесорів, які виконують якесь одне завдання в масштабному проєкті. Інакше кажучи, суперкомп'ютер – це мережа з безлічі звичайних комп'ютерів.

Глибоке навчання зараховують в окремий принцип штучного інтелекту, оскільки цей метод використовують для виявлення закономірностей у величезних масивах інформації. Для такої заважкої для людини роботи комп'ютер використовує вдосконалені методики.

**Когнітивні обчислення** – це один із напрямів штучного інтелекту, який вивчає та впроваджує процеси природної взаємодії людини й комп'ютера, на зразок взаємодії між людьми. Мета технології штучного інтелекту полягає в повній імітації людської діяльності вищого порядку: мова, образне та аналітичне мислення.

**Комп'ютерний зір** – цей напрям штучного інтелекту використовують для розпізнавання графічних та відеозображень. Сьогодні машинний інтелект може обробляти й аналізувати графічні дані, інтерпретувати інформацію, відповідно до навколишнього середовища (рис. 7.11).



Рис. 7.11. Комп'ютерний зір

**Синтезоване мовлення.** Комп'ютери вже можуть розуміти, аналізувати та відтворювати людську мову. Ми вже можемо управляти програмами, комп'ютерами та гаджетами за допомогою мовних команд.

Крім того, важко уявити існування штучного інтелекту без потужних графічних процесорів, які є серцем інтерактивного опрацювання даних. Для інтеграції штучного інтелекту в різні програми та пристрої необхідна технологія API – програмні інтерфейси застосунків. Використовуючи API можна без вагань додавати технології штучного інтелекту в будь-які комп'ютерні системи: домашню безпеку, розумний будинок, обладнання із ЧПУ та ін.

*Сфери використання штучного інтелекту:*

**Медицина й охорона здоров'я.** Комп'ютерні системи ведуть облік пацієнтів, допомагають у розшифруванні діагностичних результатів, наприклад, знімки УЗД, рентгену, томографа та іншого медобладнання. Інтелектуальні системи навіть можуть за наявності ознак у пацієнта визначати хворобу, пропонувати оптимальні варіанти лікування.

**Політика.** Інтелектуальні машини допомогли Бараку Обамі виграти другі президентські вибори. Для своєї кампанії тоді ще чинний президент США найняв кращу команду професіоналів у галузі аналізу даних. Фахівці використовували можливості інтелектуальних машин, щоб розрахувати найкращий день, штат та аудиторію для виступів Обами. За оцінками фахівців, це дало перевагу в 10 – 12 %.

**Промисловість.** Штучний інтелект може аналізувати дані з різних виробничих дільниць і регулювати навантаження на обладнанні. Крім того, інтелектуальні машини використовують для прогнозування попиту в різних галузях промисловості.

**Ігрова індустрія, освіта.** Штучний інтелект активно застосовують розробники ігор. Розумні машини, робототехніку поступово впроваджують в освітні процеси більшості держав.

Можливості штучного інтелекту на цій стадії розвитку не є безмежними. До головних труднощів його розвитку можна зарахувати таке:

1. Навчання машин можливе тільки на основі масиву даних, тобто будь-які неточності в інформації позначено на кінцевому результаті.

2. Інтелектуальні системи обмежено конкретним видом діяльності: розумну систему налаштовано на виявлення шахрайства у сфері оподаткування, тоді як виявляти махінації в банківській сфері вона не може. Отже, інтелектуальні системи є вузькоспеціалізованими програмами, яким ще далеко до багатозадачності людини.

3. Інтелектуальні машини не є автономними. Для забезпечення їхньої "життєдіяльності" необхідна ціла команда фахівців та значні ресурси.

Штучний інтелект тісно пов'язано з розвитком комп'ютерної техніки, а також таких наук, як математика, статистика, комбінаторика та ін.

## **Нанотехнології**

Із розвитком технологій людство все більше прагне до автоматизації та оптимізації всього навколо себе. Багато в чому оптимізація зачіпає форму, матеріал і розміри оптимізованих об'єктів. Комп'ютери стають усе компактнішими, екрани – усе тоншими, а деякі пристрої навіть неможливо розгледіти неозброєним оком. Тому, чим менший сам пристрій, тим менші його складові частини. Усе це належить до нанотехнологій. Є безліч описів цього терміну. Одним із них такий: використання та маніпулювання процесами й матеріалами об'єктів у нанометровому масштабі [47; 72].

Слід зазначити, що розміри більшості атомів лежать в інтервалі від 0,1 до 0,2 нм, ширина молекули ДНК приблизно 2 нм, людської волосини – 80 000 нм. Термін "нанотехнологія" вперше запропонував японський фізик Норіо Таніґучі 1974 р., описуючи цим терміном процес створення об'єктів розміром кілька нанометрів.

Починаючи із 2000-х рр. нанотехнології вже щільно вкоренилися в умах багатьох учених, змусивши їх усвідомити, що маніпуляції з наночастинками не тільки можливі, але й є ключем до колосального прориву.

Нині нанотехнології настільки поширено в нашому житті, що іноді ми навіть і уявити не можемо, де нам зустрічаються їхні сліди. Найбільш яскравим і популярним прикладом використання наночастинок і нанотехнологій є смартфони, планшети й різні кишенькові комп'ютери. Не менш вражаючі приклади: фарба, здатна змінювати свій колір; зубна паста з ефектом відновлення зубної емалі, лейкопластир із найтоншим срібним покриттям для кращого та швидкого загоєння ран і багато інших. Використання нанотехнологій настільки перспективне, що дослідження їх не припиняють ані на день, а у процесі проектування нових ідей та інновацій уже давно задіяно найкращих фахівців у цій галузі.

З найостанніших відкриттів у наносфері можна назвати створення крихітного пристрою для передавання голографічного зображення (якому вже пророкують використання в рекламній індустрії, а також як доповнення в інтернет-комунікаціях), створення наноплівки для використання у гнучких сонячних батареях і як провідника електрики; створення нанороботів, здатних переміщуватися в рідині та в перспективі стати новим витком у наномедицині та самостійно лагодити пошкодження у своїх електроланцюгах.

*Об'єктами нанотехнологій на мікрорівні є:*

наночастини, нанопорошки – це об'єкти, у яких три характеристичні розміри перебувають у діапазоні до 100 нм;

нанотрубки, нановолокна – це об'єкти, у яких два характеристичні розміри перебувають у діапазоні до 100 нм;

наноплівки – це об'єкти, у яких один характеристичний розмір перебуває в діапазоні до 100 нм.

Об'єктом нанотехнологій можуть бути й макроскопічні об'єкти, атомарну або молекулярну структуру яких створено, завдяки контрольованому запрограмованому розподілу мікрочастинок на рівні окремих атомів або молекул.

Нанотехнології якісно відрізняються від традиційних технологій, оскільки в таких масштабах звичні (макроскопічні) технології під час роботи з матерією часто непридатні, а мікроскопічні явища є дуже слабкими у звичайних масштабах, стають набагато більш значущими й непередбачуваними: властивості та взаємодії окремих атомів і молекул (або агрегатів молекул), квантові ефекти набувають абсолютно нового характеру.

На практиці нанотехнології – це технології виробництва пристроїв та їхніх компонентів, необхідних для створення, обробки й маніпуляції атомами, молекулами та частинками, розміри яких перебувають у межах від 1 до 100 нанометрів.

Під час роботи з розмірами на атомно-молекулярному рівні виявляють квантові ефекти й такі ефекти міжмолекулярних взаємодій, як вандерваальсові взаємодії. Нанотехнології й, особливо, молекулярна технологія – це нові галузі, які зараз у світі інтенсивно досліджують. Наприклад, розвиток сучасної електроніки відбувається шляхом зменшення розмірів пристроїв. З іншого боку, класичні методи виробництва наближаються до свого природного економічного та технологічного бар'єра, коли розмір пристрою зменшується не набагато, але водночас економічні витрати зростають за експоненціальним законом.

*Нанотехнології* – це черговий логічний крок розвитку електроніки та інших наукомістких виробництв.

Ученим і технологам давно відомо, що дуже дрібні частинки різних речовин мають властивості, неадекватні властивостям цих речовин у відносно великих об'ємних фазах. Наприклад, давні римляни застосовували надмалі частинки золота або срібла для надання різним скляним виробам (келихам) специфічного забарвлення. На рис. 7.12 показано виготовлений кубок, який має рубінове забарвлення.



Рис. 7.12. Кубок Лікурга, IV ст.

Ефекту досягнуто шляхом уведення в матеріал наночастинок золота, що надало склу благородних колірних рубінових оптичних властивостей. Досягнутий ефект не можна зарахувати до усвідомленого явища – це неусвідомлений процес складувів, здобутий у результаті багатовікової практики. Аналогічно можна сказати про колоїдні суспензії, коли системи із частинками, меншими за мікрон, у рідкому середовищі є лікарськими препаратами.

Початком ери нанотехнології й нанонауки можна вважати такі події початку 1980-х рр.: зародження науки про нанопорошки; винахід сканування тунельного мікроскопа (STM). Ці досягнення, зокрема, призвели до відкриття фулеренів 1986 р. та вуглецевих нанотрубок через декілька років. Далі було вивчено синтез і властивості напівпровідникових нанокристалів. Це привело до швидкого прогресу теоретичних і прикладних досліджень субмікроскопічних частинок.

Основним інструментом для роботи в галузі мікрочастинок на атомно-молекулярному рівні є мікроскопи. Історично без мікроскопа неможливо розглянути й пізнати мікросвіт. Підвищення здатності мікроскопа в пізнанні мікросвіту та розширення знань елементарних частинок відбуваються одночасно. Нині за допомогою мікроскопів (атомно-силового мікроскопа (АСМ), сканувального електронного мікроскопа (СЕМ)) можна не тільки побачити окремі атоми, але також вибірково впливати на них, зокрема, переміщати атоми на поверхні. Ученим уже вдалося створити двовимірні наноструктури на поверхні, використовуючи цей метод.

Відмітна особливість нових матеріалів у процесі застосування нанотехнологій під час їхнього виготовлення – це непередбачувані набуті фізико-технічні характеристики. У зв'язку із цим виникає можливість набуття нових квантових фізико-механічних характеристик у речовинах, у яких змінюються звичайні електронні структури, що змінює звичайну форму вияву в нових сполуках. Наприклад, можливість зменшення розміру частинки не завжди піддається визначенню та вимірюванню розмірів елементарних частинок за допомогою макро- й мікрОВимірювань. Однак це стає можливим, коли діапазон розмірів наночастинок перебуває в зоні мілімікронів. Певна кількість фізико-механічних властивостей також змінюється зі зміною розмірів макроскопічних елементів. Нині нові незвичайні механічні властивості наноматеріалів є предметом дослідження наномеханіки. Особливе місце в нанотехнологіях створення нових

речовин посідає застосування каталізаторів, що впливають на незвичайну поведінку наноматеріалів у взаємодії з біоматеріалами.

Частинки, розмірами від 1 до 100 нанометрів, зазвичай, називають *наночастинками*. Так, наприклад, виявилось, що наночастинки деяких матеріалів мають дуже гарні каталітичні та адсорбційні властивості. Інші матеріали показують дивовижні оптичні властивості, наприклад, створені прозорі керамічні матеріали на основі нанопорошків розмірами 2 – 28 нм із властивостями, кращими, ніж у крона (коефіцієнт заломлення  $n = 2,08$ , замість  $n = 1,52$ ) та ін. Досягнуто взаємодію штучних наночасток із природними об'єктами нанорозмірів – білками, нуклеїновими кислотами та ін. Ретельно очищені, наночастинки можуть самовстановлюватися в певні структури. Така структура містить точно впорядковані наночастинки й також набуває важливих властивостей (рис. 7.13).

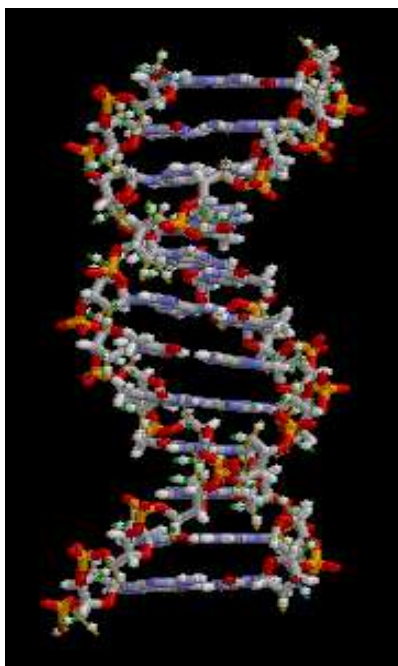


Рис. 7.13. Подвійна спіраль ДНК

Нанооб'єкти розподіляють на 3 основні класи:

тривимірні частинки, що створюють вибухом провідників, плазмовим синтезом, відновленням тонких плівок та ін.;

двовимірні об'єкти – це плівки, що створюють методами молекулярного нашарування, CVD, ALD, методом іонного нашарування та ін.;

одномірні об'єкти – віскери – ці об'єкти створюють методом молекулярного нашарування, уведенням речовин у циліндричні мікропори та ін.



Також є *нанокомпозити* – це матеріали, створені введенням наночастинок у будь-які матриці. Нині широко застосують тільки *метод мікролітографії*, який дозволяє створювати на поверхні матриць плоскі острівкові об'єкти, розміром від 50 нм, які застосовують в електроніці. Особливо слід відзначити методи іонного та молекулярного нашарування, оскільки з їхньою допомогою можливе створення реальних покриттів-плівок (CVD, ALD) у вигляді моношарів.

Найважливіше завдання, що стоїть перед нанотехнологією, – як змусити молекули або атоми групуватися певним способом, самоорганізовуватися, щоб у підсумку створити нові матеріали або пристрої. Цією проблемою займається розділ хімії – *супрамолекулярна хімія*. Вона вивчає не окремі молекули, а взаємодії між молекулами, які, організовуючись певним способом, можуть привести до появи нових речовин. Є надія на те, що природа, дійсно, має подібні системи, у яких здійснюються подібні процеси. Так, є відомі біополімери, здатні організовуватися в особливі структури. Один із прикладів – це білки, які не тільки можуть згорнутися у глобулярну форму, а й утворювати комплекси, тобто структури, що містять кілька молекул протеїнів (білків). Уже зараз є метод синтезу, що використовує специфічні властивості молекули ДНК. До одного з кінців комплементарної ДНК приєднується молекула А чи Б. Маємо речовини: ---- А і ---- Б, де ---- – це умовне зображення одинарної молекули ДНК. Після змішування цих речовин між двома одинарними ланцюжками ДНК утворюються водневі зв'язки, які притягнуть молекули А й Б одна до одної. Створене з'єднання: ===== АБ. Молекулу ДНК можна легко видалити після закінчення процесу.

*Молекулярна нанотехнологія*, яку ще називають *молекулярним виробництвом*, розглядає питання проєктування наносистем (машин), що працюють та управляють наночастинками на атомно-молекулярному рівні. Це особливо важливо для створення машин, здатних виготовляти інші машини, призначені для відтворення потрібної подальшої системи, більш пристосованої до нових вимог.

До матеріалів, розроблених на основі наночастинок з унікальними характеристиками, що впливають із мікроскопічних розмірів їхніх складових частин, належать:

*вуглецеві нанотрубки* – це протяжні циліндричні структури, діаметром від одного до декількох десятків нанометрів і завдовжки до декількох сантиметрів, складаються з однієї або декількох згорнутих у трубку



гексагональних графітових площин (графену) і закінчуються, зазвичай, напівсферичною головкою;

*фулерени* – це молекулярні сполуки, що належать до класу алотропних форм вуглецю (інші – алмаз, карбін і графіт) і є опуклими замкненими багатогранниками, складеними з парної кількості трикоординованих атомів вуглецю;

*графен* – це моношар атомів вуглецю (напівметал), створений у жовтні 2004 року в Манчестерському університеті. Графен можна використовувати детектором молекул ( $\text{NO}_2$ ), який дозволяє детектувати прихід та відхід одиничних молекул. Графен має високу рухливість за кімнатної температури. Тому, коли розв'яжуть проблему формування забороненої зони в ньому, можна буде розглядати графен як перспективний матеріал, що замінить кремній в інтегральних мікросхемах;

*наномедицина* – це напрям у сучасній медицині, заснований на використанні унікальних властивостей наноматеріалів і нанооб'єктів для відстеження, конструювання та зміни біологічних систем людини на нано-молекулярному рівні.

Список можливостей, що надають людству нанотехнології, значно ширший. Тому, рухаючись у цьому напрямі, можна досягти неймовірних висот і результатів.

Більшість із нас регулярно користуються тими чи тими досягненнями нанотехнологій, навіть не підозрюючи про це. Наприклад, сучасна мікроелектроніка вже не мікро-, а нано-: вироблені сьогодні транзистори – основа всіх чипів – лежать у діапазоні до 90 нм. І вже запланована подальша мініатюризація електронних компонентів до 60, 45 і 30 нм. Із новою технологією розміри деталей мікросхем опустяться суттєво нижче за планку 10 – 15 нанометрів, до масштабів, де традиційні напівпровідникові транзистори просто фізично не можуть працювати.

### **7.3. Форми передавання прав власності на технологію та їхнє використання в технологічній діяльності підприємств**

Наявність безлічі видів об'єктів інтелектуальної власності, кожний із яких регулюють законодавчо, трохи інакше, ніж інші, зумовлює велику різноманітність форм передавання технологій. Це спонукає фахівців (насамперед, юристів і економістів) створювати та вдосконалювати класифікації цих форм [54]. Основні форми передавання технологій розподіляють

за їхнім економічним змістом на комерційні (оплатні) та некомерційні (безоплатні).

До *некомерційних форм* передавання технологій належать науково-технічні публікації (доповіді, конференції, каталоги, виставки); обмін результатами досліджень за допомогою особистих контактів і відвідувань науково-дослідних установ та промислових підприємств (стажування, відрядження та ін.); обмін виробничо-технічними досягненнями й досвідом за довгостроковими програмами.

До *комерційних форм* передавання технологій належать передавання технології за ліцензійними договорами, шляхом продажу обладнання та матеріалів (або передавання в оренду), надання послуги інжинірингу, через організацію спільних фірм (підприємств) та ін.

Комерційні форми передавання технології розподіляють на супутні угоди: угоди "під ключ"; угоди "під готову продукцію"; угоди "ринок у руки" та самостійні форми (ліцензійні угоди, безліцензійні форми передавання технології та коопераційні угоди).

У багатьох країнах значно поширено угоди "під ключ". Вони передбачають доручення фірмі-виконавцю (підряднику) науково-технічних розробок, постачань необхідним обладнанням та будівництво промислового чи іншого об'єкта від стадії проєктування до постачання та монтажу обладнання. Дозвіл зацікавленим сторонам приступити до випуску високо-технологічної продукції, не маючи для цього відповідної науково-технічної розробки, угоди "під ключ" не тільки забезпечують можливість здобуття певних технічних та управлінських знань, а й обходяться замовникові дешевше, ніж самостійне виконання всього комплексу робіт. Однак зловживати видаванням замовлень із виконанням "під ключ" не рекомендовано, оскільки можливе виникнення й поглиблення технологічної залежності замовника від підрядника. Тому будівництво заводів "під ключ", закупівля комплектного обладнання, окремих об'єктів техніки та інші торговельні операції, за якими ноу-хау не передають, дозволяє тільки тимчасово, у межах морального старіння, експлуатувати закуплену нову техніку, але не дає можливості її відтворити, створити більш досконалу, а отже, ліквідувати відставання, що намітилося або склалося.

Угода "під готову продукцію" є більш досконалою та складною формою придбання технології. Вона відрізняється тим, що покупець отримує підприємство у своє розпорядження тільки після початку виробництва продукції.

Основною формою передавання технології є *ліцензійні угоди*. Вони передбачають передавання на певний термін прав, що впливають з інтелектуальної діяльності в галузі науки й техніки. Їх можна класифікувати за такими ознаками:

- За ступенем автономності – ліцензії самостійні й залежні – *субліцензії*. Субліцензію надає ліцензіат, який є власником повної або виключної ліцензії, на підставі прав, наданих йому, відповідно до ліцензійного договору. Винагороду за надану субліцензію розподіляють між сторонами, що підписали основний ліцензійний договір, відповідно до цього договору.

- За видом об'єктів промислової власності, права на які передають, – винаходи й корисні моделі, промислові зразки, ноу-хау, товарні знаки або фірмові назви (франчайзинг).

- За способом охорони об'єктів промислової власності:

- патентні* – це ліцензії на використання технічних рішень, захищених патентами або іншими аналогічними охоронними документами;

- безпатентні* – це ліцензії, предметом яких є розробки (технології), що не мають правового захисту (наприклад, ноу-хау).

Передавання ноу-хау можна здійснювати різними каналами, зокрема й без укладання ліцензійної угоди, наприклад, під час демонстрації прийомів роботи, навчання технічного персоналу, установлення та налагодження обладнання, вирішення завдань організаційного, управлінського характеру, зміни технологічного процесу, відповідно до вимоги ліцензіата та ін.;

- змішані* – це передавання ноу-хау та прав, що охороняють патентами. Часто придбання ноу-хау здійснюють під час укладання ліцензійних договорів разом із патентними або авторськими правами. Зазвичай ліцензії на патенти й ноу-хау додають до договорів купівлі-продажу обладнання (особливо комплектного, такого, як технологічні лінії підприємств та ін.).

- За обсягом прав на використання технології:

- проста (невиключна) ліцензія* – ліцензіар, надаючи ліцензіату право на використання об'єкта промислової власності, зберігає за собою всі права, що підтверджують патентом, зокрема й на надання ліцензій третім особам;

*виняткова ліцензія* – ліцензіату передано виключне право на використання об'єкта промислової власності в межах, обумовлених договором, зі збереженням за ліцензіаром права на його використання в частині, що не передають ліцензіату;

*повні ліцензії* застосовують у деяких закордонних країнах. Вони є патентними ліцензіями, відповідно до яких у повному обсязі надають права на винахід на весь термін дії патенту.

- За правом ліцензіара використовувати вдосконалення об'єкта ліцензії, здійснені ліцензіатом. Деякі ліцензії надають ліцензіару право використовувати вдосконалення об'єкта ліцензії, здійснені ліцензіатом (поворотні ліцензії), інші ліцензії такого права ліцензіарові не надають.

До **безліцензійних форм** зараховують передавання технології за допомогою:

*постачання обладнанням та матеріалами.* Будучи традиційними формами торгівлі, вони сприяють розширенню технологічного обміну. Практично кожен контракт з експорту та імпорту верстатного обладнання містить розділ щодо передавання технології (монтаж, налагодження). Часто вартість переданої технології порівнянна й навіть перевищує вартість обладнання, що постачають. Так, установлено, що в разі купівлі верстатів із числовим програмним управлінням на кожну одиницю витрат на придбання електронної частини ЕОМ витрачають близько п'яти одиниць витрат на її програмно-математичне забезпечення;

*надання послуг інжинірингу.* Термін "інжиніринг" визначає сукупність робіт прикладного характеру, що охоплює передпроектні техніко-економічні дослідження й обґрунтування оптимальності планованих капіталовкладень, необхідне лабораторне доопрацювання технології, проектне промислове опрацювання від ескізного варіанта до детального проекту з видаванням специфікацій компонентів або обладнання, що відповідають вимогам замовника, а також подальші послуги або консультації. Однак із наведеним раніше визначенням терміна не обов'язково будуть згодні в інших країнах. Так, наприклад, французький комітет із планування вважає, що інжиніринг – це інтелектуальні дії будь-якого роду, необхідні для оптимізації інвестицій на всьому шляху їхнього здійснення: від вибору місця до практичної реалізації проекту та управління;

*створення спільних підприємств (організацій).* Створення змішаних компаній об'єднаних ризиків (як швидко розвивають форму технологічного

обміну) набула поширення починаючи з 1960-х рр. Водночас внесок однієї зі сторін здійснюють у формі передавання науково-технічних знань, а іноді своєї репутації, шляхом надання права використовувати у спільній діяльності добре відому фірмову назву. В останньому випадку можна говорити про франшизу або дистриб'юторство товарів і послуг.

*Франшиза та дистриб'юторство* – це ділові угоди, за якими одна сторона надає свою репутацію, забезпечує технічну інформацію та здійснює експертизу, а інша – укладає капітал, із метою продажу товарів або надання послуг безпосередньо споживачеві. Така форма технологічного обміну найбільш прибуткова й рентабельна як для фірми "донора" (що полегшує завдання проникнення на нові ринки), так і для фірми "реципієнта" (яка підвищує конкурентоспроможність продукції, що випускають, унаслідок залучення більш сучасних технологій);

- *передавання обладнання в оренду*, що, залежно від термінів дії договорів, розподіляють на рейтинг (до одного року), хайринг (від одного року до двох-трьох років) та лізинг (понад три роки).

До **коопераційних угод** належать угоди, предметом яких є: здійснення спеціалізованого виробництва вузлів і деталей за технологією одного з партнерів; взаємне надання технології з подальшим обміном та складанням; спільне розроблення виробів, включно із проектуванням, виготовлення та складання.

Виділяють такі види **виробничої кооперації**:

*підрядне кооперування* – сторони укладають договір на виготовлення певного виробу з матеріалу замовника або постачальника. У межах такого договору на комерційній основі часто передають ноу-хау й технічну документацію. Під час здійснення робіт на замовлення нерідко має місце довгострокова оренда (лізинг) машин та обладнання замовника, за якою зберігають право власності на них. У всіх випадках підрядного кооперування, крім передавання ноу-хау, документації й надання технічної допомоги, здійснюють також спільне проектування. Його мета – відповідність продукції технічним вимогам і стандартам замовника;

*спільне виробництво*. Можна виділити два типи угод: кооперування на основі ліцензії, що надається однією зі сторін, і кооперування на основі взаємного обміну ліцензіями. Можливе й спільне проектування з використанням експериментальних і виробничих баз партнерів;

*комбінування форм кооперації*, залежно від потреб партнерів.

## Запитання для самостійного контролю

1. Які є пріоритетні напрямки технологічного розвитку?
2. Наведіть приклади прогресивних технологій, які набули розвитку у другій половині ХХ ст.
3. Назвіть сучасні механічні та фізико-технічні методи обробки в технології машинобудування.
4. Чим відрізняється алмазно-іскрове шліфування від алмазного?
5. Які переваги мають комбіновані технологічні системи?
6. Назвіть сфери ефективного застосування технології плазменно-механічної обробки металів.
7. Чим відрізняється технологія плазменно-механічної обробки металів від технології анодно-механічної обробки?
8. Обґрунтуйте сутність і сферу застосування електроерозійної обробки.
9. Назвіть переваги та недоліки застосування електрохімічної обробки.
10. У чому полягає ефективність застосування лазерних технологічних систем?
11. Охарактеризуйте лазерний промінь як інструмент для технологічних рішень.
12. У чому полягає сутність технології ультразвукової обробки.
13. У чому полягає призначення робототехніки?
14. Сформулюйте сутність штучного інтелекту.
15. Чим відрізняється штучний інтелект від робототехніки?
16. Наведіть приклади застосування штучного інтелекту та робототехніки.
17. У чому полягає ефективність застосування роботів у медицині?
18. Чим відрізняються нанотехнології від звичайних технологій?
19. Якими законодавчими документами охороняють інтелектуальну власність?
20. Сформулюйте визначення патенту.
21. Розкрийте поняття "ноу-хау".
22. Які завдання вирішує ліцензія?
23. У чому полягає значення ліцензійної торгівлі?

**Література:** [7; 12; 17; 19; 22; 25; 26; 35; 46; 52; 54; 56; 72].

## 8. Якість продукції в машинобудуванні

### 8.1. Загальні відомості про системи стандартизації, метрології, сертифікації та управління якістю продукції

У сучасних умовах світовий ринок ставить жорсткі вимоги до якості продукції, що надходить до нього. Послідовна інтеграція держав у світове економічне співтовариство потребує цілеспрямованої політики створення державної системи стандартизації, метрології, сертифікації та управління якістю [37; 50; 56; 68].

Про важливість якості говорить уже той факт, що Організація Об'єднаних Націй (ООН) із 9 листопада 1990 року ввело й дотепер відзначає День якості.

Оцінювання якості – це сфера діяльності *кваліметрії* – науки, заснованої на сукупності методів і засобів кількісного оцінювання якості. Кваліметрія нерозривно пов'язана зі стандартизацією і метрологією.

Важлива роль належить метрології – науці про вимірювання (теорія, одиниці, еталони, зразкові засоби вимірювання).

Продукція має високу якість, якщо вона відповідає вимогам стандартів (нормативно-технічних документів). Відповідність стандартам підтверджено сертифікацією.

В умовах ринкової економіки сертифікація реально впливає на якість товарів, оскільки сертифіковану продукцію краще реалізують. Із 1993 р., із метою захисту прав споживача, в Україні діє система сертифікації продукції (УкрСЕПРО).

#### **Якість виробів та її показники**

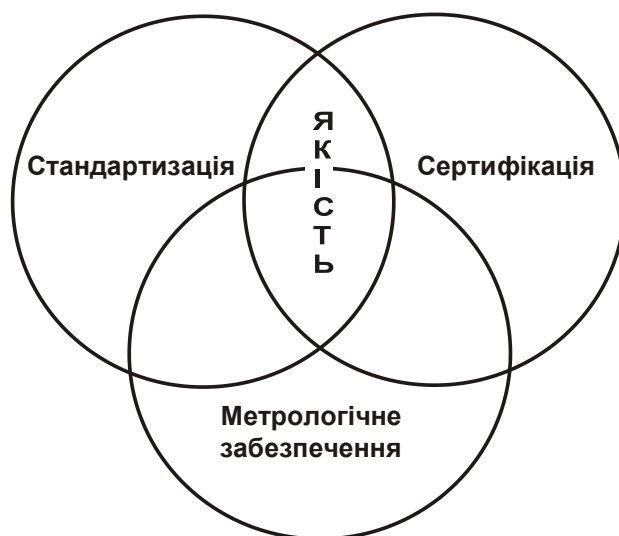
Сертифікація продукції є найважливішим механізмом управління якістю продукції, вона дає споживачу підтвердження безпеки, забезпечує контроль за відповідністю екологічної чистоти, а також підвищує конкурентоспроможність продукції. У сучасному світі відбувається зміна напрямку оцінювання якості продукції до оцінювання систем управління якістю на підприємствах, що виготовляють цю продукцію. Сертифікація дозволяє оцінити відповідність продукції встановленим вимогам. Контроль за параметрами якості та випробування в міжнародній практиці підтверджують відповідність машинобудівної продукції, що випускають, стандарту ISO серії 9 000 і 10 000 (виданому 1987 р., він удосконалювався

і перевидавався). На Україні цей стандарт здобув статус національного з позначенням ДСТУ ISO 9000-96 – ДСТУ ISO 9004-95.

Якість продукції є найважливішим критерієм розвитку національної економіки держави. Системне управління якістю в сучасних умовах є основним способом створення конкурентоспроможної продукції.

Із розвитком ринкового механізму господарювання роль якості продукції та її конкурентоспроможності набуває все більшої значущості. Так, зростання якості знарядь праці підвищує їхню продуктивність, надійність, довговічність, знижує витрати на ремонт та експлуатацію, поліпшує умови праці. Подовження терміну служби як промислової продукції, так і товарів широкого споживання, дає можливість повніше задовольняти потреби без збільшення обсягу випуску, економить матеріальні та трудові ресурси. Проблема якості та конкурентоспроможності продукції заслуговує ретельного вивчення.

*Якість* – це сукупність властивостей продукції, що характеризують її спроможність задовольняти певні потреби, відповідно до свого призначення. Таким чином, система забезпечення якості охоплює: стандартизацію, метрологічне забезпечення та сертифікацію. На рис. 8.1 подано схему забезпечення якості продукції.



**Рис. 8.1. Схема забезпечення якості продукції**

Згідно зі стандартом ISO 8402-86, якість – це сукупність властивостей та характеристик продукції, що надають їй можливість задовольняти встановлені чи пропоновані потреби, а управління якістю – це діяльність



визначеного характеру, що використовують для задоволення вимог до якості. Підтвердженням якості є сертифікат, виданий органом, не залежним ні від виробника, ні від споживача. Сертифікат оформляють на підставі позитивних результатів випробувань за стандартними методиками.

*Держстандарт України* є центром організації робіт зі здійснення державного контролю й нагляду за дотриманням суб'єктами господарської діяльності обов'язкових вимог зі стандартизації, метрології та сертифікації продукції.

Раніше вважали, що для успіху виробника достатньо того, щоб продукції було багато й вона була дешевою. У період ринкових відносин виникла конкуренція не цін, а якості, тому що більшість покупців, ухвалюючи рішення щодо купівлі продукції, насамперед, звертають увагу на її якість. Конкурентоспроможною може стати лише та продукція, що має за інших однакових показників меншу виробничу вартість (тобто ціну) і високу якість.

Із підвищенням якості продукції зростають витрати на її виготовлення. Однак новий підхід до створення продукції високої якості полягає в пошуку нових рішень, що забезпечують необхідну якість за мінімальних витрат. Це рішення можна реалізувати в умовах створення високих комп'ютерних технологій.

Проблему якості можна розв'язати тільки на основі чіткої системи постійно діючих заходів. На сучасному етапі прийнята система якості (ІСО), встановлена в міжнародних стандартах – ІСО серії 9000. Відповідно до цієї системи, управління якістю охоплює всі стадії й етапи життєвого циклу продукції. Життєвий цикл продукції є сукупністю взаємозалежних процесів зміни стану продукції під час її створення та використання.

Є шість стадій життєвого циклу продукції: маркетинг – проєктування – виробництво – зберігання – експлуатація (споживання) – утилізація (рис. 8.2). Окремі стадії розподіляють на етапи та процеси.

На стадії *маркетингу* вивчають вимоги замовника продукції.

На стадії *проєктування* розробляють продукцію, що відповідає всім вимогам споживача.

На стадії *виробництва* забезпечують рівень якості, закладений у проєкті.

Під час *зберігання* має бути збережено сформовану під час виготовлення якість продукції (у період транспортування, збереження, підготовки до продажу та реалізації).

На стадії *експлуатації* до управління якістю підключається безпосередньо споживач продукції. Від того, наскільки він буде грамотно використовувати (експлуатувати) продукцію, буде залежати її якість і термін служби.

На стадії *утилізації* необхідно попередити шкідливий вплив використаної продукції на навколишню природу та середовище.

Стадією утилізації не закінчується діяльність підприємства. До цього терміну підприємство починає вивчати передбачувані потреби, уточнювати поточні потреби після маркетингу.



Рис. 8.2. Перелік стадій життєвого циклу продукції

Від якості виготовлених машин залежить економічна ефективність їхнього використання.

Під *якістю промислової продукції* розуміють сукупність властивостей, що визначають її придатність задовольняти певні потреби, відповідно до її призначення.

Показник якості характеризує рівень використання галузевих технологій. Можна виділити кілька груп показників якості:

1) показники *технологічності* (коефіцієнт витрати матеріалів, показники трудомісткості продукції, жирність і кислотність продукції молочного тваринництва, сортність продукції землеробства та ін.);

2) показники *надійності машин та обладнання* характеризують безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність засобів виробництва;

3) показники *стандартизації й уніфікації* характеризують ступінь використання стандартних та уніфікованих виробів;

4) *патентно-правові* показники характеризують якість патентоспроможності продукції та виробів, що реалізують на внутрішньому й зовнішньому ринках;

5) *естетичні* показники характеризують якість оформлення продукції для реалізації (оригінальність, виразність та ін.);

6) *ергономічні* показники враховують сукупність гігієнічних, фізіологічних і психологічних властивостей людини;

7) *економічні показники* оцінюють витрати на розроблення, виготовлення і використання продукції та виробів (тобто визначають витрати за шістьма наведеними раніше позиціями).

Таким чином, якість продукції містить розгляд тільки тих властивостей виробу, які пов'язані з можливістю задовольняти певні потреби як окремих членів суспільства, так і суспільства загалом. Очевидно, що основне призначення виробу та його цільову функцію мають визначати вказаними потребами. Водночас у виробі можуть бути властивості, які погіршують його якість.

Деякі властивості, що знижують якість, можуть виникнути у процесі зберігання й експлуатації. Наявність таких показників має звести до мінімуму. Для засвоєння термінології якості продукції слід розглянути такі поняття, як: продукція, виріб, товар, властивості, ознака, показник якості продукції та ін. [67; 68].

*Продукція* – це матеріалізований результат економічної діяльності, призначений для задоволення певних потреб суспільства.

*Виріб* – це одиниця промислової продукції, обчислювальна у штуках або екземплярах (верстат, телевізор, книга та ін.)

*Товар* – це продукція, призначена для продажу населенню з урахуванням призначення та задоволення певних потреб людини.

*Ознака* – це показник, що характеризує спільність (прикмету, знак та ін.) об'єктів за певною єдиною системою (ієрархією).

*Параметр* – це величина, що характеризує властивості процесу або явища (наприклад, маса, сила струму, напруга, ємність та ін.).

*Властивість продукції* – це об'єктивна особливість продукції, яку можуть виявляти у процесі її створення, експлуатації або споживання. Властивості продукції умовно можна розподілити на *прості* та *складні*.

Простою називають властивість, яку для конкретних умов оцінювання рівня якості продукції не розподіляють на більш дрібні властивості.

Складні властивості розділяють на прості та складні. Прикладом складної властивості є показник *призначення*, а простої – потужність електродвигуна, місткість екскаватора, уміст вуглецю у сталі та ін.

*Показник якості* – це кількісна характеристика одного або декількох властивостей продукції, які відображають її якість (розглядають щодо певних умов її створення, експлуатації або споживання). Одиничний показник якості продукції характеризує одну з її властивостей, а комплексний – декілька властивостей. Визначальним називають показник якості продукції, за яким ухвалюють рішення з оцінювання її якості. Він може бути одиничним і комплексним. Комплексний показник якості називають також узагальненим. Груповий – це комплексний показник якості, що належить до однієї групи її властивостей. Відносний – це відношення оцінюваного показника якості продукції до відповідного йому базового показника. Інтегральний показник якості продукції – це відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання продукції до сумарних витрат на її створення й експлуатацію або споживання.

*Індекс якості продукції* – це комплексний показник якості різнорідної продукції, яку випускають за аналізований період, що дорівнює середньому зваженому відносних показників якості цієї продукції.

*Рівень якості продукції* – це відносна характеристика якості, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції з базовими або нормативними значеннями. Якість продукції кількісно визначають: технічним рівнем якості; рівнем якості виготовлення продукції; рівнем якості продукції в умовах експлуатації або споживання.

*Номенклатура показників якості продукції* регламентує ряд нормативно-технічних документів:

1. Стандарт четвертої системи стандартизації "Система показників якості. Номенклатура показників". Однак стандарти цієї системи не розроблено поки на всі види промислової продукції та групи товарів широкого споживання. Так, наприклад, на товари широкого споживання така номенклатура є на показники якості меблів, взуття, одягу, текстильних товарів та інших груп.

2. Керівні нормативні документи, що містять указівки за номенклатурою показників РД 50-435-83; РД 50-64-84; РД 50-165-82; РД 50-149-79.

3. Галузеві методики оцінювання технічного рівня та якості продукції. Так, відповідно до РД 50-149-79, показники якості продукції розподілено за ознаками (табл. 8.1): А – за характерними властивостями; Б – за способом вираження; В – за кількістю характерних властивостей; Г – за застосуванням; Д – за стадією визначення значень показників.

Таблиця 8.1

### Класифікація показників якості

Ознака класифікації	Групові показники якості продукції
А. За характерними властивостями	призначення; надійність; ергономічність; естетичність; технологічність; транспортабельність; уніфікація; патентно-правова захищеність; екологічність; безпека
Б. За способом виявлення	показники натуральних одиниць (м, кг, бали, безмірні), показники вартості одиниць
В. За кількістю характерних властивостей	одиночні; комплексні (групові, узагальнені, інтегральні)
Г. За застосуванням	базові; відносні
Д. За стадією визначення значень показників	прогнозовані; проєктні; продуктивні; експлуатаційні

### Основні пояснення характерних властивостей

показники *призначення* характеризують корисний ефект від використання продукції за призначенням і визначають сферу її застосування (продуктивність обладнання, вантажопідйомність автомобіля, уміст корисних речовин у хімічних добривах, термін носіння взуття та ін.);

показники *надійності* характеризують властивості надійності виробів у конкретних умовах їхнього використання (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість);

показники *технологічності* характеризують ефективність конструктивно-технологічних рішень для забезпечення високої продуктивності праці у процесі виготовлення й ремонту виробів (коефіцієнт складності, коефіцієнт використання матеріалів та ін.);

*ергономічні* показники враховують комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних і психологічних властивостей виробу, їх і виявляють під час виконання виробничих та побутових процесів;

*естетичні* показники – це виразність, оригінальність виробу, їхня відповідність середовищу, стилю, моді та ін.;

показники *уніфікації* характеризують ступінь використання у продукції стандартизованих частин і рівень уніфікації складових частин з іншими виробами;

*патентно-правові* показники характеризують ступінь патентного захисту виробу у країні й за кордоном, а також його патентну чистоту;

показники *транспортабельності* характеризують пристосованість продукції до переміщення у просторі (транспортування), але не супроводжуються її використанням або споживанням;

показники *екологічності* характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, що виникають у процесі експлуатації або споживання продукції;

показники *безпеки* характеризують особливості продукції, яка викликає безпеку у процесі експлуатації або споживанні.

На сьогодні прийнято три підходи до визначення якості:

*об'єктивний*, який характеризується кількісним виміром конкретних властивостей за допомогою технічних засобів, відповідно до нормативно-технічної документації;

*суб'єктивний*, продиктований задоволенням конкретних індивідуальних вимог (запитів, інтересів, традицій, мотивацій та ін.) як із комплексу показників, так і за окремими властивостями;

*емоційний*, який характеризується задоволенням узагальненої пріоритетної вимоги, що склалася під впливом суспільних тенденцій (стилю, моди, уніфікації, типізації та ін.).

У процесі застосування цих методів використовують такі терміни:

*Суб'єкт діяльності* – це фахівець або група споживачів, що виявляють цінність продукції або її корисність.

*Об'єкт оцінювання* – це властивості, що становлять споживчу вартість або корисність продукції.

*Мета* – обумовлена конкретними завданнями в галузі оцінювання або управління якістю продукції.

*Критерії* – це суспільні норми, вимоги, переваги групи фахівців або окремого спеціаліста, які є суб'єктами оцінювання.

Засоби й методи оцінювання розподіляють за джерелами інформації на *традиційні; експертні та соціологічні*. Залежно від способу отримання

інформації традиційні розподіляють на вимірювальний, реєстраційний, органолептичний, розрахунковий методи.

У ринкових відносинах продавця (товаровиробника) і покупця (споживача) такому визначальному критерію товару, як якість, протиставляють конкурентоспроможність товару (це ті вироби, які купують швидко та у великих обсягах, порівняно з аналогічними показниками продукції конкурентів). Визначальними чинниками конкурентоспроможності, як відомо, є якість, ціна, асортимент, термін постачання товарами ринок (його відповідність часу купівельної спроможності, потреби й попиту), обсяг постачання (партії). Водночас ціна та якість є найбільш вагомими чинниками. Якісним споживач вважає товар, придбаний нижче за очікувану вартість, тобто ціна визначає можливість споживача придбати якісний товар за відповідною йому ціною. Такий стан речей розкриває відносність якості й конкурентоспроможності щодо конкретного сегменту ринку (соціальної, економічної групи споживачів).

Розгляньте поняття *якості продукції* щодо якості машин, що виготовляють.

Якість машин характеризується системою показників, що мають кількісні характеристики, визначувані службовим призначенням виробу. Якість машин закладають під час проектування, забезпечують на заданому рівні технологією виготовлення та підтримують протягом певного часу в експлуатації.

Якість машин визначено рядом показників, які можна розподілити на три групи [65]:

I. *Технічний рівень*, який визначає ступінь досконалості машини: потужність, ккд, продуктивність, економічність, ступінь автоматизації, точність роботи та ін. Оцінюють в абсолютних і відносних одиницях. Технічний рівень залежний не тільки від конструкції, але й від технології виготовлення машини.

*Економічні* показники – це капітальні вкладення у виробництво й експлуатацію машини, собівартість її виготовлення та виробленої нею одиниці продукції.

II. *Виробничо-технологічні показники*, що характеризують технологічність конструкції машини (використання матеріалів, трудомісткість).

*Технологічні* показники характеризують найменші витрати на обслуговування, ремонт і виробництво виробу.

*Технологічність* – це сукупність властивостей конструкції, які забезпечують її виготовлення, ремонт і технічне обслуговування за умови найменших витрат, порівняно з аналогічними конструкціями, за однакових умов виготовлення, експлуатації й зіставних показників якості.

III. *Експлуатаційні* показники:

функціональність – це здатність реалізувати показники призначення;

надійність – це комплексна властивість, що охоплює безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, стабільність властивостей;

естетичність (дизайн, товарний вигляд виробу);

екологічність (відображення взаємодії системи "людина – машина – середовище");

безпечність;

транспортабельність (приспосованість до транспортування);

патентоспроможність (правова забезпеченість авторства).

*Ергономічні* показники характеризують гігієнічні, фізіологічні, психологічні та організаційні умови продуктивної праці в разі досягнення високих технічних та якісних показників її результатів (зручне розташування органів управління машиною, простота експлуатації, рівень шуму та вібрацій).

Якість продукції, що випускають, забезпечують дослідженнями ринку, оптимізацією проектування, передовою технологією та її суворим дотриманням, застосуванням комп'ютерних інтегрованих технологій, автоматизацією й механізацією виробництва, якістю сировини та матеріалів, надійністю, технічною естетикою, технологічністю та ремонтпридатністю, техніко-економічною ефективністю, патентною чистотою, якістю обладнання та технологічного оснащення, технічною підготовкою виробництва, науковою організацією праці, метрологічним забезпеченням.

Застосування ефективної технології передбачає оптимальні витрати праці, матеріалів, засобів, часу під час технологічної підготовки виробництва, у процесі виготовлення, експлуатації та ремонту, включно з підготовкою виробу до функціонування, контроль за його працездатністю.

## **8.2. Точність обробки в машинобудівному виробництві**

Якість виробу (машини) забезпечено відповідними вимогами до якості деталей, із яких складається виріб. Під якістю деталі мають на увазі точність розмірів, відхилення від форми, взаємне розташування, стан оброблених поверхонь [6; 19; 38; 39; 58; 65; 67].



Важливою складовою частиною якості є *точність* – ступінь відповідності виготовлених виробів установленим зразкам (відповідність вимогам креслення). Точність – це поняття комплексне. Її забезпечено на всіх етапах технологічного процесу. Установлення необхідної точності й технологічне забезпечення її у виробничих умовах є складним завданням конструктора виробу та технолога.

Розрізняють досяжну й економічну точність.

*Досяжною точністю* називають точність, яку може досягти цим методом висококваліфікований робітник на високоточному обладнанні високоякісним інструментом без обмеження часу обробки.

Під *економічною точністю* розуміють точність, яку досягають за мінімальної собівартості на звичайному обладнанні, робітником відповідної кваліфікації в нормальних виробничих умовах.

У разі підвищення точності зростає собівартість. Більш високу точність досягають застосуванням трудомістких оздоблювальних методів обробки, виконуваних висококваліфікованими робітниками, складністю технологічних процесів, коштовністю унікального обладнання й оснащення. Так, середня економічна точність чистового точіння – IT9 ... IT10, чистового шліфування – IT7 ... IT8.

Під *точністю форми поверхні* розуміють ступінь її відповідності геометрично правильній формі (площинність, лінійність, циліндричність, круглість).

До похибок взаємного розташування поверхонь зараховують: неспіввісність, несиметричність, неперпендикулярність, биття (торцеве, радіальне), непаралельність.

Граничні відхилення (допуски) форми поверхні та взаємного розташування поверхонь указують умовними позначеннями на робочих кресленнях або описують у тексті технічних умов.

Якість оброблених поверхонь деталей характеризується хвилястістю, шорсткістю, станом поверхневого шару (його зміцненням, залишковими напруженнями).

*Хвилястість* – це сукупність виступів і западин, що регулярно повторюються, із відношенням кроку  $L$  до висоти  $H$  більшим за 40.

*Шорсткість* – це сукупність нерівностей із малим кроком ( $L/H < 40$ ), що утворюють рельєф поверхонь. Установлюють такі параметри шорсткості:  $R_z$ ,  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ ,  $t_p$  (рис. 8.3).

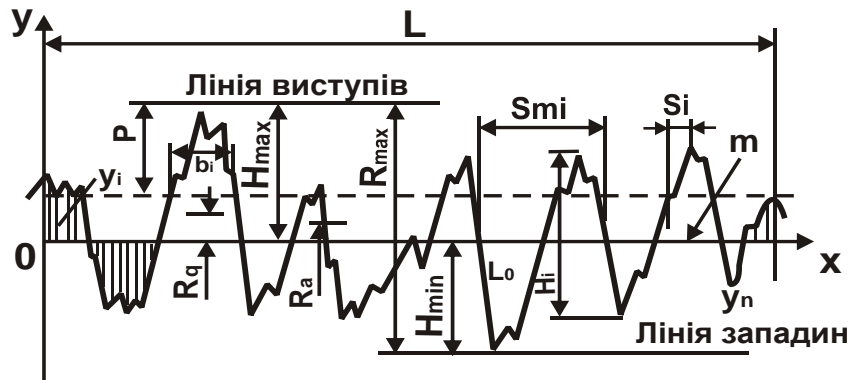


Рис. 8.3. Профілограма поверхні для визначення параметрів шорсткості

$R_a$  – це середнє арифметичне відхилення профілю шорсткості:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{N} \quad \text{або} \quad R_a = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} (y_i) dx; \quad (8.1)$$

$R_z$  – це середня висота нерівностей за 10 точками:

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 H_{\max}; \quad (8.2)$$

$S_m$  – це середній крок нерівності вздовж середньої лінії:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_n; \quad (8.3)$$

$S$  – це середній крок нерівності за вершинами виступів:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i; \quad (8.4)$$

$t_p$  – це відносна опорна довжина профілю;

$R_{\max}$  – це максимальна висота нерівностей (профілю) – відстань між лініями виступів і западин.

Параметри шорсткості, визначені за залежностями (8.1) – (8.4), призначає конструктор з урахуванням експлуатаційних вимог до деталі. Є нормативи на шорсткість, залежно від точності відповідних розмірів поверхонь та призначення.

На кресленнях шорсткість позначають знаками й параметрами (найчастіше  $R_z$  і  $R_a$ ).

Оцінювання параметрів шорсткості можна здійснювати прямим або непрямим методами.

*Непрямий метод* визначення шорсткості поверхні полягає у візуальному порівнянні шорсткості поверхні деталі з поверхнею еталонного атестованого зразка.

*Методи прямого контролю* реалізують щуповими приладами (наприклад, профілографом-профілометром, рис. 8.4) або оптичними приладами.



Рис. 8.4. Профілограф-профілометр

Важливі експлуатаційні характеристики деталей визначають за якістю поверхневого шару. Так, наприклад, значна шорсткість поверхонь, що труться, призводить до інтенсивного початкового зносу, збільшення зазору в парі, що треться, підвищеного тепловиділення, видалення окисної плівки. З іншого боку, зменшення висоти нерівностей нижче за оптимальні значення призводить до різкого зносу через молекулярне зчеплення та видавлювання мастила. Здебільшого поверхневе зміцнення (наклепування) сприяє підвищенню зносостійкості як в умовах тертя з мастилом, так і за сухого тертя. Поверхневі залишкові напруження,

переважно, знижують корозійну стійкість, але разом із тим залишкове напруження стиснення підвищує втомну міцність.

Крім шорсткості поверхні деталі, на її якість суттєво впливає стан поверхневого шару. Під дією сили різання відбуваються пластичні деформації, які викликають зміцнення (наклепування). Оцінювання зміцнення поверхневого шару можна здійснювати вимірюванням мікротвердості та визначенням її інтенсивності за глибиною.

*Твердість* – це здатність матеріалу чинити опір упродовженню в нього спеціального наконечника (індентора). Методи визначення твердості: за Роквеллом, Брінеллем, Віккерсом та ін.

Інтенсивність мікротвердості визначають за такою залежністю:

$$h = \frac{H - H_0}{H_0} \times 100 \% , \quad (8.5)$$

де  $H_0$  – твердість вихідного матеріалу,  $\text{H}/\text{m}^2$ ;

$H$  – твердість після наклепування,  $\text{H}/\text{m}^2$ .

Зважаючи на залежність (8.5), підвищити інтенсивність мікротвердості  $h$  можна шляхом підвищення твердості після наклепування  $H$ .

Із метою підвищення зносостійкості поверхонь деталей, що працюють під час знакозмінних навантажень, у машинобудуванні застосовують технологічні методи поверхневого зміцнення (вирівнювання, обкатування, обробки дробом). У процесі виготовлення заготовок у їхньому поверхневому шарі утворюються залишкове внутрішнє напруження.

*Залишкове напруження* – це напруження, яке наявне в поверхневому шарі заготовки без додаткової дії зовнішніх навантажень. У заготовках його врівноважують у повному обсязі. Для виключення деформації заготовок у процесі та після механічної обробки застосовують спеціальні методи, наприклад старіння (штучне, природне).

Таким чином, в узагальненому поданні (табл. 8.2) *якість поверхонь деталей машин* – це геометричний та фізико-хімічний стан поверхневого шару в результаті дій на нього різних силових полів (шляхом послідовного застосування прийомів, способів, методів обробки).

Якість поверхні деталі характеризується, переважно, відхиленням форми та розташування поверхонь, точністю їхніх розмірів, шорсткістю та фізико-хімічним станом поверхневого шару.

## Показники якості деталей сучасних машин

Групи параметрів	Підгрупи параметрів	Назви параметрів
Точність обробки поверхні	Точність форми	Відхилення від круглості, циліндричності, прямолінійності, площинності
	Точність взаємного розташування	Відхилення від паралельності, співвісності. Радіальне (торцеве) биття
	Точність лінійних і кутових розмірів	Квалітет
Нерівності поверхні	Шорсткість	Висота нерівностей профілю за 10 точками. Середнє арифметичне відхилення профілю. Найбільша висота нерівностей профілю. Середній крок нерівностей за вершинами локальних виступів. Середній крок нерівностей. Відносна опорна довжина профілю
	Хвилястість	Висота хвилястості. Середній крок хвилястості
		Напрямок нерівності. Кут між напрямом нерівностей і напрямом дії зовнішніх навантажень
Фізичний стан матеріалу	Структура	Параметр грат. Щільність дислокацій. Концентрація вакансій. Рівновісність структури. Однорідність структури
	Субструктура	Розміри фрагментів, блоків. Кут розорієнтування фрагментів, розорієнтування блоків
	Деформаційне зміцнення (наклепування)	Ступінь деформації зерен, деформації шарів, наклепування. Глибина наклепування. Градієнт наклепування
Напружений стан матеріалу (технологічне залишкове напруження)	Напруження поверхневого шару	Знак і характер епюри (напруження I роду). Мікронапруження (напруження II роду). Субмікронапруження (напруження III роду)
	Об'ємне напруження	Найбільша величина макронапруження. Ступінь неоднорідності макронапруження

Щоб виріб відповідав своєму цільовому призначенню, його розмірів необхідно дотримуватися з достатньою точністю. Точність розмірів регламентовано єдиною системою допусків і посадок (ЄСДП).

*Розміром* називають числове значення лінійної величини (діаметра, довжини тощо) у вибраних одиницях вимірювання. На машинобудівних кресленнях розміри проставляють у міліметрах без указівки розмірності.

Розрізняють номінальний, дійсний і граничний розміри.

*Номінальний* – це розмір, відносно якого встановлюють граничні розміри та який слугує також початком відліку відхилень. Номінальні розміри, що визначають величину деталі, вибирають серед нормальних лінійних розмірів на підставі розрахунків на міцність, жорсткість та інших міркувань.

*Номінальний* – це розмір, який слугує відліком граничних відхилень ( $D, L$  – отвір;  $d, l$  – вал).

Розміри реально наявних деталей можна визначити лише шляхом вимірювання. Розмір, установлений вимірюванням із допустимою похибкою, називають *дійсним*.

Граничні розміри: найбільший –  $D_{\max}, d_{\max}$ ;

найменший –  $D_{\min}, d_{\min}$ .

Граничні відхилення ( $ES, es$  – верхні;  $EI, ei$  – нижні) можуть бути негативними, позитивними або дорівнювати нулю.

*Допуск* – це різниця між найбільшими та найменшими граничними розмірами або модуль різниці граничних відхилень:

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = [es - ei]. \quad (8.6)$$

Допуск, зважаючи на залежність (8.6), завжди позитивна величина.

*Поле допуску* називають поле, обмежене верхнім і нижнім граничними відхиленнями, яке визначають за величиною допуску та його положенням щодо номінального розміру. За графічного зображення поля допуску проводять нульову лінію, яка визначає номінальний розмір (рис. 8.5). Граничне відхилення, розташоване ближче до нульової лінії, називають *основним*. Основні відхилення визначають положення поля допуску відносно нульової лінії, їх позначають буквами латинського алфавіту: великими – для отворів, малими – для валів. Літерні позначення основних відхилень утворюють ряди, їх 27 для валів і 27 для отворів.

Для нормування необхідних рівнів точності ЄСДП передбачає квалітети (0,1; 0,1 ... 17). У міру збільшення порядкового номера квалітету допуск збільшується, а точність знижується.

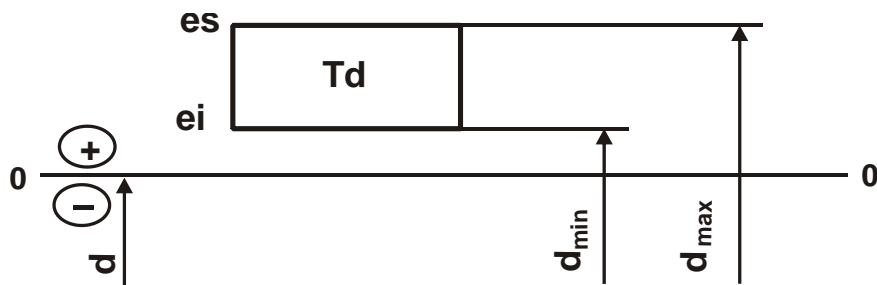


Рис. 8.5. Схема розташування поля допуску вала

*Квалітет* – це сукупність допусків, що характеризують сталість відносної точності, тобто допуски в межах квалітету залежні тільки від номінальних розмірів, а для кожного номінального розміру допуск залежний від квалітету. Таким чином, величина допуску залежна від номінального розміру та квалітету.

Згідно з вимогами ЄСДП, на кресленнях усі розміри вказують із граничними відхиленнями.

Умовне позначення поля допуску складається з позначення основного відхилення та квалітету: вали – h6, d11, отвори – H6, D8.

Деталі, які складають, містять поверхні, що сполучаються й не сполучаються (вільні). Дві або кілька рухомо- або нерухомо з'єднаних деталей називають деталями, що сполучаються, а поверхні, якими з'єднуються деталі – поверхнями, що сполучаються. Розрізняють поверхні, що сполучаються, та поверхні, що охоплюються, і поверхні, що охоплюють.

*Вал* – це термін, який застосовують для зовнішніх поверхонь, що охоплюються. Основний вал – це вал, у якого верхнє граничне відхилення  $es = 0$  (позначають h).

*Отвір* – це термін, який застосовують для внутрішніх поверхонь, що охоплюють. Основний отвір – це отвір, у якого нижнє граничне відхилення  $EI = 0$  (позначається H).

Поля допусків основних валів та отворів розташовують "у тіло".

*Посадкою* називають характер з'єднання деталей, який визначають зазором або натягом. Розрізняють зазори та натяги: максимальні, мінімальні та середні. Наприклад,

максимальний зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \quad (8.7)$$

мінімальний зазор:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \quad (8.8)$$

середній зазор:

$$S_{\text{сеп}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2}. \quad (8.9)$$

*Посадка із зазором* – це така посадка, коли в разі сполучення двох деталей утворюється зазор.

*Посадка з натягом* – це посадка, за якої забезпечено натяг у з'єднанні.

*Перехідна посадка* – це посадка, за якої з партії деталей, що сполучаються, можуть утворюватися як зазори, так і натяги. Для всіх типів посадок допуск посадки чисельно дорівнює сумі допусків отвору та вала:

$$TS = S_{\text{max}} - S_{\text{min}}; \quad (8.10)$$

$$TN = N_{\text{max}} - N_{\text{min}}; \quad (8.11)$$

$$TS(TN) = TD + Td. \quad (8.12)$$

*Посадкою в системі отвору* називають таку посадку, у якій різні зазори й натяги забезпечено за допомогою різних валів з основним отвором. На рис. 8.6 показано приклад схеми полів допусків для таких посадок.

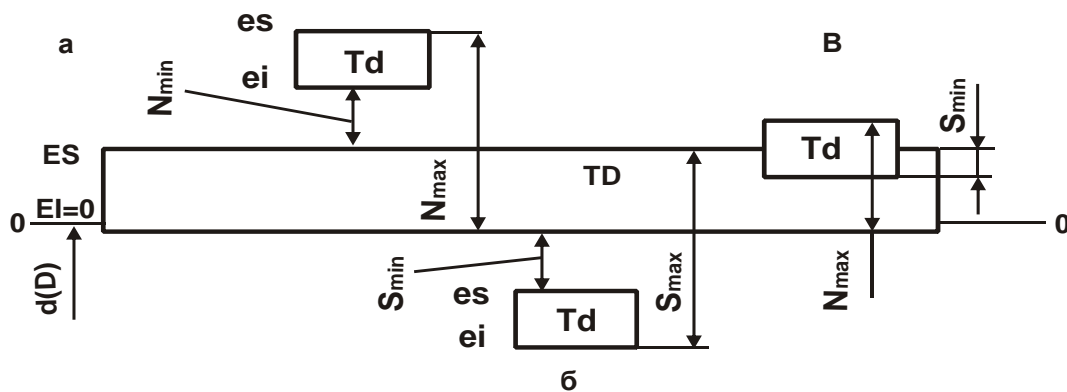


Рис. 8.6. Схема полів допусків посадок у системі отвору:  
а – з натягом; б – із зазором; в – перехідна

*Посадка в системі валу* – це посадка, у якій різні зазори й натяги отримують з'єднанням різних отворів з основним валом. Перевагу в машинобудуванні віддають посадкам у системі отвору, оскільки процес виготовлення отворів більш трудомісткий.

Умовне позначення посадки складається з позначення полів допусків отвору та вала, які записують у вигляді дробу: у чисельнику – для отвору (наприклад  $40 \frac{H7}{g6}$ ), у знаменнику – для вала (наприклад  $40 \frac{E8}{h7}$ ).



## Граничні калібри для контролювання гладких з'єднань

Під час виготовлення деталей їхні справжні розміри з різних причин можуть виходити за межі поля допуску. Придатність деталі за заданим розміром установлюють або шляхом вимірювання, або шляхом контролю за зазначеним розміром.

Вимірювання (визначення дійсного розміру) виконують в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва за допомогою універсальних вимірювальних інструментів (штангенциркуля, штангенглибиноміра) та мікрометричних інструментів. Контроль за розміром, що перевіряють, здійснюють, із метою визначення його придатності або непридатності, без установлення дійсного розміру в масовому та великосерійному виробництві. Контроль за деталями від ІТ6 ... ІТ17 здійснюють граничними калібрами (рис. 8.7).



Рис. 8.7. Вимірювальні інструменти:

**а – гладкі калібри-пробки; б – скоба мірна калібром 68 мм**

*Калібр* – це безшкальний вимірювальний інструмент, призначений для контролю за розмірами, формами, взаємним розташуванням поверхонь деталей. Оскільки розмір поверхні обмежено двома граничними розмірами, наприклад для отвору ( $D_{\max}$  і  $D_{\min}$ ), то для контролю потрібно мати два калібри, один із яких контролює розмір найбільшого граничного розміру, а другий – найменшого. Тому такі калібри називають *граничними*.

*Прохідний розмір* – той із двох граничних розмірів, який відповідає більшій кількості матеріалу у виробі, тобто для вала –  $d_{\max}$ , для отвору –  $D_{\min}$ . Прохідні граничні розміри контролюються прохідними (ПР) калібрами.

Для контролю за отворами у виробках застосовують гладкі калібри-пробки, для контролю валів – калібри-скоби (рідко кільця).

## **Запитання для самостійного контролю**

1. Що означають поняття "кваліметрія", "стандартизація" та "метрологія"?
2. Що означає поняття "сертифікація продукції"?
3. Що означають стандарти ISO серії 9 000 і 10 000?
4. Дайте визначення поняття "якість".
5. Назвіть шість стадій життєвого циклу продукції.
6. Назвіть та обґрунтуйте групи показників якості.
7. Що містить класифікація показників якості?
8. Назвіть три підходи до визначення якості.
9. Назвіть три групи показників до визначення якості машин.
10. Назвіть показники якості деталі машини.
11. Назвіть показники точності деталі машини.
12. Що означає термін "точність у машинобудуванні"?
13. Що означають терміни "досяжна" й "економічна" точності?
14. Дайте визначення термінам "хвилястість" і "шорсткість" поверхні.
15. Назвіть параметри шорсткості поверхні.
16. Чим відрізняється непрямий метод визначення шорсткості поверхні від методу прямого контролю?
17. Що таке "твердість матеріалу" та які є методи її визначення?
18. Що означає термін "залишкове напруження в поверхневому шарі заготовки"?
19. Назвіть основні показники якості деталей сучасних машин.
20. За якою ознакою розрізняють номінальний, дійсний і граничний розміри?
21. Що означають терміни "допуск" та "поле допуску"?
22. Скільки є квалітетів точності та що вони означають?
23. Для чого застосовують квалітети точності?
24. Що означає термін "посадка"?
25. Що означає термін "калібр"?
26. Які параметри поверхонь деталей можна оцінити, застосовуючи гладкі калібри-пробки та скобу мірну?

**Література:** [6; 19; 37 – 39; 50; 56; 58; 65; 67; 68].

## 9. Техніко-економічне обґрунтування ефективності функціонування технологічних систем

### 9.1. Основи технічного нормування

Важливим елементом у системі стимулювання є нормування. Із його допомогою встановлюють норми необхідних витрат праці на кожному робочому місці, ураховують фактичні трудові витрати, відповідно до яких здійснюють нарахування заробітної плати.

*Технічне нормування* – це метод установалення норм витрат праці на основі диференційованого вивчення й аналізу виробничого процесу за його складовими частинами – операціями – та створення найбільш раціонального складу робіт, відповідно до досягнутого рівня розвитку техніки й організації виробництва [65; 67] (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Засоби для технічного нормування

У технічному нормуванні використовують такі норми праці:

*норма часу* – це регламентована величина витрат робочого часу, установалена на виконання одиниці роботи одного або групи працівників відповідної кваліфікації за певних організаційно-технічних умов;

*норма вироблення* – це обсяг роботи (кількість одиниць продукції), який працівник або група працівників відповідної кваліфікації мають виконати (виготовити, перевезти та ін.) за одиницю робочого часу в певних організаційно-технічних умовах;

*норма обслуговування* – це зона роботи або кількість одиниць обладнання, виробничих площ та інших одиниць (кількість робочих місць, працівників), які мають обслуговувати один або група працівників відповідної кваліфікації за певних організаційно-технічних умов;

*норматив чисельності* – це кількість працівників потрібного професійно-кваліфікаційного складу, необхідна для виконання заданого обсягу робіт у тих чи тих організаційно-технічних умовах;

*норма керованості* показує, якою кількістю людей або виробничих підрозділів і служб підприємства може керувати один керівний працівник.

Із метою досягнення єдності методів нормування праці створено єдину класифікацію витрат робочого часу. Її основними *класифікаційними ознаками* є:

час роботи й час перерв, які визначають витратами часу дії об'єкта, що спостерігають;

виробниче призначення витрат часу (підготовчо-заклучний, основний і допоміжний час та ін.);

ефективність витрат часу (необхідний і зайвий час).

Норми витрат праці можна встановити двома методами:

1) на основі детального аналізу, здійснюваного на підприємстві, та проєктування оптимального трудового процесу – *аналітичний метод*;

2) сумарно без детального аналізу та проєктування оптимального трудового процесу, зважаючи на статистичні дані про виготовлення, витрати часу на виконання роботи за попередній період або експертні оцінки – *сумарний метод (дослідно-статистичний)*.

Сумарний метод тільки фіксує фактичні витрати праці й не сприяє вирішенню завдання підвищення ефективності виробництва. Тому його застосування допустиме лише у виняткових випадках (наприклад, у разі нормування аварійних і дослідних робіт).

Під час використання аналітичного методу вводять обґрунтовані норми, упровадження яких сприяє підвищенню продуктивності праці та загалом ефективності виробництва. Інакше кажучи, *технічне нормування* – це встановлення норми часу на виконання певної роботи або норми виробітку (кількість виробів за одиницю часу).

*Норму часу* визначають на основі технічних розрахунків, з огляду на умови найбільш повного використання можливостей обладнання та технологічного оснащення. Основний елемент розрахунку – це *операція*.

*Технічно обґрунтованою нормою* називають час, витрачений на виконання певної операції (у хв) за певних організаційно-технічних умов конкретного підприємства. На основі технічних норм розраховують тривалість виробничого циклу, планування виробництва, виробничу потужність, кількість працівників, одиниць обладнання, інструменту, оснащення та ін.

*Технічна норма часу* встановлює обґрунтовану норму витрат виробничих ресурсів [65]. Вона є основним показником під час аналізу технологічних процесів і вибору оптимальних із них, є критерієм досконалості технологічного процесу. Наприклад, під час розрахунку норм часу на обробку заготовки необхідно виходити з таких умов:

- припуски заготовки є оптимальними;
- якість заготовки відповідає вимогам підприємства;
- схема обробки та режими різання є оптимальними;
- кваліфікація робітників відповідна;
- застосовуване обладнання, пристосування та інструменти ефективні.

Крім того, норми часу не враховують непередбачені умови: невчасно поставлені матеріали, інструмент, перебої з електроенергією, транспортом та ін., витрати, пов'язані з виправленням браку.

Час, витрачений на виготовлення однієї деталі на певній операції, називають *штучним*:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{доп.}} + T_{\text{то}} + T_{\text{оо}} + T_{\text{п}}, \quad (9.1)$$

де  $T_o$  – основний час;

$T_{\text{доп.}}$  – допоміжний час;

$T_{\text{то}}$  – час технічного обслуговування робочого місця;

$T_{\text{оо}}$  – час організаційного обслуговування;

$T_{\text{п}}$  – час перерв на відпочинок і природні потреби.

Для визначення штучного часу  $T_{\text{шт.}}$  за залежністю (9.1) необхідно визначити основний час  $T_o$ .

*Основний (технологічний) час* – це час, витрачений безпосередньо на обробку. Його визначають для кожного технологічного переходу, наприклад для токарної обробки за такою залежністю:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o}, \quad (9.2)$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, мм;

$i$  – кількість робочих проходів на цьому переході;

$n$  – частота обертання шпинделя (заготовки) об./хв або  $\text{хв}^{-1}$ ;

$S_o$  – зворотна подача, мм/об.

Для окремих видів обробки залежність (9.2) може мати інший вигляд. Основний час на операцію, що виконують у кілька переходів, визначають підсумовуванням часу за переходами.

*Допоміжний час* ( $T_{\text{доп.}}$ ) складається із часу, необхідного на управління верстатом (увімкнути – вимкнути, на налаштування режимів обробки, на переміщення інструмента в зону різання, на установлення пристосування, деталі, на вимірювання та ін.). Так само, як і основний, допоміжний час може бути ручним, машинним та їхнім поєднанням.

Допоміжний час може становити до 30 % й більше штучного часу. Тому необхідно виявляти шляхи та здійснювати можливі заходи щодо його скорочення.

*Час технічного обслуговування*  $T_{\text{то}}$  враховує час на зміну затупленого інструмента, час на підналагодження, регулювання, видалення стружки із зони різання та ін.

*Час організаційного обслуговування*  $T_{\text{оо}}$  складається із часу на догляд за робочим місцем у процесі роботи та наприкінці зміни, час на підготовку інструментів, час на огляд верстата та його випробування, час на змащення, прибирання та ін.

*Час перерв у роботі*  $T_{\text{п}}$  складається із часу перерв на особисті потреби, на регламентовані перерви, обумовлені технологією й організацією технологічного процесу.

Під час нормування елементів: часу організаційного обслуговування  $T_{\text{оо}}$ , часу технічного обслуговування  $T_{\text{то}}$  і часу перерв в роботі  $T_{\text{п}}$ , що складають структуру *штучного часу*, користуються нормативами, якими, залежно від застосовуваного обладнання, типу виробництва та інших виробничих умов, установлюють відсоткові значення від оперативного (або основного) часу.

*Оперативним* називають суму основного та допоміжного часу, що визначають за такою залежністю:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{доп.}} \quad (9.3)$$

Як видно, оперативний час  $T_{\text{оп}}$ , що визначають за залежністю (9.3), менший від штучного часу  $T_{\text{шт.}}$ .

В умовах серійного виробництва під час виготовлення партії деталей використовують підготовчо-заклучний час ( $T_{\text{п-з}}$ ). Це час, що витрачають на підготовчі та заключні роботи з виготовлення партії деталей, але не входить до штучного часу (вивчення робочих креслень, підготовку

й налагодження обладнання та ін.). Визначають штучно-калькуляційний час за такою залежністю:

$$T_{\text{шт-к}} = T_o + T_{\text{доп.}} + T_{\text{то}} + T_{\text{оо}} + T_{\text{п}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (9.4)$$

де  $n$  – кількість деталей у партії.

Як видно, штучно-калькуляційний час  $T_{\text{шт-к}}$ , що визначають за залежністю (9.4), більший від штучного часу  $T_{\text{шт.}}$ .

У процесі нормування робіт оперують поняттям "норма вироблення", тобто величиною, зворотною нормі часу. Розрізняють: змінну  $N_{\text{зм.}}$  – кількість деталей, виготовлених за зміну, та годинну  $N_{\text{год}} = 60/T_{\text{шт.}}$  – кількість деталей, виготовлених за годину, що визначає продуктивність праці.

## 9.2. Оцінювання досконалості технологічних систем і процесів

Оцінювання досконалості технологічних систем і процесів визначають сукупністю технічних, техніко-економічних і техніко-експлуатаційних показників [5; 8; 50; 58; 68].

До *технічних* показників належать: коефіцієнт уніфікації, точність обробки, шорсткість поверхні, коефіцієнт використання матеріалу та ін.

До *техніко-економічних* показників належать: собівартість, продуктивність праці, якість, трудомісткість та ін.

*Техніко-експлуатаційні параметри* машин, апаратів та агрегатів це: габарити (висота, довжина, ширина в м), займана площа ( $\text{м}^2$ ), маса (кг); частота обертання (об./с); ступінь автоматизації; наявність захисних пристроїв; споживана або вихідна потужність; енергоємність; тривалість безвідмовної роботи (гарантійний термін), перелік виконання основних і допоміжних операцій; умови, необхідні для нормальної роботи (температура, вологість повітря, шум, вібрації тощо); зручність управління та ін.

Важливим завданням для економістів є порівняльний аналіз усіх перелічених показників для виявлення найбільш оптимального їхнього поєднання та визначення оптимальних режимів здійснення технологічного процесу і вибору прогресивного технологічного обладнання.

*Технологічність виробу* означає ступінь оптимальності витрат праці, коштів, матеріалів та часу на виготовлення цього виробу або його ремонт. Її оцінюють порівнянням значень техніко-економічних показників зі значеннями у відповідних нормативах. Це може мати місце в ринковому

механізмі господарювання на підприємствах із державним регулюванням. Слід зазначити, що вибір необхідних показників з погляду їхньої кількості та важливості визначають за рівнем технологічної системи: елементарної, цехової, підприємства (виготовлення товару) та ін.

Залежно від стадії життєвого циклу технологічного розроблення, а, відповідно, і достовірності використовуваної інформації, розраховують очікуваний або фактичний економічний ефект. Узагальнюваним показником ефективності технологічного процесу є собівартість виробу (продукції). *Собівартість* – це один із найважливіших якісних показників, що характеризує всі аспекти діяльності підприємства. У ньому відображається повнота й ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів на випуск продукції, економія з витрати коштів, результати впровадження нової техніки. Зниження собівартості – це найважливіший шлях до збільшення прибутку й рентабельності товарної продукції, підвищення ефективності промислового виробництва. Собівартість ураховує всі трудові та сировинні витрати виробництва й охоплює: витрати на засоби виробництва, оплату праці, послуги інших компаній, транспортні витрати, втрати на закупівлю сировини, палива, електроенергії та ін. Співвідношення цих витрат характеризує структуру собівартості, яка змінюється під впливом розвитку технологічного процесу та вдосконалення виробництва [65].

Питома вага витрат у різних галузях промисловості різна. Тому витрати у промисловості, залежно від питомої ваги витрат, розподіляють, відповідно до процесів: трудомісткі (видобувні галузі, металургія чорних металів); енергоємні (кольорова металургія та ряд галузей хімічного комплексу); із великими витратами на амортизацію (нафтовидобувна й електроенергетична галузі); капіталомісткі (турбобудування, приладобудування); матеріаломісткі (текстильна, швейна, харчова та інші галузі). Собівартість промислової продукції (робіт, послуг) – це виявлені у грошовій формі поточні витрати підприємства на її виробництво та збут. Витрати на виробництво утворюють виробничу (заводську) собівартість, а витрати на виробництво та збут – повну собівартість промислової продукції. Порядок додавання в собівартість поточних витрат визначено ст. 9 Закону України "Про оподаткування та прибуток підприємства".

Типові положення із планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 16.05.2002 р. за № 630. Типові положення застосовують на підприємствах, що випускають промислову продукцію, незалежно від форми власності та господарювання. Витрати на виробництво



продукції (або собівартість валової продукції) характеризують витрати поточного періоду (року, кварталу, місяця) на виробництво продукції. Собівартість товарної продукції характеризує витрати на виробництво та збут протягом усього циклу. У зв'язку із цим має забезпечити повне зіставлення планових і звітних даних щодо складу та класифікації витрат, об'єктів та одиниць калькулювання, методів розподілу витрат за плановими (звітними) періодами (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

### Класифікація витрат на виробництво

№ п/п	Ознаки	Витрати
1	За місцем виникнення витрат	Витрати виробництва, цеху, дільниці, служби та ін.
2	За видами продукції, робіт, послуг	Витрати на виріб, групи однорідних виробів, одноразові замовлення, реалізовану продукцію
3	За видами витрат	Витрати за економічними елементами, витрати за статтями калькуляції
4	За способами перенесення вартості на продукцію	Витрати прямі, непрямі
5	За ступенем впливу обсягу виробництва на рівень витрат	Витрати умовно-змінні, умовно-постійні
6	За календарними періодами	Витрати поточні, одноразові

1. За місцем виникнення витрати на виробництво групують за цехами, дільницями, службами та іншими адміністративно відокремленими структурними підрозділами виробництв. Залежно від характеру та призначення виконуваних процесів, виробництво розподіляють на: основне, допоміжне та непромислове.

До *основного виробництва* належать цехи, дільниці, які беруть безпосередню участь у виготовленні продукції.

*Допоміжне виробництво* призначено для обслуговування цехів основного виробництва; виконання робіт із ремонту основних фондів; забезпечення інструментом, запасними частинами для ремонту обладнання, різними видами енергії, транспортними та іншими послугами. Це ремонтні, експериментальні, енергетичні, транспортні та інші цехи.

До *непромислового виробництва* належать: неза заводський транспорт, житлово-комунальне господарство та культурно-побутові установи, підсобні підприємства, які не беруть участі у виробництві товарної продукції.

2. Усі *витрати на виробництво* додають до собівартості окремих видів продукції, робіт і послуг (зокрема виробів, виготовлених за індивідуальними замовленнями).

3. За видами витрати класифікують за *економічними елементами та статтями калькуляції*. Під елементами витрат розуміють економічно однорідні види витрат. Витрати за статтями калькуляції – це витрати на окремі види виробів, а також витрати на основне та допоміжне виробництво.

4. За способами перенесення вартості на продукцію витрати розподіляють на прямі та непрямі.

До *прямих* належать витрати, пов'язані з виробництвом окремих видів продукції (на сировину, основні матеріали, покупні вироби й напівфабрикати та ін.), які безпосередньо формують вартість.

До *непрямих* належать витрати, пов'язані з виробництвом кількох видів продукції (витрати на утримання та експлуатацію обладнання, загальновиробничі витрати), які вносять у собівартість за допомогою розрахункових методів.

5. За ступенем впливу обсягу виробництва на рівень витрат їх розподіляють на умовно-змінні й умовно-постійні.

До *умовно-змінних* належать витрати, абсолютна величина яких зростає зі збільшенням обсягу випуску продукції та спадає за його зменшення: витрати на сировину та матеріали, комплектувальні вироби, напівфабрикати, технологічне паливо й енергію, на оплату праці працівників, зайнятих у виробництві продукції (робіт, послуг) та ін.

*Умовно-постійні* – це витрати, абсолютна величина яких за збільшення (зменшення) випуску продукції суттєво не змінюється. До них належать витрати, пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробничою діяльністю цехів, а також витрати на забезпечення господарських потреб виробництва.

Показник *собівартості* – це сукупність матеріальних і трудових витрат підприємства у вартісному вимірюванні, необхідних для виробництва й реалізації продукції. Відповідно до типового положення із планування, обліку й калькулювання собівартості продукції, витрати групують за такими елементами: *матеріальні витрати*, пов'язані із придбанням сировини, насіння, матеріалів, палива, паливно-мастильних матеріалів, електроенергії та води; витрати на основну та додаткову заробітну плату працівників основного виробництва; відрахування на соціальні заходи; витрати, пов'язані з амортизацією основних фондів і нематеріальних активів, тобто відрахування на відновлення, спрацювання основних засобів

виробничого призначення (будівель, споруд, силових і робочих машин), інші витрати (витрати з управління виробництвом, на утримання будинків, оренду приміщень та ін.).

Витрати виробництва, безпосередньо пов'язані з виробництвом продукції, називають *виробничою собівартістю* (або фабрично-заводської собівартості). Своєю чергою, витрати, пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції, називають *повною собівартістю*. Співвідношення між різними видами витрат, доданих у собівартість продукції, є її структурою. Вивчення структури собівартості продукції необхідно для пошуку резервів зниження витрат на основне виробництво, удосконалення технологічних процесів і підвищення рівня продуктивності праці.

### **9.3. Напрями підвищення ефективності технологічних систем металообробки**

Продуктивність обробки та її собівартість залежать від ряду чинників, починаючи від застосовуваного матеріалу, способу виготовлення заготовки та закінчуючи вимогами до точності й шорсткості оброблюваних поверхонь, виготовлених виробів, методами та засобами кінцевого чи міжопераційного контролю за ними. Підвищення точності, зниження шорсткості підвищують трудомісткість, а отже, собівартість [19; 30; 43; 65].

Доцільність заходів, спрямованих на вдосконалення техніки й технології, зокрема й економічність передбачуваного технологічного процесу, обґрунтовують розрахунками техніко-економічної ефективності [65].

*Ефект* – це корисний результат, який забезпечує нові розроблення, технічні заходи, інновації. Ефект може бути економічним, екологічним, соціальним, науково-технічним.

*Економічний ефект* виявляють в економії всіх видів виробничих ресурсів, підвищенні продуктивності продукції, що випускають, у зростанні прибутку підприємства.

*Екологічний ефект* – це зменшення шкідливого впливу виробництва на навколишнє середовище.

*Соціальний ефект* – це поліпшення умов праці, виключення важкої та шкідливої праці, професійних захворювань, підвищення культури виробництва.

*Науково-технічний ефект* виявляють у забезпеченні науково-технічного прогресу (нових знань, здобутті нових засобів та ін.).

Економічний ефект кількісно оцінюють показниками. У загальному вигляді показник економічного ефекту визначають за співвідношенням

перевищення вартісної оцінки корисних результатів із витратами на розроблення інновації. Удосконаленнями технології можуть бути такі заходи: заміна матеріалу; збільшення коефіцієнта використання матеріалу  $K_{\text{вм}}$ ; заміна обладнання або збільшення його коефіцієнта завантаження; зниження трудомісткості обробки; механізація, автоматизація; застосування прогресивного технологічного оснащення; економія енергоносіїв.

Найбільш економічний варіант технологічного процесу вибирають під час розрахунку економічної ефективності за показниками. Розрізняють загальні (абсолютні) та порівняльні показники.

Загальний (абсолютний) показник економічної ефективності  $E_{\text{заг.}}$  визначають за співвідношенням різниці заводської ціни  $\text{Ц}$  та собівартості продукції  $\text{С}$  до капіталовкладення  $\text{К}$ , що сприяє цій економії. Розрахунок здійснюють щодо річного випуску продукції:

$$E_{\text{заг.}} = \frac{\text{Ц} - \text{С}}{\text{К}}. \quad (9.5)$$

Зважаючи на залежність (9.5), за умови  $E_{\text{заг.}} > E_{\text{а}}$  – напрями вдосконалення технології є ефективними, тобто вони себе виправдовують, де  $E_{\text{а}}$  – нормативний абсолютний показник (для машинобудування  $E_{\text{а}} = 0,16$ ).

*Порівняльний (розрахунковий)*  $E_{\text{р}}$  показник передбачає зіставлення двох варіантів технічного рішення (наприклад, діючого та пропонованого процесу), його визначають за такою залежністю:

$$E_{\text{р}} = \frac{\text{С}_1 - \text{С}_2}{\text{К}_2 - \text{К}_1}, \quad (9.6)$$

де індекси: 1 – базовий (діючий) технологічний процес;

2 – пропонований (вдосконалений) технологічний процес.

Зважаючи на залежність (9.6), за умови  $E_{\text{р}} > E_{\text{н}}$ , другий варіант ефективніший за перший. Нормативний порівняльний показник  $E_{\text{н}} = 0,12$  (для машинобудування).

*Термін окупності додаткових капіталовкладень*  $T_{\text{р}}$  – це величина зворотна порівняльному показнику  $E_{\text{р}}$ , тобто  $T_{\text{р}} = 1/E_{\text{р}}$ .

Умовою окупності капіталовкладень є:  $T_{\text{р}} < T_{\text{н}}$  ( $T_{\text{н}} = 8,3$  року).

Якщо собівартості  $\text{С}_1$  й  $\text{С}_2$  беруть щодо одиниці продукції, то капіталовкладення мають бути також питомими.

Під час розрахунку економічності порівнюваних варіантів технологічного процесу для визначення собівартості може виявитися прийнятним метод визначення собівартості *поелементний* – метод калькулювання (метод прямого рахунку). Водночас можна враховувати тільки ті елементи, що входять до собівартості, які є відмінними в порівнюваних варіантах, тобто собівартість буде неповною. Таку неповну собівартість, яка враховує тільки конкретні відмінності в порівнюваних варіантах, називають *технологічною собівартістю*  $C_T$ . *Повну технологічну* (цехову) собівартість визначають за такою залежністю:

$$C_{\text{цех.}} = C_T = \sum C_i . \quad (9.7)$$

Витрати  $C_i$  охоплюють: заробітну плату основних працівників із нарахуваннями; заробітну плату наладників із нарахуваннями; витрати на амортизацію обладнання; витрати на пристосування; витрати, пов'язані з амортизацією різального інструменту (загострювання, ремонт); витрати, пов'язані з амортизацією вимірювального інструменту; витрати на силову електроенергію; витрати на допоміжні матеріали (технологічне середовище, обтиральні матеріали, мастило та ін.); витрати на амортизацію виробничих площ (ремонт, освітлення, прибирання); загальноцехові витрати (на заробітну плату інженерно-технічних працівників, службовців, допоміжних робітників, витрати на цеховий інвентар, техніку безпеки, охорону праці); витрати на матеріали за вирахуванням вартості реалізованих відходів.

Елементи технологічної собівартості  $C_T$ , що визначають за залежністю (9.7), розраховують за відповідними нормативами.

*Капіталовкладення* містять вартість: технологічного обладнання; виробничої площі; оснащення; технічної підготовки виробництва; комплекту програм, що управляють; капіталовкладень в оборотні кошти.

*Конкурентоспроможність технічної продукції* передбачає високі технічні характеристики, які неможливо створити за невисоких витратах. Однак такі витрати мають бути раціональними. Прагнення до їхнього зниження не мають супроводжуватися зниженням проєктованого рівня технічних параметрів.

Таким чином, рівень розвитку технологічних систем впливає на формування техніко-економічних показників і в кінцевому підсумку на прибутковість підприємств. Тому вибір оптимальних варіантів технологічних процесів мають здійснювати, з огляду на науково обґрунтований підхід

до питань організації виробництва, тобто до оцінювання основних показників ефективності: продуктивності (засобів механізації праці, машин, обладнання), собівартості та якості продукції.

#### **9.4. Методи моделювання та оптимізації технологічних систем**

Кожному з нас постійно доводиться ухвалювати різні рішення. Природно, перш ніж його ухвалити, обдумуємо, аналізуємо ситуацію, шукаємо правильні варіанти – і лише після цього вибираємо найкращий із нашого погляду варіант та ухвалюємо рішення. Наскільки правильний вибрано варіант – оцінюємо за результатами реалізації рішення, його практичного втілення чи то на рівні побутових речей, чи то під час вирішення технічних завдань. Процес ухвалення правильного рішення є надзвичайно складним, він залежить від досвіду людини в тій чи тій сфері, від рівня знань та ін. Чим глибше й повніше можна проаналізувати сутність досліджуваного об'єкта або явища, тим правильнішим може бути ухвалене рішення.

Сьогодні технічні та технологічні системи є дуже складними системами. Наука й техніка набула великого розвитку. Зуміли побудувати ракети й запустити їх у космос. Зуміли здобути атомну енергію та використовувати її в мирних цілях. За всім цим стоїть величезна людська праця, процеси пізнання, процеси створення найпотужніших фізико-математичних теорій, проведення величезних експериментальних досліджень. Із цією метою країни виділяють великі фінансові та матеріальні кошти. Розгляньте, наприклад, створення атомної бомби. Як ви знаєте, Америка ще влітку 1945 року наприкінці Другої світової війни випробувала свої атомні бомби, скинувши їх на японські міста Гіросіма та Наґасакі. У результаті загинула величезна кількість людей. І тоді перед нашою державою було поставлено завдання, якомога швидше створити свою атомну зброю та не допустити виникнення атомної війни. І це нам удалося. Уже 1949 р., через 4 роки, було успішно випробувано нашу атомну бомбу. До її створення було задіяно величезний науковий потенціал: сотні науково-дослідних інститутів, конструкторських організацій, дослідних виробництв і заводів. Цією проблемою займалися фізики-атомники, хіміки, механіки, фахівці з теплофізики та інших напрямів. І все це було спрямовано на вивчення процесу атомної реакції та можливості управління нею. Насправді, вирішували завдання моделювання ядерної реакції для того, щоб можна було ухвалити правильне рішення з управління нею та створити

ядерну зброю, а в подальшому для створення атомних електростанцій і використання атомної енергії в мирних цілях.

Таким чином, ми підійшли до понять "моделювання" і "моделі", які нині мають першорядне значення в техніці, науці та інших сферах людської діяльності.

У науці прийнято моделі розподіляти на фізичні та абстрактні.

*Фізичні моделі* створюють із сукупності матеріальних об'єктів. До фізичних моделей можна зарахувати макет машини або приладу. Однак фізичні моделі мають обмежене застосування, оскільки для багатьох явищ і процесів їх неможливо побудувати.

Що таке *абстрактні моделі*? Це словесний опис досліджуваного об'єкта, подання його у вигляді креслення, схеми, таблиці, алгоритму або програми, математичної залежності та ін. Найбільшого поширення серед абстрактних моделей набули математичні моделі, які подають досліджуваний процес або явище у формі математичних виразів (формул, рівнянь, нерівностей та ін.). Їх можна розробити як суто аналітичним шляхом, так і на основі експериментальних досліджень. Із найпростішими математичними моделями всі пов'язані ще зі школи, коли вивчали курс фізики. Закони Ньютона, Ома та ін., обчислені формулами, це і є математичні моделі механічних та електричних процесів.

Рівень пізнання досліджуваного процесу залежить від того, який використовують математичний апарат. У школі мали справу з арифметикою, алгеброю, геометрією, тригонометрією. Це початкові знання математики. Однак цих знань недостатньо для більш серйозного математичного моделювання. Тому необхідно вивчати вищу математику, включно з диференціальним та інтегральним численням, теорію ймовірностей, статистику та інші навчальні дисципліни. Це дозволяє на більш високому рівні вирішувати технічні та економічні завдання з використанням методів математичного моделювання.

Будь-яка модель описує модельований об'єкт із певними припущеннями. Осягнути неосяжне не можна. Насправді, *моделлю* називають відображення окремих характеристик об'єкта, із метою його вивчення. Модель дозволяє виділити з досліджуваного об'єкта лише необхідні для розв'язання проблеми. Наприклад, якщо вивчають технологічний процес механічної обробки деталей (різцем, фрезою або шліфувальним кругом), то необхідно побудувати математичні моделі кінематики процесу або статички чи динаміки процесу. Так, у кінематичній моделі не розглядають сили різання, а моделюють кінематичні рухи деталі й інструмента,

установлюють параметри зрізу. У динамічній моделі процес обробки вивчають із позицій зміни сили різання, швидкості та прискорення переміщення, інерційності процесу та ін. [11; 13; 40 – 42].

Зі сказаного випливає, що модель – це не точна копія процесу, а відображення тільки певної частини її властивостей. Тому основне завдання моделювання полягає в розумному спрощенні моделі, тобто у виборі ступеня подібності (або відповідності) моделі та об'єкта. Якщо в математичну модель додати забагато властивостей об'єкта, то можна отримати складну систему рівнянь із великою кількістю невідомих параметрів і невідомих функцій. Розв'язати її буде дуже складно. І, навпаки, якщо прийняти занадто спрощену математичну модель, то в підсумку можна виявити, що вона не розкриває повною мірою явища, що задовольняють задані умови. Отже, під час побудови математичної моделі треба відокремити головні властивості від другорядних, і в першому наближенні другорядними властивостями знехтувати. Однак виділення головних властивостей об'єкта від другорядних у моделі – це мистецтво, творчість, що потребує високих знань предмета й досвіду моделювання, тобто потрібні дуже глибокі фізико-математичні знання, які фахівець може здобути в закладі вищої освіти.

Після побудови математичної моделі процесу, можна підійти до вибору оптимального (найкращого) рішення. Водночас треба визначити межі існування моделі, тобто накласти на математичні залежності обмеження. Під час вибору оптимального рішення треба вибрати критерій оптимальності. Щодо технологічних процесів це може бути максимальна продуктивність, мінімальна собівартість, мінімальна шорсткість обробленої поверхні, мінімальні сили різання й енергоємність процесу та ін.

Критерій оптимальності подають у математичній формі у вигляді функції, яку ще називають *функцією мети* або *цільовою функцією*.

Розрізняють два види оптимізації технологічних процесів: структурну та параметричну.

*Структурна оптимізація* характеризує вибір оптимальної структури технологічного процесу (маршрут обробки, наприклад, попередня й остаточна обробка на різних верстатах).

*Параметрична оптимізація* забезпечує визначення оптимальних технологічних параметрів на конкретних операціях обробки (точіння, свердління, фрезування, шліфування): розрахунок параметрів режимів різання, стійкості інструменту, визначення допусків на міжопераційні розміри та ін. Структурна оптимізація складніша, ніж параметрична.



Оптимізація може бути якісною та кількісною.

*Якісну оптимізацію* засновано на суб'єктивному досвіді, здоровому глузді, на основі довідкових даних і типових рішень. У виробництві вона переважає.

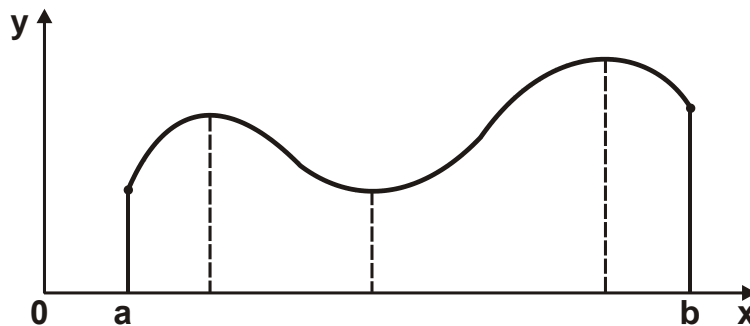
Параметрична оптимізація за характером є *кількісною*, оскільки дає вихід на оптимальні параметри режиму різання та ін.

Структурна оптимізація може бути якісною та кількісною.

Традиційний метод оптимізації структури технологічного процесу полягає в багаторазовій оптимізації параметрів і подальшому виборі тієї структури, у якій цільова функція в точці екстремуму є мінімальною або максимальною. Недоліком такого методу є складність та тривалість процедури оптимізації, оскільки необхідно спочатку виконати параметричну оптимізацію всіх підпроцесів (попередній та остаточній обробці), потім перебрати різні варіанти досягнення поставленої мети, проаналізувати комбінації та вибрати найкращий варіант.

### **Знаходження екстремумів цільової функції**

У загальному випадку досліджувана функція може мати складний вигляд (рис. 9.2).



**Рис. 9.2. Графік функції з екстремумами**

Тому необхідно досліджувати функцію на екстремуми методами вищої математики, знайти точки всіх максимумів і мінімумів, значення функції на границях.

Якщо як критерій оптимальності необхідно забезпечити найменше значення, то слід порівняти значення в точках мінімумів із граничними значеннями та вибрати найменше. Це й буде рішенням оптимізації.

Якщо як критерій оптимальності необхідно забезпечити максимальне значення, то слід порівняти значення в точках максимумів із граничними значеннями та вибрати найбільше.

Найбільше й найменше значення визначають глобальні оптимуми, а проміжні екстремуми – локальні оптимуми.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Що таке "технічне нормування"?
2. Які норми праці використовують у технічному нормуванні?
3. Які основні класифікаційні ознаки праці покладено у створену єдину класифікацію витрат робочого часу?
4. Що називають технічно обґрунтованою нормою часу?
5. Який основний елемент розрахунку норми часу?
6. Який час називають штучним?
7. Який час називають оперативним?
8. За якою залежністю визначають штучно-калькуляційний час?
9. За якими показниками оцінюють досконалість технологічних систем і процесів?
10. Дайте характеристику терміна "ефект". Чим відрізняється економічний ефект від екологічного?
11. Розкрийте сутність економічного аналізу варіантів операцій технологічного процесу.
12. Дайте характеристику продуктивності праці й собівартості продукції.
13. Що таке "технологічна ефективність виробництва"?
14. Як оцінюють собівартість технологічного процесу?
15. Назвіть ознаки класифікації витрат на виробництво продукції.
16. Як оцінюють повну технологічну собівартість?
17. Як оцінюють показник ефективності капіталовкладення?
18. Назвіть резерви зниження собівартості продукції.
19. Що означає "моделювання" й "оптимізація" технологічних систем?
20. Дайте характеристику абстрактних моделей.
21. Що таке "математична модель"?
22. Що таке "критерій оптимальності"?
23. Чим відрізняється структурна оптимізація від параметричної?
24. Поясніть сутність структурної та параметричної оптимізації на прикладі розроблення технологічного процесу металообробки?
25. Як визначають найбільше й найменше значення функції на заданому проміжку?

**Література:** [4; 8; 11; 13; 19; 30; 40 – 43; 50; 58; 65; 67; 68].

## Розділ 2

### Сучасні технологічні системи в навколишньому світі

#### 10. Сучасні технологічні системи в машино- та приладобудуванні

##### 10.1. Загальні відомості про системи технологій заготівельного виробництва

###### Ливарне виробництво

*Ливарним виробництвом* називають галузь машинобудування, що виготовляє фасонні деталі або заготовки шляхом заливання розплавленого металу у форму, порожнина якої має конфігурацію деталі. Після затвердіння металу у формі утворюється виливок – лита деталь або заготовка. Заготовки піддають далі механічній обробці. У машинах і промислового обладнанні близько 50 % усіх деталей виготовлено литтям. Наприклад, частка литих деталей у молоті становить 95 %, у металорізальних верстатах – 80 %, у текстильних машинах – 72 %, в автомобілях і тракторах – 55 % [2; 16; 52; 54; 68]. Литтям виготовляють такі відповідальні деталі, як деталі двигунів внутрішнього згорання (блоки циліндрів, поршні, колінчасті вали), робочі колеса насосів, лопаті газових турбін, станини верстатів (зазвичай деталі складної форми).

До основних методів ливарного виробництва належать: *лиття у форми одноразового використання* (піщано-глинисті форми, оболонкові форми й лиття за виплавлюваними моделями) та *лиття у форми багаторазового використання* (у кокіль, під тиском і відцентрове лиття).

Ливарні форми готують частіше з формувальної суміші. Такі форми слугують лише один раз і руйнуються після вилучення з них виливка.

Із загального випуску виливків 75 % виготовлено в піщаних формах, 20 % – у металевих (кокілях), 5 % – іншими способами лиття.

Литі деталі виготовляють із чавуну, сталі, мідних, алюмінієвих, магнієвих та інших сплавів.

Перед ливарним виробництвом стоїть завдання виготовлення виливків із максимальним наближенням їхньої форми та розмірів до форми й розмірів готової деталі або виробу. Водночас найбільш трудомістку операцію механічної обробки слід обмежити лише чистовою обробкою

та шліфуванням. Цього можна досягти вдосконаленням та впровадженням спеціальних, більш точних способів лиття (у кокіль, лиття під тиском, відцентрове лиття, лиття за виплавлюваними моделями (рис. 10.1), лиття в оболонкові форми та ін.).



**Рис. 10.1. Лиття за виплавлюваними моделями**

Розвиток ливарного виробництва в перспективі пов'язано з механізацією й автоматизацією окремих операцій і застосуванням нових методів, а також нових ливарних принципів, зокрема використанням композиційних матеріалів.

### **Порошкова металургія**

Формоутворення деталей методами порошкової металургії характеризується високою техніко-економічною ефективністю та відіграє значну роль у науково-технічному прогресі. Ці методи дозволяють створювати матеріали з особливими фізико-хімічними, механічними й технологічними властивостями, які не можна створити традиційними методами.

Технологічний процес виготовлення виробів складається з таких операцій: створення металевих порошків (рис. 10.2), формування виробів, спікання та подальшої обробки.



**Рис. 10.2. Газорозпилені порошки жароміцних сплавів на нікелевій основі**

Вироби формують у спеціальних прес-формах у холодному стані: гідростатичним методом обтискання металевого порошку з усіх боків рідиною; мундштучним пресуванням – видавлюванням через мундштук суміші порошку із пластифікатором або прокатуванням металевих порошків, за якого утворюють спресовану стрічку, яка піддається подальшому спіканню. Так виготовляють втулки, шестерні, поршневі кільця та багато інших деталей із композиційних порошкових матеріалів (заліза – міді, металоскла, бронзографіту та ін.) (рис. 10.3) [68].



**Рис. 10.3. Вироби, виготовлені методами порошкової металургії**

Методами порошкової металургії виготовляють:

тверді сплави для виготовлення різального, бурового, волочильного інструменту, а також деталей, які піддаються інтенсивному зносу;

високопористий матеріал для виготовлення фільтрів, які використовують для очищення рідини від твердих укралень, а повітря та газ – від пилу та ін.;

антифрикційні матеріали для виробництва підшипників ковзання, втулок, вкладишів та інших деталей, що працюють у важких умовах експлуатації;

фрикційні матеріали для виготовлення деталей вузлів тертя, зчеплення й гальмівних систем машин;

жароміцні та жаростійкі матеріали для виробів, які працюють за високих температур та в агресивних газових середовищах;

матеріали складних сполук (псевдосплавів) для виготовлення електричних контактів, які створити іншими способами неможливо;

магнітні матеріали для виготовлення постійних магнітів, феритів.

## Технологічні процеси обробки металів тиском

*Обробку металів тиском* (ОМТ) засновано на їхній здатності в певних умовах пластично деформуватися в результаті дії зовнішніх сил на тіло, що деформується [16; 52; 68].

Основні переваги обробки металів тиском, порівняно з різними формозмінними операціями, зокрема обробкою різанням, – це можливість значного зменшення відходів металу, а також підвищення продуктивності праці, оскільки в результаті однократного прикладання зусилля можна значно змінити форму та розміри деформованої заготовки за збереження початкового об'єму. Крім того, пластична деформація супроводжується зміною фізико-механічних властивостей металу заготовки, що можна використовувати для виготовлення деталей із найкращими експлуатаційними властивостями (міцністю, високою зносостійкістю та ін.) за найменшою їхньою масою.

До основних видів обробки металів тиском належать: прокатування, пресування, волочіння, кування, штампування.

Прокатуванню піддають до 90 % усієї сталі, що виплавляють, і більшу частину кольорових металів. *Прокатування* здійснюють на прокатних станах (рис. 10.4). Воно є процесом обтискування і витягування металу заготовки. У процесі прокатування метал пластично деформується між обертовими валками. Взаємне розташування валків і заготовки, форма та кількість валків можуть бути різними.



Рис. 10.4. Прокатне виробництво

Виділяють три основні види прокатування: поздовжнє, поперечне та поперечно-гвинтове. Сортамент профілів, що прокатують, розподіляють на чотири основні групи: сортовий прокат, листовий прокат, труби



та спеціальні види прокату (рис. 10.5). Інструментом для прокатування є валки, які, залежно від профілю, що прокатують, можуть бути гладкими, застосовуваними для прокатування листів, стрічок та ін.; ступеневими, наприклад, для прокатування смугової сталі; у вигляді струмків – для виготовлення сортового прокату. Комплект валків, що прокатують, зі станиною називають *робочою кліткою*, яка разом зі шпинделем для приводу валків, шестеренною кліткою, редуктором та електродвигуном утворюють робочу лінію прокатного стану. Прокатні стани можуть бути одноклітьовими та багатоклітьовими.

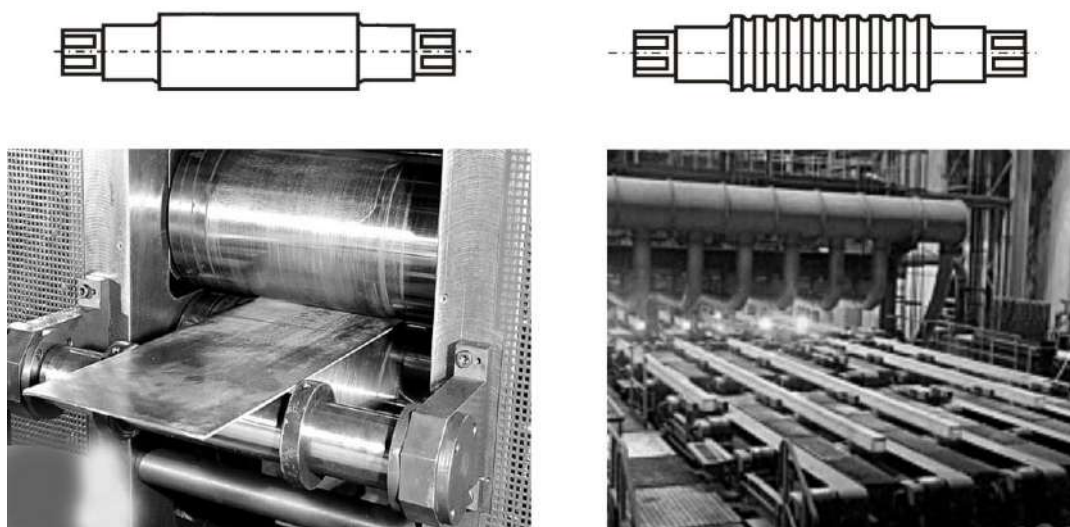


Рис. 10.5. Виготовлення заготовок

*Пресування* – це спосіб обробки металів тиском, за якого метал видавлюють із замкнутої порожнини через отвір, у результаті чого виготовляють виріб із перетином за формою отвору (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Пресування металу

Вихідною заготовкою у процесі пресування слугує злиток або прокат, а інструментом – прес-форма, що складається з пуансона й порожнистої матриці. Пресуванням виготовляють вироби різноманітного сортаменту з кольорових металів, сплавів і сталей, зокрема прутків, труб та інших профілів.

У процесі *волочіння* заготовку протягають через отвір, що поступово звужується в інструменті, який називають *волокою*. Волочіння, переважно, здійснюють у холодному стані. Вихідними заготовками слугують прокатні або пресовані прутки та труби зі сталі, кольорових металів та їхніх сплавів. Сортамент виробів, що виготовляють волочінням, дуже різноманітний: дріт діаметром 0,002 – 0,005 мм та фасонні профілі.

*Кування* – вид гарячої обробки металів тиском, за якого метал деформується за допомогою універсального інструмента. Нагріту заготовку укладають на нижній бойок і верхнім бойком послідовно деформують окремі її ділянки. Інакше кажучи, *кування* – це процес виготовлення деталей шляхом пластичного деформування металу під дією послідовних ударів молота або під тиском преса (вільне кування та кування у штампах). Куванням виготовляють заготовки для подальшої механічної обробки й називають *кованими поковками* або просто *поковками*.

Процес кування полягає в повторенні в певній послідовності основних та допоміжних операцій. Кожну операцію визначено характером деформування й інструментом, що застосовують. До основних операцій кування належать: осадка, протягання, прошивання, відрубання, вигинання. Кування виконують на кувальних молотах і кувальних гідравлічних пресах.

*Штампкування* розподіляють на гаряче, об'ємне та холодне штампування.

*Гаряче об'ємне штампування* – це вид обробки металів тиском, за яким формоутворення поковки з нагрітої заготовки здійснюють за допомогою спеціального інструмента – штампа (рис. 10.7). Перебіг металу обмежено поверхнями порожнин, виготовлених в окремих частинах штампа, оскільки в кінцевий момент штампування вони утворюють єдину замкнену порожнину за конфігурацією поковки. Заготовками для гарячого штампування здебільшого є прокат круглого, квадратного, прямокутного профілів, а також періодичного профілю. Водночас прутки розрізають на окремі заготовки.





Рис. 10.7. **Гаряче об'ємне штампування металу**

Під *холодним штампуванням* розуміють штампування без попереднього нагрівання заготовки. Холодне штампування розподіляють на об'ємне штампування (сортового металу) та листове штампування (листового металу). Основні різновиди холодного об'ємного штампування – холодне видавлювання, холодне висаджування та холодне об'ємне формування.

*Видавлювання* зазвичай виконують на кривошипних або гідравлічних пресах у штампах, робочими частинами яких є пуансон і матриця. Розрізняють пряме, зворотне та комбіноване видавлювання.

*Холодне висаджування* виконують на спеціальних холодновисадкових автоматах. Заготовкою є пруток або дріт.

*Холодне об'ємне формування* здійснюють, переважно, у відкритих штампах. Цим способом можна виготовляти просторові деталі складних форм.

Заготовками за листового штампування є виготовлені прокатуванням лист, смуга або стрічка, згорнута в рулон. Товщина заготовки за холодного штампування зазвичай не більша ніж 10 мм і лише в рідкісних випадках – понад 20 мм. Розрізняють формозмінні операції листового штампування, у яких заготовка не має руйнуватися у процесі деформування, та розділові операції, у яких етап пластичного деформування обов'язково завершується руйнуванням.

До *формозмінних операцій* належать: вигинання, витягування, обтиснення, формування.

До *розділових операцій* – відрізування, вирубування, пробивання, надрізання.

Листовим штампуванням виготовляють найрізноманітніші плоскі та просторові деталі кузовів автомобілів, автобусів, корпусів літаків,

вагонів, деталей мотоциклів, металевий посуд тощо. Листове штампування здійснюють у штампах на кривошипних і гідравлічних пресах.

Нині широкого розвитку набув один із прогресивних методів обробки металів тиском – метод безперервного профілювання листового металу на профілевігинних агрегатах. Продукцією, виготовленою таким способом, є гнуті профілі. Цей метод дозволяє виготовити профілі не тільки прості, але й різної складної конфігурації поперечного перерізу, зокрема замкнених круглих і прямокутних, листових із великою кількістю місць вигину, розділених прямолінійними чи іншої форми ділянками, а також профілі зі спеціальними службовими властивостями, зокрема зі сталей підвищеної та високої міцності, із просіченням і перфорацією, поздовжніми й поперечними ребрами жорсткості, елементами подвійної товщини, зварні, завиті дугою, покриті пластиком, антикорозійними металевими покриттями та ін.

Профільювання смуги розподіляють на ряд окремих операцій, під час здійснення яких кожна з пар валків виконує оптимальну часткову деформацію. Вибір кількості операцій, що дорівнює кількості валків профілевігинного агрегату, залежить, переважно, від складності конфігурації профілю та його розмірів, а також від необхідних допусків на розміри, від співвідношення товщини й ширини заготовки й окремих ділянок профілю, механічних властивостей матеріалу, необхідних радіусів скруглення місць вигину.

*До переваг процесу профілювання можна зарахувати:*

можливість виготовлення профілів мінімальної товщини з мінімальною металомісткістю, яку неможливо виготовити іншими способами металообробки, а також гнутих профілів найрізноманітнішої конфігурації завтовшки 0,1 – 20 мм і завширшки вихідної заготовки до 2 000 мм;

виготовлення профілю, що дозволяє замінити поєднання декількох профілів у конструкціях, що дає можливість створювати нові типи конструкцій та забезпечує економію металу та виключає операції складання та з'єднання окремих елементів;

незначні відходи металу (коефіцієнт використання металу  $K_{\text{вм}}$  досягає 99,5 – 99,8 %);

профільювати можна найрізноманітніші матеріали: гарячекатану й холоднокатану листову, стрічкову та смугову вуглецеву сталі, конструкційну і леговану сталі, титан, алюміній, мідь, цинк, латунь, бронзу й інші

метали та сплави, що допускають холодну обробку тиском, а також біметалічні матеріали та спеціальні пластмаси;

гарну якість поверхні гнутих профілів прокату, що забезпечує широке застосування їх для різних оздоблювальних і декоративних елементів конструкцій;

можливість формоутворення профілів із заготовок із попередньо обробленою поверхнею або поверхнею з покриттям без порушення її якості;

високу точність розмірів профілів, що забезпечує їхню взаємозамінність і можливість з'єднання профілів між собою й легкими сполуками пов'язаних елементів;

порівняно високу продуктивність праці;

високий ступінь механізації й автоматизації виробництва;

пристосованість до масштабів виробництва: обладнання для профілювання є менш складним, більш легким та простим в обслуговуванні, дешевшим у виготовленні, ніж прокатне та пресове, у зв'язку із цим висока продуктивність профілевігинного обладнання дозволяє встановлювати його не тільки для масового, але й для серійного виробництва профілів;

високу стійкість інструменту та можливість виготовлення на одному комплекті валків велику кількість профілерозмірів;

можливість створення оптимальних механічних властивостей на різних ділянках профілю;

суміщення профілювання з іншими виробничими процесами, наприклад, з автоматичним шовним або точковим зварюванням, паянням, різанням, попереднім надрізанням смуг перед профілюванням, штампуванням, перфоруванням, гофруванням, виправленням, вигинанням по дузі, плакуванням, фарбуванням, травленням, термообробкою, лудінням, оцинкуванням, хромуванням та ін.

Удосконалення технології профілювання та застосовуваного обладнання привело до того, що нині гнуті профілі прокату виготовляють найрізноманітніших конфігурацій і розмірів. Проте нині спостерігають тенденцію до все більш інтенсивного вдосконалення способів формування, валків та обладнання, що застосовують для профілювання. Створюють абсолютно нові способи профілювання (наприклад, із застосуванням спеціальних прийомів, спрямованих на підвищення пластичних властивостей матеріалу у процесі профілювання), формоутворення окремих ділянок профілю шляхом місцевого витягування заготовки, збільшення

товщини окремих ділянок профілю шляхом створення поперечного стиснення й локального знеміцнення заготовки та ін. У цих умовах актуальним є завдання розроблення основ побудови раціональних технологічних процесів, що забезпечують мінімальну трудомісткість та собівартість виготовлення гнутих профілів заданої конфігурації за найкращої їхньої якості та меншої кількості технологічних переходів.

## **10.2. Напрями розвитку технологій формоутворювальних операцій**

### **Інтегрований робочий процес прискореного формоутворення виробу або його прототипу**

Виготовлення моделей і прототипів, необхідних у межах створення виробу, відбувається, переважно, за допомогою традиційних технологій, а за потреби в комбінації з ливарним виробництвом. Зокрема, тут застосовують NC – фрезерні верстати, копіювальні фрезерні, токарні верстати та ін. Крім цього, ці моделі вручну складають, склеюють, скріплюють. Нові етапи розвитку науки, інформатики, техніки CNC, лазерної технології тощо. дозволили перейти до інтегрованих способів прискореного формоутворення виробу або його прототипу на основі 3D-принтерів та суттєво підвищити ефективність їхнього виготовлення [7; 53; 67].

*3D-принтер* – це пристрій, який дозволяє створювати об'єкти з різних неметалевих і металевих матеріалів. Найбільш поширеним типом 3D-принтерів є такий, який працює за технологією FDM (метод пошарового наплавлення). Інакше кажучи, *3D-принтер* – це пристрій, що використовує метод пошарового нанесення витратних матеріалів на основі створеної комп'ютерної 3D-моделі. Витратними матеріалами для їхньої реалізації можуть бути різні фотополімери, пластикові нитки, керамічний порошок і метали.

*3D-принтер* (рис. 10.8) складається з корпусу 1, закріплених на ньому напрямних 2, уздовж яких переміщається друкувальна головка 3 за допомогою крокових двигунів 4, робочий стіл 5, на якому "вирощують" виріб. Усім цим управляє електроніка 6.

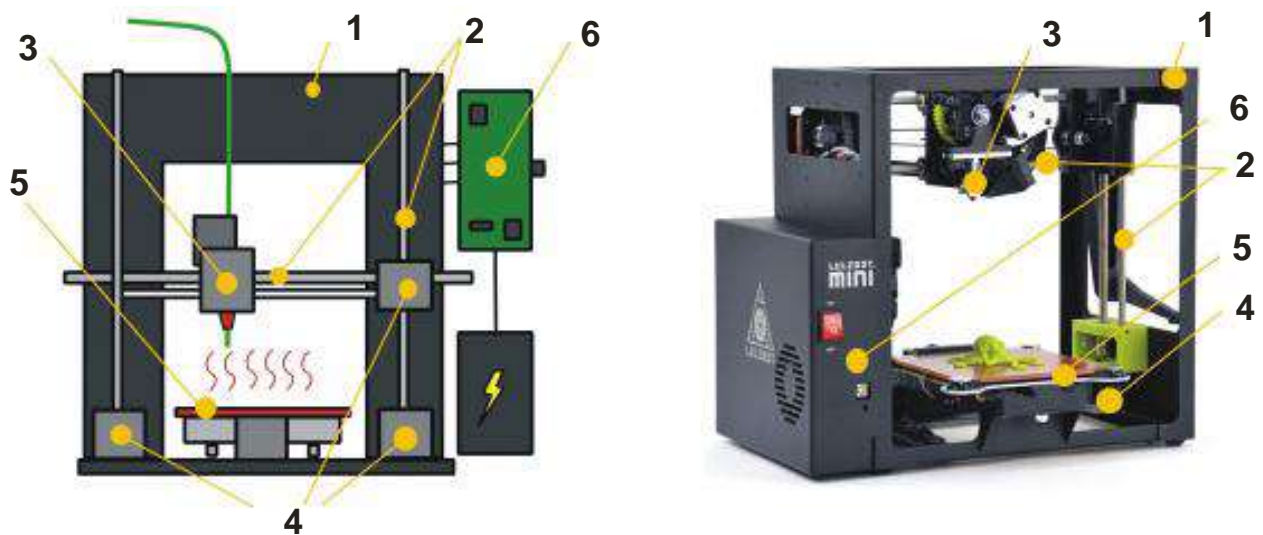


Рис. 10.8. 3D-принтери

Витратними матеріалами (філаментами) для 3D-принтерів є пластикові нитки, намотані на катушки (рис. 10.9). Нитка (філамент) 1 надходить у друкувальну головку (екструдер) 2, у якій її розігрівають до рідкого стану та видавлюють через сопло екструдера. Крокові двигуни за допомогою зубчастих ременів надають руху екструдерові 2, який переміщається вздовж напрямних 3 й наносить пластик на платформу 4 шар за шаром, знизу вгору. У результаті виріб 5 росте шар за шаром.

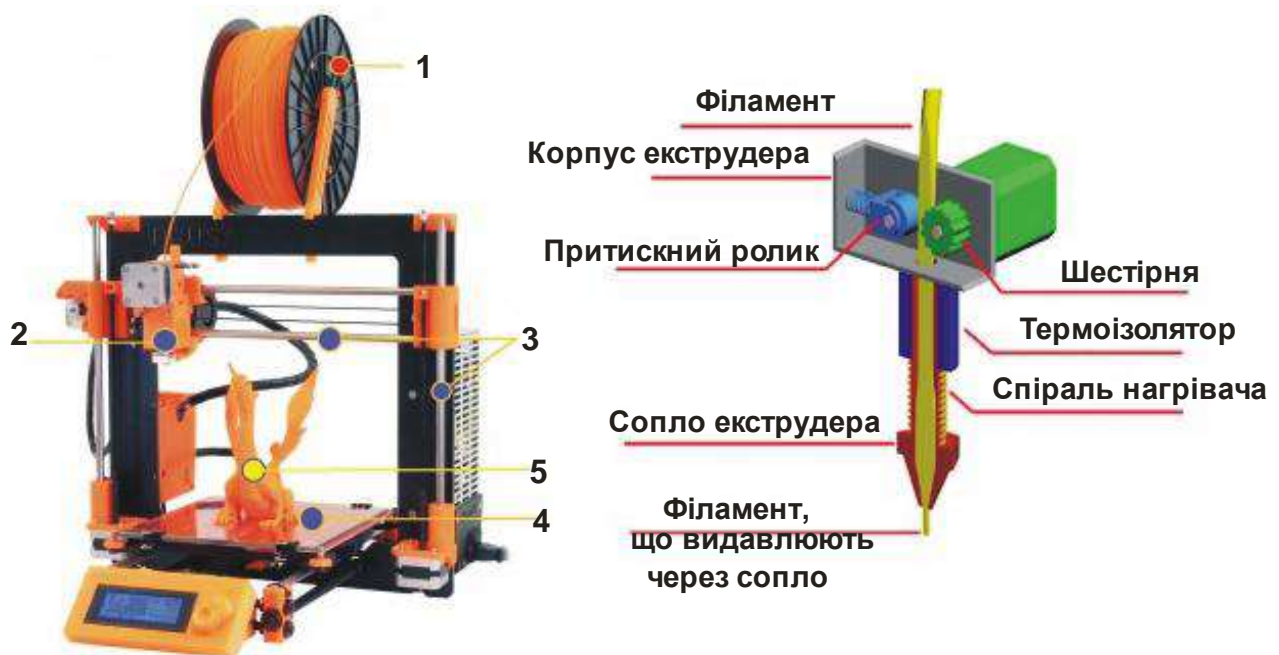


Рис. 10.9. Робоче положення 3D-принтера

Для початку роботи (друкування) на 3D-принтері, майбутній предмет необхідно нарисувати у всіх трьох вимірах із використанням спеціальних програм, названих CAD-редакторами або САПР (системами автоматизованого проєктування). Також готові варіанти всіляких предметів можна скачати з різних інтернет-сайтів.

Коли справа доходить до 3D-друкування, такі моделі піддають слайсингу, тобто розподіляють на окремі шари за допомогою спеціальних програм, які так і називають – *слайсери*. Якщо необхідно надрукувати, наприклад, вазу (рис. 10.10), то її необхідно умовно нарізати на тонкі шари й кожен з них умовно сфотографувати. Потім стос утворених знімків слід передати принтеру для виготовлення копії кожної картинки, одну зверху іншої, поки шар за шаром не відтвориться оригінальна ваза.



Рис. 10.10. Друкування вази

Слайсер формує спеціальну програму для 3D-принтера. У цій програмі принтеру вказують, як потрібно друкувати модель: куди рухатися екструдеру, із якою швидкістю видавлювати пластик, яка товщина шарів буде в моделі та наводять інші параметри. Усю програму для принтера зберігають у файлі під назвою *g-code*. Далі через флеш-карту або USB-провід програму завантажують у 3D-принтер і запускають друкування.

Пруток подають у головку, де він плавиться та видавлюється через тонке сопло. Головка пересувається у двох площинах, вирисовуючи ниткою цілий шар. Закінчивши один шар, принтер піднімає головку або опускає платформу, а потім починає друкувати новий шар зверху тільки що нанесеного. Так шар за шаром, зріз за зрізом, вирощується копія оригінального предмета. Більшість цифрових виробничих методів ґрунтується на видаленні зайвого матеріалу на основі обточування, висвердлювання

або випилювання із заготовки. Такі технології називають *субтрактивними* (від англ. *subtract* – "віднімати"). У 3D-друкуванні все навпаки: об'єкт вибудовується шар за шаром із нуля. Звідси й термін "адитивний процес" (від англ. *add* – "додавати").

Є безліч 3D-принтерів різних конструкцій. Особливо складні промислові машини, спікаючи шари із дрібних металевих порошків за допомогою високоточних лазерів, вони можуть коштувати сотні тисяч доларів. А ось настільні варіанти, які друкують пластиковою ниткою, коштують значно дешевше. Такі принтери використовують технологію FDM (fused deposition modeling), або моделювання пошаровим наплавленням. На домашньому 3D-принтері цілком реально друкувати робочі шестерінки для саморобних роботів або пластикові корпуси для електронних гаджетів (рис. 10.11). У результаті виникає можливість створювати вироби або ремонтувати речі, що давно зняті з виробництва.



Рис. 10.11. Виріб із домашнього 3D-принтера

Крім FDM-принтерів, є й машини, які працюють із рідкими смолами, що тверднуть світлом, пластиковими та металевими порошками, спікаються лазерами, і навіть пристрої, які виготовляють високоточні тривимірні моделі з листів звичайного паперу.

### **3D-принтери по металу**

Конструкцію 3D-принтера, яка дозволяє методом пошарового нанесення шарів металу створювати всілякі деталі, називають *3D-принтером по металу*. Для цього необхідно комп'ютер, на який встановлюють спеціальну програму, що дозволяє створити віртуальне зображення предмета у трьох проєкціях, розподілене на цифрові шари.



У 3D-принтер по металу завантажують порошок або метал, які у процесі роботи розігріваються та видавлюються з головки пристрою, наносячи шари (рис. 10.12).

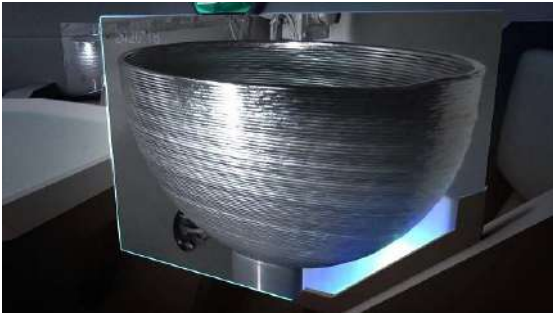


Рис. 10.12. Вироби, виготовлені на 3D-принтері по металу

На 3D-принтері по металу можна створювати різні вироби, які витримують конкуренцію з тими, що створюють звичайними методами. Наприклад, можна виготовляти металеві предмети найскладніших форм, імітувати кування з використанням додаткових пристроїв та ін. Промислові зразки 3D-принтера для друкування металом дозволяють створювати ракетні двигуни, які практично неможливо відрізнити від оригіналу. Нині набули поширення два види технологій: струминна (рис. 10.13) і лазерна. "Вирощування" предмета в обох випадках здійснюється шляхом послідовного створення шарів. Відбувається це доти, поки не з'явиться на виході принтера необхідний об'єкт ("адитивний процес").

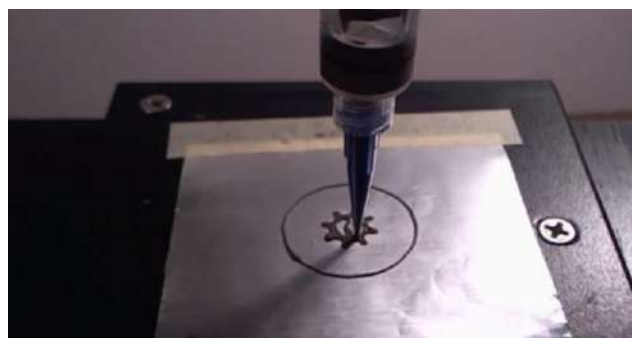


Рис. 10.13. 3D-принтер по металу струминний

Необхідно зазначити, що струминна технологія, заснована на використанні 3D-принтера по металу струминного, є старішою, порівняно з лазерною технологією. Її застосовують для композитних матеріалів,



тобто суміші полімерів і металів. Із її допомогою можна формувати на принтері найрізноманітніші за формою тривимірні об'єкти.

Порошок, що змішується з полімерами, є зв'язкою, яка під час процесу пов'язує сировину. Виготовлені цим методом деталі не належать до повністю металевих.

У деяких випадках виріб, створений принтером із композиту, переплавляється в металевий виріб, однак, у зв'язку з пористістю, міцність такого виробу є невисокою. Щоб її збільшити виріб просочують металом (зокрема, бронзою). Тому, у зв'язку з низькою міцністю виготовленого виробу, цей метод використовують, переважно, у сувенірній промисловості.

Набув застосування *метод ламінування*. Він полягає в почерговому нанесенні на платформу металевих листів малої товщини. Формування виробу здійснюється склеюванням цих металевих фольгових листів. Тому об'єкти, виготовлені цим методом, не можна на 100 % уважати металевими, оскільки для створення їхньої цілісності використовують клей. До переваг методу зараховують: ідентичність виготовленого 3D-предмета й макета, економічність. Метод набув застосування в макетуванні.

Широко застосовують *метод пошарового наплавлення*. Початковою сировиною у процесі створення виробів цим методом є метали з низькою температурою плавлення. Тому використовують, як і за струминного друкування, композитні матеріали, наприклад, BronzeFill, який складається із бронзового порошку й термічної пластмаси.

Деталі, виготовлені із цього матеріалу, дуже схожі з оригінальною деталлю та добре піддаються процесу шліфування. Створювані за цією технологією об'єкти, теж не належать до суцільнометалевих. Метод широко використовують у промислових масштабах для створення матеріалів, що екранують, та які необхідні для виготовлення друкованих плат провідників, що відкриває широкі можливості розвитку цієї галузі.

Набуло застосування *електронно-променевого та лазерного плавлення*. Деталі, створювані методом плавлення за допомогою лазера, якісні, однак їх використовують обмежено, у зв'язку з пористістю, яка погіршує міцність деталі.

Підвищити міцність деталі можна застосуванням *лазерного спікання*, яке відрізняється від лазерного плавлення більшою температурою обробки. Це дає можливість створити на принтері однорідні вироби, слабо відмітні від виробів, виготовлених литтям.

Аналогічним позитивним ефектом відзначається метод *електронно-променевого плавлення*, який характеризується високою швидкістю маніпулювання електронним пучком та відсутністю дзеркальних електро-механічних комплексів. 3D-принтери для електронно-променевого плавлення виготовляє фірма Arcam (Швеція).

Використання витратних матеріалів, поданих металами та їхніми сплавами, дозволяє виготовляти металеві 3D-предмети, що друкують невеликими партіями, які мають з оригіналами близьку подібність. Метод не потребує розвиненої інфраструктури, завдяки чому він є ресурсно-та фінансово економічним. Застосовують його в ортопедії для виготовлення протезів, а також форсунок до реактивних двигунів і турбін.

Набула застосування технологія, що реалізують на основі адитивної лазерної побудови (CLAD). Її використовують частіше для 3D-ремонту, ніж для тривимірного друкування. Цю технологію призначено лише для промислового використання. Сутність її полягає в нанесенні порошку на дефектні місця, який потім піддається обробці лазером. Водночас головка здатна переміщатися у п'яти напрямках, а також обертатися у вертикальній площині та змінювати кут нахилу, що відкриває великі технологічні можливості. Використовувати CLAD можна для відновлення великих об'єктів, у яких виявлено брак. Цю технологію успішно застосовують у Франції для ремонту авіаmotorів.

Широко застосовують також технологію *електронно-променевого плавлення довільного* (EBF3). Вона є більш ефективною для роботи в космосі, а оскільки з порошками в невагомості працювати неможливо, тому їх замінили металевими нитками. Для наплавлення шарів потрібно застосовувати електронно-променеву гармату. Деталі для ремонту створюють прямо на орбіті. Нині ринок 3D-принтерів (зокрема по металу) для виконання домашніх робіт та промислового виробництва значний за асортиментом. Ціна найбільш якісних 3D-принтерів для промислового використання дорівнює декільком десяткам тисяч американських доларів. 3D-принтери для виконання домашніх робіт є менш дорогими.

### **10.3. Системи технологій процесів обробки металів різанням**

Для виготовлення деталі із заготовки застосовують технології обробки металів різанням, які здійснюють шляхом механічного зрізання з поверхонь заготовки різальним інструментом матеріалу технологічного припуску у вигляді стружки. У результаті забезпечують необхідну якість,

що визначає задану конфігурацію, види поверхні, задані розміри, точність розмірів, взаємне розташування та шорсткість поверхонь, міцність матеріалу. Технології обробки металів різанням мають малу енергоємність і високу продуктивність, тому вони є найбільш використовуваними у промисловості під час розмірної обробки деталей [6; 30; 41; 42].

Заготовками для виготовлення деталей є прокат, виливки, поковки та ін. Після зняття припуску на металорізальних верстатах оброблювана деталь набуває форми й розмірів, відповідних робочим кресленням. Для зниження трудомісткості та собівартості виготовлення деталі, а також заради економії металу, розмір припуску має бути мінімальним, але водночас достатнім для досягнення високої якості деталі та необхідної шорсткості поверхні.

У сучасному машинобудуванні є тенденція зменшувати обсяг обробки металів різанням шляхом підвищення точності вихідних заготовок.

Залежно від характеру виконуваних робіт і виду різального інструмента, розрізняють такі методи *обробки металів різанням*: точіння, фрезування, свердління, зенкерування, розверчення, стругання, довбання, шліфування, протягання та ін. (рис. 10.14).

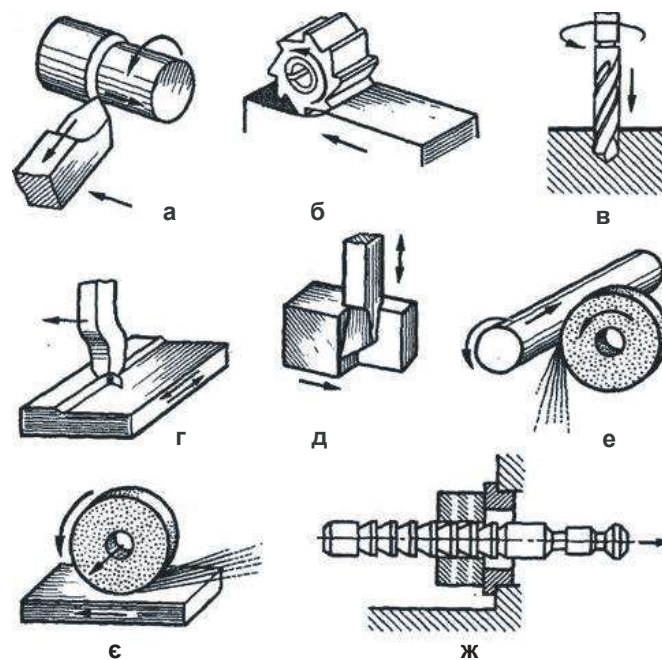


Рис. 10.14. Методи обробки металів різанням:  
а – точіння; б – фрезування; в – свердління  
(зенкерування та розверчення); г – стругання; д – довбання;  
е – кругле зовнішнє шліфування; є – плоске шліфування;  
ж – протягування

Основними технологіями *лезової обробки* є точіння, свердління, фрезування, стругання та протягання. До *абразивної обробки* належать технології шліфування, хонінгування та суперфінішування. В основу класифікації технологій обробки металів різанням закладено вид використаного інструмента та кінематика рухів. Так, як інструмент під час точіння використовують токарні різці, під час свердління – свердла, під час фрезування – фрези, під час стругання – стругальні різці, під час протягання – протяжки, під час шліфування – шліфувальні круги, під час хонінгування – хони, а під час суперфінішування – абразивні бруски.

Обробка містить два рухи: головний – рух різання та допоміжний – рух подачі. Головний рух забезпечує знімання металу, а допоміжний – подачу в зону обробки наступної необробленої ділянки заготовки. Ці рухи здійснюють шляхом переміщення заготовки або інструмента. Під час точіння, свердління, фрезування та шліфування головний рух і рух подачі здійснюють одночасно, а під час стругання та хонінгування рух подачі здійснюють після головного руху.

*Точіння* призначено для обробки тіл обертання із метою виготовлення циліндричних, конічних, торцевих поверхонь, обробки гвинтових і спіральних поверхонь, свердління осьового отвору, нарізування різей. Точіння здійснюють із застосуванням однолезового інструмента – різця – на верстатах токарної групи. Під час точіння (див. рис. 10.14 а) заготовці надають обертального руху (головний рух), а різальному інструментові (різцю) – повільного поступального переміщення в поздовжньому або поперечному напрямках (рух подачі).

*Фрезування* призначено для виготовлення фасонних поверхонь, площин, пазів, шліців, нарізування зубчастих коліс. Обробку виконують циліндричними й торцевими фрезами. Фрезування – це високопродуктивний і поширений процес обробки матеріалів різанням. Головний (обертальний) рух у процесі фрезування здійснює фреза, а рух подачі в поздовжньому напрямку – заготовка (див. рис. 10.14 б).

*Свердління* призначено для виготовлення глухих і наскрізних отворів, нарізування внутрішньої різі. Обробку здійснюють осьовим, переважно, дволезовим інструментом – свердлом, яке здійснює обертальний рух (головний рух) різання та осьове переміщення подачі. Свердління виконують на свердлильних верстатах (див. рис. 10.14 в).

Для остаточної обробки отворів також широко застосовують методи *зенкерування* та *розверчення*, що виконують осьовими багатолезовими інструментами – зенкером та розверткою.

*Стругання* призначено для обробки площин або лінійчатих поверхонь значної довжини та площі, вироблення пазів, поздовжніх каналів. Для обробки використовують вигнуті стругальні різці, які конструктивно відрізняються від різців, що застосовують під час точіння. Головний рух (прямолінійний зворотно-поступальний) здійснює різець, а рух подачі (прямолінійний, перпендикулярний головному руху, переривчастий) здійснює заготовка. Спосіб стругання здійснюють на стругальних верстатах (див. рис. 10.14 г).

*Довбання* – це спосіб обробки різцем площин або фасонних поверхонь. Головний рух (прямолінійний зворотно-поступальний) здійснює різець, а рух подачі (прямолінійний, перпендикулярний головному руху, переривчастий) – заготовка. Довбання здійснюють на довбальних верстатах (див. рис. 10.14 д).

*Шліфування* – це процес чистової й оздоблювальної обробки деталей машин та інструментів за допомогою зняття з їхньої поверхні тонкого шару металу шліфувальним кругом, на поверхні якого розташовано абразивні зерна. Шліфування призначено для фінішної обробки, яка забезпечує необхідну точність розміру й низьку шорсткість (високу чистоту) оброблюваної поверхні. Процес різання здійснюють абразивними інструментами – шліфувальними кругами. Шліфувальний круг є пористим тілом, що складається з великої кількості абразивних зерен, скріплених між собою зв'язкою. Між зернами круга та зв'язкою розташовано пори. Матеріали високої твердості, із яких утворено зерна шліфувального круга, називають *абразивними матеріалами*.

*Головний рух під час шліфування* – обертальний – здійснюється шліфувальним кругом. За круглого шліфування (див. рис. 10.14 е) обертається одночасно й заготовка. За плоского шліфування поздовжня подача здійснюється, переважно, заготовкою, а поперечна – шліфувальним кругом або заготовкою (див. рис. 10.14 є). Процес шліфування полягає в тому, що шліфувальний круг, обертаючись навколо своєї осі, знімає тонкий шар металу (стружку) вершинами абразивних зерен, розташованими на різальних поверхнях шліфувального круга (периферії круга). Кількість абразивних зерен, розташованих на периферії круга, дуже велика; у кругів середніх розмірів вона досягає десятків і сотень тисяч штук.

Таким чином, під час шліфування стружка знімається величезною кількістю безладно розташованих різальних зерен неправильної форми, що призводить до дуже сильного подрібнення стружки та великої витрати енергії [73 – 76].

*Протягування* призначено для механічної обробки отворів різної геометричної конфігурації, а також площин на протяжних станках багаторядним багатолезовим інструментом – протяжкою. Водночас протяжка, на відміну від свердла під час свердління, не обертається, що дозволяє виробляти отвори некруглої форми. Протягування – це процес, продуктивність за якого в кілька разів вища, ніж під час стругання й навіть фрезування. Головний рух – прямолінійний та рідше обертальний (див. рис. 10.14 ж).

Нині виникли нові технології обробки металів різанням. Якщо раніше домінували методи холодної обробки металів різанням, то зараз все ширше використовують методи хімічної та електрохімічної обробки, що дозволяють виготовляти вироби високої точності розмірів та якості поверхні. До них слід зарахувати електрохімічний та анодно-механічний, електроконтактний, електроімпульсний та ультразвуковий, плазмово-механічний метод, що є одним із нових методів обробки поковок вагою до 50 т і полягає в обробці різанням матеріалів, попередньо оброблених плазмовою дугою в активних середовищах.

#### **10.4. Сучасні технології механічної обробки твердосплавними інструментами зі зносостійкими покриттями**

##### **Підвищення ефективності механічної обробки деталей гідравлічних систем**

Підвищення продуктивності та зниження собівартості обробки, забезпечення високих вимог до точності та якості виготовлення деталей гідравлічних систем передбачає застосування зносостійких інструментів, що характеризують високою різальною здатністю, і високоточних сучасних верстатів із ЧПУ. Це, наприклад, стало визначальним чинником у розв'язанні проблеми економічного виготовлення таких деталей гідравлічних систем, як плунжер, п'ята та сферична втулка (рис. 10.15). Тому далі наведено приклади ефективного використання сучасних складальних твердосплавних лезових різальних інструментів зі зносостійкими покриттями виробництва компанії TaeguTec (Південна Корея) і верстатів типу

"обробний центр" із ЧПУ для механічної обробки відповідальних деталей гідравлічних систем [19; 58].

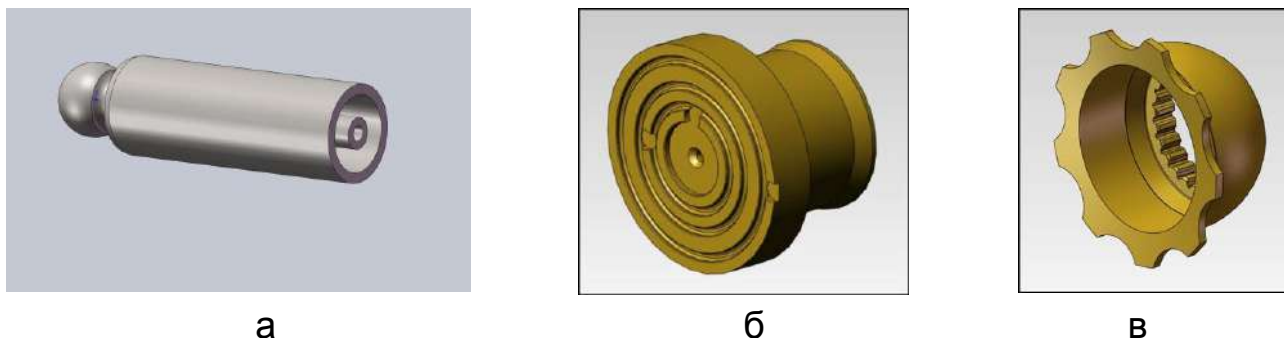


Рис. 10.15. Плунжер (а), п'ята (б), втулка сферична (в)

Плунжер виготовляють зі сталі 40ХФ2, а п'яту та втулку сферичну – із ливарної латуні ЛМцСКА. Обробку зазначених деталей (понад 10 різновидів і типорозмірів деталей) запропоновано здійснювати на високопродуктивному двошпиндельному токарному обробному центрі PUMA 2100MS із приводним фрезерним інструментом (вісь С) і контршпинделем (DOOSAN виробництва Південна Корея), оснащеним револьверною головкою для зміни інструмента та системою управління (ЧПУ) Fanuc Oi-TD (рис. 10.16).



Рис. 10.16. Високопродуктивний двошпиндельний токарний обробний центр PUMA 2100MS із приводним фрезерним інструментом і контршпинделем (DOOSAN)

Для кожного виробу виготовлено окремий комплект затискного оснащення, а для операцій кільцевого фрезування та глибокого свердління – верстат комплектували потужною гідростанцією на 70 бар.

Під час розроблення нової технології механічної обробки деталей гідравлічних систем основну увагу звернуто на економічність, пов'язану, з одного боку, на підвищення продуктивності та зниження собівартості обробки, а з іншого – на універсалізацію обладнання із ЧПУ шляхом застосування нестандартних різальних інструментів і спеціального оснащення. Так, розглянуті раніше деталі: плунжер, п'яту та втулку сферичну – обробляли на різному обладнанні. Навіть окремі операції доводилося виконувати на різних верстатах. Наприклад, токарну обробку плунжера здійснювали на одному обладнанні, а глибоке свердління – на другому верстаті (спеціальному верстаті для глибокого свердління). Нині ці операції об'єднано та їх виконують на одному верстаті DOOSAN. Крім того, використовуючи верстати агрегатного типу, складно коригувати розмір оброблюваної деталі, у зв'язку зі зносом різального інструмента. Для введення корекції на агрегатному верстаті необхідно витратити понад 5 хв, а для введення корекції на верстаті DOOSAN із ЧПУ – усього 20 с. Наприклад, під час обробки на агрегатному верстаті в разі виявлення браку на 3 оброблених деталях із 7, очевидно, і 4 наступні оброблені деталі також будуть бракованими. Під час використання верстата DOOSAN є можливість контролювати кожну деталь і вилучати брак у процесі обробки. Водночас виникає можливість підвищення продуктивності обробки на кожній операції, завдяки тому, що верстат DOOSAN має підвищену жорсткість.

Отже, застосування такого обладнання, як верстат із ЧПУ DOOSAN, дозволяє розв'язати проблему економічності та продуктивності обробки, головним чином, шляхом його універсалізації, можливості обробки трьох розглянутих типів деталей (плунжера, п'яти та втулки сферичної) на одному верстаті. Водночас скорочують витрати на енергоресурси. Для обслуговування верстата достатньо одного працівника, тоді як для обробки цих деталей на агрегатних верстатах необхідно понад 5 працівників, що дозволяє економити фонд заробітної плати на підприємстві. Крім того, мінімізують кількість бракованих деталей. Характеристики верстата DOOSAN дозволяють здійснювати токарну обробку деталей різної конфігурації. У разі зміни конструкції деталі можливе швидке переналагодження обладнання.



Далі наведено результати експериментальних досліджень застосування збірних конструкцій твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями, замість традиційно використовуваних для обробки плунжера, п'яти та втулки сферичної (див. рис. 10.15). На першому етапі розглянуто умови підвищення ефективності операцій механічної обробки плунжера.

1. За чинної технології напівчистову обробку зовнішньої циліндричної поверхні плунжера виконували звичайним контурним різцем із твердого сплаву T15K6 із таким режимом різання:  $V = 40$  м/хв;  $S = 0,15$  мм/об.;  $t = 1,0$  мм. Із метою підвищення продуктивності та зниження трудомісткості й собівартості обробки, запропоновано використовувати сучасний складальний токарний різець TDJNL 2525 M15 зі змінною багатогранною пластиною TT8125 DNMG 150608 FC зі зносостійким покриттям (рис. 10.17) виробництва компанії TaeguTec (Південна Корея). Завдяки високим стійкісним характеристикам багатогранних змінних пластин зі зносостійким покриттям, удалося інтенсифікувати такий режим різання:  $V = 100$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об.;  $t = 2,0$  мм. Це дозволило у 3 рази збільшити продуктивність обробки й головне – вилучити численні перезаточення інструмента та знизити трудомісткість та собівартість обробки.



**Рис. 10.17. Складальний токарний різець зі змінною багатогранною пластиною TT8125**

2. Ще більшого ефекту досягнуто на операції чистової токарної обробки, а також під час формування сфери й радіуса плунжера. Згідно з чинною технологією, цю операцію здійснюють тим самим твердосплавним різцем із таким режимом різання:  $V = 45$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об.;  $t = 0,08$  мм. Замість цього різця, запропоновано використовувати сучасний складальний токарний різець SVJNL 2525 M13 з кутом у плані  $93^\circ$  зі змінною багатогранною пластиною TT8115 VNMG 130404 FG (рис. 10.18), яка за твердістю перевищує пластину TT8125, що використовували для напівчистової обробки. Режим різання такий:  $V = 250$  м/хв;  $S = 0,12$  мм/об.;

$t = 0,3$  мм. У результаті вдалося підвищити продуктивність обробки більш ніж у 10 разів.



**Рис. 10.18. Складальний токарний різець із кутом у плані  $93^\circ$  зі змінною багатогранною пластиною TT8115**

3. Для свердління отворів у плунжері за чинної технології застосовували центрувальні свердла зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 40$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об. Застосування свердла ЕСЕМ 2060 зі сплаву UF 20 (рис. 10.19) дозволило збільшити швидкість різання до  $V = 80$  м/хв за однакової подачі  $S = 0,1$  мм/об.



**Рис. 10.19. Свердло ЕСЕМ 2060 зі сплаву UF 20**

Із метою підвищення продуктивності та якості обробки отворів, було розроблено та впроваджено кардинально нові конструкції свердел для глибокого свердління отвору  $\varnothing 3,15$  мм SPGD-03150-0410-30577-01 із різальною частиною завдовжки 125 мм. Свердління рекомендовано виконувати з таким режимом різання:  $V = 60$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об.

Аналогічно розроблено ефективні операції механічної обробки деталі "п'ята" (див. рис. 10.15 б). За чинної технології напівчистову обробку зовнішньої циліндричної поверхні деталі "п'ята" здійснювали фасонним різцем зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 100$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об.;  $t = 2,0$  мм. Замість цього інструмента, застосовано сучасний складальний токарний різець TDJNL 2525 M15 зі змінною багатогранною пластиною DNMG 150608 ML зі сплаву K10, що складається із WC + Co (рис. 10.20, табл. 10.1). Режим різання такий:  $V = 350$  м/хв;

$S = 0,25$  мм/об.;  $t = 1,5$  мм. У результаті продуктивність обробки підвищили в 6 разів, майже в таку саму кількість разів знизили собівартість обробки.

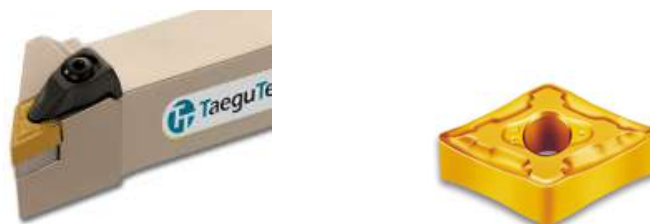


Рис. 10.20. Складальний токарний різець зі змінною багатогранною пластиною зі сплаву K10

Таблиця 10.1

### Механічні та фізичні властивості твердого сплаву K10

Модуль пружності, Н/мм <sup>2</sup>	Межа міцності на вигинання, Н/мм <sup>2</sup>	Межа міцності на стискання, Н/мм <sup>2</sup>	Твердість (HRA)	Тепло-провідність, кал/(см · с · К)	Коефіцієнт теплового розширення, 10 <sup>-6</sup> /градус
620	> 2 400	6 200	92,7	0,19	4,7

4. Обробку трьох глухих отворів  $\varnothing 3,18 \pm 0,24$  мм раніше виконували спеціальним свердлом  $\varnothing 3,18$  мм зі швидкорізальної сталі P18 вітчизняного виробництва з таким режимом різання:  $V = 30$  м/хв;  $S = 0,05$  мм/об. Надалі на цій операції запропоновано застосовувати спеціальне твердосплавне свердло BOF D3.18X0.7X60-6 з ультрадрібнозернистого твердого сплаву UF10 (рис. 10.21) із таким режимом різання:  $V = 120$  м/хв;  $S = 0,07$  мм/об. Це дозволило більш ніж у 5 разів підвищити продуктивність обробки за одночасного зниження собівартості обробки.

5. Обробку центрального отвору  $\varnothing 1,57_{-0,04}^{+0,11}$  мм раніше здійснювали спеціальною фрезою  $\varnothing 1,57$  мм зі швидкорізальної сталі P18 вітчизняного виробництва з таким режимом різання:  $V = 30$  м/хв,  $S = 0,05$  мм/об. Застосування спеціальної твердосплавної фрези SSD D1.6X20FX70-6 зі сплаву UF10 (рис. 10.22) із таким режимом різання:  $V = 100$  м/хв,  $S = 0,07$  мм/об. – дозволило в 5 разів підвищити продуктивність і знизити собівартість обробки.

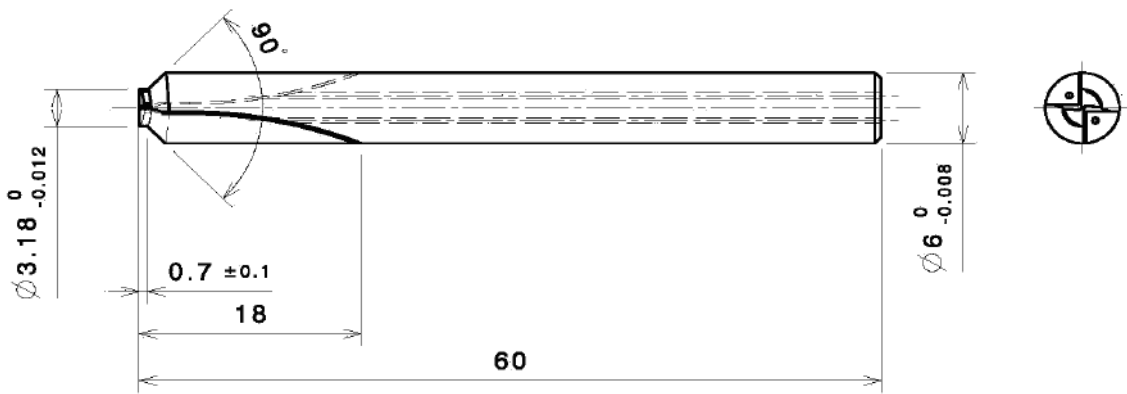


Рис. 10.21. Креслення твердосплавного свердла BOF D3.18X0.7X 60-6 зі сплаву UF10

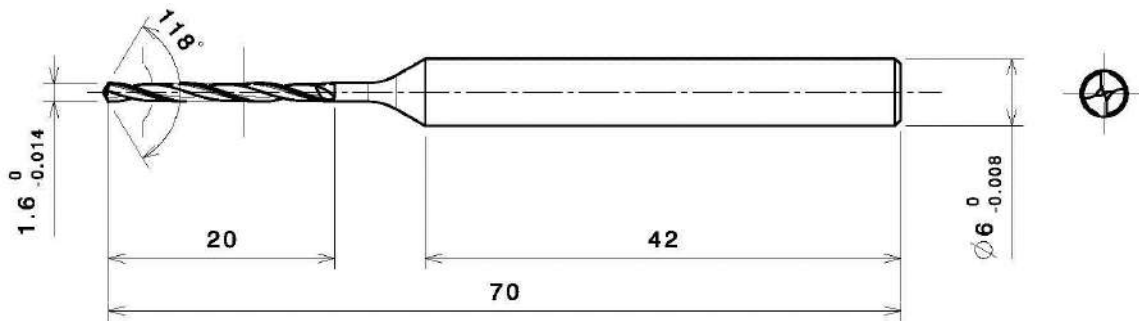


Рис. 10.22. Креслення твердосплавної фрези SSD D1.6X20FX 70-6 зі сплаву UF10

6. Точіння торцевих канавок запропоновано виконувати з таким режимом різання:  $V = 150$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об. – канавковим різцем зі змінною пластиною TTER 2525-2T8 і TDFT 1.25-0.38-D22 K10, відповідно. Раніше операцію здійснювали напайним канавковим різцем зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 70$  м/хв;  $S = 0,07$  мм/об. У результаті досягнуто підвищення продуктивності обробки до 3 разів.

7. Чорнову операцію розточування отвору  $\varnothing 17,12 \pm 0,04$  мм виконують різцем S16P SVJCR-11-UKR із використанням змінної пластини VCGT 110304 FL зі сплаву K10 (рис. 10.23) із таким режимом різання:  $V = 110$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об.;  $t = 0,5$  мм. Раніше цю операцію виконували з використанням напайного розточувального фасонного різця зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 50$  м/хв;  $S = 0,05$  мм/об.;  $t = 0,5$  мм. Це дозволило до 4 разів підвищити продуктивність обробки.



Рис. 10.23. Змінна пластина зі сплаву K10

8. Для обробки сфер  $R = 1,52$  та  $\varnothing 3,94 \pm 0,11$  мм традиційно використовували спеціальні фрези зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 50$  м/хв;  $S = 0,05$  мм/об. Завдяки використанню складальних фрез SBE 20304 та SBE 20394 із твердого сплаву UF10, які дозволяють реалізувати такий режим різання:  $V = 150$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об., – удалося підвищити швидкість різання та продуктивність обробки в 3 рази.

9. Обробку стопорної канавки за новою технологією здійснюють токарним різцем MVQNR 2525 M16 зі змінною пластиною VNGG 160404 ML зі сплаву K10 із таким режимом різання:  $V = 420$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об.;  $t = 0,5$  мм. Раніше використовували контурний різець зі швидкорізальної сталі P18 вітчизняного виробництва з таким режимом різання:  $V = 110$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об.;  $t = 0,1$  мм. Це дозволило значно (більш ніж у 10 разів) підвищити продуктивність обробки.

Здійснено також оцінювання ефективності застосування розроблених операцій механічної обробки деталі "втулка сферична" (див. рис. 10.15 в).

10. За чинної технології операцію напівчистової обробки зовнішньої циліндричної поверхні деталі "втулка сферична", а також торцевої поверхні здійснювали фасонним різцем зі швидкорізальної сталі P18 із таким режимом різання:  $V = 100$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об.;  $t = 2,0$  мм. Замість цього інструмента, застосували сучасний збірний токарний різець TDJNL 2525 M15 зі змінною багатогранною пластиною DNMG 150608 ML зі сплаву K10 (рис. 10.24). Це дозволило реалізувати такий режим різання:  $V = 350$  м/хв;  $S = 0,25$  мм/об.;  $t = 1,5$  мм.



Рис. 10.24. Складальний токарний різець зі змінною багатогранною пластиною зі сплаву K10

11. Розточування, а також обробку торця втулки раніше виконували контурним різцем зі швидкорізальної сталі P18 із режимом різання:  $V = 110$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об.;  $t = 0,1$  мм. Запропоновано обробку здійснювати токарним різцем S25T SDUCR 11 із кутом у плані  $93^\circ$ , оснащеним пластиною DCGT 11T304 FL зі сплаву K10 (рис. 10.25) із таким режимом різання:  $V = 250$  м/хв;  $S = 0,2$  мм/об.;  $t = 1,0$  мм. У результаті досягнуто підвищення продуктивності обробки більш ніж у 10 разів.



**Рис. 10.25. Токарний різець із кутом у плані  $93^\circ$ , оснащений пластиною зі сплаву K10**

12. Фрезування круглих лисок ("зірочки") за чинної технології здійснювали фрезою  $\varnothing 10$  мм зі швидкорізальної сталі вітчизняного виробництва з таким режимом різання:  $V = 30$  м/хв;  $S = 0,08$  мм/об. Цю фрезу замінили на фрезу REMA 3 100C із твердого сплаву UF10 (рис. 10.26). Це дозволило інтенсифікувати параметри такого режиму різання:  $V = 100$  м/хв;  $S = 0,15$  мм/об. – та більш ніж у 6 разів підвищити продуктивність обробки.



**Рис. 10.26. Фреза REMA із твердого сплаву UF10**

Таким чином показано, що застосування збірних конструкцій твердосплавних різальних інструментів зі зносостійкими покриттями за умови правильного встановлення режимів різання та інших параметрів обробки, відповідно до запропонованих у роботі практичних рекомендацій, дозволило значно підвищити продуктивність і знизити собівартість обробки, за одночасного забезпечення високих показників точності, якості та шорсткості оброблюваних поверхонь. Із метою підвищення працездатності



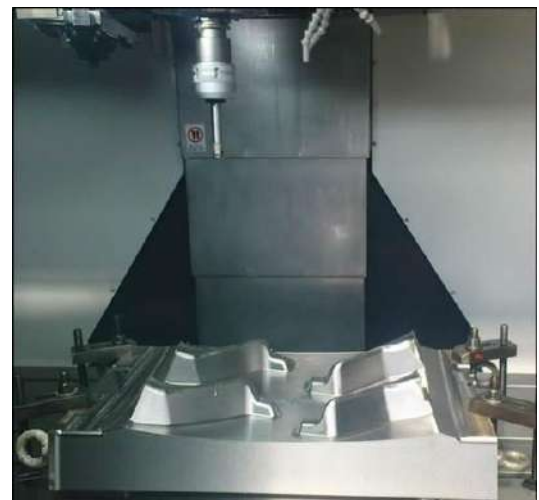
інструментів під час різання матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями та розширення технологічних можливостей метало-різальних верстатів, наведено характеристики нових перспективних верстатів із ЧПУ й різальних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями, призначених для обробки різних за оброблюваністю матеріалів.

**Підвищення ефективності механічної обробки  
складнопрофільних робочих поверхонь  
сектора пресформи для шини діаметром 2 200 мм**

Упровадження сучасних збірних твердосплавних різальних інструментів та обладнання із ЧПУ дозволило розв'язати в ПАТ "Дніпрполімермаш" (м. Дніпро) проблему створення складнопрофільних робочих поверхонь сектора (елемента) пресформи для шини діаметром 2 200 мм (рис. 10.27).



а



б

Рис. 10.27. Сектор у складанні (а) та його обробка на верстаті (б)

За чинної технології обробку пресформи для шини здійснювали протягом 180 год. Упровадження нової технології дозволило виключно шляхом підвищення режимів різання та зменшення кількості проходів шкратити машинний час до 15,5 год (рис. 10.28). У результаті досягнуто зменшення машинного часу в 11,5 разів, що дало можливість підприємству виграти тендер на постачання виробами вартістю в мільйони доларів США.

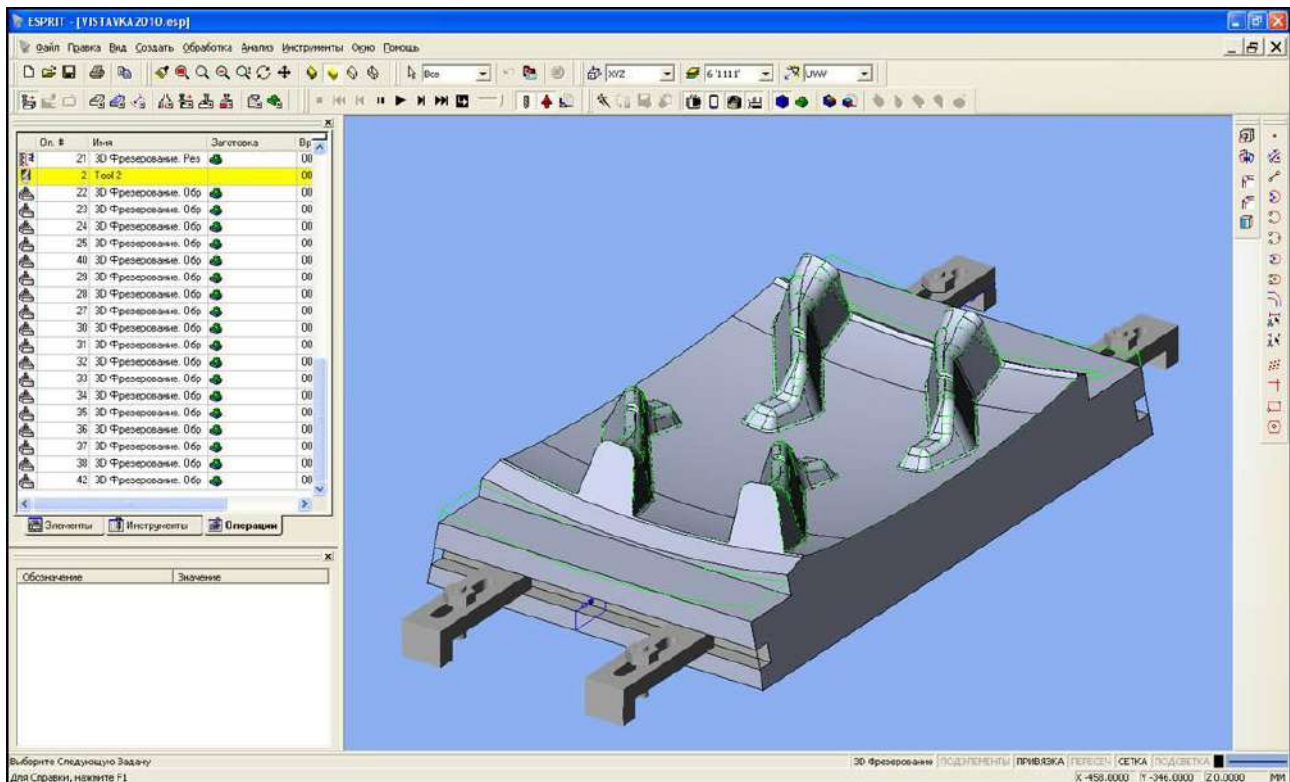


Рис. 10.28. Траекторії руху інструмента в САМ-системі Esprit

Ефект обумовлено застосуванням нових складальних твердосплавних інструментів спільного виробництва компанії TaeguTec (Південна Корея) і технічного центру "ВаріУс" (м. Дніпро): торцевої фрези  $\varnothing 100$  мм із механічним кріпленням пластин SCRM90TN 6100-32R-22 (рис. 10.29 а); кінцевої фрези  $\varnothing 32$  мм із механічним кріпленням пластин TE90AP 332-32-17-L (рис. 10.29 б); сферичної фрези  $\varnothing 25$  мм із механічним кріпленням пластини TBN 250-32M (рис. 10.29 в) [19; 58].

Використовують пластини зі зносостійкими покриттями (сплав TT9080, рис. 10.29 г), що забезпечують високу стійкість різальних інструментів. Чорнову обробку здійснюють торцевою фрезою  $\varnothing 100$  мм із таким режимом різання: швидкість різання  $V = 140$  м/хв ( $n = 440$  об./хв); подача на зуб  $S_z = 0,11$  мм/зуб; подача столу  $S = 300$  мм/хв; глибина – 6 мм; ширина 70 мм.

Напівчистову обробку здійснюють кінцевою фрезою  $\varnothing 32$  мм із таким режимом: швидкість різання  $V = 170$  м/хв ( $n = 1\,700$  об./хв); подача на зуб  $S_z = 0,2$  мм/зуб; подача столу  $S = 1\,000$  мм/хв; глибина різання – 1 мм; ширина різання – 23 мм.



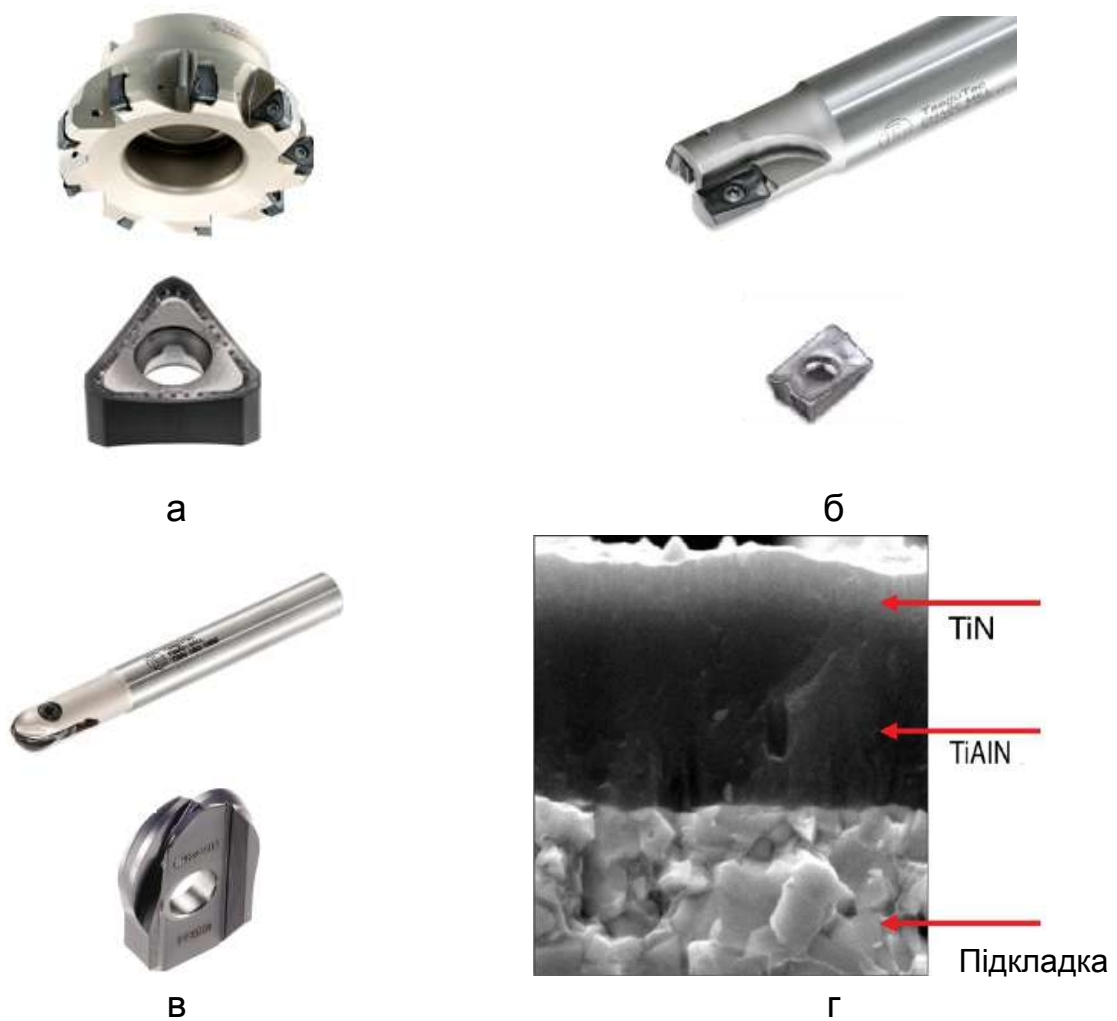


Рис. 10.29. Застосовувані різальні інструменти (а, б, в) і структура сплаву ТТ9080 зі зносостійким покриттям (г)

Чистову обробку здійснюють кінцевою фрезою  $\varnothing 21$  мм із таким режимом різання: швидкість різання  $V = 330$  м/хв ( $n = 5\,000$  об./хв); подача на зуб  $S_z = 0,4$  мм/зуб; подача столу  $S = 3\,900$  мм/хв; глибина різання –  $0,3$  мм; ширина різання –  $0,5$  мм.

Чистову обробку здійснюють із застосуванням сферичної фрези  $\varnothing 25$  мм із таким режимом різання: швидкість різання  $V = 390$  м/хв; подача на зуб  $S_z = 0,3$  мм/зуб; обороти шпинделя  $n = 5\,000$  об./хв; подача столу  $S = 3\,000$  мм/хв; глибина різання –  $1$  мм; ширина різання –  $0,35$  мм. Водночас застосовано нестандартні підходи до контролю за якістю – упроваджено САМ-системи ESPRIT (рис. 10.30 [41]). Застосування цього програмного засобу дозволяє виключити необхідність у проміжних вимірюваннях у процесі обробки деталі, що додатково підвищує продуктивність праці.

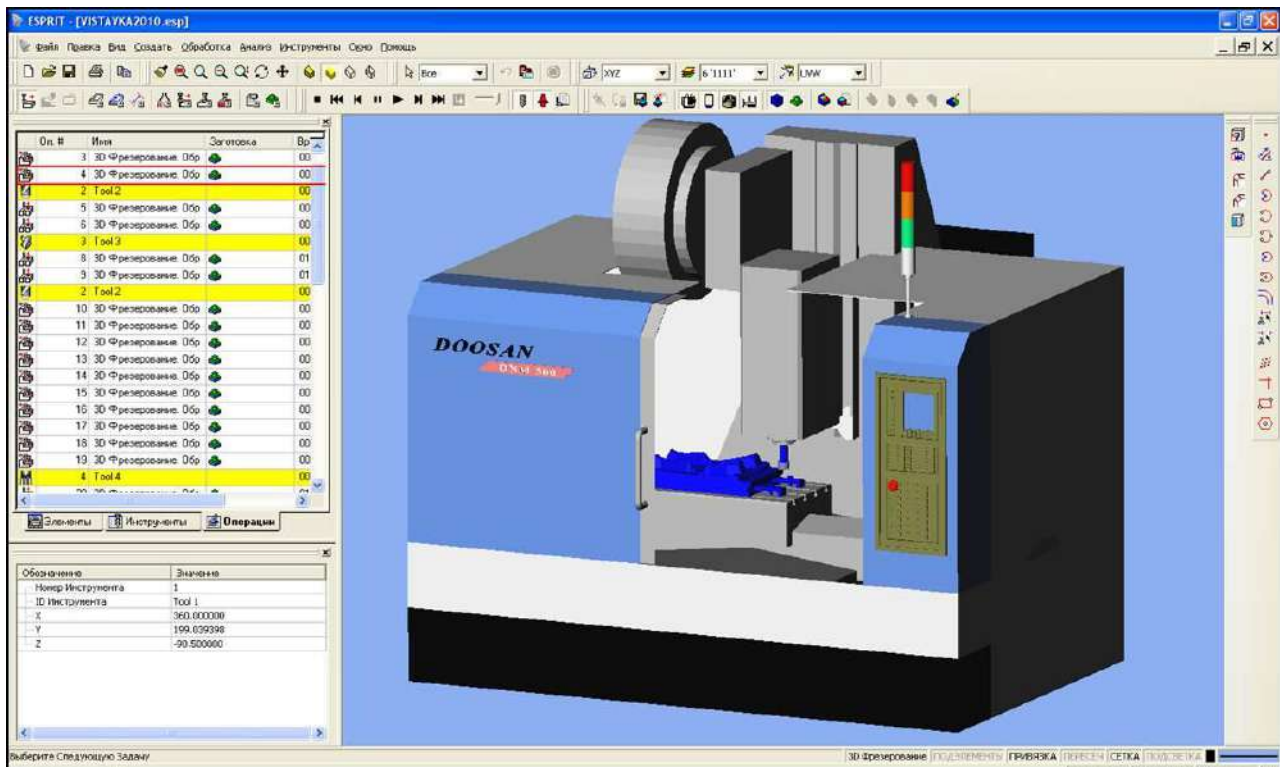


Рис. 10.30. Симуляція обробки в САМ-системі Esprit і контроль за нею

Таким чином, наведені приклади наочно показують, що застосування сучасного обладнання та збірних твердосплавних інструментів відкриває нові технологічні можливості в інтенсифікації процесів механічної обробки відповідальних деталей гідравлічних систем, а також інших деталей із важкооброблюваних матеріалів. У результаті досягають багаторазового підвищення продуктивності та зниження собівартості обробки за умови забезпечення великих показників точності та якості оброблюваних поверхонь.

## 10.5. Імпульсні технології

Особливо значні переваги мають технології, які використовують висококонцентровані силові дії за допомогою пристроїв і способів, а також використання цілеспрямованих методів управління напружено-деформованим станом оброблюваних заготовок на всіх етапах їхнього деформування для виконання складних ремонтних робіт у стислі терміни (футерування внутрішніх поверхонь посудин і труб), у різних середовищах, під час ліквідації аварій або для запобігання їм.

Під час використання висококонцентрованих джерел енергії ефективно застосовувати розроблені акустичні екрани, які перетворюють хвильові поля із трансформацією силового навантаження (наприклад, за типом сферична хвиля плоска) із механічним впливом екрану.

Цей підхід є ефективним також під час використання імпульсних енергетичних джерел для інтенсифікації процесів видобутку нафти й ліквідації аварій, оскільки розвиток нафто- і газодобувної промисловості суттєво залежить від безаварійності та відсутності ускладнень під час буріння та експлуатації свердловин. До 10 – 12 % часу, що витрачають на буріння свердловини, припадає на ремонтні роботи, а частину свердловин Північного Сходу України безповоротно втрачено через зминання обсадних колон. Найбільшу екологічну небезпеку становлять пожежі та руйнування нафто- та газопроводів, негерметичність обсадних колон, утомні руйнування з'єднань та ін. Утрати часу на їхню ліквідацію призводять до знищення обладнання, забруднення навколишнього середовища, припинення видобутку нафти та газу.

Погіршення умов видобутку енергоносіїв багато в чому залежить і від порівняно малої корозійної стійкості газового й нафтового обладнання, арматури, зниження її пропускної спроможності через утворення сольових та гідратних пробок, парафінових відкладень.

Разом із тим накопичено великий і в ряді випадків унікальний досвід запобігання аваріям та ліквідації їх, що дозволяє вважати Україну однією із провідних країн, які володіють величезним науковим потенціалом, передовими технологіями. Набули застосування такі рішення:

1. У сфері інтенсифікації видобутку нафти й газу шляхом підвищення проникнення привибійних зон, створення депресій і репресій у свердловинах, їхньої перфорації за допомогою різних способів та пристроїв.

2. Підвищення якості та терміну служби обладнання шляхом поліпшення антикорозійного захисту, ліквідації парафінових відкладень і сольових пробок, виявлення перспективних схем обладнання.

Для інтенсифікації видобутку нафти й газу використовують комбіновані методи, зокрема термічно-технічні методи, особливістю яких є використання хімічних реагентів (кислот, газів, солей, металів та інших речовин, які підвищують пластовий тиск). Однак ці заходи екологічно небездоганні, викликають підвищену корозію обсадних колон і насосно-компресорних труб насосів, потребують великих витрат на доставляння

та збереження. Тому набувають застосування фізичні методи з тепловою й імпульсною дією на привибійну зону. Пошук оптимальних методів впливу на пласт має бути подовжено в напрямі вдосконалення методів комбінованого впливу на пласт як у процесі вилучення нафти (за наявності насосного обладнання та трубної арматури), так і відновлення видобутку нафти з уже наявних та законсервованих свердловин. Причому в останньому випадку ефективність імпульсних методів впливу на привибійну зону може бути найбільш відчутна в разі використання безстрижневих гідронасосних установок.

Сфери застосування імпульсних технологій:

1. *Роздільні процеси*: різання холодних і гарячих металів великого перерізу (наприклад, різання злитків під час безперервного розливання сталі та прокату), різання профілів, зокрема сортових, а також безвідхідне різання.

2. *Деформаційні процеси*: листове й об'ємне штампування, брикетування сипучих матеріалів.

3. *Клепально-складальні процеси*: клепання, карбування, розвальцювання, пробивання отворів, обтискання кінців електричних кабелів та ін.

**Магнітно-імпульсні машини** (пристрої) мають можливість автоматизації технологічних процесів, завдяки своїй сумісності із засобами автоматичного управління. Гальмівними чинниками під час їхнього застосування є такі: використання високих електричних напруг у сукупності з дорогими масивними та великогабаритними приводами, низький коефіцієнт корисної дії, складності системи управління, наявність шкідливих магнітних полів, що потребує захисту операторів.

**Пневмогідравлічні машини** (пристрої) зручні в експлуатації, завдяки використанню стиснутого повітря, мають високу питому енергоозброєність, стабільність енергії ударів. Однак конструкції таких машин потребують якісного виготовлення застосовуваних механізмів, герметизації високого тиску робочого середовища. Вони мають обмежену продуктивність і потребують використання додаткових приводів (наприклад, гідростанцій, мультиплікаторів).

Позитивними особливостями конструкцій пневмомеханічних імпульсних машин є те, що механічна система забезпечує їхню швидкодію. Це важливо для процесів високоякісного об'ємного деформування, оскільки підвищує якість штампування та стійкість штампувального оснащення.

**Пневматичні імпульсні машини** (пристрої), також, як і пневмогідравлічні, зручні з екологічного погляду, завдяки використанню стиснутого повітря заводської пневмосистеми, прості з конструктивного погляду, завдяки високій продуктивності. Їхніми недоліками є обмеженість енергії удару та її недостатня стабільність.

**Імпульсне kleпання**, ручні імпульсні (одноударні) kleпальні молотки можуть замінити багатоударні пневматичні, що традиційно застосовують, оскільки мають ряд переваг: зменшення вібраційних захворювань робітників-kлепальників, завдяки поліпшенню санітарно-гігієнічних та екологічних умов праці; підвищення продуктивності праці; підвищення якості та ресурсу з'єднань; гарантована стабільність якості й можливість прогнозування ресурсу з'єднань; виконання з'єднань робітником-kлепальником низької кваліфікації, що не потребує навичок і досвіду в роботі; простота та зручність в експлуатації й обслуговуванні [64].

**Імпульсні kleпальні пристрої (молотки)** можуть бути порохової, пневмогідравлічної, магнітно-імпульсної або пневматичної дії.

Таким чином, різноманітність імпульсних технологій, їхні важливі переваги свідчать про доцільність як створення спеціалізованих виробництв (критерії – техніка безпеки, випуск конкурентоспроможної продукції, велика програма та ін.), так і більш інтенсивного інтегрування імпульсних процесів у діючі виробництва (критерії – мобільність, можливість локального деформування деталей для додавання їм спеціальних властивостей та поліпшення якості). Значною може бути роль імпульсних технологій за інтенсифікації нафтогазовидобутку та в інших енергоємних процесах перетворення матеріалів і сировини.

## **10.6. Сучасні технологічні процеси складання машин**

*Складання* – це завершальна стадія виробництва машини. Надійність і довговічність машини значно залежать від якості складання.

*Складання* – це утворення з'єднань складових частин виробу. Види з'єднань: нерухомі рознімні (нарізні), нерухомі нерознімні (зварювання, паяння, склеювання тощо), рухомі рознімні й рухомі нерознімні [16; 52].

*Нарізні з'єднання* мають достатньо широке застосування в машинобудуванні – до 25 ... 30 % загальної кількості з'єднань деталей і вузлів машин. Їхню поширеність пояснено простотою, надійністю, можливістю

точного виготовлення, розбирання, контролю за ними, регулюванням моменту затягування та створенням великих осьових сил. Нарізні з'єднання здійснюють за допомогою кріпильних елементів (болтів, гайок, гвинтів, шпильок та ін.) із застосуванням різі (кріпильної або силової).

Складання нарізних з'єднань можна здійснювати вручну (різним за конструкцією гайковим ключем, зокрема, динамометричним) або механічним способом (спеціальними електричними, механічними, пневматичними, гідравлічними, одно- та багатопиндельними гайковертами) й автоматичними установками.

Складання *з'єднань зі шпонками* застосовують у ланцюгових, ремінних і зубчастих парах для передавання крутних моментів за допомогою шпонок (сегментних або призматичних).

*Шліцьові з'єднання* деталей, порівняно зі шпонковими, характеризуються вищою здатністю навантаження, створюють меншу концентрацію напружень на валах, забезпечують більш точне центрування. Застосовують прямобічні, евольвентні, трикутні, шліцьові, циліндричні з'єднання. Залежно від посадок спряжених центрувальних поверхонь, шліцьові з'єднання розподіляють на важкорознімні, легкорознімні та рухомі.

Більшість *нерознімних з'єднань* можна зарахувати до однієї із груп: з'єднання із силовим замиканням, відносно нерухомість деталей яких забезпечено механічними силами, що виникають у результаті пружнопластичних деформацій;

з'єднання, засновані на атомно-молекулярних силах (зчеплення або адгезія).

Типові *нерухомі нерознімні з'єднання* – це з'єднання з гарантованим натягом, зварні, паяні, клейові та заклепкові. Нерухомі нерознімні з'єднання з гарантованим натягом широко застосовують під час з'єднання із втулками, кільцями, підшипниками, буксами, роторами, зубчастими колесами, маховиками та ін. Їхню міцність визначено силами зчеплення на контактних поверхнях, тобто величиною натягу після складання. З'єднання можна здійснювати нагріванням деталі, що охоплює (втулки), або охолодженням охопленої деталі (вала) перед складанням, наданням пластичної деформації одній із деталей, що з'єднуються (наприклад розвальцюванням), шляхом створення пружної деформації охопленої деталі або запресовування охопленої деталі в охоплювану деталь із натягом.

Міцність з'єднань, зібраних з охолодженням охопленої деталі, вища за інших однакових умов у 2 – 2,5 раза міцності з'єднань із запресовуванням і на 10 – 15 %, ніж під час нагрівання охоплюваної деталі. Під час охолодження виключено викривлення й місцеві деформації деталей, зниження твердості, окиснення поверхонь, порушення гальванічних покриттів, структури та інших фізико-механічних властивостей. Крім того, охолодження потребує значно менше часу, ніж нагрівання. Однак цей спосіб можна використати під час з'єднання з відносно невеликими натягами.

Складання *запресовуванням* можна здійснювати механічним або гідравлічним способами. За механічного способу складання охоплену деталь запресовують в охоплювану в поздовжньому напрямку за температури 20 °С. Цей спосіб застосовують за невеликих натягів (до 0,1 %), і він характеризується високою продуктивністю. Однак має й характерні недоліки: неможливість використання антикорозійного покриття, пошкодження поверхонь, що підлягають з'єднанню, розкид зусиль запресовування. Гідравлічний спосіб складання здійснюють шляхом нагнітання за передбаченими каналами в зону поверхонь, що підлягають з'єднанню, масла під тиском. Завдяки цьому зусилля запресовування, порівняно з механічним способом, зменшуються в 10 – 15 разів.

*Зварювання (з'єднання зварюванням)* – це технологічний процес утворення нерознімних з'єднань за допомогою встановлення міцних міжатомомолекулярних зв'язків між контактними матеріалами, що підлягають з'єднанню (рис. 10.31). Є понад 60 різновидів зварювання, які можна класифікувати за фізичними, технічними або технологічними ознаками. Однак у загальному випадку активізація утворення міжатомних зв'язків між елементами, що підлягають з'єднанню, можна забезпечувати в рідкій або твердій фазах. Відповідно до цього, усі способи можна розподілити на дві основні групи: зварювання плавленням і зварювання тиском (пластичним деформуванням). Під час *зварювання плавленням* деталі з'єднують за допомогою місцевого розплавлення металу. Для розплавлення застосовують джерела теплоти з температурою понад 3 000 °С. Розрізняють зварювання електричне (електродугове, електрошлакове), хімічне (газове, термітне), променеве (електронне, фотонне, плазмове, лазерне та ін.).





Рис. 10.31. Зварювання деталей

*Зварювання тиском* можна здійснювати без попереднього нагрівання, коли вводиться тільки механічна енергія, або з попереднім нагріванням (контактна, точкова, конденсаторна, дифузійна, газопресова), коли разом із механічною, вводиться й теплова енергія.

Є комбіновані методи зварювання, наприклад, зварювання тертям, ультразвуковий, вибуховий, холодний, зварювання стикове, мікрозварювання та ін. Залежно від ступеня автоматизації зварювальних процесів, розрізняють ручне, напівавтоматичне та автоматичне зварювання. Крім зварювання металів та їхніх сплавів в однорідних і різнорідних поєднаннях, можливе також зварювання неметалічних матеріалів (скла, пластмас, кераміки тощо) як між собою, так і з металами. Застосування деяких методів зварювання забезпечує виготовлення зварних конструкцій із заданими розрахунковими розмірами, що не потребують подальшої механічної обробки. Найширше застосування зварних з'єднань пояснено рядом їхніх переваг. Застосування зварювання, наприклад, порівняно із клепанням, зменшує на 10 ... 20 % масу конструкцій, скорочує трудомісткість і терміни виготовлення, забезпечує герметичність швів, дозволяє в ряді випадків спростити конструкції складних вузлів і технологію їхнього складання, сприяє механізації та автоматизації процесів, економії й раціональному використанню матеріалів. Ці переваги надійно забезпечили гідне місце зварюванню як прогресивному, високопродуктивному й економічно вигідному технологічному процесу утворення сполук.

*Паянням* називають процес утворення нерознімного з'єднання двох або декількох деталей із застосуванням присадкового матеріалу –



припою. Під час нагрівання у складеному вигляді до температури плавлення припою (м'якого або твердого) цей припій заповнює зазори між деталями. У паяних конструкціях застосовують різні метали та сплави: сталі, чавуни, мідь та її сплави, легкі сплави на основі титану, алюмінію, магнію, берилію та ін. Сучасні методи паяння забезпечують з'єднання конструкційних матеріалів із різними фізико-хімічними властивостями за збереження практично незмінними вихідні властивості матеріалу.

*Склеювання* – це спосіб утворення нерухомого нерознімного з'єднання за допомогою спеціальних речовин, здатних за певного фізичного стану скріплювати деталі, завдяки вияву сил адгезії. Важливою перевагою склеювання є можливість утворення сполук із різнорідних матеріалів, уникнути внутрішнього напруження та деформацій, оскільки технологія не потребує підвищених температур. Її суттєвий недолік – низька термостійкість та схильність до старіння.

Особливе місце серед нерознімних з'єднань посідають *заклепкові з'єднання*.

*Клепання*, будучи одним із найдавніших способів утворення сполук, застосовують і в сучасному виробництві. Так, наприклад, широке та виправдане її застосування в літакобудуванні пояснено найнижчою технологічною собівартістю, порівняно з іншими видами нерознімних з'єднань, найкращою можливістю контролю за їхньою якістю.

Методи *складання* розподіляють на методи повної та неповної взаємозамінності.

Метод *повної взаємозамінності* застосовують під час складання з умовою, що будь-яка деталь, додана ланкою в розмірний ланцюг, забезпечує задану точність замикальної ланки без будь-якої пригонки або підбору. Цей метод застосовують у масовому й великосерійному виробництвах за високої технологічної культури з використанням новітнього обладнання та спеціального оснащення для забезпечення високої точності складання.

Метод *неповної взаємозамінності* застосовують під час складання з умовою, що допуски на розміри деталей, що становлять розмірний ланцюг, навмисно розширюють для здешевлення виробництва. Цей метод застосовують у серійному й масовому виробництвах для багатоланкових ланцюгів, і він охоплює такі способи реалізації: складання методом групової взаємозамінності (селективного складання); складання методом регулювання; складання методом пригонки.

Складання методом *групової взаємозамінності* полягає в тому, що деталі виготовляють із розширеними полями допусків, а перед складанням деталі, що підлягають з'єднанню, сортують на розмірні групи. Під час складання з'єднують деталі однієї розмірної групи, точність яких відповідає конструктивним допускам. Складання деталей кожної групи здійснюють за методом повної взаємозамінності.

Складання методом *регулювання* полягає в тому, що вузол, який з'єднують, має регулювальний пристрій – компенсатор (гвинти, втулки, кільця та ін.), за допомогою якого забезпечують необхідну точність замикальної ланки.

Складання методом *пригонки* полягає в забезпеченні необхідної точності з'єднання шляхом зняття з однієї з деталей необхідного шару матеріалу, наприклад, притиранням, шабруванням або іншим методом. Для цього заздалегідь залишають припуск на приганяльні роботи. Однак складання цим методом достатньо трудомістке, його застосовують, переважно, в одиничному та дрібносерійному виробництві.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Назвіть технологічні процеси формоутворення деталей із рідкого стану (ливарне виробництво).
2. Які є умови ефективного застосування ливарного виробництва?
3. Охарактеризуйте порошкову металургію та ефективність її застосування.
4. Назвіть основні методи обробки металів тиском, сфери їхнього застосування.
5. Яким інструментом здійснюють прокатування?
6. Яким інструментом здійснюють волочіння?
7. Чим відрізняється кування від штампування?
8. У чому полягає сутність та ефективність застосування методу безперервного профілювання листового металу на профілевігинних агрегатах?
9. Що таке "3D-принтери"?
10. Які витратні матеріали застосовують у 3D-принтерах?
11. Наведіть приклади застосування 3D-принтерів.
12. Порівняйте різні види обробки різанням.
13. Поясніть призначення та сфери застосування точіння, розточування та стругання.

14. Поясніть призначення та сфери застосування свердління, зенкерування та розверчення.
15. Поясніть призначення та сфери застосування фрезування.
16. Поясніть призначення та сфери застосування різьобробки.
17. Поясніть призначення та сфери застосування протягування.
18. Поясніть призначення та сфери застосування зубонарізування.
19. Дайте загальну оцінку процесів шліфування.
20. Наведіть класифікацію різальних інструментів та можливості їхнього застосування для обробки різних поверхонь.
21. Чим відрізняється свердло від розвертки?
22. Чим відрізняється металорізальний верстат із ЧПУ типу "обробний центр" від традиційних металорізальних верстатів із ЧПУ?
23. Завдяки яким чинникам досягають високої ефективності обробки на металорізальному верстаті із ЧПУ типу "обробний центр"?
24. Для чого призначено зносостійкі покриття, які наносять на робочі поверхні різальних інструментів?
25. Для чого виконують симуляцію механічної обробки?
26. Назвіть імпульсні технології та поясніть їхнє промислове застосування.
27. Що таке "пневматичні імпульсні машини"?
28. У чому полягає сутність та ефективність імпульсного kleпання?
29. Де набули застосування заклепкові з'єднання?
30. Назвіть сучасні технологічні процеси складання машин.
31. У чому полягає сутність складання методами регулювання та пригонки?
32. Назвіть види з'єднань.
33. Складання запресовуванням здійснюють механічним чи гідравлічним способами?
34. Що таке "нерознімні з'єднання з гарантованим натягом"?
35. Що таке "складання з'єднань зі шпонками"?
36. Які ви знаєте методи зварювання?
37. У чому полягає сутність технологічного процесу зварювання?
38. Чим відрізняється метод повної взаємозамінності від методу неповної взаємозамінності?
39. У чому полягає сутність складання методом групової взаємозамінності (селективного складання)?

**Література:** [2; 6; 7; 16; 19; 30; 41; 42; 52 – 54; 58; 64; 67; 68; 73 – 76].

# 11. Сучасні технологічні системи у виробництві матеріалів та житловому будівництві

## 11.1. Властивості будівельних матеріалів та їхня класифікація

Будівельні матеріали класифікують за видом сировини та способом виготовлення: природні, керамічні, безвипалені, металеві, полімерні, лісо-матеріали, зі скляних та інших розплавів, на основі бітумів і дьогтів [27; 68] (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Будівельні матеріали

Класифікують за призначенням: конструкційні, зв'язувальні, оздоблювальні, теплоізоляційні, для підлог, для скління та ін. [2; 33; 44; 63].

Розрізняють мінеральні й органічні будівельні матеріали. Мінеральні матеріали відрізняються високою щільністю, міцністю, морозостійкістю, хімічною стійкістю та вогнестійкістю (для конструкційних елементів і деталей).

Органічні матеріали (за винятком лісоматеріалів) використовують, переважно, як теплоізоляційні, оздоблювальні, покрівельні матеріали.

## Природні кам'яні матеріали та вироби з них

Гірські породи залягають у вигляді суцільних масивів. Здобуті з гірських порід кам'яні матеріали називають *нерудними (неметалевими) копалинами*.

Гірські породи розподіляють на вивержені, осадові й метаморфічні.

*Вивержені гірські породи* – це породи з розплавленої магми (кварц – кристалічний кремнезем  $\text{SiO}_2$  – набув найбільшого поширення).

*Осадові гірські породи* – це продукти фізичного та хімічного розпаду первинних гірських порід під дією вітру, сонця, води, температури: глина, пісок, вапняк.

*Метаморфічні (видозмінені) гірські породи* – це матеріали, у яких зміни будови або складу відбулися під впливом високих температур і тиску. До них належать гнейси, що застосовують у вигляді бутового каменю для спорудження фундаментів; мармури – це видозмінені кристалічні вапняки та доломіти, що застосовують для облицювання стін будівель.

Виготовлені буропідривними методами в кар'єрі, природні кам'яні матеріали відправляють або безпосередньо на будівельні майданчики, або на каменеобробні заводи.

Блоки або штучні камені певної форми, великих розмірів добувають шляхом різання гірської породи спеціальними машинами.

Природні піщано-гравійні суміші добувають одно- або багатоківше-вими роторними екскаваторами або гідромеханічним способом. Піщано-гравійні суміші переробляють на гравій і пісок, сортуючи на ситах із виокремленням пилу та глини.

Щебінь виготовляють шляхом подрібнення порід на дробильному обладнанні. Гравій та щебінь розподіляють на чотири фракції розміром 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 і 40 – 70 мм. Пісок – це суміш частинок розміром від 0,15 до 5 мм. Штучні камені обробляють на спеціальних машинах і верстатах. Обробка складається з операцій розпилювання блоків на плити та бруски необхідної товщини, фрезування, оздоблення плит і брусків за відповідними розмірами, профілюванням та оздобленням лицьової поверхні каменя.

Залежно від призначення, матеріали розподіляють на декілька видів. Матеріали та вироби для викладання фундаментів і стін (бутові, колоті, пиляні камені з міцних гірських порід використовують для підземних робіт), пиляні та колоті камені та блоки з пористих порід – для викладання стін.

До облицювальних та архітектурних виробів із різних порід належать плити, блоки, плити для настилу підлоги й облицювання стін, профільні елементи облицювання стін, цокольні плити й камені, карнизи, вузлові та підвіконні плити, елементи сходів, паркету й огорожі.

Матеріали та вироби для дорожнього будівництва – це бортові камені, брущатка, колотий або бруковий камінь, щебінь, пісок і мінеральний порошок.

Матеріали та вироби для підземних і гідротехнічних споруд та мостів містять плити, камені для облицювання тунелів і надводних частин споруд, природні камені (рвані, колоті й пиляні, щебінь) для гідротехнічних споруд.

Хімічні й теплостійкі матеріали та вироби: камені рівної форми та фасонні, плити облицювальні для підлоги, камені рвані, щебінь і пісок для бетонів, розчинів, мастик, замазок. Для захисту від кислот та високих температур використовують, переважно, вивержені породи, а для захисту від лугів – осадові.

### **Керамічні будівельні матеріали та вироби з них**

До виробів із керамічних будівельних матеріалів належать штучні кам'яні вироби, виготовлені із глиняних мас із домішками або без домішок інших матеріалів шляхом формування та подальшого випалення (спікання глин).

Класифікацію керамічних матеріалів пов'язано з тим, що вони відрізняються за структурою, за ступенем однорідності та за конструктивним призначенням.

Залежно від *структури*, вони бувають: щільні, що спеклися та не пропускають воду; із водопоглинанням – менше ніж 5 %; пористі, із водопоглинанням понад 5 %.

За *ступенем однорідності* керамічні будівельні матеріали розподіляють на грубу й тонку (фарфор, фаянс) кераміку.

За *конструктивним призначенням* вироби розподіляють на: стінові (цегла, керамічні камені); для облицювання фасадів будівель (лицьова цегла, плитки, килимова кераміка); для внутрішнього облицювання, вироби для перекриттів; покрівельні; тепло- та звукоізоляційні; санітарно-технічні; дорожньо-будівельного призначення; для підземних комунікацій; наповнювачі для легких бетонів; кислототривкі та вогнетривкі.

Керамічні вироби бувають *глазуровані* та *неглазуровані*.

Основною сировиною для виготовлення керамічних матеріалів є *глини* (осадові гірські породи, що складаються переважно із глинистих матеріалів). Глиниста порода – це механічна суміш глиноутворювальних мінералів, тонкозернистих домішок-украплень (домішки: кварцовий пісок, пил, карбонатні породи, лужні й залізні породи, лужні й залізні оксиди).

Розрізняють такі властивості глинистих порід: гранулометричний склад, пластичність глин, сполучну здатність, усадку глин під час сушіння, вогнестійкість, можливість спікання.

Видобуток глини здійснюють у кар'єрах. Обладнання, що застосовують для цього: багатоківшеві, одноківшеві з дизельним двигуном і роторні екскаватори, канатні скрепери (транспортування, сушіння глини).

Формування виробів здійснюють, переважно, на пресах. Схема технологічного процесу виробництва цегли містить: приготування глиняної маси, формування виробів, сушіння відформованих виробів і їхнє випалювання (у кільцевих або тунельних печах безперервної дії).

*Тунельні печі* більш економічні, порівняно з кільцевими, через більш високий рівень механізації виробництва, а також краще використання теплової енергії. У процесі випалювання формують міцність, водостійкість, морозостійкість та ін.

*Керамічні порожнисті камені* виробляють методом пластичного формування з рівними, рифленими поверхнями та наскрізними пустотами. Використовують для викладання носійних стін і перегородок, виготовлення цегляних панелей, стін каркасних споруд. Не можна використовувати порожнисті камені для викладання фундаментів, цоколів споруд, а також для зовнішніх стін вологих приміщень.

Стінові цегляні панелі виготовляють із цегли або керамічних каменів на основі цементації їх у моноліт цементно-піщаним розчином. Для зовнішніх стін виробляють двошарові й одношарові панелі. Технологічний процес виготовлення панелей складається з таких операцій: виготовлення цементно-піщаних розчинів, виготовлення арматурного каркасу, формування панелі, тепловологої обробки за температури 80 °С протягом 8 – 12 год, оздоблення.

Керамічні облицювальні матеріали – це облицювальна цегла, порожнисті камені, плити, фасонна цегла, облицювальна плитка, деталі для карнизів із гладенькою, рельєфною та глазурованою поверхнею.

Килимова кераміка – це плитки невеликих розмірів різного кольору 48 × 48 × 4 мм, килими – 724 × 464 і 672 × 424 мм із водопоглинанням не більше ніж 12 %. Килимову кераміку широко використовують для облицювання стінових панелей, стін спортивних і торговельних приміщень.

Глазуровані плитки виготовляють способом напівсухого пресування. Для внутрішніх робіт плитки виготовляють розміром 150 × 150 мм або 100 × 100 мм завтовшки 4 – 5 мм. Водопоглинання – не більше ніж 16 %, вони є термічно стійкими. Використовують глазуровані плитки для облицювання кухонь, санітарних приміщень, житла, шкіл, дитячих садків, лікарень, торговельних підприємств, пралень, лазень, стін лабораторій, а також для облицювання стін і переходів метрополітену.

Плитку для підлоги виготовляють із глини шляхом пресування і наступного відпалювання до спікання. Виробляють великі прямокутні, трикутні, шестигранні, восьмигранні плитки розміром грані завдовжки від 50 до 150 мм і завтовшки 10 – 13 мм. Лицьова поверхня може бути гладенькою, тисненою й шорсткою різного кольору з водопоглинанням не більше ніж 4 %. Плитки широко використовують для облицювання підлоги в санітарних вузлах, вестибюлях громадських приміщень, лазнях, пральнях, м'ясокомбінатах.

*Теплоізоляційні керамічні матеріали на основі глин.* До них належать керамзит та аглопорит, що використовують, переважно, як заповнювачі легких бетонів. Технологію їхнього виробництва засновано на термічній обробці сировини, під час якої в масі утворюється в'язка фаза, здатна утримувати газоподібні продукти горіння, які спучують, утворюючи пори в опалюваному матеріалі.

*Керамзит* – це легкий порожнистий матеріал коміркового устрою, який виготовляють у процесі обпалювання легкоплавких глинистих порід, здатних спучуватися під час швидкого нагрівання в інтервалі температур 1 150 – 1 250 °С. Активного спучування досягають шляхом молоття вугілля, тирси, залізної руди, мастила, мазуту. Якість керамзитового гравію характеризують за розміром зерна: 5 – 10, 10 – 20, 20 – 40 мм, межа міцності 0,6 – 0,7 МПа, водопоглинання – 15 – 25 %. Керамзит використовують як пористий наповнювач легких бетонів, а також як теплоізоляційний матеріал.

*Скло та вироби з нього.* До виробів зі скла належать:

- матеріали для заповнення отворів будівель і споруд (скло віконне, вітринне, армоване, візерунчасте, тришарове, загартоване);



- матеріали для будівельних конструкцій (склоблоки, профільне скло);
- облицювальні та оздоблювальні матеріали (плитки скляні облицювальні);
- теплоізоляційні матеріали (скловата, скловолокно).

*Сировинні матеріали:* головні (оксиди кремнію – кремнезем  $\text{SiO}_2$ ; алюмінію – глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; бору –  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; натрію –  $\text{Na}_2\text{O}$ , калію  $\text{K}_2\text{O}$ ; кальцію  $\text{CaO}$ ; магнію  $\text{MgO}$ ) і допоміжні (для прискорення варіння скла та надання йому необхідних властивостей) – прискорювачі варіння, освітлювачі, безосвітлювачі, глушники, барвники.

Виробництво *будівельного скла* охоплює підготовку сировинних матеріалів, приготування скляної шихти, варіння скла, формування виробів, випалювання відформованих виробів.

Основні *види скляних виробів:* скло листове, віконне, загартоване, тришарове, армоване, візерункове, вітринне, увіолеве, профільне будівельне, склопакети, блоки скляні порожнисті, марболіт, стемаліт, смальта, піноскло.

### **Мінеральні зв'язувальні речовини, бетон, залізобетон.**

#### **Класифікація й основні властивості зв'язувальних речовин**

До *зв'язувальних речовин* належать: цемент, будівельне вапно та гіпс [68].

*Мінеральні зв'язувальні речовини* – це порошкові матеріали, які в разі змішування з водою утворюють пластичну масу, яка твердне в міцне каміння. Їх розподіляють на повітряні й гідравлічні.

*Повітряні зв'язувальні речовини* тверднуть у повітряному середовищі, *гідравлічні* – у воді. Тому повітряні речовини використовують для спорудження наземних будівель, гідравлічні – можна використовувати в наземних, підземних, гідротехнічних та інших спорудах. До повітряних належать гіпсові й магнезіальні зв'язувальні речовини, до гідравлічних – різний цемент (портландцемент, глиноземистий цемент, шлаковий цемент, гідравлічне вапно). Вапняні зв'язувальні речовини можуть бути як повітряними, так і гідравлічними. Розрізняють зв'язувальні речовини за властивостями їхнього затвердіння.

Основні властивості мінеральних зв'язувальних речовин: нормальна густина тіста; швидкість схоплювання; механічна міцність після затвердіння; тонкість молоття.

*Портландцемент* є продуктом тонкого подрібнення цементного клінкеру, утвореного в результаті випалювання до запікання сировинної суміші вапняку та глини, що забезпечує переважання в цементі силікатів кальцію. Це гідралічна в'язка речовина, що твердне на повітрі та у воді, найважливіший будівельний матеріал.

Залежно від виготовлення сировинної суміші, розрізняють вологий і сухий способи виробництва цементу. Більш поширено *вологий* спосіб (рис. 11.2). Технологічний процес виготовлення цементу складається з таких операцій: підготовки клінкеру, молоття клінкеру в тонкий порошок та змішування його з домішками.

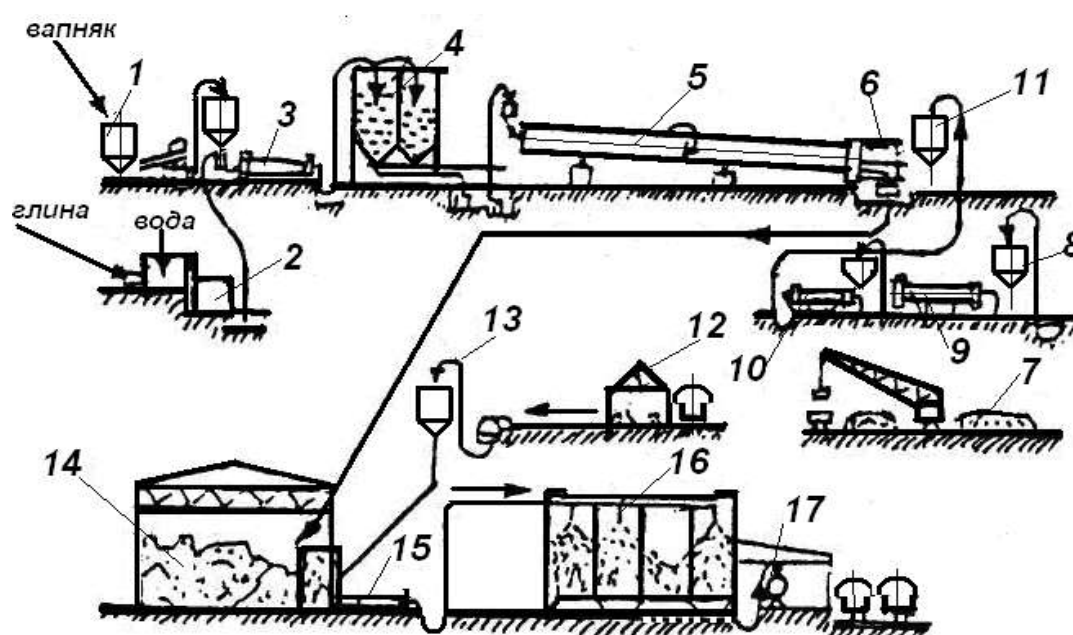


Рис. 11.2. Схема виробництва портландцементу вологим способом:

- 1 – дробарка; 2 – басейн для перемішування глини; 3 – млин для молоття сировини; 4 – шламовий басейн; 5 – піч; 6 – холодильник;
- 7 – склад вугілля; 8 – елеватор для подачі вугілля із дробарки в бункер; 9 – сушильний барабан для вугілля; 10 – млин для вугілля; 11 – насос для подачі вугільної пилу; 12 – склад гіпсу;
- 13 – елеватор для подачі гіпсу із дробарки в бункер;
- 14 – склад клінкеру; 15 – шаровий млин; 16 – силоси для цементу;
- 17 – упаковка цементу

Сировина (вапняк, крейда, глина) підлягає попередньому подрібненню в щоківних і валкових дробарках до шматків не більше ніж 5 – 10 мм.

Потім м'які компоненти (крейда, глина) перемішуються в залізобетонних резервуарах діаметром 5 – 10 м та заввишки 2,5 – 3,5 м, футерованих чавунними плитами. Утворена суспензія проходить через отвір із сіткою й перекачується у млин, до якого безперервно надходить крейдяний шлам або роздрібнений вапняк.

*Трубчастий млин* – це сталевий барабан довжиною до 15 м і діаметром до 3 м, розподілений перегородками з отворами на 2 – 4 камери, який обертається навколо своєї осі. Матеріал у млині роздрібнюється сталевими кулями. Тонко роздрібнена сировина вологістю 35 – 40 % витікає із млина й за допомогою насосів транспортується у шлаковий басейн, де накопичується запас і коректується склад шламу перед випалюванням.

Випалювання виконують у спеціальних обертових барабанних печах діаметром 4 – 7 м і завдовжки 150 – 300 м. Барабан має нахил 4 й обертається зі швидкістю 1 об./хв. У нижній частині печі розміщено факел горіння палива. Суміш повільно переміщується вздовж барабана, спочатку підсушується, потім із неї вигорають органічні речовини, відбувається дегідратація глини, а за температури 700 °С починає розкладатися вуглекислий кальцій. Процес закінчується за температури 1 000 – 1 100 °С, після чого вільне вапно  $\text{CaO}$  вступає в реакцію з оксидами глини ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). За температури 1 450 °С утворюються клінкерні мінерали: трикальцієвий силікат  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (45 – 65 %), двокальцієвий силікат  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (20 – 35 %), трикальцієвий алюмінат  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , чотирікальцієвий алюмоферит  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  (10 – 18 %). Із підвищенням температури до 1 450 – 1 470 °С починається процес спікання матеріалів та утворення клінкеру у вигляді гранул розміром 10 – 15 мм. Цементний клінкер охолоджують у холодильниках, потім транспортують на склад для остаточного охолодження та вилежування перед молоттям. Під час вилежування вільне вапно гасять вологим повітрям і клінкер стає більш пухким, що полегшує його молоття. Роздрібнення клінкеру з домішками здійснюють у багатокамерних кульових млинах. Готовий цемент транспортують у силос для охолодження.

Сухий спосіб утворення цементу відрізняється тим, що вологі матеріали після попереднього молоття роздрібнюють у кульових млинах без операції утворення шламів. Якщо сировина є дуже вологою, її підсушують. Готові порошки перемішують і подають у піч для випалювання. Сухий спосіб є більш економічним, бо не потребує палива на випаровування води під час використання шламів.

Портландцемент виробляють чотирьох марок: 300, 400, 500, 600, що відповідає міцності 30 – 60 МПа. Тонкість роздрібнення має бути не меншою ніж 85 % від ваги проби.

*Різновиди портландцементу.* Виробляють пластифікований, гідрофобний, сульфатостійкий, швидкотверднучий, білий, кольоровий, тампонажний та інші цементи.

Пластифікований і гідрофобний портландцементи відрізняються від звичайних уведенням незначних кількостей (0,1 – 0,3 %) спеціальних домішок (сульфітно-спиртової барди, асидолу та ін.). Домішки допомагають розчинам краще заповнювати форми й підвищують морозостійкість. Марки пластифікованого портландцементу 300 – 500, а гідрофобного – 300 – 400. Використовують такий цемент для споруд, які працюють в умовах частих заморозків і вологості.

Сульфатостійкий портландцемент володіє підвищеною сульфатостійкістю. Цього досягають, завдяки точному дотриманню вмісту трикальцієвого силікату (не більше ніж 50 %), а також не більше ніж 5 % трикальцієвого алюмофериту. Ніяких додатків у шихту не вносять. Випускають таким чином цемент тільки однієї марки – 400. Використовують його для споруд, які працюють в умовах сульфатної агресії з перманентним заморожуванням, зволоженням і відтаванням.

Шлакопортландцемент і пуцолановий портландцемент виготовляють шляхом додавання у продукти молоття 30 – 60 % доменних шлаків (шлакопортландцемент) або 25 – 40 % порід вулканічного чи осадового походження. Такий цемент має високу корозійну стійкість, зокрема в морських і сульфатних водах. Марки шлакопортландцементу 200 – 500, пуцоланового – 200 – 400. Використовують їх для виробництва збірних залізобетонних конструкцій, які підлягають дії звичайних і мінеральних вод.

*Швидкотверднучий портландцемент* характеризують інтенсивним нарощуванням міцності в початковому періоді твердіння. Таких властивостей досягають, завдяки більш тонкому молоттю і регулюванню хімічного й мінералогічного складу сировини. Марки цементу не нижчі за 400 використовують для виготовлення збірних залізобетонних конструкцій, які потребують скороченого циклу виготовлення.

Білий і кольоровий портландцементи виготовляють із портландцементу з незначною кількістю заліза й додаванням білого доломіту та гіпсу. Кольоровий портландцемент може бути жовтим, рожевим або чорним, залежно від домішок. Використовують такий цемент для виконання

оздоблювальних і штукатурних робіт. *Тампонажний портландцемент* виготовляють для заповнення простору між трубою та ґрунтом. Цементне тісто має високу пластичність і відносно невеликий час твердіння. Для гарячих шпар виготовляють цемент, початок твердіння якого 1 год 45 хв, і кінець – не пізніше ніж 4 год 30 хв.

*Глиноземистий цемент.* Такий цемент виготовляють із клінкеру, до складу якого входять, головним чином, однокальцієві алюмінати  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , п'ятикальцієві триалюмінати  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$  та трикальцієві дваалюмінати  $3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ . Сировиною для виготовлення глиноземистого цементу є вапняк та боксит. Виготовляють цемент двома способами: спіканням, як і портландцементи, і розплавленням. Більш поширеним є другий спосіб, за яким клінкерний матеріал є відходом доменного, вагранкового й електричного пічного виробництв, шлаки яких гранулюють і відправляють на цементні заводи. Глиноземистий цемент швидко твердне. Випускають його різними марками 400, 500 і 600. Міцності 40 – 60 МПа вони досягають через три доби.

Використовують його для утворення жаростійких розчинів і виготовлення бетонів. Бетони є дуже міцними та володіють значною стійкістю проти сульфатних і мінералізованих вод. Дуже зручним він є в аварійних роботах, бетонуванні взимку, тампонуванні нафтових і газових свердловин. Головним недоліком глиноземистого цементу є обов'язкове дотримання температури твердіння не більше ніж 30 °С.

Гіпсоглиноземистий цемент виготовляють шляхом додавання до клінкерного матеріалу до 30 % природного гіпсу  $\text{Ca}_3\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Швидкість тверднення є дуже високою. Початок тверднення – через 20 хв, а кінець – не пізніше ніж 4 год. Виготовляють дві його марки: 400 і 500. Гіпсоглиноземистий цемент розширюється під час твердіння у воді. На повітрі за достатньої вологості цемент не змінюється. Його використовують для ліквідації швів, стиків, тріщин у бетонних і залізобетонних конструкціях, для гідроізоляційних штукатурок.

Цемент не можна використовувати для конструкцій, які працюють за температури, вищої за 80 °С.

Питома вага сировини й матеріалів у собівартості цементу становить майже 25 %. До видобутки, транспортування та підготовки сировини залучають понад 1/3 всіх працівників підприємства. Витрати на паливо досягають 230 – 340 кг/т. Майже 40 % електроенергії від загальної потреби йде на роздрібнення цементу.

Виробництво *будівельного гіпсу* складається з роздрібнення, молоття й теплового перероблення (дегідратації) гіпсового каменя. Найбільш поширено схему виробництва будівельного гіпсу з використанням варильних котлів періодичної дії.

Використовують гіпс у процесі виготовлення гіпсових і гіпсобетонних будівельних виробів для внутрішніх частин приміщень (перегородних плит, панелей, сухої штукатурки, декоративних та оздоблювальних матеріалів, наприклад, штучного мармуру).

Собівартість гіпсу майже така, як і собівартість цементу, але капітальні витрати у 2 – 3 рази менші. Питома вага витрат на сировину та побічні матеріали в собівартості гіпсу становлять 33 – 54 %; на заробітну плату – до 24 – 37 %, що значно більша, ніж в інших виробництвах будівельних матеріалів.

*Будівельне вапно*. Вапно – це зв'язувальний матеріал, який виготовляють помірним випалюванням кальцієво-магнієвих гірських порід – вапняку, крейди, доломітових і мергелястих вапняків, доломіту та ін. У процесі випалювання відбувається дисоціація вуглекислого кальцію і магнію на оксид кальцію й магнію та вуглекислий газ. Домішки кремнію, алюмінію й заліза взаємодіють з оксидами кальцію і магнію з утворенням силікатів та алюмінатів кальцію й магнію, як це має місце в цементному клінкері. Температура випалювання залежить від міцності та виду сировини, а також кількості домішок і досягає 800 – 1 200 °С.

*Бетон та залізобетон*. Бетон – це штучний камінь, а залізобетон – це камінь, з'єднаний із металевою арматурою.

За об'ємною масою бетони розподіляють на особливо важкі (більше ніж 2 500 кг/м<sup>3</sup>), важкі (1 800 – 2 500 кг/м<sup>3</sup>), легкі (500 – 1 800 кг/м<sup>3</sup>), особливо легкі теплоізоляційні (до 500 кг/м<sup>3</sup>).

За видами зв'язувальних речовин бетони розподіляють на цементні, вапняні, гіпсові, асфальтобетонні та полімерцементні.

Залежно від наповнювача, їх розподіляють на дрібнозернисті із частинками наповнювача до 10 мм і великозернисті – від 10 до 15 мм.

За призначенням бетони розподіляють: звичайний бетон, який використовують для бетонних та залізобетонних конструкцій будівель і споруд (фундаментні блоки, колони, балки, плити та ін.); гідротехнічний – для гребель, шлюзів, оздоблення каналів, бетон для стін споруд, легких перегородок, дорожній – для дорожніх та аеродромних покриттів спеціального

призначення (кислотостійкий, теплостійкий, декоративний, для біологічного захисту та ін.).

Матеріали для виготовлення бетонів – це цемент, вапно та гіпс. Наповнювачі для бетонів – дрібний пісок із розміром зерен 0,14 – 5 мм та великий – гравій, щебінь із розміром зерен 5 – 70 мм.

Для важких бетонів використовують щебінь із природного каменю, гравій, природний пісок і пісок із гірських порід, а також щебінь із доменних шлаків.

Для легких бетонів використовують природні та штучні пористі наповнювачі, а також відходи виробництва. Природні – це пісок і щебінь із пемзи, вулканічного шлаку, пористого вапняку та ін. Штучні пористі наповнювачі – керамзитовий гравій, пісок, щебінь і пісок аглопориту, гранульований доменний шлак. Залежно від розміру зерен, гравій і щебінь розподіляють на такі фракції: 5 – 10, 10 – 20, 20 – 40, і 40 – 70 мм. Кількість глини, мулу та пилу в наповнювачах не має бути більшою за 3 %. Міцність зерен наповнювачів важких бетонів у 1,5 – 2 рази вища від марки бетону. У воді має бути не більше ніж 5 г солей на 1 л води й сульфатів – не більше ніж 1 %. До складу легких бетонів входять піноутворювачі (клей-каніфоль і смоло-соломіт) та утворювачі газу (алюмінієва пудра).

На міцність бетону впливають зерновий склад наповнювачів, ступінь ущільнювання бетонної суміші, тривалість та умови тверднення бетону. На швидкість зростання міцності бетону впливає температура навколишнього середовища. За температури 70 – 80 °С у середовищі насиченої пари бетон через 10 – 12 г набирає 60 – 70 % міцності. За температури, нижчої за нуль, бетон не твердне.

Залежно від призначення, збірні залізобетонні вироби розподіляють на такі чотири групи: для житлових і громадських споруд, промислових та інженерних споруд, сільськогосподарського будівництва.

Бетонні суміші виготовляють у бетонозмішувальних цехах заводів. Процес складається з дозування компонентів у дозаторах та їхнього перемішування у змішувачах.

## **11.2. Основи організації будівництва**

Технології будівництва призначено для зведення та реконструкції будівель, а також їхнього розбирання й переміщення (рис. 11.3). Вони охоплюють галузь матеріального виробництва, продукцією якої є готові

до експлуатації будівлі та споруди. У ході будівельного процесу його учасники за допомогою знарядь праці (включно з інструментами, механізмами та пристосуваннями) перетворюють предмети праці (матеріали, вироби й конструкції) на будівельну продукцію (об'єкт будівництва) [4; 15; 18; 28].



Рис. 11.3. Сучасні технології будівництва

До основних видів *будівельних робіт* під час зведення будинків або споруд належать:

- будівельні (земляні, монтажні, бетонні, кам'яні, штукатурні, покрівельні та ін.);
- спеціальні (монтаж ліфтів, системи водопостачання, опалення, газопостачання, каналізації, вентиляції та ін.);
- допоміжні (доставляння матеріалів на об'єкт, їхнє розвантаження, складування та ін.).

Кожен вид робіт об'єднує кілька комплексних процесів – це сукупність простих процесів, пов'язаних із випуском кінцевої продукції (бетонування залізобетонного каркасу або мурування стін з усіма супутніми допоміжними роботами): транспорт, земляні роботи, кам'яне мурування, бетонні та залізобетонні роботи, дерев'яні роботи, монтаж будівельних конструкцій, покрівельні роботи, оздоблювальні роботи, налагодження покриттів підлог.

Виникнення інноваційних технологій у виробництві та будівництві – невід'ємна закономірність наукового прогресу. Метою створення нових або модернізація чинних технологій є потреба людини в більш дешевому, екологічно чистому й надійному матеріалі [33; 44; 63; 68].

В умовах виключно швидкого технічного прогресу все більше скорочуються періоди створення та впровадження нових видів виробів і нових напрямів техніки. Поглиблюють спеціалізацію виробництва, автоматизують



технічні процеси та їхнє управління, в усі галузі виробництва проникає обчислювальна техніка. На основі цих прогресивних змін закладають основи промислового майбутнього.

Проєкт сучасного промислового підприємства охоплює комплекс найскладніших питань, серед яких, крім технологічних та архітектурно-будівельних питань, мають одночасно вирішувати питання санітарно-технічного, енергетичного й іншого обладнання в погодженості з усіма інженерними комунікаціями та пристроями.

Необхідність у жорсткій економії території, придатній для промислового будівництва, неминуче приведе до широкого застосування багатоповерхових будівель і будинків підвищеної поверховості.

Одним із найважливіших напрямів технічного прогресу у промисловому будівництві, а зокрема, у проєктуванні багатоповерхових будинків, буде подальше вдосконалення типового проєктування. Ідеться про розроблення нових уніфікованих об'ємно-планувальних і конструктивних параметрів будівель та споруд.

Під час проєктування промислових об'єктів із використанням типових рішень відкриваються широкі можливості впровадження нової вдосконаленої технології, кооперування виробництв, збільшення будівель, компактного розміщення їх на території діючих підприємств та промислових вузлах з урахуванням черговості будівництва або поверхового введення чергами. Водночас це дозволить забезпечити необхідні умови для подальшої широкої індустріалізації будівництва та скорочення термінів проєктування.

Одним з основних напрямів, що визначають розвиток усіх галузей будівництва, є нові матеріали. Коли мова йде про критерії, що визначають пріоритетні, критичні технології (якість життя, безпеку, охорону навколишнього середовища, конкурентоспроможність та ін.), одним із найважливіших критеріїв є така характеристика технології, як здатність докорінно змінити, "перевернути" всю структуру виробництва, а можливо, і соціальні умови життя людства.

### **Перспективні будівельні технології**

*Теплоізоляція.* Одну з тенденцій сучасного будівництва – широке використання різноманітних теплоізоляційних матеріалів – також пов'язано з питаннями зведення економічного масового житла. Енергоефективне будівництво з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів,

включно з витратами на їхнє розроблення та будівництво заводів, є у 3 – 4 рази ефективнішим, ніж традиційні технології.

Сьогодні на ринку подано всі відомі види теплоізоляційних матеріалів, вироблені як у нас, так і за кордоном. Це, найперше, різноманітні мінераловатні вироби, скловатні матеріали, пінополістирол та інші пінопласти. Крім того, для теплоізоляції використовують пористі бетони, спучений перліт та вироби на їхній основі.

Однак у кожного з поданих на ринку матеріалів є свої переваги та свої недоліки. Поліетиленова ізоляція, наприклад, маючи більш високі характеристики міцності, не дає повного захисту від корозії металу. Каучук же може клеюватися на молекулярному рівні й утворює герметичний контур. Тепловтрати в цьому разі мінімальні, а опір волозі – на найвищому рівні. Ринок теплоізоляційних виробів найбільш активно розвивають у бік базальту, оскільки вироби з нього мають підвищену шумоізоляцію, екологічність, характеризуються відмінними фізичними та експлуатаційними параметрами. Стримують активне використання тільки більш висока ціна та недостатній обсяг виробництва.

*Покрівля* є функціональною домінантою будь-якої будівлі, а від якості та надійності покрівельних матеріалів залежить не тільки рівень комфортного проживання в будинку, але й довговічність самої будови.

Останнім часом зведення великих будівельних об'єктів, зокрема й житлових висотних будівель, часто пов'язано з необхідністю в організації м'яких покрівель із маленьким нахилом та великою площею. Водночас пріоритети будівельного ринку все більше зміщують у бік довговічності конструкцій, що зводять.

На зміну традиційних руберойдів у будівництво приходять сучасні наплавлені рулонні покрівельні матеріали. Вони мають більш міцну й довговічну негниючу основу (наприклад, типу "поліестер"), передбачають використання нових видів бронювальних посипань. Поєднуючи бітум із полімерами (поліпропіленом, синтетичними каучуками), можна створити полімербітумну композицію, у якій властивості бітуму значно поліпшено. Такі матеріали міцні, довговічні, покрівлю з нього можна виготовляти в будь-який час року.

До їхніх очевидних переваг слід зарахувати те, що, незалежно від умов виробництва робіт і стану поверхні, вони створюють стійкий до атмосферних впливів ізоляційний шар із необхідною гарантованою товщиною. Але, незважаючи на переваги перелічених раніше матеріалів,

їхнє застосування не завжди можливе. Це стосується пристрою покрівлі на об'єктах із підвищеними вимогами пожежної безпеки.

Серед покрівельних матеріалів і технологій слід виділити полімерні мембрани. Вони виключно довговічні (термін служби від 30 до 50 років і більший), паропроникні й механічно міцні, прості в експлуатації, відносно пожежобезпечні (група горючості Г2), невибагливі до погодних і температурних умов (гнучкість на брусі 5 мм до  $-60^{\circ}\text{C}$ ), що дозволяє працювати з ними цілий рік. Використання автоматичного обладнання позбавляє від проблеми неякісного виконання швів і дозволяє виконувати одношарове покрівельне покриття з високою якістю та швидкістю мурування.

### **Перспективні розроблення в галузі будівельних матеріалів**

Ін'єкційні розчини успішно розв'язують проблеми протікання в будівництві. Вони становлять однокомпонентні поліуретанові рідини з низькою в'язкістю. Одна з переваг цих матеріалів – активно реагувати на воду з утворенням спінених структур. Саме в зіткненні з водою починається хімічна й безпечна реакція, яка призводить до розширення розчину в обсязі.

Новий теплоізоляційний матеріал становить піноматеріал із рівномірною структурою, що складається із дрібних закритих комірок. Його призначено для теплової ізоляції будівель і споруд, залізничних та автомобільних доріг, земельного полотна та ін. За своєю теплоізоляційною здатністю пінополістирол перевершує традиційні будівельні матеріали. У нього відсутнє капілярне поглинання води. Він має високий опір дифузії водяної пари. Крім того, матеріал є не схильним до гниття. Особливо цінним він є тому, що є хімічностійким.

### **Монолітна надійність висоток**

Найбільш перспективною технологією зведення будівель і споруд на сьогодні є монолітне будівництво. Воно характеризується зведенням конструктивних елементів із бетону з використанням опалубки – спеціальної форми, куди заливають розчин безпосередньо на будівельному майданчику. Таким чином створюють абсолютно жорсткий каркас із різними видами захисних конструкцій. Також технологія передбачає застосування пінополістиролу – легкого та простого в монтажі утеплювача. Останнім часом стали популярними розбірні опалубки багаторазового використання. Найчастіше їх застосовують у процесі зведення будинків

адміністративного типу або будівель із великою кількістю поверхів. Технологію продумано таким чином, щоб прискорити процес зведення будівлі, зменшити поточний кошторис, завдяки швидкості, а також спрощенню технології, використанню мінімуму техніки й застосуванню недорогих матеріалів. Готова конструкція має поліпшені показники теплозбереження (оскільки виключає наявність містків холоду) і звукоізоляцію, відрізняється меншою вагою та вищою міцністю. До безперечних переваг можна зарахувати можливість застосовувати найрізноманітніші архітектурні рішення.

За підрахунками експертів, будівництво монолітних будівель, порівняно зі збірним житловим будівництвом, дозволяє знизити одноразові витрати на створення виробничої бази на 30 – 40 %, витрати сталі на 10 – 20 %, а енергетичні витрати на 30 %. Необхідно зазначити, що у США та країнах ЄС кількість будівель із монолітного бетону становить 60 – 80 % від загального обсягу будівництва. В Україні монолітне житлове будівництво розвинено в багато разів менше.

### **Різноманітні рецепти для малоповерхівок**

Для приватних забудовників пропонують безліч альтернативних рішень, які дозволяють зводити будинки швидше й дешевше, водночас мінімізуючи трудовитрати та підвищуючи ефект, який зберігає тепло.

Технології сучасного будівництва експерти розподіляють на чотири групи: переставна модульна опалубка; незнімна опалубка; будівництво з 3D-панелей; каркасне домобудівництво.

*Переставна модульна опалубка* дозволяє зводити будинки без залучення до роботи фахівців. Цим пояснено другу назву цього способу – "технологія індивідуального будівництва та екологія" (ТІБЕ). Стіни таких будинків складають із порожнистих блоків, які формують безпосередньо на будівельному майданчику за допомогою модульної опалубки. Модулі (форми) фіксують на тому місці, де буде стіна будинку, і в них заливають бетон. Коли розчин твердне, модулі демонтують і переносять на нове місце. Серед переваг технології – відсутність містків холоду та відсутність необхідності орендувати або купувати спецтехніку.

У технології *незнімної опалубки* функції носійної конструкції виконує монолітний залізобетон. Як опалубку використовують блоки, плити й панелі з більш тендітних і легких матеріалів. У порожнину між блоками поміщають арматуру та заливають бетонну масу. Блоки залишаються

в конструкції стін, виконуючи формоутворювальну й теплоізоляційну функції.

У світі розроблено кілька технологій незнімної опалубки. В Україні найбільш відома технологія з використанням порожнистих пінополістирольних блоків, що дістала назву *термобудинок*.

Перевагою технології незнімної опалубки є те, що вона не потребує наявності будівельної бригади, а господар будинку може не турбуватися про додаткову теплоізоляцію.

Технологію *каркасного будівництва* поширено у всьому світі. Таким способом будують малоповерхові багатоквартирні, комерційні та громадські будівлі й котеджі. Головна особливість технології – у розподілі функцій: носійну покладають на каркас, а захисну – на стіни. Таким чином, стіни значно зменшують навантаження на фундамент. Каркас може бути виготовлено з дерева або заліза й обшито із двох боків деревом, різними плитами, піноблоками, цеглою або пластиком і заповнено тепло-, волого- та звукоізоляційним матеріалом.

Найбільш простий варіант каркасного будинку зводять за *каркасно-рамкової* технології будівництва. Порожнечі між елементами каркаса заповнюють теплоізоляційним матеріалом. Зовні каркас облицьовують вологостійкими плитами, а для оздоблення підходять штукатурка, сайдинг та інші матеріали. У внутрішньому оздобленні найчастіше використовують листи гіпсокартону.

За *каркасно-панельною* технологією будинки зводять за допомогою стінових багатошарових панелей. Їх виготовляють на заводі, вони вже містять утеплювач, дверні та віконні прорізи. Відмітна особливість цієї технології полягає в можливості застосувати як утеплювач целюлозні матеріали. Завдяки своєму складу (81 % – вторинна целюлоза, 12 % – безпечний антисептик, 7 % – антипірен), матеріал є недорогим, екологічно чистим, стійким до біологічного враження та впливу вогню, а також максимально заповнює порожнини, забезпечуючи необхідний опір теплопередачі стіновій конструкції. Недоліком технології є те, що підняти масивні панелі неможливо без спецтехніки, що робить її дорожчою. Зате їй підходить будь-який тип фундаменту, і можна без проблем збільшувати площу будинку, установлюючи додаткові елементи каркаса.

До *каркасних* належить будівництво дерев'яних будинків з оциліндрованих або склеяних брусів. Такі будинки є дуже теплими, але деревина легко запалюється та є схильною до впливу зовнішнього середовища.

Водночас канадська технологія пропонує будувати із SIP-панелей – будматеріалу, що складається із двох плит OSB, між якими перебуває шар пінополістиролу. SIP-панельні будівлі зводять за три місяці і, як стверджують його виробники, вони в кілька разів тепліші за вдвічі дешевші, ніж бетонні або цегляні будинки.

Ідея ще однієї поширеної технології – *3D-панелі* – зародилася в Америці й набула застосування у Європі. Вона об'єднує принципи каркасно-панельного та монолітного домобудівництва. Каркас будівлі виготовляють із плит пінополістиролу у клітці з арматурних сіток, з'єднаних між собою. Плити заливають бетоном, який утворює надійну монолітну оболонку. На українському ринку наявні принаймні дві подібні технології будівництва, які відрізняються деякими деталями в конструкції арматурного каркаса.

### **Практичний досвід**

Глобальні тренди в будівництві – це перехід від пасивного до активного енергоспоживання, коли житло починає виробляти більше енергії, ніж споживає. А також використання 3D-друкування в будівництві, синергія людини та природи під час будівництва житла.

Головні виклики для житлово-будівельного будівництва – це відсутність у населення грошей і можливості кредитування. Унаслідок цього необхідно здешевлювати будівництво, хоча вимоги до якості й енергоефективності, податки та вартість матеріалів зростають.

Водночас компанії головними критеріями під час вибору будівельних технологій зазначили високу якість будівель. Так, житловий комплекс "А52" в Києві, який зводив DIM, здобув сертифікат енергоефективності житлового будинку "клас А". Компанія використовує підвищену теплоізоляцію мінватою, LED-освітлення, алюмінієві енергоощадні склопакети, інженерні системи зі зниженим енергоспоживанням. У столичному ЖК комфорт-класу "Автограф" DIM використовував будматеріали бізнес-класу – керамограніт, утеплення мінватою, відкриті балкони, енергозберігаючі склопакети. У планах установлення горищної котельні, щоб мінімізувати для мешканців вплив зростальних цін на теплоносії.

На сьогодні стоїть проблема здешевлення будівництва, але якщо не порушувати вимоги до енергоефективності, то без зниження якості домогтися цього неможливо.

Середньоринкові ціни на житло деяким компаніям вдається тримати лише завдяки грамотній оптимізації витрат на всіх етапах будівництва. Але вони й далі готові впроваджувати інноваційні рішення, а проблему вбачають у тому, що більшість сучасних будівельних технологій на сьогодні залишаються досить дорогими.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Які основні властивості будівельних матеріалів?
2. За якими ознаками класифікують будівельні матеріали?
3. Назвіть основні види будівельних матеріалів.
4. На які види розподіляють природні кам'яні матеріали та які вироби з них виготовляють?
5. Назвіть керамічні будівельні матеріали та вироби з них.
6. У чому полягає сутність технологічного процесу виробництва цегли?
7. Назвіть вироби зі скла.
8. У чому полягає виробництво будівельного скла?
9. Які ви знаєте технології виготовлення керамічних плиток?
10. Назвіть види мінеральних зв'язувальних речовин.
11. Які ви знаєте технології виготовлення портландцементу?
12. Поясніть призначення бетону, назвіть технології їхнього виготовлення.
13. Які основні види будівельних робіт ви знаєте?
14. Назвіть основні перспективні будівельні технології.
15. Що таке "піноматеріал" та для чого його призначено?
16. Що таке "монолітне будівництво"?
17. Назвіть основні напрями підвищення ефективності виконання будівельних робіт.

**Література:** [2; 5; 15; 18; 27; 28; 33; 44; 63; 68].

## 12. Сучасні технологічні системи в хімічній промисловості

### 12.1. Характеристика процесів у хімічній промисловості

Хімічна промисловість України – це комплекс галузей промисловості, який забезпечує всі галузі господарства країни хімічними технологічними матеріалами та виготовляє товари масового споживання (рис. 12.1). Вона містить такі галузі: гірничо-хімічну; основну хімію (сірчаноокислотну, содову, виробництво добрив); хімію органічного синтезу (нафтохімію, виробництво полімерів).



Рис. 12.1. Підприємства хімічної промисловості

*Сировинна база:* кам'яне вугілля Донецького та Львівсько-Волинського басейнів; нафта басейнів України (Дрогобич та ін.); кам'яна й калійна сіль; фосфорити, сірка, крейда, вапняки.

*Гірничо-хімічна галузь:* сірку добувають у Львівській області; кухонну сіль – у Слов'янську (Донецька область); калійну сіль – в Івано-Франківській і Львівській областях.



**Виробництво добрив.** Виробництво *азотних добрив* здійснюють на коксохімічних заводах (Сєверодонецьк, Запоріжжя), у районах видобутку газу та поблизу газопроводів (Рівне, Черкаси, Одеса). Створюють у результаті синтезу азоту, повітря і водню, виділеного з відходів коксохімічного та доменного виробництва, природного газу.

Виробництво *фосфорних добрив* здійснюють на основі імпортової сировини в районах сільгоспвиробництв (Одеса, Вінниця), у містах виробництва сірчаної кислоти (Костянтинівка, Суми) та в центрах розвиненої металургії (Маріуполь). Сировиною є апатитові концентрати (Кольський півострів, Мурманськ).

*Калійні добрива* виробляють у Прикарпатті (де є калійні солі).

*Сірчану кислоту* виробляють у районах її споживання (Сєверодонецьк, Суми, Рівне та ін.).

*Содове виробництво* розміщено в районах видобутку кухонної солі (Слов'янськ).

*Коксохімія* – це важлива ланка ланцюжка: вугілля – кокс – метал (для чорної металургії). Сировиною є коксівне вугілля (Донбас).

**Органічний синтез** – це:

- виробництво полімерів, засноване на використанні продуктів нафтопереробної, газової та коксохімічної галузей (Сєверодонецьк, Донецьк);
- виробництво синтетичних смол і пластмас (Запоріжжя, Луцьк);
- виробництво синтетичних волокон і ниток (Київ, Сєверодонецьк, Чернігів, Черкаси);
- виробництво синтетичних клейових матеріалів (Київ, Дніпро, Харків);
- виробництво виробів лакофарбової промисловості (Дніпро, Львів, Одеса, Харків, Ніжин, Рубіжне).

Виробництво *мийних засобів* і *хіміко-фармацевтика* – це відносно нові галузі (по всій Україні).

До великих підприємств хімічної галузі належать:

ПрАТ "Сєверодонецьке об'єднання "Азот" (є флагманом галузі);

Кременчуцький, Лисичанський і Херсонський нафтопереробні заводи; Одеський припортовий завод;

Авдіївський та Алчевський коксохімічні заводи;

Запоріжжкокс, Дніпроазот;

ВАТ "Чернігівське хімволокно";

Сумихімпром;

ВАТ "Сєверодонецький склопластик";  
Черкаський хімічний комбінат "Азот";  
Карпатнафтохім;  
Рівнеазот та ін.

*Хімічний комплекс* – це понад 250 підприємств, де працює 220 тис. кваліфікованих працівників (5,4 % від усіх, хто працює в Україні у промисловості). Обсяги виробництва – 7 % від усього обсягу промислового виробництва (70 % продукції йде на експорт: азотні калійні добрива, сірка, синтетичні барвники, кальцинована сода, бром, титанове білило та ін.).

Сірчана кислота – це "хліб" хімічної промисловості. Це хімікат для мінеральних (фосфорних) добрив та інших кислот. Головним споживачем сірчаної кислоти є суперфосфатне виробництво (Суми, Костянтинівка, Вінниця, Одеса). Сировиною для сірчаної кислоти є будь-які сірко-вмісні речовини (природна сірка, сірчаний колчедан, сірчані домішки, що містяться в газах) [54; 63; 68].

*Хімічна промисловість* – це комплекс галузей виробництва, у яких застосовують, переважно, хімічні методи перероблення сировини та матеріалів (процеси: хімічні реакції зі зміною змісту енергії, хімічного складу та внутрішньої структури речовини) [21; 23; 44; 68].

Основу створення хімічної промисловості становлять: закон збереження речовини та руху (М. В. Ломоносова); періодичний закон хімічних елементів (Д. І. Менделєєва); метод створення ароматичних амінів шляхом відновлення нітросполук (М. М. Зініна); теорія хімічної будови (О. М. Бутлерова). Основний шлях збільшення продуктів харчування – це хімізація сільського господарства й тваринництва.

Сучасна *біотехнологія* містить: мікробіологічний синтез, генетичну та клітинну інженерію. Дозволяє створити з нехарчової сировини: моносахариди, етанол, фурфурол, гліцерин.

*Генетична інженерія* – це сукупність методів, що дозволяють штучно конструювати молекули спадкового матеріалу: дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК). Можливе створення штамів – продуцентів білків людини – інсуліну, інтерферону, гормону росту, а також виділення нових структур мікроорганізмів.

Однією із провідних тенденцій хімічної технології є створення виробництв нових видів хімічних продуктів і сировини: молекулярний водень, метанол, гідразин, аміак. Створення водневої технології дозволить

розв'язати екологічні та сировинні проблеми. Перспективні процеси використання водню: синтез аміаку й метанолу, створення штучного рідкого авіаційного, автомобільного та ракетного палива. Дослідження властивостей високотемпературної плазми. Реалізація плазмохімічних процесів: утворення ацетилену й технічного водню із природного газу; утворення ацетилену, етилену та водню із вуглеводнів нафти; синтез газу для утворення вінілхлориду.

Використання іонізувальної здатності електромагнітного випромінювання та заряджених частинок дозволить здійснити радіаційно-хімічні процеси полімеризації (зшивання поліетилену, вулканізацію каучуку).

Подальший розвиток хімічної промисловості пов'язано з необхідністю у більш ретельному облікові екологічних чинників.

До основних напрямів прогресу в хімічній технології слід зарахувати:

- синтез нової продукції та розширення асортименту продукції, що випускають;
- укрупнення агрегатів, технологічних ліній, окремих видів обладнання й апаратури;
- розроблення та впровадження принципово нових технологічних процесів і вдосконалення наявних методів виробництва;
- упровадження АСУ технологічними процесами, виробництвами, підприємствами;
- створення нових ефективних каталізаторів.

*Хімічна технологія* – це наука про найбільш економічні й екологічно обґрунтовані методи хімічного перероблення сирих природних матеріалів на предмети споживання та засоби виробництва. Процеси хімічної технології містять хімічне перероблення сировини, засноване на складних за своєю природою хімічних і фізико-хімічних явищах [2; 10; 15; 18].

*Неорганічна хімічна технологія* (технологія неорганічних речовин) містить перероблення мінеральної сировини (крім металевих руд), створення кислот, лугів, соди, силікатних матеріалів, мінеральних добрив, солей та ін.

*Органічна хімічна технологія* (технологія органічних речовин) містить перероблення нафти, вугілля, природного газу та інших горючих копалин, створення синтетичних полімерів, барвників, синтетичного каучуку, пластмаси, спирту, органічних кислот, лікарських засобів та інших речовин.

## 12.2. Виробництво неорганічних речовин

### Виробництво неорганічних кислот, добрив та засобів захисту рослин

*Виробництво сірчаної кислоти.* За обсягами виробництва сірчана кислота посідає перше місце серед продукції хімічної промисловості [68]. Ця хімічна сполука, яка має формулу  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , є безбарвною рідиною, кипить за  $t = 304\text{ }^\circ\text{C}$ , має властивості розчинювати сірчаний ангідрид  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$ . Такий розчин називають *олеумом*.

Промисловість виробляє такі сорти сірчаної кислоти: баштову (75 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), регенеровану (91 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), технічну (92,5 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), технічну поліпшену (92,5 – 94 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), олеум (18,5 – 65 %  $\text{SO}_3$ ).

У промисловості майже половину сірчаної кислоти використовують для виробництва добрив і кислот. Вона потрібна для виробництва штучного волокна та пластмас, перероблення нафтопродуктів. У металургії – для створення лаків, красок, ліків, спиртів, отрутохімікатів, синтетичних мийних речовин. У текстильній промисловості – для обробки тканин перед нанесенням фарби, а також для виробництва крохмалю, патоки та ін. Концентровану сірчану кислоту й олеум використовують у виробництві вибухових речовин (нітрогліцерину, піроксилу, тротилу та ін.), а також концентрованої азотної кислоти.

Сірчану кислоту створюють нітрозним і контактним способами. Незалежно від способу виробництва, спочатку виробляють сірчаний ангідрид  $\text{SO}_3$ , який потім переробляють на сірчану кислоту.

Для створення сірчаного ангідриду найчастіше використовують сірчаний колчедан, а також елементарну сірку, сірководень.

Колчедан має від 38 до 47 % сірки, його заздалегідь обробляють, із метою відокремлення кольорових металів від сполук сірки. До складу сірчаного колчедану входить пірит  $\text{FeS}_2$  (53,5 % сірки і 46,5 % заліза), а також до 50 елементів (Au, Ag, Se, As, Cu, Ni, Pb, Zn та ін.). Для виділення сірчаного колчедану руду тонко роздрібнюють і розподіляють флотацією на концентрати сульфідів кольорових металів і відходи, які називають *флотаційними хвостами*, або *флотаційним колчеданом*. Для підвищення сірки у хвостах їх повторно обробляють флотацією і створюють концентрат із 48 – 50 % сірки.

Випалювання сірчаного колчедану здійснюють: у печах для випалювання в киплячому (завислому) шарі, механічних печах, печах для випалювання пиловидного колчедану в завислому киплячому стані. Процес випалювання відбувається за температури 500 – 1 000  $^\circ\text{C}$ .

Піч – це вертикальна циліндрична футерована камера, у нижній частині є решітки, куди весь час подають через завантажувальний пристрій колчедан (рис. 12.2).

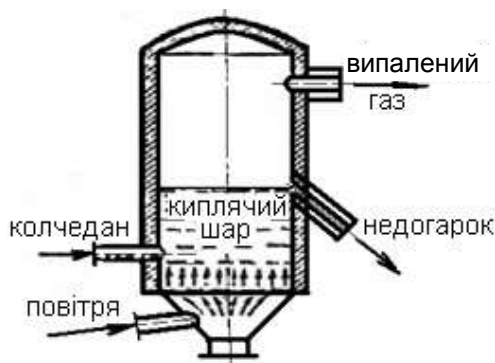


Рис. 12.2. Схема печі для відпалювання колчедану в "киплячому шарі"

Знизу під решітку подають повітря з такою швидкістю, щоб утримати частинки колчедану в киплячому стані. Висота киплячого шару може бути від решітки до отвору, через який забирають недогарки колчедану. Чим більший киплячий шар, тим повніше вигорає сірка з колчедану. Із верхньої частини печі відходить газ, у якому 12 – 15 %  $\text{SO}_2$  і до  $300 \text{ г/м}^3$  пилу. У циклонах та електрофільтрах газ очищають від пилу й посилають на перероблення.

Контактний спосіб створення сірчаної кислоти засновано на окисненні  $\text{SO}_2$  киснем повітря в  $\text{SO}_3$  за умови обов'язкового контакту  $\text{SO}_2$  та  $\text{O}_2$  на поверхні твердого каталізатора.

Процес виробництва сірчаної кислоти (рис. 12.3) складається із чотирьох стадій: створення  $\text{SO}_2$ , його очищення, контактного окиснення  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$ , абсорбції  $\text{SO}_3$  та вироблення кислоти.

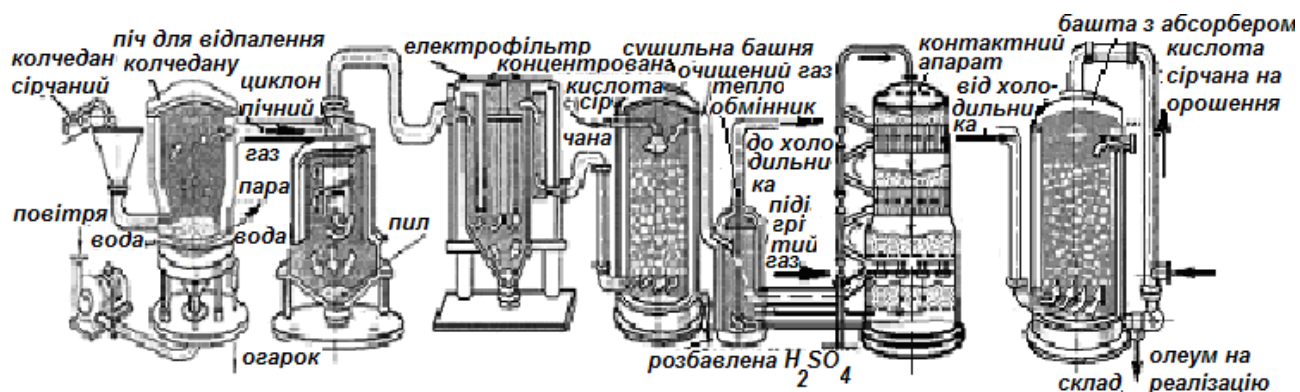


Рис. 12.3. Схема виробництва сірчаної кислоти контактним способом

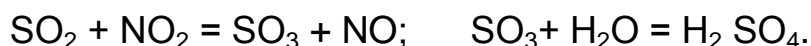
У колчедановій печі пірит  $\text{FeS}_2$  реагує з киснем ( $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 4\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ ), після чого газ очищають за допомогою циклону й електрофільтру. Далі газ надходить у сушильну башту та теплообмінник. Сушіння виконують шляхом зрошення газу концентрованою сірчаною кислотою. Суху суміш газу вентилятором через теплообмінник спрямовують у контактний апарат, у якому розміщено каталізatori. Окиснення  $\text{SO}_2$  киснем за наявності каталізатора називають *контактуванням*.

Процес відбувається за температури  $450\text{ }^\circ\text{C}$ . Повноту перетворення  $\text{SO}_2$  на  $\text{SO}_3$  оцінюють відношенням кількості окисненого  $\text{SO}_2$  до того, який потрапив у контактний апарат, і визначають ступінь контактування, який дорівнює 97 – 98 %. Каталізatori роблять із платини, оксидів ванадію, хрому, олова, заліза, міді, алюмінію. Найчастіше використовують каталізatori з ванадію – вони ефективніші й дешевші, ніж платинові.

Сірчаний ангідрид  $\text{SO}_3$  надходить через теплообмінник і холодильник в абсорбер, де він розчиняється в сірчаній кислоті, яка рухається у протилежному напрямку. У процесі розчинення  $\text{SO}_3$  в концентрованій кислоті створюють олеум, а у процесі розчинення в неконцентрованій кислоті – багатогідратні сірчані кислоти.

Сучасні контактні апарати виробляють до 150 кг кислоти за добу.

*Нітрозний спосіб* утворення сірчаної кислоти засновано на окисненні  $\text{SO}_2$  азотом у водному середовищі. Окиснення відбувається в нітрозі, який становить розчин оксидів азоту в сірчаній кислоті:



Оксид азоту окиснюється киснем повітря до  $\text{NO}_2$  і після розчину повертається для взаємодії з  $\text{SO}_2$ . Установа має п'ять башт діаметром 4 – 6 м і висотою 14 – 18 м, внутрішню насадку яких виконано з керамічних кілець. Кислота, утворена баштовим способом, має дуже багато пилу, домішок і низьку концентрацію, тому її використовують, головним чином, для створення добрив.

*Виробництво аміаку.* Аміак використовують для створення азотної кислоти, азотнокислих і амонійних солей, азотних добрив; його широко використовують у холодильній техніці, металургії для азотування сталей, медицині та побуті.

**Аміак**  $\text{NH}_3$  – це безбарвний газ, у 2 рази легший за повітря, має різкий запах, отруйний, добре розчиняється у воді.

Важливим промисловим способом його створення є синтез аміаку з азоту та водню. Сировиною слугує атмосферне повітря та водень із води. Синтез аміаку можна виконувати в установках високого, середнього та низького тиску. Найбільш поширено установки високого тиску.

Процес виробництва синтетичного аміаку відбувається в контактному апараті (рис. 12.4) – колоні синтезу 4 під тиском 800 МПа за температури 500 °С. До контактного апарата азотно-воднева суміш подається компресором 1 для очищення в мастилорозподільнику 2 і фільтрі 3. Утворення аміаку відбувається за такою реакцією:

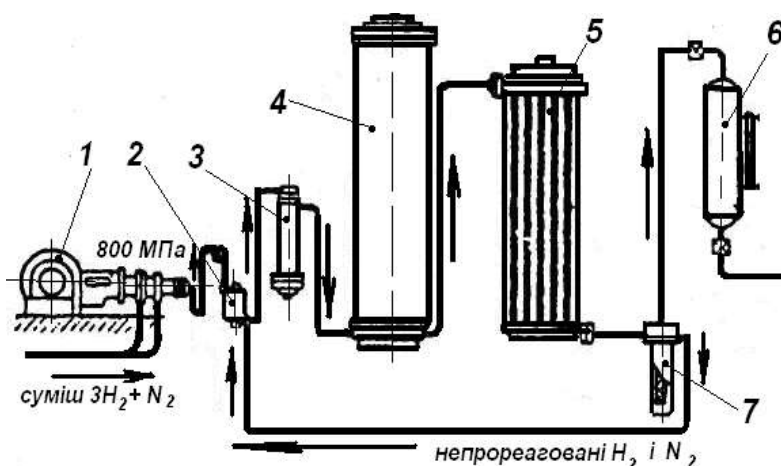
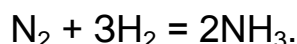


Рис. 12.4. Схема виробництва синтетичного аміаку

Реакція відбувається за наявності каталізатора, який складається із заліза з домішками алюмінію та калію. Реакція зворотна, тому газова суміш, яка виходить із контактного апарата, містить 20 – 30 % аміаку. У холодильнику 5 аміак зріджується, звільняється від вільного азоту та водню і надходить у збірник 6, а потім у балони та споживачам. Непрореаговані газы – азот і водень – із резервуара 7 повертаються на перероблення. Для створення 1 т аміаку потрібно 3 000 м<sup>3</sup> азотно-водневої суміші, 90 м<sup>3</sup> води й 1 750 кВт·год електроенергії.

*Виробництво азотної кислоти.* **Азотна кислота HNO<sub>3</sub>** – це безбарвна рідина, що кипить за 86 °С, є сильним окиснювачем. Використовують її для виробництва добрив, органічних фарб, пластмас, штучного шовку, кіноплівки, вибухових речовин, палива для реактивних двигунів. За обсягом виробництва азотна кислота посідає друге місце після сірчаної кислоти. Процес створення HNO<sub>3</sub> виконують окисненням синтетичного аміаку (рис. 12.5).

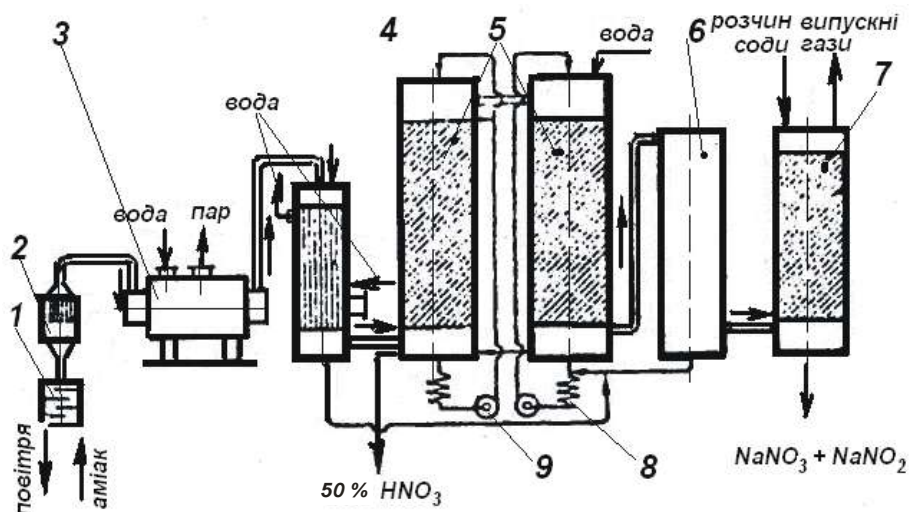


Рис. 12.5. Схема установки для створення азотної кислоти за атмосферного тиску

Повітря й аміак після очищення від домішок подають у змішувач, а потім у контактний апарат 2 для окиснення аміаку. Нітрозні гази за температури  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  виходять з апарата 1, минаючи котел-утилізатор 3, охолоджуються до  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , потім потрапляють у холодильник 4, де охолоджуються до  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У холодильнику починається окиснення  $\text{NO}$  до  $\text{NO}_2$  і конденсація парів води, а також часткове утворення  $\text{HNO}_3$ ; із холодильника гази нітרוзи спрямовують в абсорбційні башти 5, де оксиди азоту поглинаються водою. У системі може бути 6 – 8 таких башт. Після цих башт гази надходять у башту 6, де залишився оксид  $\text{NO}$ , який окиснюється до  $\text{NO}_2$  і потім потрапляє в башту 7 для лугової абсорбції. Для поглинання  $\text{NO}_2$  остання башта 5 зрошується водою. Утворюється слабка кислота, яка охолоджується в холодильнику 8 і за допомогою насоса 9 проходить послідовно назустріч газу всі поглинальні башти. Із першої по ходу башти кислоту із  $50\text{ }\%$   $\text{HNO}_3$  виводять. Ступінь перероблення оксидів азоту на азотну кислоту досягає  $94\text{ }\%$ . Для створення  $1\text{ т}$  кислоти в установках звичайного тиску потрібно  $300\text{ кг}$  аміаку,  $100\text{ м}^3$  води та  $80\text{ кВт}\cdot\text{год}$  електроенергії.

Для створення  $\text{HNO}_3$  більш високої концентрації (до  $96\text{ – }98\text{ }\%$ ) її переганяють за наявності концентрованої сірчаної кислоти. Промисловість виробляє два сорти азотної кислоти: розбавлену зі вмістом  $50\text{ – }60\text{ }\%$   $\text{HNO}_3$  і концентровану зі вмістом  $96\text{ – }98\text{ }\%$   $\text{HNO}_3$ . Розбавлену кислоту транспортують у резервуарах з нержавіючої сталі, а концентровану – в алюмінієвих.



*Виробництво соляної кислоти.* Хлористоводнева кислота  $\text{HCl}$  – це безбарвна рідина, що легко змішується з водою, її широко використовують для створення хлористих солей, синтетичного каучуку, клею, фарб, а також для витравлення металу в металургії. Є синтетичний і сульфатний способи виробництва соляної кислоти. Синтетичний спосіб складається із двох операцій (рис. 12.6): синтезу хлористого водню та поглинання його водою [68].

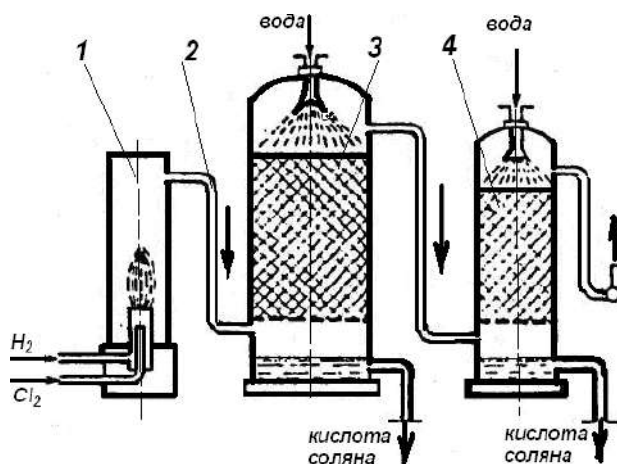
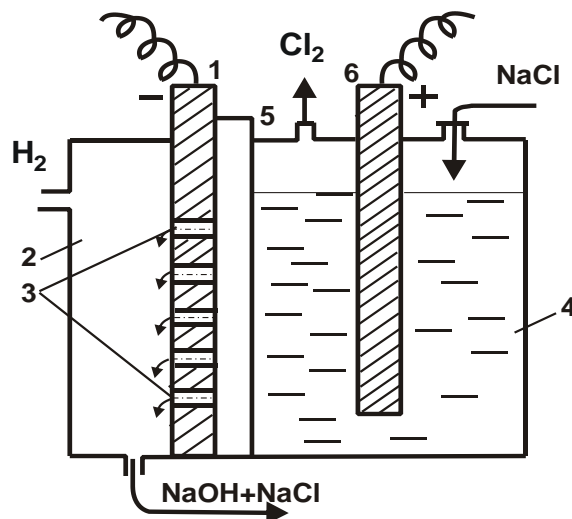


Рис. 12.6. Схема виробництва соляної кислоти синтетичним способом

Сировиною для синтезу є водень і хлор, які створюють електролізом кухонної солі. Синтез хлористого водню відбувається в контактній печі 1, де хлор і водень згорають та утворюють хлористий водень, який по газопроводу 2 потрапляє до поглинальної башти 3, у якій за взаємодії з водою утворюється концентрована хлористоводнева кислота. Хлористий водень, який не прореагував із водою в башті 3, спрямовують у башту 4, де створюють менш концентровану соляну кислоту. Сульфатний спосіб передбачає утворення хлористого водню у процесі нагрівання кухонної солі із сірчаною кислотою з подальшим поглинанням його водою. Найбільш прогресивним є синтетичний спосіб, за якого створюють майже без домішок соляну кислоту.

*Виробництво лугів.* Луги – це гідроксиди металу. Типовим лугом можна вважати їдкий натр або каустичну соду. Він є безбарвною прозорою кристалічною масою, яка роз'їдає під час контакту більшість матеріалів. Його широко використовують у нафтопереробній промисловості для очищення бензину, керосину, у миловарній, текстильній, гумовій промисловості, у процесі виробництва фенолу, шовку, органічних фарб.

Їдкий натр утворюють електролізом розчину кухонної солі (рис. 12.7). Електроліз виконують в електролітичних ваннах, які відрізняють за способом розподілу анодних і катодних продуктів на ванни із ртутним катодом і ванни з діафрагмою.



**Рис. 12.7. Схема електролізу з вертикальною фільтраційною діафрагмою: 1 – залізний катод; 2 – катодний простір; 3 – отвір у катоді; 4 – анодний простір; 5 – діафрагма; 6 – анод**

Робота ванни з фільтраційною азбестовою діафрагмою (див. рис. 12.7) полягає в подаванні до анодного простору розчину хлористого натрію, який під гідростатичним тиском проходить через діафрагму до залізного катодного простору. У процесі проходження електричного струму на аноді утворюється хлор, на катоді – водень і їдкий натр. У процесі електролізу повний розпад хлористого натрію не відбувається, тому з катодного простору ще виводять до 145 г/л NaOH, а також до 180 г/л NaCl для перероблення.

Схема ванни із ртутним катодом (рис. 12.8) складається з електролізера й розчинника, які з'єднуються. До електролізера подають розчин хлористого натрію та ртуть, розміщену на дні шаром 5 – 6 мм. Іони хлору розряджаються на аноді з утворенням хлору, який виводять із ванн. На катоді (ртуть) розряджається натрій, який утворює амальгаму натрію. Амальгама натрію перетікає в розчинник, де розчиняється водою. Водень і луки виводять із розчинника на подальше перероблення, а ртуть знову повертають до процесу. Так створюють їдкий натр високої концентрації та чистоти.

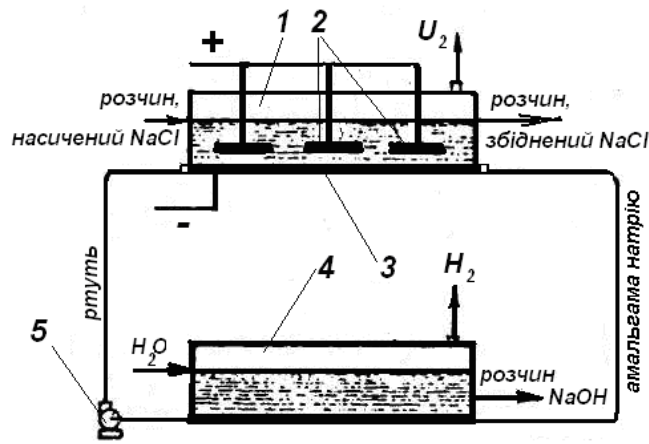


Рис. 12.8. Схема електролізу у ваннах із ртутним катодом: 1 – електролізер; 2 – аноди; 3 – катод (ртуть); 4 – розчинник; 5 – насос

*Виробництво соди.* Вуглекислу соду  $N_2CO_3$  використовують у металургійному, нафтовому, миловарному, текстильному та інших виробництвах. За схемою (рис. 12.9) чистий розчин (305 – 315 г/л) NaCl із ємності 1 надходить в абсорбційну колону барботажного типу 2 (абсорбери), де насичується  $NH_3$  і частково  $CO_2$ , які виловлюють із газів, що виходять із карбонізаційних 3 і дистиляційних 6 колон і вакуум-фільтрів 5. Абсорбцію  $CO_2$  і  $NH_3$  виконують послідовно в декількох абсорбентах загальною висотою до 45 м.

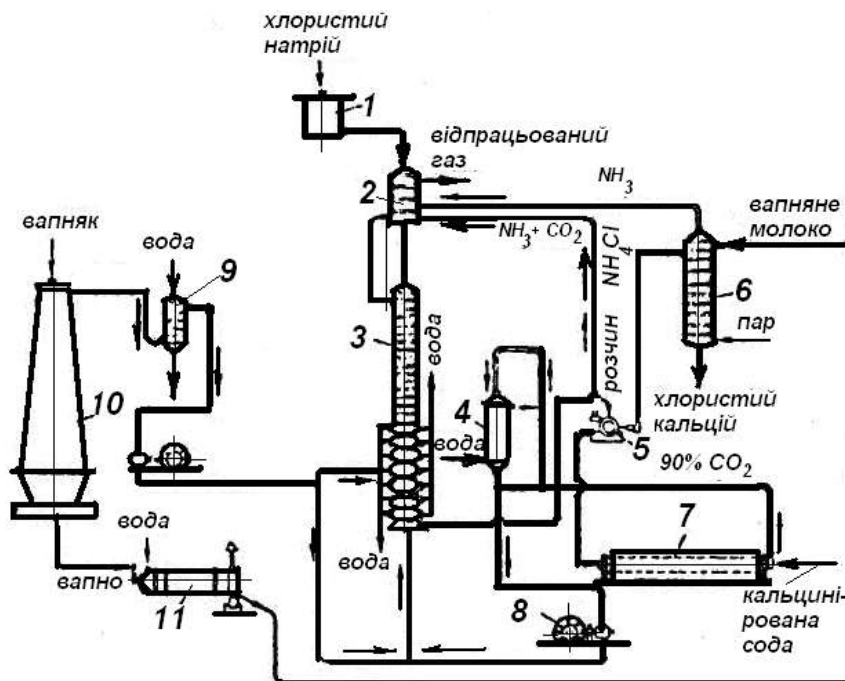


Рис. 12.9. Схема виробництва соди

Розчин, охолоджений і насичений  $\text{NH}_3$  і частково  $\text{CO}_2$ , у якому є вуглецеві солі амонію  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_2$  і  $\text{NH}_4\text{OH}$ , надходить у верхню частину карбонізаційної колони. У середню частину колони компресором 8 подається очищений у фільтрі 9 газ (до 40 %  $\text{C}_2\text{O}$ ), який створюють у вуглецево-випалювальних печах 10, а в нижню частину колони, яка охолоджується водою, подають суміш газу з печей 10 і содових печей 7. Суміш охолоджується в холодильнику 4.

Гази із 4 – 7 %  $\text{CO}_2$  і  $\text{NH}_3$  із колони спрямовуються в абсорбер 2, а пульпа – на фільтрацію. Відокремлення бікарбонату натрію виконують у вакуум-фільтрі безперервної дії.

Із фільтру осад подають у содову піч 7 для кальцинації, гази – в абсорбер 2 для відокремлення  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , а фільтрат іде на дистиляцію в колону 6. У содовій печі 7 за температури 140 – 170 °С відбувається розклад бікарбонату з утворенням кальцинованої соди та її сушіння:



Соду транспортерами подають на упакування; а гази, у яких до 85 – 95 %  $\text{CO}_2$ , – на карбонізацію. Для створення 1 т 95 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  необхідно використати: чистого розчину  $\text{NaCl}$  – 5,15 м<sup>3</sup>, аміачної води (25 %  $\text{NH}_3$ ) – 14 кг, вапна – (85 %  $\text{CaO}$ ) – 710 кг, електроенергії – 102 кВт·год, пару – 1,32 мкал, води – 140 м<sup>3</sup>, палива – 145 кг.

*Виробництво добрив.* Для підвищення врожаїв у сільському господарстві широко використовують мінеральні добрива. До складу рослин входить понад 60 елементів, головними з яких є: С,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , Р, К, S, Са, Mg, Fe, на інші припадає 1 – 2 % від маси рослин. Інтенсивне використання землі призводить до зменшення, насамперед, таких елементів, як Р,  $\text{N}_2$ , К, унаслідок чого зменшується врожайність і якість продуктів. У зв'язку із цим різні елементи вносять у землю з добривами.

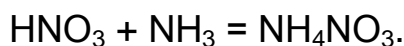
За походженням добрива розподіляють на органічні та мінеральні.

*Органічні добрива* об'єднують добрива тваринного й рослинного походження (торф, гній).

*До мінеральних добрив* належать азотні, фосфорні, калійні та ін.

За кількістю корисних елементів добрива розподіляють на прості (з одним корисним елементом) і складні, у яких є декілька корисних елементів.

Азотні добрива розподіляють на аміачну селітру (нітрат амонію), натрієву селітру (нітрат натрію), вуглецеву селітру (нітрат вуглецю), сульфат амонію та карбамід (сечовину). Найбільш корисними є аміачна селітра та карбамід. Аміачна селітра – це біла кристалева речовина, яка має велику гігроскопічність, може комкуватися і в разі детонації – вибухнути. Створюють її нейтралізацією азотної кислоти газоподібним аміаком:



Процес створення селітри полягає в такому (рис. 12.10): до внутрішнього циліндра 2 подають азотну кислоту й аміак в газовому стані, унаслідок чого утворюється розчин нітрату амонію, який переливається із внутрішнього циліндра в зовнішній (випарювальну частину апарата), де й випаровується вода з розчину. Пар виходить із нейтралізатора 1, і його використовують для нагрівання. Розчин 60 – 80 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , у якому до 2 г/л вільної  $\text{HNO}_3$ , донеітралізується аміаком у нейтралізаторі 3 і перекачується в постійно діючий апарат 4, де концентрація розчину підвищується до 99 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Із випарювальних апаратів розтоплена селітра надходить у грануляційну башту 5 (висота до 35 м), у верхній частині якої розміщено оберտальну дірчасту лійку (обертальний горизонтальний диск). Проходячи через отвори лійки, розчин розбризкується, унаслідок чого утворюються краплі, які під дією холодного повітря перетворюються на гранули до 3 мм, потрапляють на транспортер 6, а потім на сушарку й упакування в паперові мішки. Сечовина (карбамід) утворюється, унаслідок взаємодії аміаку та вуглецевого газу:

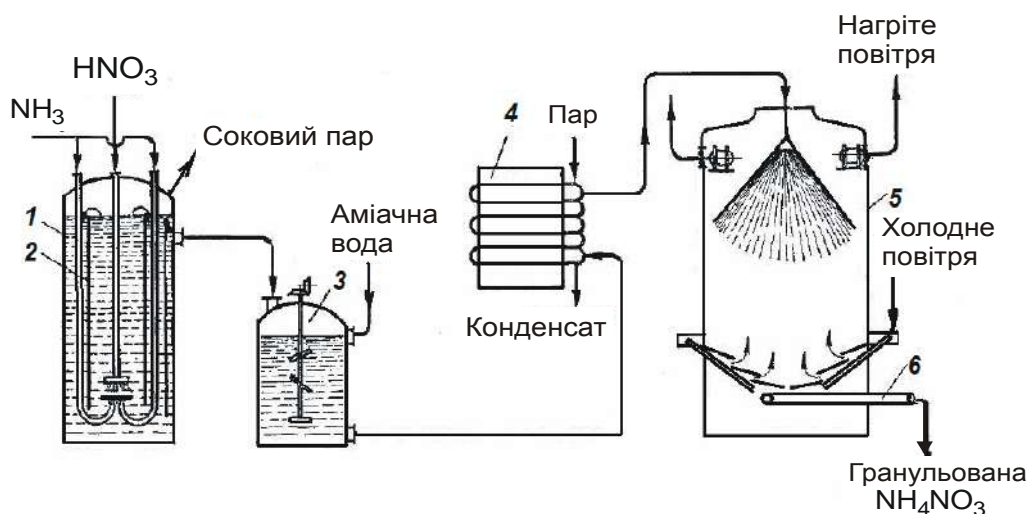


Рис. 12.10. Схема виробництва аміачної селітри

Сечовину створюють у колоні високого тиску. Синтез сечовини здійснюють за температури 180 – 200 °С під тиском 20 МПа з 100 % надлишком аміаку протягом однієї години. Вихід сечовини досягає 70 %.

Сечовину використовують для підвищення врожайності всіх сільськогосподарських культур, особливо за кореневого й некореневого підгодування рослин, також у процесі виробництва синтетичних смол, тканин, клеїв, фармацевтичних препаратів.

*Рідинні добрива* – це аміак (до 82 % N), аміачна вода (до 20 % N), їх також широко використовують у сільському господарстві.

До *фосфорних добрив* належать суперфосфат, преципітат, фосфористе борошно. Сировиною для створення фосфорних добрив є природні фосфорити  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  й апатити  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ .

Фосфористе борошно виробляють шляхом розмелювання природного фосфориту, його сушіння й розмелювання; суперфосфат – шляхом розкладу природного фосфориту сірчаною кислотою; преципітат – шляхом нейтралізації фосфорної кислоти вапняковим молоком.

*Калійні добрива* найчастіше подано хлористим калієм. Сировиною для його створення є сильвініт  $\text{KCl} + \text{NaCl}$  і карналіт  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Для утворення хлористого калію сильвініт розмелюють, розчиняють, розчин охолоджують, відокремлюють солі та висушують їх.

*Отрутохімікати*. Для боротьби із хворобами рослин, шкідниками, бур'янами в сільському господарстві використовують отрутохімікати, які розподіляють на інсектициди, фунгіциди та гербіциди. *Інсектициди* використовують для боротьби з комахами – це препарати, у яких є миш'як, фтор, хлор, мідь, фосфор. Найбільш поширеним є миш'яковий препарат – це паризька зелень  $3\text{Cu}(\text{ASO}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{CH}_3 \cdot \text{CaO})_2$ , фтористий кремній, фтористий натрій, гексахлоран, тіофос. Сировиною для створення миш'якового препарату є триоксид миш'яку, який виробляють шляхом випалювання миш'якових руд. Триоксид миш'яку потім переробляють на солі. Фтористі препарати створюють із відходів виробництва суперфосфату. Гексахлоран  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$  створюють шляхом приєднання хлору до бензолу.

*Фунгіциди* використовують для боротьби із грибовими хворобами рослин. Це препарати, у яких є мідь (бордоська рідина), сірка, формалін, протас, гранозан та ін. Бордоську рідину створюють змішуванням розчину мідного купоросу з вапняковим молоком. Сірку створюють у процесі очищення коксового й генераторного газів від сірководню та іншими способами.

*Гербициди* – це хімічні препарати, які знищують бур'яни. Найчастіше використовують хлор, нітрати фенолу, хлорати натрію і кальцію, також 10 % розчин  $H_2O_4$ , 5 % розчин  $CuSO_4$  та інші. Отрутохімікати бувають у порошках, рідинах, аерозолях.

### 12.3. Виробництво органічних речовин

*Хімічне перероблення палива.* До фізичних методів перероблення нафти зараховують перегонку, яка є процесом термічного розпаду нафти на її складові частини та фракції [11; 23; 68].

Для розподілу нафти на фракції її нагрівають у трубчастій печі (рис. 12.11). Спочатку нафта проходить по трубах так званої конвенційної секції 3, де вона підігрівається поточними газами, що виходять із печі, потім – по трубах скляного екрана 2 і фронтального екрана 1 виходить із печі. Підігрівання нафти у трубах екранів 1 і 2 виконують, завдяки горінню палива, яке подають форсункою 4. Нагріта нафта потім іде на перегонку. Розподіл нафти на фракції засновано на різній температурі кипіння її сполук.

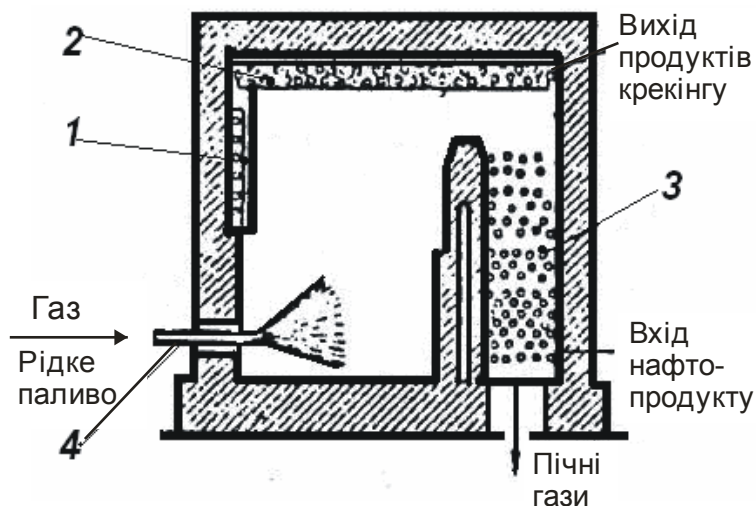
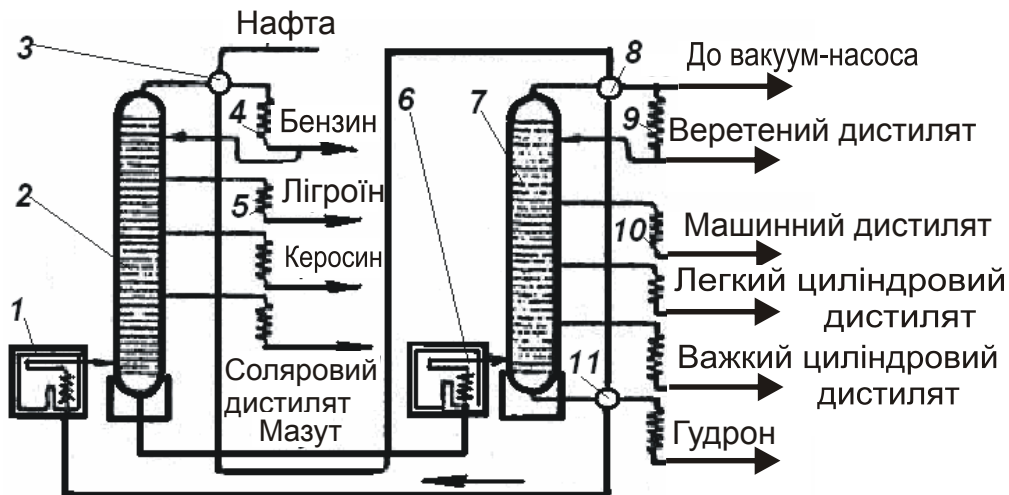


Рис. 12.11. Трубчаста піч

Перегонку нафти виконують в одноступеневих і двоступеневих трубчастих установках (рис. 12.12). Спочатку перегонку ведуть за атмосферного тиску з виділенням бензинової та інших висококиплячих фракцій, а залишок – мазут – потім переганяють під вакуумом. Заздалегідь нагріта



до 170 – 175 °С в теплообмінниках 3, 8, 11 нафта надходить у трубчасту піч 16, де нагрівається до 350 °С димовими газами та подається в ректифікаційну колону 2 першого ступеня. Пари нагрітої нафти підіймаються угору колони та розподіляються (ректифікуються) за температурами конденсації.



**Рис. 12.12. Принципова схема двоступеневої установки для перероблення нафти**

Принцип роботи колон такий. Нагріту нафту подають у нижню частину колони, і складові частини нафти з найнижчою температурою кипіння випаровуються. Пари підіймаються вгору колони, поступово охолоджуються рідиною, яка стікає вниз. У разі контакту пари з рідиною (флегмою) на полицях колони відбувається розподіл суміші на фракції за температури кипіння, унаслідок багаторазового повторювання випаровування рідини й конденсації її парів. Таким чином, за висотою колони можна відбирати фракції за температурами конденсації, причому чим вище місце відбору фракції за висотою колони, тим нижча температура кипіння фракції. Найбільш низькокиплячою фракцією є бензин.

Пари бензину виводять зверху колони 2, охолоджують у теплообміннику 3 і конденсують у конденсаторі 4. Частково рідкий бензин виводять як готовий продукт, а частково – подають на зрошення в колону (як флегму). За висотою відбирають інші фракції (лігроїн, керосин, соляровий дистилят), які після охолодження в холодильниках 5 становлять готову продукцію. Залишок від перегонки нафти – мазут – виводиться з колони 2 внизу й потрапляє у трубчасту піч 6 другого ступеня, яка



працює під вакуумом, де мазут нагрівається до 400 – 420 °С. Утворюється пара, яка надходить у ректифікаційну колону 7, де за висотою колони відбирають дистиляти – важкий циліндровий, легкий циліндровий і машинний, які охолоджують у холодильниках 10. Із верхньої частини колони виводять пари веретенного дистиляту, які охолоджують у теплообміннику 8 і конденсують у конденсаторі 9. Частина веретенного дистиляту повертається для зрошування колони, а частина йде на використання як готовий продукт. Знизу колони 7 через теплообмінник 11 і холодильник 10 виводиться залишок перегонки мазуту – гудрон. Вихід дистилятів: бензиновий – 14,5 %, лігроїновий – 7,5 %, керосиновий – 18,5 %, солярове мастило – 5 %, залишок – мазут – 55 % (перша сходинка); під час перегонки мазуту: веретенний – 10 – 12 %, машинний – 5 %, легкий циліндровий – 7 %, важкий циліндровий – 7 % і гудрон – до 30 %.

*Крекінг нафтопродуктів.* Незначний вихід бензину під час прямої перегонки нафти привів до розроблення крекінг-процесу, заснованого на розподілі молекул важких вуглеводів, які входять до складу висококиплячих фракцій, на більш короткі молекули легких низькокиплячих продуктів. Наприклад, під час розщеплення молекули цетану  $C_{16}H_{34}$ , який після перегонки нафти входить до складу газойля чи мазуту, утворюється молекула октану  $C_8H_{18}$ , яка входить до бензинової фракції. Процес крекінгу відбувається за високого нагрівання, унаслідок чого його називають *термічним*. Чим вища температура й більша витримка, тим повніше відбувається процес і більший вихід продуктів крекінгу.

*Термічний крекінг* здійснюють за температури 450 – 500 °С з тиском 2 – 7 МПа у рідкій фазі. Основною метою водночас є утворення світлих топлив із мазуту або нафтових залишків – гудрону чи напівгудрону. За термічного крекінгу 75 % сировини підлягає переробленню. Суміш продуктів крекінгу й непрореагованої сировини проходить через випарювач, у якому відокремлюється крекінг – це залишок речовини, яка не підлягає крекінгу. Легкі продукти йдуть у ректифікаційну колону на розподіл. Після крекінгу вихід крекінг-бензину – 30 – 35 %, крекінг-газів – 10 – 15 % і крекінгу-залишку – 50 – 55 %. Крекінг-бензин використовують як компонент автомобільного бензину. Крекінг-гази використовують як паливо або як сировину для синтезу органічних речовин. Крекінг-залишок становить суміш смоли й асфальтових речовин, які використовують як паливо для котлів або сировину для виробництва бітумів.

**Піроліз** – це високотемпературний парофазний термічний крекінг, який здійснюють за температури 670 – 1 200 °С та атмосферному тиску. Мета – створення, головним чином, етилену та водночас пропілену, бензолу, толуолу, нафталіну. Піролізу піддають вуглеводи попутних нафтових газів і газів крекінгу (етану, пропану, бутану), низькоякісні паливні фракції – бензини прямої перегонки та бензини, сконденсовані від попутних газів.

**Каталітичний крекінг** – це крекінг із використанням каталізаторів, що сприяє зниженню температури крекінгу, збільшенню виходу і підвищенню якості бензину. Каталізатором є, головним чином, синтетичні алюмосилікати, у яких 10 – 25 % оксидів алюмінію, а також деякі види глини і бокситів. Принципову схему установки крекінгу в киплячому шарі пиловидного каталізатора показано на рис. 12.13. Сировина після попереднього нагрівання в теплообмінній установці 8 надходить у трубчасту піч 1, де нагрівається до температури 400 °С. Потім вона змішується зі ще більш гарячим порошком-каталізатором, випаровується й потрапляє в робочу зону реактора 3. Там у киплячому шарі каталізатора відбувається крекінг сировини з виникненням продуктів крекінгу. Процес здійснюють за температури 450 – 500 °С під тиском 60 – 180 МПа.

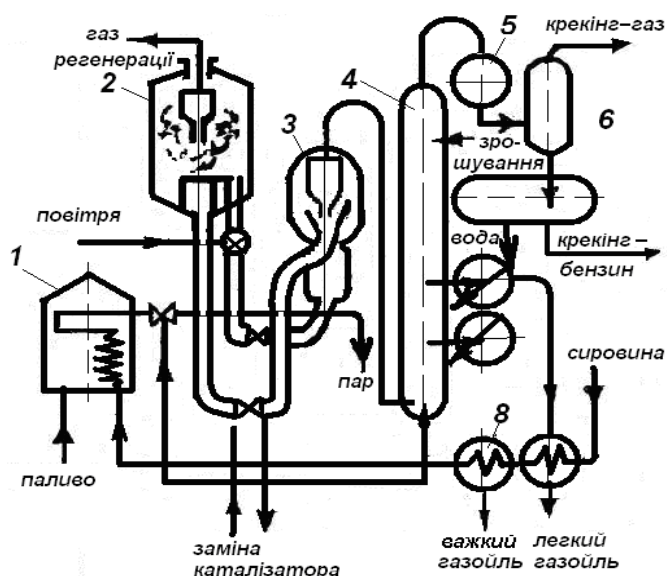


Рис. 12.13. Каталітичний крекінг із пиловидним каталізатором

Продукти крекінгу з реактора потрапляють у ректифікаційну колоно 4, де розподіляються. Газу й бензину проходять через конденсатор 5 і газосепаратор 6. Бензин відокремлюють від води у відстійнику 7. Легкий

і важкий каталітичний газойль відбирають як проміжні фракції. Знизу колони йде в реактор сировина, яка не прореагувала. Відпрацьований каталізатор осідає внизу реактора, де він відокремлюється від сировини та продуктів крекінгу та спрямовується в регенератор 2. Там за допомогою повітря кокс і смолу відокремлюють з поверхні каталізатора, відновлюють його, охолоджують до температури 500 – 550 °С і повертають у реактор.

Вихід продуктів такий: 35 – 40 % крекінг-бензину, 15 – 20 % крекінг-газу, 35 – 40 % легкого та 5 – 8 % важкого крекінг-газойлю.

**Риформінг** – це різновид каталітичного крекінг-газу, хід реакцій у якому спрямовано на утворення ароматичних вуглеводів та ізомерів.

Сировиною є бензин різного походження: прямої перегонки, термічного крекінгу та ін. Каталізатором є порошок платини до 1,0 %, який наносять на поверхню оксиду алюмінію; він добре працює й дуже реагує на сірку, яка його швидко руйнує.

Процес риформінгу здійснюють за температури 480 – 520 °С і тиску 2 – 4 МПа. Технологічна схема риформінгу аналогічна до схеми каталітичного крекінгу. У бензині після риформінгу містяться до 58 % ароматичних вуглеводів, інші алкани та нафтени, головним чином, ізомерної будови. Експлуатаційні характеристики цього бензину вищі, ніж після каталітичного крекінгу. Риформінг використовують більше для створення бензолу, толуолу та ін., які застосовують для виробництва каучуку, пластмас, синтетичних тканин, фарб, отрутохімікатів, мийних речовин.

*Кислотне й лугове очищення.* Сірчана кислота розчиняє смолисті, азотні речовини, нафтеніві кислоти, феноли, а нафтеніві й парафінові вуглеводи з нею не реагують. Використовуючи властивість різної питомої ваги шляхом відстоювання, відокремлюють розчинені в кислоті та лугах домішки нафтопродуктів. Роблять це після ректифікації продуктів.

*Адсорбційне очищення* здійснюють шляхом пропускання продукту через сорбенти – вибілювальні глини. Витрата глин – до 300 кг на 1 т продукту її нафтопереробки. Найчастіше використовують після кислотно-лугового очищення.

*Селективне очищення* засновано на властивостях одного компонента розчинятися в розчині, а іншого – ні, що сприяє відокремленню зайвих речовин із високоякісних мастил.

*Гідроочищення* з використанням каталізатора в хімічному очищенні. Головна мета – виділити сірчані сполуки й ненасичені вуглеводи. Процес

полягає в обробленні очищеного продукту воднем за температури 250 – 430 °С і тиску 5 – 7 МПа. У реакторах використовують алюмо-кобальт-молібденові каталізатори. Унаслідок такої обробки, сірчані сполуки розчиняються й у вигляді сірководню виходять із газами, а ненасичені вуглеводи насичуються та перетворюються на насичені. Гідроочищення використовують для обробки палива й мастил.

*Класифікація та властивості товарних нафтопродуктів.* Товарні нафтопродукти розподіляють на палива, мастил та інші продукти.

*Палива* розподіляють на зріджені та стиснені паливні гази; паливо для карбюраторних двигунів (бензин, керосин); для двигунів дизелів (дизельне), для реактивних двигунів (реактивне); для котельних установок (котельне).

*Мастила* об'єднують: моторні (автотракторні, авіаційні, дизельні), індустриальні мастильні, трансмастильні, мастильні для роботи за підвищених температур (турбінні, компресорні, для парових машин), консистентні мастила, мастила спеціальні (для приладів, швацьких машин, трансформаторні, конденсаторні та ін.). Інші продукти можна розподілити на розчинні, освітлювальні, гас, парафін, церезин, вазелін, бітуми нафтові, пек, просочувальні матеріали, електродний кокс і сажі, спеціальні продукти (піно-утворювальні, скріплювальні в ливарному виробництві та ін.).

Особлива група – це низькомолекулярні насичені вуглеводи (метан, етан, пропан, бутан), низькомолекулярні олефіни (етилен, пропілен, бутілен та ін.), ароматичні вуглеводи (бензол, толуол, ксилоли, нафталін та ін.), сірчані й кисневі сполуки.

*Октанове число* оцінюють шляхом порівняння зразка палива та стандартної суміші з ізооктаном і Н-гектаном. Октанове число гектану, який дуже легко детонує, прийнято за 0, а ізооктану, який має високі антидетонаційні властивості – за 100. Відсоткову кількість ізооктану в суміші, яка детонує за тих самих умов тиску в циліндрі двигуна, що й дослідне паливо, називають *октановим числом*. Воно залежить від хімічного складу палива. Найбільш високе октанове число мають ароматичні та ізопарафінові вуглеводи (90 і більше), дуже низьке – парафінові вуглеводи.

*Цетанове число* – це здатність дизельного палива до самоспалахування в разі подавання в камеру палива, де є стиснене повітря. Його знаходять шляхом порівняння із самоспалахуванням суміші еталонних речовин: цетану, який має малий період затримки (час між початком вприскування і займанням палива), і метилнафталіну з великим періодом

затримки. Найбільше цетанове число мають парафінові вуглеводи звичайного ряду (до 70 – 80) і найменше – ароматичні вуглеводи. Для швидкоходових дизелів важливе значення має випарювання палива, у зв'язку із чим обов'язково визначають межі в'язкості, температури спалаху, зольність та ін.

Для всіх палив є обов'язковими вимоги до найменшої кількості сірки, кислот, золи, води. Для котельного палива є обов'язковими вимоги до теплотворної здатності та в'язкості, від чого залежить ефективність розпилювання палива у форсунці.

Головні властивості мастил полягають у підтриманні на поверхнях тертя деталей маслянистої плівки, яка тим більша, чим вища в'язкість. Мастило має бути стійким до окиснення, високих температур; антикорозійним, не давати стійких емульсій з водою та ін. Для підвищення якості до мастил вводять різні присадки.

### **Фотохімічні, радіаційно-хімічні та плазмохімічні процеси**

*Фотохімічні процеси.* Механізм фотохімічних процесів ґрунтується на активації молекул реагенту під час поглинання світла. Водночас змінюється електронна структура молекули, тобто електрони зовнішніх оболонок атомів збуджуються, а молекула стає здатною до хімічних перетворень. Фотохімічні процеси розподіляють на прямі й сенсibiliзовані. У прямій реакції випромінювання поглинається одним або декількома речовинами, які беруть участь у реакції. У сенсibiliзованій реакції випромінювання поглинає певна речовина, збуджує реакцію, а сама не бере участі в реакції. У кожній фотохімічній реакції мають місце три стадії: поглинання світла й перехід молекули до електронно збудженого стану; первинні фотохімічні процеси з участю збуджених молекул та утворенням первинних фотохімічних продуктів; вторинні реакції речовин, які утворилися в первинному процесі.

Продуктами першої стадії фотохімічного процесу можуть бути короткоіснуючі ізомери, які мають підвищену електронну енергію, атоми та радикали. Часто вони мають випарені електрони та легко беруть участь у вторинних реакціях. Передавання збудження від однієї молекули до іншої називають *сенсibiliзацією*, а речовину, яка поглинає промінь і стає переносником енергії, – *фотосенсibiliзатором*.

Залежно від ролі й характеру впливу променів, фотохімічні процеси умовно можна розподілити на три групи.

До першої групи належать реакції, які самовільно можуть відбуватися після поглинання реагентами променевого імпульсу. Для таких процесів промінь виконує роль збуджувача й ініціатора. Сюди належать: хлорування та бромовання вуглеводів, синтез різних полімерів (полімеризацію стиролу та створення полістиролу), синтез хлористого водню. За звичайних умов ці реакції відбуваються дуже повільно, а під дією сонячного світла або підігрівання вони супроводжуються навіть вибухом.

До другої групи фотохімічних процесів належать процеси, для яких необхідно весь час підводити променеву енергію до реагентів. Достатньо перервати подавання світлової енергії – процеси зупиняються. До таких процесів належать процеси, які мають місце в живій клітині; процеси природного фотосинтезу, пов'язані з поглинанням світла пігментом рослин хлорофілом; процеси, пов'язані з утворенням електричного струму в сонячних батареях – це один із напрямів використання сонячної енергії.

Найбільш поширено в космічній техніці кремнієві фотоперетворювачі, перетворювачі сонячної променевої енергії на теплову для опалення приміщень за допомогою конвекції повітря та ін. Значно поширено процес розчинення галоїдних сполук срібла, на світлочутливості яких ґрунтується процес відображення у фотографії.

До третьої групи належать процеси, які відбуваються під дією променя, – це *фотокаталітичні реакції*. Промінь у таких процесах поглинається не реагентами, а каталізатором, який прискорює процес. Під дією променя відбувається збудження електронів атомів, розташованих на поверхні каталізатора та зниження енергії активації реакції. Фотокаталізаторами можуть бути деякі напівпровідникові матеріали (оксиди цинку, міді, кадмію, олова), які й наносять на основу.

До фотокаталітичних процесів належать: синтез органічних речовин (наприклад, утворення карбонових кислот шляхом реакцій окиснення), реакція розкладу пероксиду водню (як каталізатор використовують сполуки металів міді, заліза, марганцю, нанесені на основу).

Доцільність і поширення використання фотохімічних процесів полягає в їхній перевазі над термохімічними: можливість точного регулювання ступеня збудження молекул, висока селективність реакції, можливість активізувати тільки певну групу або зв'язки в молекулі шляхом зміни ступеня випромінювання, можливість синтезу термодинамічних нестійких сполук; процеси мало залежать від температури; швидкість реакції легко регулюють, висока ступінь чистоти продукції.

*Радіаційно-хімічні процеси.* Метою радіаційно-хімічних процесів є вибір найбільш економічного шляху для створення продукту із заздалегідь спрямованими властивостями за допомогою використання збуджених атомів, іонів, молекул, радикалів. Енергія іонізувального випромінювання в сотні тисяч разів перевищує енергію хімічних зв'язків. Для іонізації використовують потоки заряджених частинок великої енергії (прискорені електрони) –  $\alpha$ - і  $\beta$ -частинки, нейтрони, уламки ядер і височастотні електромагнітні коливання (рентгенівське і  $\gamma$ -випромінювання).

Механізм радіаційно-хімічних процесів складається із трьох стадій.

На першій стадії (фізичній) енергія первинного випромінювання перерозподіляється між удруге зарядженими частинками. Ці частинки під час взаємодії з електронами атомів приводять до збудження й іонізації нових молекул речовин.

На другій стадії (фізико-хімічній) хімічно активно заряджені іони й незаряджені уламки ядер реагують між собою та з іншими молекулами з більшою швидкістю. У результаті вторинних реакцій виникають нові активні частинки (вільні радикали, іони).

На третій стадії (хімічній) відбуваються реакції, які приводять до виникнення молекул нової речовини (радiаційно-хімічний синтез).

У промисловості умовно виділяють такі напрями використання радiаційно-хімічних процесів.

*Радіаційна полімеризація* відбувається за низької температури під впливом  $\beta$ -частинок і  $\alpha$ -випромінювання в газовій, рідкій і твердій фазах. Створюють дуже чисті полімерні матеріали, які використовують у радіоелектроніці й медицині. З успіхом використовують радiаційну полімеризацію етилену, тріоксану, акриламід, а також процеси співполімеризації етилену з вінілхлоридом, тетрафторетиленом та ін. Процес полімеризації мономерів у гетерогенних системах є основою для отримання деревополімерних матеріалів, які використовують для виготовлення термостійких моделей, будівельних деталей і виливків у машинобудуванні.

*Радіаційне зшивання* полімерів приводить до модифікації структури і властивостей полімерів. Найбільш вивчено цей процес для поліетилену і полімерів вінілового ряду, а також радiаційна вулканізація каучуку. Перспективи має спосіб радiаційної модифікації натуральних і синтетичних волокон, прищеплювання полімерів на тканини, що дає можливість створювати водо- і мастиловідштовхувальні матеріали, вогнетривкі, променевостійкі, біостійкі та тканини, що не зминаються.

*Радіаційно-хімічний синтез* об'єднує окиснення, хлорування, сульфо-хлорування органічних сполук та ін. Радіаційне окиснення використовують для синтезу тетрахлоретилену та хлорангідриду трихлороцтової кислоти, для синтезу запашних речовин, реакцій заміщення та приєднання та ін. Найбільше практичне значення мають процеси радіаційного сульфо-хлорування й сульфоокиснення парафінових вуглеводів. Продукти сульфо-хлорування використовують для створення мийних і поверхнево-активних речовин. Використовують процес радіаційного синтезу органохлорсиланів – мономерів, які є сировиною для створення кремній-органічних полімерів. Розроблено спосіб утворення тетрахлораканів з етилену й чотирьохлористого вуглецю, який є основою для синтезу промислових олій та отрутохімікатів.

*Радіаційна модифікація неорганічних речовин* характерна для оксидів металів з особливими діелектричними властивостями та напівпровідників. Під впливом опромінювання каталітична активність підвищується та зменшується отруйна дія. Наприклад, активність оксидів нікелю, заліза, цинку підвищується в разі опромінювання на декілька порядків. Деякі сегнетоелектрики (титанат барію) і напівпровідники селену під їхньою дією поліпшують свої експлуатаційні властивості.

*Радіаційне очищення стічних вод, твердих відходів і газів.* Під час опромінювання природна вода дезінфікується і в ній відокремлюються гази. В основу радіаційного очищення стічних вод, у складі яких є різноманітні домішки (фенол, поверхнево-активні речовини, фарби та ін.), покладено радіоліз води й радіаційна полімеризація заздалегідь упродовженних мономерів. У процесі радіаційного очищення твердих відходів і шламів створюють речовини, які використовують як добрива або домішки до корму тварин.

Очищення газів під дією рентгенівського опромінювання діоксид сірки окиснюється киснем повітря в сірчаноокислих розчинах за наявності каталізатора. Водночас діоксид сірки й оксиди азоту переходять у сірчану та азотну кислоти, які разом із твердими частинками осідають на електростатичному фільтрі. Останнім часом опромінювання використовують у медичній практиці для діагностики й лікування. Відпрацьовують комплексні установки, які одночасно виробляють енергію та продукцію. На ядерному обладнанні виготовляють плівки, напівпроникні мембрани, які використовують для розподілу гомогенних систем.



Головним недоліком радіаційно-хімічних процесів є особливі правила безпеки під час виконання процесів та обов'язкове захоронення радіоактивних уламків стронцію, цезію тощо. Почали переводити залишки радіоактивних речовин у такі тверді тіла, як скло й базальт, що спрощує захоронення їх.

*Плазмохімічні процеси.* У результаті високого нагрівання речовини частина молекул переходить у збуджений стан, друга – розкладається на складові частини (атоми, а також уламки молекул, вільні радикали, іони та різноманітні частинки, зокрема й електрони). Таку газоподібну суміш називають *плазмою*, у якій найчастіше понад 1 % молекул перебувають в іонізованому стані. Якщо кількість позитивно й негативно заряджених частинок є приблизно однаковою, то плазма є квазінейтральною. Вона яскраво світиться, електропровідна й активно взаємодіє з магнітними полями.

Відрізняють високотемпературні й низькотемпературні плазми.

*Низькотемпературна плазма* має місце під час електричних розрядів у газах і низького тиску. Її використовують у газових променевих трубках.

*Гаряча плазма* – це Сонце, зірки, епіцентри вибуху атомних і водневих бомб. Вона характеризується температурами від декількох до сотень мільйонів градусів. На дослідних установках плазма утримується магнітним полем та існує соту частку секунди. У процесі перебігу термоядерних реакцій, якими управляють, виникає високотемпературна плазма.

Низькотемпературна плазма у природі – це шарова блискавка, а штучна, яка виникає у високочастотних і понадвисокочастотних розрядах і в електричній дузі, має температуру близько  $10^4$  К.

Обладнання для створення плазми складається із плазмотрона, реактора та гартівного пристрою. У плазмотроні з допомогою електричних розрядів виникає висока температура, яка іонізує потік аргону, гелію, азоту або якогось іншого газу, перетворюючи його на плазму. Потім вона потрапляє в реактор, де під дією високої температури у плазмі в тисячні частки секунди відбуваються хімічні реакції. Фіксування проміжних або основних продуктів досягають у гартівному пристрої з такою швидкістю, щоб вони не встигали розчинитися.

За фазовим станом плазмохімічні процеси розподіляють на гомогенні й гетерогенні, а за температурами – на нерівноважні та квазірівноважні.

*Нерівноважні плазмохімічні процеси* здійснюють під дією лазерного опромінювання, а також в жевріючих та імпульсних розрядах, у високо-частотних жевріючих розрядах. Швидкість цих процесів не залежить від температури та характеру розподілу різних частинок за енергіями. Наприклад, у жевріючому розряді, де є легкі часточки (електрони) і важкі частки (збуджені, іонізовані, нейтральні), головну активізаційну дію виконують високоенергетичні електрони. Це виявляють у тому, що в катодній зоні жевріючого розряду може бути створено оксид азоту з термодинамічною відповідністю температурі 3 000 К, тоді як температура газу в розрядній системі не перевищує 350 К. У понадвисоко-частотному розряді можна синтезувати незвичайні сполуки, а в жевріючому розряді – створювати озон і навіть модифікувати поверхню полімерів, змінюючи їхні фізико-хімічні властивості.

Перевага нерівноважних плазмохімічних процесів полягає в тому, що, унаслідок низької температури важких частинок, гартування здебільшого не потрібне, що спрощує технологію та витрати на швидкісне охолодження продукції. Недолік полягає в непередбачуваності явищ нерівноважних процесів.

*Квазірівноважні* плазмохімічні процеси виконують, головним чином, в електродугових плазмотронах. Швидкість цих процесів залежить від температури, у зв'язку з тим, що в системі відсутні будь-які зміни в рівноважному розподілі частинок між енергіями.

До *гомогенних плазмохімічних процесів* належать: окиснення азоту та хлористого водню, створення ацетилену, синтез диціану та гідразину. Найбільш поширено виробництво ацетилену із природного газу. Під час плазмового перероблення газоподібних вуглеводів уже за температури 1 800 К метан майже повністю перетворюється на ацетилен. Собівартість вироблення ацетилену плазмохімічним способом майже на 35 % нижча, від традиційних.

*Гетерогенні плазмохімічні процеси* об'єднують процеси відновлення складних сполук оксидних руд, створення багатокомпонентних сполук (каталізаторів), тугоплавких електропровідних або зносостійких нітридів, карбідів металів, вирощування монокристалів та ін. У гетерогенних плазмохімічних процесах первинна сировина надходить у плазму у вигляді дрібнодисперсної твердої або рідкої фази. Значно поширено створення оксидів металів:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – ферошару магнітних стрічок звукозапису, полірувальних паст –  $\text{CuO}$ , прискорювача вулканізації  $\text{ZnO}$ , пігментів фарб

ZnO, TiO<sub>2</sub>. Порошки відрізняються високою дисперсністю, до 94 % частинок мають розмір, менший ніж 1 мкм.

Використання низькотемпературної плазми дозволяє створити дуже чисті порошки з необхідним розміром частинок (включно з тонко-дисперсними).

Можливість поєднання декількох стадій процесу в одному швидкісному апараті дозволяє вирощувати у плазмі монокристали для напівпровідникової та лазерної техніки, точного машинобудування, свердлильного інструменту. Промисловість виробляє монокристали корунду, карбїду кремнію, тугоплавкого бориду, діоксид цирконію, оксид натрію, а також деяких металів (вольфраму, молібдену, ренію та ін.). Порівняно з полікрystalами монокристали характеризуються стійкістю проти рекристалізації, високою пластичністю, сумісністю з різними середовищами (ядерним паливом, металевими розплавами, парами лугових металів).

*Виробництво пластмас.* До полімерних матеріалів належать, переважно, синтетичні органічні полімери. Молекули полімерів побудовано з однотипних груп атомів-мономерів, які багаторазово повторюються. Кількість елементів ланок, які входять до складу молекул, може бути від 100 до 1 000. Збільшення кількості елементарних ланок сприяє підвищенню твердості й температури плавлення полімеру, знижується його здатність розчинятися в органічних розчинниках та ін. Властивості полімерів залежать також від хімічного складу мономерів, форми ланцюгів молекул, їхньої будови. Синтетичні полімери створюють у результаті перебігу реакцій полімеризації та поліконденсації [18; 44; 63; 68].

**Полімеризація** – це процес з'єднання багатьох молекул у велику молекулу полімеру з тим самим елементарним складом, який має вихідний мономер. Водночас має місце розрив подвійних зв'язків з утворенням реакційно властивих мономерних груп, які з'єднуючись між собою, утворюють молекули полімеру. Побічні продукти в цьому разі не виділяються. Процеси полімеризації здійснюють у розчині емульсії, суспензії із застосуванням каталізаторів.

У разі блокової полімеризації чистий мономер і каталізатор уводять у реактор, де під дією температури відбувається процес полімеризації. Таким методом виробляють листові матеріали з полістиролу, поліетилену, поліметилметакрилату, натрій-бутадієнового каучуку. У разі полімеризації в емульсії мономер змішують з ініціатором та емульгатором

у воді (частинки мономеру перебувають у стані суспензії), унаслідок підігрівання в емульсії утворюється полімер (синтетичний латекс). Спосіб використовують для створення полівінілхлориду, деяких марок полістиролу та різних співполімерів бутадієну, вінілацетату, акрилонітрилу.

Полімеризацію в розчині здійснюють із використанням розчинника, який розчиняє мономер і полімер або тільки мономер. Утворені полімери мають однорідний склад. Цей спосіб використовують для створення полівінілацетату, полібутилакрилату та ін.

Суспензійна полімеризація полягає в тому, що мономер рівномірно розподіляється у воді, розчинники, які використовують, розчиняються в мономері та не розчиняються в воді. Полімеризація відбувається самостійно в кожній великій краплині мономеру розміром до 0,3 см. Полімер утворюється у формі твердих частинок, які не розчиняються у воді та виділяються фільтруванням.

**Поліконденсація** – це утворення високомолекулярної сполуки, унаслідок взаємодії великої кількості молекул двох або декількох різних мономерів з одночасним виділенням побічних низькомолекулярних продуктів реакції ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $CO_2$ , ефіру та ін.). Створені у процесі поліконденсації полімери мають лінійне (поліаміди, поліефіри, полікарбонати) і просторове утворення (амінокислоти, фенолальдегідні смоли). Процес виконують у розплаві, розчині та на поверхні двох фаз. Сировиною для виробництва полімерів є: продукти коксохімічної промисловості (бензол, фенол, ксиленоли, крезолі, резерпін, фенатрен, етилен, нафталін), продукти нафтохімічної промисловості (етилен, пропілен, бутилен, ацетилен, бензол, фенол, ацетон), продукти перероблення природного газу (ацетилен, метанол, аміак, карбамід), мінеральна сировина (сірчана кислота, хлор, оксид вапняку), рослинна сировина (целюлоза, фурфурол).

*Властивості пластмас.* Густина змінюється від 0,9 до 2,5 г/см<sup>3</sup>. Пластмаси у два рази легші за алюміній і в 5 – 6 разів – за сталь, мідь, бронзу. Міцність, наприклад, скловолокніту на стиснення – 130, на вигинання – 100 і на розтягнення – 800 МПа. Пластмаси не розчиняються в кислотах, лугах; не проводять електричний струм, тепло; гарні діелектрики, мають високі фрикційні властивості, але в них низька теплостійкість (70 – 250 °C) і вони із часом старіють. Пластмаси розподіляють на прості та складні.

*Прості пластмаси* складаються тільки зі смол, до складу яких іноді додають пластифікатори (поліетилен, органічне скло та ін.).

*Складні пластмаси* мають у своєму складі наповнювачі, речовини, що зв'язують, пластифікатори, каталізатори, стабілізатори, фарби, мастильні речовини. Як речовини, що зв'язують у моноліт, є, головним чином, синтетичні смоли. Наповнювачі додають, із метою поліпшення фізико-хімічних властивостей (порошки, тканини, борошно дерева, кварцу, слюди, графіту, паперу, скла, азбест та ін.). Пластифікатори підвищують пластичність, що сприяє формуванню виробів, підвищує гнучкість, еластичність та ін. (камфора, стеарат, олеїнова кислота, алюміній, дибутилфталат, гліцерин, трикрезилфосфат).

Речовини й каталізатори, які тверднуть, додають у пластмаси, із метою як найшвидше перевести їх у твердий, неплавкий і нерозчинний стан (гексаметилентетрамін, магнезія, вапно та ін.). Класифікують пластмаси, залежно від походження зв'язувальних речовин у їхньому складі під час нагрівання (термопластичні та терморективні пластмаси).

*Термопластичні пластмаси* у процесі нагрівання розм'якшуються, під час охолодження тверднуть і в ході повторного нагрівання знову розм'якшуються, що дозволяє відходи використовувати повторно для виготовлення виробів.

*Терморективні пластмаси* після твердіння повторно не розм'якшуються і більше їх не використовують.

*Виробництво поліетилену* пов'язано з полімеризацією газоподібного етилену високої чистоти (рис. 12.14).

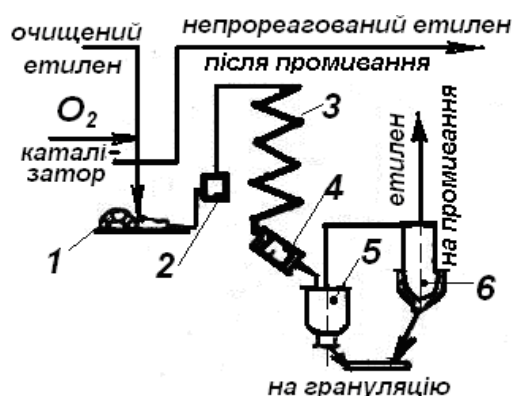


Рис. 12.14. **Схема установки для створення поліетилену під тиском**

Етилен, змішаний із киснем, надходить у компресор 1, де стискається до 150 МПа і після проходження через мастиловіддільник 2 прямує в реактор 3, у верхній частині якого етилен нагрівається до температури

реакції 180 – 200 °С, а в нижній – полімеризується. Реактор зроблено з похило розташованих труб високого тиску діаметром до 25 мм і загальної довжини до 300 м; верхня частина труб нагрівається, нижня – охолоджується водою для відбору тепла реакції полімеризації. Із реактора розплавлений полімер і непрореагований етилен після сепаратора 4 подають у приймач 5 низького тиску 0,3 МПа, де поліетилен відокремлюється від етилену. Непрореагований етилен, проходячи через уловлювач 6, очищається, промивається від залишкових продуктів і знову повертається до процесу. Поліетилен із приймача 5 потрапляє до обігрівального приймача і виходить із нього у формі гранул або джгутів. Створений поліетилен може підлягати стабілізації (змішуванню із сажею), фарбуванню. За один цикл на поліетилен перетворюється 15 – 20 % етилену, а загальний ступінь перетворення під час неодноразової циркуляції газу досягає 93 – 98 %. Поліетилен легко переробляють у вироби й напівфабрикати, тонкі плівки, листи, волокна, прутки, труби та ін.; понад 50 % використовують для електроізоляції, до 20 % – на виробництво труб, до 15 % – на виробництво плівки, листового матеріалу.

*Полістирол* виробляють шляхом полімеризації стиролу лаковим, емульсійним, блоковим способами. Він прозорий, має абсолютну водостійкість, хімічну стійкість, гарні діелектричні властивості. Полістирол використовують у високочастотній електротехніці, хімічній промисловості (трубопроводи, посудини, деталі), як тару у споживчій промисловості, поліграфічному виробництві. Шляхом пресування з полістиролу виготовляють тканину та волокна, із яких створюють матеріали, які мають високу міцність і прозорість. У будівельній техніці використовують облицювальні полістирольні плити.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Дайте характеристику процесів у хімічній промисловості.
2. Назвіть сировинні бази хімічної промисловості України.
3. Назвіть основні підприємства хімічної промисловості України.
4. На яких принципах ґрунтується хімічна промисловість?
5. Що таке "сучасна біотехнологія"?
6. Які провідні тенденції розвитку хімічної технології ви знаєте?
7. Дайте визначення хімічної технології.

8. Які хімічні технології охоплює виробництво неорганічних речовин?
  9. Охарактеризуйте технологію виробництва сірчаної кислоти.
  10. У чому полягає сутність технології виробництва аміаку?
  11. Назвіть основні етапи технології виробництва азотної кислоти.
  12. Які є технології виробництва соляної кислоти?
  13. Які є добрива та технології їхнього виробництва?
  14. За якими технологіями виготовляють отрутохімікати?
  15. Які технології охоплює виробництво органічних речовин?
  16. У чому полягає сутність хімічного перероблення палива?
  17. Що таке "крекінг нафтопродуктів"?
  18. Які є методи очищення продуктів нафтопереробки від домішок?
  19. Наведіть класифікацію та властивості товарних нафтопродуктів.
  20. Назвіть відмінності фотохімічного, радіаційно-хімічного та плаз-  
мохімічного процесів.
  21. Де застосовують плазмохімічні процеси?
  22. Назвіть технології виробництва пластмас.
- Література:** [2; 10; 15; 18; 21; 23; 44; 54; 63; 68].



## 13. Сучасні технологічні системи в легкій промисловості та побуті

### 13.1. Легка промисловість України та застосування інноваційних технологій у виробництві

Легка промисловість охоплює галузі, що виробляють товари народного споживання: тканини, одяг, взуття, предмети галантереї тощо (рис. 13.1). До легкої промисловості належать текстильна, швейна, трикотажна, хутряна, шкіряно-взуттєва, шкіряно-галантерейна.

Особливості галузі:

продукція легкої промисловості безпосередньо впливає на рівень та якість життя людей;

це трудомістка галузь, у якій зайняті, переважно, жінки (75 % від усіх працівників);

розміри підприємств легкої промисловості, переважно, невеликі й не потребують значних витрат енергії та води.



Рис. 13.1. Виробництво продукції легкої промисловості



Галузі легкої промисловості України працюють як на власній сировині (льняна, вовняна), так і привізній сировині (вовняна, бавовняна).

Із 1990 до 2000-го р. виробничі потужності легкої промисловості України скоротилися на 68 %. У період 1990 – 2006 рр. частка легкої промисловості в загальному обсязі промислового виробництва скоротилася з 10,8 до 1,2 %. За даними на 2006 р. експорт текстилю та виробів із текстилю становив 915,3 млн дол. США (2,4 % від загального обсягу), імпорт – 1 365,5 (3 % від загального обсягу).

До галузей легкої промисловості належать [10; 18]:

1. Текстильна промисловість (перше місце з виробництва), яка містить:
  - а) бавовняну (Херсон, Тернопіль);
  - б) льняну (Рівне, Житомир);
  - в) вовняну (Чернігів, Суми);
  - г) шовкову (Черкаси, Луцьк, Київ);
  - д) трикотажну (Харків, Львів, Чернівці, Миколаїв).
2. Швейна промисловість (Київ, Дніпро, Вінниця, Харків).
3. Взуттєва промисловість (Львів, Київ, Харків, Дніпро).
4. Шкіряна промисловість (Бердичів, Львів, Київ).
5. Хутряна промисловість (Харків, Красноград, Жмеринка).

Усього на підприємствах галузі налічують 150 тис. робочих місць. Природна сировина для текстильної промисловості проходить первинну обробку безпосередньо біля місць виробництва сировини на льонопереробних, шовкомотальних, бавовноочисних підприємствах.

Виробництво тканини містить 3 стадії: прядіння; ткацтво; обробка тканини (фарбування). Якщо всі стадії виробництва тканини перебувають на одному підприємстві, то його називають *текстильним комбінатом*, якщо на різних, то: *ткацьким, прядильним, прядильно-ткацьким, оздоблювальним* та ін. Розташовано підприємства у великих містах, де багато трудових ресурсів.

Основні товари легкої промисловості:

- тканини льняні (43 млн м<sup>2</sup> на рік);
- тканини бавовняні (2 млн м<sup>2</sup> на рік);
- тканини вовняні (9 млн м<sup>2</sup> на рік);
- трикотажні вироби (31 млн штук на рік);
- колготково-шкарпеткові вироби (54 млн пар на рік);
- килими та килимові вироби (6 млн м<sup>2</sup> на рік).

Українська текстильна промисловість після розпаду СРСР дуже сильно постраждала. Багато підприємств було закрито. Сучасним швейним підприємствам доводиться купувати тканини в інших державах.

За роки незалежності українці вже звикли до імпортного одягу та всього привезеного – аби закордонне. Останнім часом ринок заповнено дешевими китайськими штучними тканинами. Усім знайоме відчуття, коли одягаєш красивий виріб, а він дещо синтетичний (дивишся на склад, а там 80 – 90 % поліестеру). А потім ще й після прання втрачається колір і малюнок. Саме азійські країни, завдяки новим технологіям класичної обробки (використовують ротаційні машини), останнім часом є лідерами у виготовленні тканин загального попиту. Звідси низька якість і ціна таких тканин. З іншого боку, необхідно згадати й цифрові технології, упроваджені у Європі, які дозволяють виготовляти ексклюзивні тканини. Українські підприємства виготовляють широкий спектр тканин, як натуральних, так і синтетичних, і здебільшого якість вища, ніж у привезених з Азії тканин. Однак нашому покупцеві часто не подобається "старомодність" забарвлення таких тканин.

Таким чином, останнім часом випуск продукції легкої промисловості дуже скоротився із-за неоднакових умов для українських учасників ринку та імпортерів. Основна маса продукції надходить із країн Азії, а азійські імпортери давно завоювали український ринок.

Необхідно зазначити, що, у зв'язку з низькою купівельною спроможністю населення та зростанням цін, попит на швейну продукцію значно зменшився. Але значно розширилася мережа малих підприємств, що виготовляють галантерейну продукцію (господарські сумки, портфелі, валізи, металеві вироби та ін.). Набула інтенсивного розвитку поліграфічна промисловість: виробництво різних видів друкарської продукції (журнали, книги, газети, зошити, бланки та ін.). До поліграфічній промисловості належать універсальні та спеціалізовані поліграфічні об'єднання й комбінації, заводи для виробництва друкарських фарб, паперових виробів тощо. Ширше впроваджують офсетний друк, фотополімерні друкарські форми, електронну техніку, цифровий друк. У результаті виходить дуже барвиста продукція, проте тиражі невеликі.

Важливою підгалуззю є *фарфоро-фаянсова промисловість* (вироби з тонкої кераміки та ін.). Однак відсутність реальної конкуренції призводить до завищених цін на продукцію та знижує якість продукції. Тому необхідно

переходити на випуск нових затребуваних видів продукції за новими технологіями (товарів тривалого використання, тобто технологічно більш складних товарів).

На жаль, зараз легка промисловість України не забезпечує населення країни достатньою кількістю одягу, тканин і взуття. Тому необхідно переозброювати промисловість новим обладнанням, технологіями, які б дозволили створювати конкурентоспроможну продукцію. Необхідно підприємствам легкої промисловості встановлювати більш тісні зв'язки з такими галузями важкої промисловості, як машинобудування та хімічна промисловість (що займаються виробництвом обладнання, синтетичної шкіри та клею, хімічних ниток, волокон тощо). Необхідно також підприємствам легкої промисловості встановлювати більш тісні зв'язки із сільським господарством та орієнтуватися на постачання місцевою сировиною (льоном, хімічними волокнами, штучною шкірою, вовною та ін.).

На українських підприємствах легкої промисловості використовують, переважно, класичні технології, що значно обмежує можливості конкуренції з азійськими виробниками. Найкраще рішення для підприємств України – це їхня модернізація (з'єднання класичних і цифрових технологій), що приведе до збільшення попиту та як наслідок до зростання прибутку.

В Україні на сьогодні є лідер в освоєнні нових технологій та обладнання – АТЗТ "Черкаський Шовковий Комбінат". Цехи підприємства оснащено сучасним технологічним обладнанням вітчизняного та закордонного виробництва. Для нанесення красивого принту на тканини використовують ротативні друкарські машини фірми "Шторк" (Нідерланди). Вони забезпечують екологічно чисте й точне виробництво тканини. Використовувані фарби для тканини підтверджено багатьма міжнародними сертифікатами. Також фірма "Шторк" пропонує разом зі своїм обладнанням САПР-систему для виготовлення необхідних візерунків. На сумському підприємстві ТОВ "Сумитканина" також використовують сучасне ротативне обладнання, що дозволяє створити гарні тканини.

Під час виготовлення невеликого метражу тканин із певним візерунком цифрові технології мають ряд переваг.

У класичному виробництві тканини для нанесення візерунка необхідно зробити її попередню обробку, для цифрового ж друкування цього робити не потрібно, оскільки фарби наносять на суху тканину. Причому тепер усі можливі візерунки можна виконати в електронному вигляді.

Відбиток у цьому разі має максимальну точність, і весь візерунок виглядає саме так, як необхідно дизайнерові.

Необхідно зазначити, що цифрове друкування є екологічно безпечнішим, ніж звичайне із використанням кислотних барвників. Сучасне обладнання для цифрового друкування пропонується багатьма фірмами. Найвідоміші з них – це текстильні плотери: MimakiT X2, MimakiJV5, MutohViperTX, AtexDBP, DGenHeracle, AgaspeandTeleios, RolandFP-740 LaMecapica Qualijet, MSJP4 and JP5, AlephtxB160s або BT 1820.

### **Струминний текстильний плотер**

*Текстильні плотери* виконують струминне друкування зображень безпосередньо на тканині. На відміну від плотерів для друкування на папері, вони мають ряд специфічних систем і вузлів, які забезпечують якісне друкування на тканині. Новітні моделі текстильних плотерів містять моторизовані рулонні системи розмотування й підмотування тканини (наприклад, протягання тканини ефективно здійснювати на текстильному плотері Mimaki tx3-A1600). Завдяки цьому, плотер забезпечує рівне та якісне запечатування протяжних зображень навіть на тонких і рухливих тканинах. Максимальна ширина друку – 160 або 180 см. Також можливе одночасне заправлення двох типів фарб – для натуральних і штучних тканин. Багато фірм пропонують також і системи безперебійного подавання фарби.

Необхідно зазначити, що цифрове текстильне друкування застосовують лише на невеликих підприємствах, які виготовляють рекламну продукцію. До великих текстильних фабрик ця технологія поки не дійшла. Однак через декілька років можна буде побачити цифрове обладнання й на українських текстильних підприємствах.

### **Застосування сучасних технологій у швейній промисловості**

У сучасному світі попити споживачів змінюються достатньо швидко, але швейні підприємства мають устигати за споживачем і пропонувати йому добре змодельований та якісний одяг [29; 59] (рис. 13.2).

*Автоматичний розкрій тканини* – це одне з останніх досягнень у шкіряно-галантерійній та швейній промисловостях. Подібний розкрій тканини став можливим, завдяки застосуванню сучасних систем автоматизованого проектування, скорочено їх називають *САПР*. Саме тому САПР став невід'ємною частиною практично кожного сучасного швейного

підприємства. Завдяки автоматизованій підготовці, можна достатньо швидко створювати нові моделі, скорочуючи водночас час на їхнє створення. Крім того, за допомогою автоматичного розкрою тканини можна уникнути рутинної роботи, яку раніше виконували люди. Ще одна значна перевага подібних систем – це значне зниження собівартості продукції.



Рис. 13.2. Сучасні технології у швейній промисловості

### ІТ та логістика

У сфері легкої промисловості з боку китайських виробників є певний тиск, у результаті цього значно підвищується якість продукції, а також збільшуються обсяги виробництва. Головними умовами успішної праці подібних корпорацій на сучасному ринку є постачання товарами, максимально орієнтованими на споживачів. Виявленню цього попиту багато в чому сприяє достатньо оперативний обмін інформацією між декількома підрозділами однієї компанії. Найчастіше ці підрозділи відокремлюють тисячі кілометрів, а значить, обмін важливою інформацією в цьому разі можливий тільки завдяки *корпоративним інформаційним системам*, які називають *KIS*. Основним завданням корпоративної системи є відстеження поточного стану справ, розв'язання всіх проблемних ситуацій, пов'язаних зі збутом товарів і постачанням ними.

На сьогодні легка промисловість складається із близько 14 тис. підприємств, однак лише десяту їхню частину можна назвати середніми та великими. Завдяки особливій тенденції останніх років, є можливість здійснювати індивідуальні замовлення, тобто виготовляти вироби за параметрами конкретної людини. Крім того, є програмне забезпечення, за допомогою якого можна здійснювати точний розкрій тканини. Усе це

значно спрощує діяльність швейних фабрик. Серед постачальників ІТ-обладнання на швейні фабрики виділяють HP (Rack-сервери Hewlett-Packard у корпусі Tower), Cisco Systems, IBM, DELL.

Кілька останніх років є тенденція, яка дозволяє виконувати індивідуальні замовлення в умовах промислового підприємства. Індивідуальне виконання виробів можливе тільки на основі точної відповідності наявним розмірами тіла та розкрою тканин за допомогою комп'ютера й сучасного програмного забезпечення.

Значного розвитку набувають системи, що дозволяють безконтактно знімати мірки, робити серійні вимірювання одночасно великої кількості людей. Водночас здійснюють велику кількість усіляких вимірювань, які враховують особливості фігури кожної людини. Таким чином, завдяки новітнім системам, які дозволяють безконтактно знімати мірки, можна робити вимірювання відразу кількох людей, що, своєю чергою, дозволяє економити час.

Електронні вимірювачі виникають на ринку обладнання навіть для віддалених вимірювань параметрів клієнтів та виконання віддалених індивідуальних замовлень. Наприклад, просторове моделювання за допомогою спеціальних програм спрямовано на створення так званих "улитих" костюмів та одягу. Інноваційне конструювання використовує трикоординатні моделі та їхню візуалізацію. Тобто для створення одягу використовують просторове моделювання.

Велике значення для підвищення попиту на ринку має застосування сучасних матеріалів, що мають унікальні характеристики. Останнім часом великого поширення особливо в одязі для дітей набув сучасний матеріал – мікрофібра, який відрізняється унікальними властивостями. За своїми гігієнічними характеристиками цей матеріал перевершує такі натуральні тканини, як шовк і бавовна: стійкий до світлового та хімічного впливу, міцний, повітропроникний, розподіляє статичну електрику.

Зовсім недавно фірма Assist/Bullmer запропонувала для швейної промисловості модульні машини для настилу E100 – E400. Пропонують моделі з автоматичним установленням повітряної подушки та підставкою, що обертається, для розмотування рулонів матеріалу для попарного настилу. За допомогою універсального швидкого (120 м/с) настільного автомата Comract E 600, оснащеного жолобчастою стрічкою для розмотування рулонів матеріалу, можна зручно регулювати бічні напрямні рулонів матеріалів, які можуть витримати вагу 100 кг і діаметр 500 мм

з обслугового боку. Весь процес настилення, включно з регулюванням окрайки та розкладання матеріалу, автоматично контролюється.

Для розкрою технічних текстильних матеріалів різних видів розроблено пристрій Premiumcut II, розрахований на окремі шари й невелику кількість шарів. Завдяки різноманітності й комбінаціям різних насадок інструментів, цей пристрій відповідає вимогам до розкрою широкого спектра тканин і плоских матеріалів.

Таким чином, сучасні економічні реалії такі, що підприємствам важливо йти в ногу із часом і стежити за тенденціями, адже конкуренція зростає постійно. Її зростання пов'язано із глобалізацією та інтеграцією в усьому світі.

### **Альтернативні технології для обробки тканин**

Є інструменти для виготовлення одягу, які відомі кожному з нас, – це голка та нитка. Їх використовують із давніх часів і не залишають наш будинок – використовують їх в екстрених випадках у разі пошкодження предметів одягу. Достатньо давно є і швейні машинки, базовими елементами яких також є голки та нитки.

Однак є й альтернативні способи, які використовують під час пошиття спецодягу. Ці способи опановано фахівцями досить давно й застосовують їх у тих випадках, коли використання нитки й голки недостатньо для забезпечення якості та надійності шовних з'єднань.

До таких альтернативних сучасних методів прийнято зараховувати технології термічної та лазерної обробки, герметизації, а також застосування ультразвуку. Ці технології відрізняються одна від одної, але результатом їхнього використання завжди є якісний виріб.

Лазери застосовують у швейному виробництві для виготовлення викрійок, коли потрібно зробити складні фігурні елементи.

Техніку герметизації швів застосовують для одягу, який планують використовувати для роботи у вологому середовищі, із водою або у воді. Питання про герметизацію швів виникло, у зв'язку з появою вологостійких і вологовідштовхувальних тканин. Захист швів здійснюють із середини: на внутрішній шов накладають спеціальну стрічку, яку розігрівають гарячим повітрям і приварюють до мембранного тканинного покриття.

Розроблено також спеціальні технології з'єднання тканин без застосування звичних для цього інструментів – нитки та голки. Цей спосіб називають *технічним зварюванням*, за якого поєднують дві тканинні

поверхні. Із цією метою використовують ультразвук. Шви, створені за використання ультразвукової машини, не мають ниток, вони герметичні. Ультразвуковим ножом підрізають край тканини й місце з'єднання, обробляють внутрішні елементи. Наступним етапом є *проклеювання*. Під впливом певної температури, а також рівномірного тиску оброблені деталі склеюють стрічками. На тканині не залишається проколів і швів, місця з'єднань міцні та герметичні.

**Нанотехнології в текстилі** – це особливі технології. Найчастіше їх застосовують для покриття текстилю найтоншою металевою плівкою, напиленням, яке вимірюють нанометрами. У хід ідуть найрізноманітніші метали: від алюмінію до срібла. За основу беруть різноманітні тканини: від сатину до органзи. Властивості, набуті в результаті такої обробки, залежать від якості матеріалу та якості металу.

У нанотехнології використовують ще й інші методи:

- використання тільки наноматеріалів;
- упровадження мікрокомпонентів у текстиль.

Основою цих нанотехнологій є волокно та біохімічний синтез, використовують *метод модифікації*. Водночас із кожним днем удосконалюють мінімальну собівартість таких матеріалів.

### **Сучасні екологічно чисті тканини**

Сучасні екологічно чисті тканини – натуральні та якісні – потрібно називати *тканинами нового покоління*. Бавовну для екотканин вирощують в умовах, де відсутня "хімія" та інші "шкідливості". Виробники піклуються не тільки про сировину, а й про навколишнє середовище. Тому під час обробки використовують тільки натуральні фарби (або не використовують їх зовсім) та просочення. А як сировину – таку саме, що й у давнину: коноплю; льон; бананові волокна; бамбукові волокна; волокна кропиви. Крім того, екотканини стійкі до впливу чинників навколишнього середовища.

Наприклад, є такі види:

- біобавовна;
- льон;
- рамі – це вид кропиви, який росте в західній Азії, – тканина з якої набагато міцніша від бавовни;
- шовк – це гуманний шовк: шовкопряда не вбивають, а чекають, коли він сам залишить кокон;



- хемп – найміцніша тканина з усіх натуральних тканин. Її виробляють із конопель. Із часом вона стає тільки міцнішою. Цінували цю властивість і моряки в XIX ст.

## 13.2. Виробництво одягу

Технологія виготовлення одягу складається з таких етапів: проектування, підготовчо-розкрійного, пошиття, обробка (рис. 13.3).



Рис. 13.3. Робота у швейному цеху

Етап проектування складається з моделювання та конструювання.

**Моделювання** – це процес створення моделі (первинного зразка), за якою будуть здійснювати масове та індивідуальне виробництво одягу.

**Конструювання** – це процес розроблення конструкції, що становить креслення деталей виробу в натуральну величину із зазначенням місць з'єднання за зрізами деталей і методів виготовлення. Розробленням моделей і створенням конструкцій займаються будинки моделей, дослідно-технічні лабораторії, експериментальні цехи великих підприємств, які мають висококваліфікованих художників-модельєрів та конструкторів.

*Підготовчо-розкрійний* етап полягає у прийманні та зберіганні матеріалів (перевірці їхньої якості, визначенні розмірів тканин), підборі для кожної моделі всіх матеріалів, підборі тканини в настили, розрахунку розмірів тканин, підготовці трафаретів. Розкрій складається з настилання матеріалів, розтину й розрізання настилів на частини, контролю за якістю крою, комплектування деталей крою.

*Пошиття одягу* здійснюють у швейному цеху підприємства, оснащеному обладнанням для сточування деталей, а також обладнанням для вологотеплової обробки [59].

На етапі *обробки* здійснюють вологотеплову обробку, у результаті якої швейним виробам надають товарного вигляду.

Після вологотеплової обробки здійснюють *оздоблювальну обробку*. Усі матеріали, що використовують для виготовлення одягу, класифікують за ознакою призначення й розподіляють за такими групами: основні (покривні матеріали), підкладкові, прокладні, теплозахисні, матеріали для з'єднання деталей одягу (швейні нитки, клеї), оздоблювальні матеріали, фурнітура для одягу (гудзики, кнопки, пряжки, застібки-блискавки та ін.).

Для виготовлення верхнього одягу застосовують тканини, трикотажні полотна, дублені матеріали, неткані полотна, штучну й натуральну шкіру, штучні й натуральні хутра, матеріали з латексним покриттям та ін. Для виготовлення виробів платтяно-костюмної групи використовують тканини, трикотажні полотна та неткані матеріали різного волокнистого складу. Для пошиття білизняних виробів застосовують тканини, трикотажні полотна та ін. Деталі одягу з'єднують різними способами: нитковим, клейовим, зварним, клепаним. Застосування того або того з'єднання в кожному конкретному випадку залежить від вимог, що ставлять до нього, виду з'єднувальних матеріалів, а також від потужності та можливостей обладнання.

Так, у технології швейних виробів *клеюві способи з'єднання* засновані на застосуванні клейових речовин. Клеюві з'єднання із застосуванням термопластичних клейових матеріалів застосовують на прасувальному або пресовому обладнанні. Клеюві шви у процесі виготовлення одягу застосовують у тих випадках, коли деталі під час носіння одягу сприймають навантаження, спрямовані на зрушення.

*Зварні способи з'єднання* утворюють нерознімні з'єднання у швейних виробів шляхом доведення поверхонь, що з'єднуються, в зоні контакту термопластичних матеріалів, до в'язко-рідкого стану з подальшою фіксацією. Для цього застосовують три способи зварювання: термоконттактний спосіб із використанням електричного нагрівального інструменту, високочастотний та ультразвуковий способи з генерацією тепла у зварюваних матеріалах.

Найбільшого поширення набуло ультразвукове зварювання. Його застосовують для з'єднання текстильних матеріалів із термопластичних

волокон (тканин, трикотажних полотен): основних, прокладних і теплозахисних.

Під вологотепловою обробкою швейних виробів розуміють спеціальну обробку деталей або всього виробу вологою, теплом і тиском. Таку обробку застосовують в основному для додання об'ємно-просторової форми деталей виробу й обробки швів, а також за остаточної обробки та з'єднання деталей клеєм.

### 13.3. Виробництво взуття

Стандартне виробництво взуття здійснюють у декілька етапів (рис. 13.4):



Рис. 13.4. Технології виробництва взуття

1. *Дизайн*. Перед тим як фабрика або завод із виробництва взуття почне свою роботу, дизайнер або команда дизайнерів компанії розробляють майбутню модель, створюючи ескіз на папері або комп'ютері. На цьому етапі обговорюють усі деталі майбутньої пари – матеріал верху й тип підошви, вид та матеріал устілки, колір усього виробу загалом і його окремих елементів зокрема та ін. Далі створюють зразок – лекало для безпосереднього виробництва взуття [20; 69].

2. *Розкроювання*. На фабриках і заводах, які випускають партії різного сучасного взуття, є розкрійний цех, у якому за спеціальними шаблонами (трафаретами) виробляють частини кожної пари. Цю роботу виконують спеціальні преси, переважно, їх два – окремо для верхніх і для нижніх елементів взуттєвої пари.

3. *Розмічання*. На цьому етапі прорисовують лінії швів, після чого заготовки взуття відправляють на випалювання, щоб зробити краї матеріалу придатними для подальшого використання.

4. *Виготовлення устілки*. На цьому етапі беруть участь декілька машин, які формують, шліфують і намазують устілку клеєм.

5. *Пошиття*. Процес зшивання різних частин взуття в закінчений зразок здійснюють в окремому цеху на кожному заводі. Далі у виготовлений виріб уклеюють термопластичні вставки, після чого майбутню пару взуття відправляють на підготовку до приклеювання підошви. Самі підошви виготовляють у спеціальних печах, а після приєднання до верхньої частини взуття все зайве обрізають.

6. *Полірування*. На останньому етапі виробництва взуття черевики полірують, зашнуровують і відправляють на упакування. Найчастіше, коробки для взуття виготовляють на окремих заводах на замовлення з нанесенням зазначеної торговельної марки.

### **Способи приєднання підошви**

- *Клейовий спосіб* є найпоширенішим через свою дешевизну і надійність, оскільки за клейового способу кріплення підошви до верхньої частини взуття волога не проникає між верхом і підошвою. Отже, взуття не буде розвалюватися після кількох пережитих дощів.

- *Пошивний спосіб* використовують у сучасній технології з виробництва взуття достатньо рідко, оскільки є суттєвий ризик потрапляння вологи через шви.



- Комбінація клейового й пошивного способів забезпечують максимально надійний результат.
- Литий спосіб забезпечує приварення верху підошви до підошви. Потрапляння вологи або відшарування підошви в такій парі взуття практично неможливі.

### Особливості технологічного процесу виробництва кросівок

У сучасному виробництві кросівок використовують унікальні, а часом неймовірні технології, які дозволяють створити спортивне взуття, що відповідає потребам сучасного суспільства – максимальний комфорт, легкість рухів, стильний зовнішній вигляд (рис. 13.5).



Рис. 13.5. Технології виробництва кросівок

Тому розгляньмо найбільш ефективні технології від відомих виробників спортивного взуття:

- Із недавнього часу, у виробництві кросівок New Balance використовують *технологію 3D-друкування* для виготовлення спеціальної підошви. Таке сучасне взуття дозволяє виробляти унікальні кросівки, які ідеально повторюють лінію стопи, створюючи відчуття безмежного комфорту, оскільки ця технологія враховує не тільки форму ноги, а й особливості бігу або ходьби, можливі звички та відчуття бігуна.

- *Технологія Flyknit* у кросівках Nike відрізняється тим, що такі кросівки виконано суцільним плетивом, не мають підкладки й будь-яких тканинних укладок (які всі звикли бачити у звичайних кросівках), а єдиним пришивним елементом є язичок кросівка. Мінімальна кількість швів мінімізує можливий ризик натирання та інших неприємних моментів. Крім того, кросівки Flyknit відмінно сідають на ногу й забезпечують необхідну вентиляцію.

• *Технологія Boost*, яку використовують у кросівках Adidas, це, насправді, створення нового унікального матеріалу для кросівок, який відмінно пружинить, не деформується за будь-яких погодних умов і температурних режимів. Отже, зимові кросівки Adidas прослужать довгі роки кожному своєму власникові та до того ж не втратять первісного зовнішнього вигляду.

### 13.4. Виготовлення шкіряних виробів

Ще з давніх часів зі шкіри виготовляли одяг, взуття, різноманітний посуд, торби, футляри та ін. [10; 18]. Із розвитком палітурної справи розквітала й техніка художньої обробки шкіри: уже в X ст. обкладинку прикрашали багатьма різноманітними штампами, гравіюванням, тисненням. Орнаменти покривали всю поверхню обкладинки, вражаючи своєю різноманітністю. Якби людина не навчилася тисячі років тому зберігати шкіру, зняту із вбитого звіра, не було б і нашого мистецтва. Одним із найдавніших способів дублення є жирове: у сиру шкіру втирали тваринні або рослинні жири, потім добре розминали спеціальними ножами, а в Індії для дублення шкіри використовували відвари різноманітних рослин, які містили таніди: жолуді та кору дуба, плоди акації, кору каштана, сосни, ялинки, верби та мирту (рис. 13.6).



Рис. 13.6. Шкіряні вироби



Закінчення рис. 13.6

*Галунове дублення* проникло у Європу з Китаю, там обробляли шкіру сумішшю алюмінієвих галунів (мінералів, подвійних водних сульфатів алюмінію та лужних катіонів) і звичайної кухонної солі. Досі під час вичинення шкір використовують саме ці три способи дублення, що зазнали за багатовікову історію деяких змін.

*Дублення* – це вичинення шкіри тими чи тими речовинами для надання їй еластичності, міцності та зносостійкості. Перед тим як розпочати дублення, зняті шкіри консервують (найчастіше в концентрованому розчині солі), потім декілька днів вимочують спочатку у воді, потім у розчині вапна, видаляють м'язово-жировий шар, що залишився на шкірі, та волосяний покрив шкіри. Ця шкіра проходить повторне вичинення для надання ще більшої міцності та пластичності. Утворений шкіряний напівфабрикат готовий до дублення.

За допомогою *жирового дублення*, використовуючи жир тріски, тюленів, обробляють шкіри лосів, оленів, кіз, телят для виготовлення замші.

*Рослинним дубленням* вичиняють шкіри великої рогатої худоби, свиней та коней. Такі шкіри щільні, еластичні, добре вбирають вологу, мають приємний рожево-бежевий колір.

У сучасному виробництві застосовують, переважно, мінеральне дублення, використовуючи розчини солей хрому або алюмінію, тому його



називають *хромовим дубленням*. Завдяки досягненням сучасної хімії виникло так зване *синтетичне дублення*, де застосовують синтанти – продукти складного органічного синтезу.

Роботу над будь-яким виробом зі шкіри (рис. 13.7), навіть найпростішим, можна розподілити на кілька етапів. По-перше, потрібно обдумати форму, кольорову гаму, методи оздоблення, способи з'єднання деталей. По-друге, виготовити викрійку, розкроїти шкіру за лекалами, зробити, якщо це необхідно, декор. По-третє, з'єднати деталі та надати виробу остаточного вигляду.



Рис. 13.7. Робота над виробами зі шкіри

*Шиття* – це найважливіша техніка виготовлення художніх виробів зі шкіри. Шви виконують кольоровими або однотонними із тлом нитками та вузькими стрічками шкіри.

*Аплікація* – це давня традиційна техніка прикрашання шкіряних виробів, що полягає в накладанні на поверхню предметів вирізаних клаптиків шкіри (сап'яну), сукна, металевих пластинок, барвистих вовняних шнурків, шкіряних гудзиків, тороків, китиць.

*Вишивання* – це найпоширеніша техніка оформлення шкіряних виробів кольоровими вовняними або шовковими нитками (стебнівка, гладь,



хрестик тощо), відзначається мажорним колоритом рельєфно накладених орнаментів.

*Набивання металу* – це традиційна техніка декорування та скріплення деталей шкіряних виробів заклепками (капелями), маленькими металевими гудзичками (бобриками), великими пласкими металевими кружечками (бовтицями). Іноді з них формували своєрідні стрічкові, розетові або сітчасті композиції.

*Тиснення* – це характерні сучасні техніки прикрашання шкіряних виробів. Розрізняють холодне тиснення пресформою (кліше), контурне (від руки) та гаряче (розігрітою металевою формою). Таким чином створюють візерунки на поверхні шкіри.

*Ажурне вирізування* – це техніка вибивання прорізних геометричних елементів орнаменту металевими пробійниками у вигляді кружечків, трикутників, листочків із можливим наступним підкладанням кольорової шкіри.

*Плетіння* – це фактурно-декоративне прикрашання шкіряних виробів, один зі способів скріплення деталей. Виконують із вузьких кольорових пасочків різними способами.

*Різьблення* – це сучасна техніка декорування шкіряних виробів, що виконують прийомами контурного різьблення.

*Випалювання* – це сучасна техніка оздоблення виробів, виготовлених із грубої шкіри рослинного дублення (аналогічне випалюванню на дереві).

*Інкрустація* – це декорування шкіряних виробів різноколірною шкірою, виконують на зразок інкрустації на дереві.

*Розпис* – це сучасна техніка оздоблення шкіряних речей, виконують уручну олійними або нітроемалевими фарбами.

Розгляньмо типологію виробів зі шкіри.

*Обладнання інтер'єру* – це рід шкіряних виробів для декорування стін, на оббивання меблів, виготовлених міськими цеховими майстрами та сучасними художниками декоративно-прикладного мистецтва.

*Кордибани* (від назви м. Кордова, Іспанія) – це типологічна група шкіряних шпалер, оздоблених тисненням, розписом і позолотою, переважно рослинною орнаментикою.

*Оббивна шкіра* – це тип декоративної шкіри для оббивання диванів і крісел, прикрашена тисненням або розписом.

*Настінні прикраси* – це типологічна група сучасних шкіряних плакеток, декорованих тисненням, інкрустацією, випалюванням, розписом.

*Одяг* – це рід шкіряних виробів, прикрашених вишивкою, аплікацією, ажурним вирізуванням. Розподіляють на типологічні групи: головні убори, верхній плечовий одяг і взуття. Доповненням до одягу є ряд виробів зі шкіри, пишно декорованих тисненням, аплікацією, металом, плетенням та ін. Вони містять такі типологічні групи виробів: паски, торбинки та прикраси.

*Паски* – це шкіряні вироби для підперезування в поясі й закріплення поясного одягу.

*Торбинка* – це шкіряні вироби з пасом для транспортування предметів.

*Прикраси* – це група сучасних виробів, функціонують як доповнення до жіночого святкового одягу: кулони, брошки, паски, браслети, півобручі до волосся, декоративні квіти та ін.

*Дрібні особисті речі* (рис. 13.8) – це невеликий рід шкіряних виробів галантерейного характеру (капшуки, гаманці, портмоне, футляри для окулярів, ключів та ін.).



Рис. 13.8 **Рукоділья зі шкіри**

### **13.5. Технології в побуті**

Практично всі процеси в сучасному суспільстві, так чи інакше, відбуваються в супроводі технологій. Технології супроводжують нас протягом усього життя. Але розвиток сучасних технологій є дуже неоднозначним процесом: у них як безліч очевидних переваг, що значно поліпшують рівень життя, так і не менш незаперечних недоліків, що перетворюють щоденні турботи практично кожної людини на низку хитромудрих і не завжди зрозумілих дій. У повсякденній практиці людина все частіше має справу вже не просто з технічним пристроєм або машиною, що підсилюють

можливості продуктивної діяльності людини, а з такими складними та хитромудрими системами, як, наприклад: робот-прибиральник, пральна машина-автомат, газовий котел, посудомийна машина, кавоварка та ін.

Розвиток сучасних технологій, переплетіння сфер застосування, перетин галузей дозволяють дуже ефективно використовувати схожі, а може, навіть однакові технології в найрізноманітніших сферах їхнього застосування. Так, наприклад, високоточні сучасні технології ввірвалися в наш повсякденний побут. Потрібно зазначити, що сучасні технології в побуті мають високу надійність, безпеку та простоту застосування.

Внутрішня складність пристроїв, які супроводжують людину в повсякденному житті в будинку, може іноді зрівнятися з начинкою військових радарів і космічних кораблів, а зовнішня простота використання дозволяє навіть людям, далеким від технічного прогресу, використовувати ці новинки техніки.

Статистика показала, що у квартирі пересічного європейця є 94 різні електроприлади. Хто вже сьогодні обходиться без таких зручних і "простих" пристроїв, як мікрохвильова піч, посудомийна машина, електрична плита. Кількість функцій і режимів на цих та інших кухонних приладах і пристроях вражає.

*Мікрохвильова піч* може зважувати їжу і, залежно від ваги, автоматично вибрати режим, а *посудомийна машина* витрачає менше води, ніж раніше наші бабусі витрачали на миття однієї каструлі.

*Електроплити* стають усе більш економічними, оскільки енергоносії все ще залишаються відчутною частиною побутового бюджету. Крім кухонних електроприладів, є ще радіо- й телевізійна техніка, комп'ютери. Навіть *масажне крісло* є яскравим прикладом застосування технологій у побуті. Тут, і безшумні мотори, і високоміцні матеріали, і безпечні технічні рішення.

Стежачи за високими технологіями, що застосовують у побуті, можна бути постійно в курсі найновіших і найцікавіших рішень, оскільки навіть найбільш незвичайні "космічні" нововведення паралельно застосовують у побутових приладах. Це дозволяє швидко окупити нову технологію, створити базу для розвитку нових напрямів побутової техніки.

*Мультиварка* – це, воістину, універсальний кухонний агрегат. Вона дозволяє смажити, варити, тушкувати, піч їжу й, навіть, готувати на пару.

*Холодильник* – це пристрій, що підтримує низьку температуру в теплоізольованій камері. Застосовують, зазвичай, для зберігання їжі або предметів, які потребують зберігання у прохолодному місці. У розвинених країнах побутовий холодильник є майже в кожній родині. Роботу холодильника засновано на використанні холодильної машини, яка переносить тепло з робочої камери холодильника назовні, де воно розсіюється в навколишнє середовище.

*Електричний чайник* – це побутовий електричний прилад, що працює на електроенергії, його використовують для нагрівання та кип'ятіння питної води.

*Кондиціонер* – це пристрій, що відповідає за створення й автоматичне підтримання в закритих приміщеннях усіх або окремих параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря). Призначено його для створення найбільш сприятливих для здоров'я та працездатності людей кліматичних умов у квартирах, будинках та офісах.

*Пилосос* – це машина для прибирання пилу й забруднень із поверхонь шляхом усмоктування потоком повітря. Пил і забруднення накопичуються в пилосбірнику, із якого їх мають регулярно видаляти.

*Електроплита* – із погляду електротехніки вона є нагрівальним електроприладом, оскільки проходження струму через опір (нагрівальні елементи), згідно із законом Джоуля – Ленца, супроводжується виділенням теплової енергії, що використовують для приготування їжі.

## **Запитання для самостійного контролю**

1. Які галузі охоплює легка промисловість України?
2. Які є особливості підприємств легкої промисловості?
3. Назвіть основні підприємства легкої промисловості за видами продукції, що виробляють.
4. Назвіть основні товари легкої промисловості.
5. Завдяки чому набула інтенсивного розвитку поліграфічна промисловість?
6. Які є проблеми з випуску продукції легкої промисловості в наш час?
7. Назвіть інноваційні технології, що застосовують у легкій промисловості.
8. Що становить струминний текстильний плотер та для чого його застосовують у процесі виробництва тканин?

9. Що становить сучасна система автоматизованого проєктування САПР та для чого її застосовують у процесі виробництва тканин?
10. Для чого застосовують корпоративні інформаційні системи (KIC)?
11. Для чого використовують трикоординатні моделі та їхню візуалізацію у процесі виробництва одягу?
12. Назвіть етапи технології виготовлення одягу.
13. Які альтернативні способи використовують у процесі пошиття спецодягу?
14. У яких напрямках застосовують нанотехнології в текстилі?
15. Для чого застосовують цифрові технології у процесі виготовлення тканини?
16. Яку сировину застосовують для виготовлення сучасних екологічно чистих тканин?
17. Які фірми-постачальники ІТ-обладнання на швейні фабрики ви знаєте?
18. Які способи зварювання застосовують у швейному виробництві та з якою метою?
19. Назвіть основні етапи виробництва одягу.
20. Назвіть основні етапи виробництва взуття.
21. Які є інноваційні технології виробництва кросівок?
22. Для чого у виробництві кросівок використовують технологію 3D-друкування?
23. У чому полягають особливості технологій виготовлення шкіряних виробів?
24. Наведіть приклади технологій виготовлення шкіряних виробів.
25. Назвіть технічні пристрої або машини, що застосовують у повсякденній практиці людини в побуті.
26. Чим відрізняються електроприлади, що застосовуються людиною в повсякденному житті в будинку, від промислових електроприладів?
27. На якому фізичному ефекті засновано роботу електричного чайника?
28. У чому з фізичного погляду полягає принцип роботи холодильника?
29. Назвіть високі технології, які використовують у технічних пристроях, що застосовують у повсякденній практиці людини в побуті.

**Література:** [10; 18; 20; 29; 59; 69].

## 14. Сучасні технологічні системи в агропромисловому комплексі та банківській сфері

### 14.1. Сільське господарство України

**Сільське господарство** – це галузь матеріального виробництва, яка займається вирощуванням рослин і розведенням свійських тварин, із метою забезпечення населення продуктами харчування та окремих галузей промисловості сировиною (рис. 14.1).



Рис. 14.1. Застосування техніки в сільському господарстві

Сільське господарство є головною складовою частиною агропромислового комплексу (АПК), який охоплює: перероблення, зберігання, транспортування та збут сільськогосподарської продукції, а також підприємства, які виробляють техніку та обладнання, мінеральні добрива та отрутохімікати [24]. Україна має високий рівень освоєння земельного фонду (60 % – це сільськогосподарські угіддя), висока питома вага розораних земель (80 %). Наприклад, у США – 17 %, у Франції – 32 %, інші площі використовують під сінокоси, пасовища.

Сільське господарство складається з рослинництва та тваринництва.

За собівартістю продукції **рослинництво** перевершує тваринництво в Україні. Провідними культурами в землеробстві є *зернові*: озима та яра пшениці, ячмінь, кукурудза, овес, гречка, просо та рис. Основна зернова культура – це озима пшениця.

*Технічні культури*: цукрові буряки, соняшник, льон-довгунець, хміль, тютюн. Соняшник є основною олійною культурою (посідає перше місце у світі). Садівництво та виноградарство розвинено в Закарпатті, Одесі, Криму.

**Тваринництво** спеціалізується на виробництві м'яса, м'ясопродуктів, молока, яєць. Провідною галуззю тваринництва є *скотарство*, воно спеціалізується на виробництві молочно-м'ясної продукції. Другою підгалуззю тваринництва є *свинарство*, воно забезпечує населення продуктами харчування: м'ясом і салом, а легку промисловість – шкірою, щетиною. *Вівчарству* в Україні належить допоміжна роль. *Птахівництво* орієнтується на фуражне зерно (його переробляють на корм для курей, індиків, гусей, качок) і має на меті виробництво м'яса (бройлери), яєць, пера.

У територіальній структурі сільського господарства України виділяють такі зони аграрного комплексу: лісову (Полісся), лісостепову, степову, гірські регіони.

Сьогодні сільське господарство переживає не найкращі часи: високі ціни на паливо призводять до високих цін на сільськогосподарську продукцію; бракує сучасної техніки; неефективні системи кредитування, оподаткування та надання пільг – у результаті зникає фермерство.

Багато шкоди було зроблено за радянських часів: *екстенсивний шлях розвитку* – усі землі перетворювали на оранку, позбавляли населення лугів, пасовищ і багато чого іншого.

Зараз *інтенсивний шлях розвитку* – досягнення високих урожаїв, завдяки підвищенню якості обробітку земель, унесення добрив, використання отрутохімікатів, підвищення продуктивності худоби шляхом селекції, поліпшення кормової бази та ін. [57].

Слід зазначити 5 основних проблем сільського господарства:

1. Застаріла технологічна база. Є приблизно 150 підприємств сільськогосподарського машинобудування, проте їх оснащено застарілим обладнанням, що не модернізують, спрацьованість обладнання досягає 70 – 80 % (вік – до 40 років).

2. Старіння сільськогосподарських кадрів через те, що молодь прагне до міст, села порожніють.

3. Значна частина сільськогосподарських продуктів не має збуту.

4. Велика частина чорноземів виснажена, і втрачають їхню кількість через недотримання правил обробки землі, не вистачає добрив.

5. Відсутнє надходження інвестицій у сільське господарство через політичну та економічну ситуацію у країні.

## 14.2. Сучасні процеси обробки ґрунту

У сучасному землеробстві використовують 5 методик обробки ґрунту: мінімальну, нульову, комбіновану, безвідвальну та відвальну (класичну) технології. У Європі на сьогодні більшою популярністю користується класична – *відвальна методика*, – її використовують для обробки ґрунтів більш ніж у 50 % випадків. Безвідвальною технологією користуються у 25 % випадків. Переважно, її застосовують у степу та напівстепу.

Найбільш розгорнута технологія, яку застосовували в середині ХХ ст., охоплювала такі операції: орання, кілька культивацій, боронування й передпосівне вирівнювання. Далі слідували сівба та додаткове коткування ґрунту. Потужність тракторів, глибина оранки й ширина захвату плугів постійно зростали. Плуги (рис. 14.2) удосконалювали, виникли плуги для гладкого орання, що не утворюють розвальну борозну.



Рис. 14.2. Трикорпусні плуги

Водночас витрачали величезні ресурси, насамперед нафти, витрати праці на виконання великої кількості операцій перевищували всі можливі межі. У результаті верхній шар ґрунту було розпушено, а шар, нижчий за плужну підшву, сильно ущільнювався колесами тракторів. У рівнинних областях часто налітав вітер і зораний родючий шар летів із полів пиловою бурею, залишаючи за собою пустелю. Ерозія ґрунтів охопила десятки мільйонів гектарів, і землеробство зайшло у глухий кут. Тому почалася запекла боротьба за впровадження *безвідвальної обробки ґрунту*. Новий спосіб обробки виключав використання відвального плуга. Ґрунт розпушували на глибину 10 – 15 сантиметрів плоскорізами з широкими горизонтальними підрізаними ножами або численними розпушувачами з вузькою стійкою (рис. 14.3).





Рис. 14.3. Розпушувач

Із погляду технологічної еволюції почалося згортання технології обробки ґрунту. Було виключено просту, але дуже енергоємну операцію – перевертання ґрунтового шару. Безвідвальна обробка почали бурхливо розвивати в багатьох країнах світу, насамперед у США й Мексиці. Результатом стали кращі умови для росту й розвитку рослин, економія палива.

Наступним кроком на шляху згортання обробки ґрунту був перехід до мінімальної обробки, за якою глибина розпушування ґрунту дорівнює глибині загортання насіння, тобто набагато менша, ніж за безвідвальної обробки. Основні положення цієї технології розробив у середині XIX ст. український учений Іван Овсінський. Його погляди жорстко критикували. Проте, Іван Овсінський створив спеціальні знаряддя для неглибокої обробки ґрунтового шару й успішно застосував цей метод у власному господарстві. Новою технологією вирішували цілий комплекс завдань: зберігали родючість чорноземів, допомагали впоратися із засухами, позбутися від шкідників і бур'янів.

*Нульова обробка ґрунту* – це вже не обробка у звичайному сенсі слова, а забезпечення комплексу умов для створення оптимальної структури ґрунту. Насправді, обробки немає, а функцію її виконують. В ідеалі за нульової обробки немає ніякого впливу на ґрунт, проте ґрунт перебуває у стані, оптимальному для росту й розвитку рослин. Завдяки рівновазі між організмами, які входять до біоценозу: травами, культурними рослинами, мікроорганізмами, тваринами й людиною, – необхідну роботу людини зведено до мінімуму. У сучасному уявленні нульова технологія – це відсутність обробки ґрунту, за винятком застосування сівалки (рис. 14.4).



Рис. 14.4. Пряма сівба стернею

Основними технологіями обробки ґрунту є луцення й зяблеве орання.

Луцення здійснюють після збирання попередніх польових культур (рис. 14.5). Завдяки луценню, досягають підрізання коренів шкідливих бур'янів, перевертання, перемішування родючого шару ґрунту, розпушування та насичення його киснем.



Рис. 14.5. Луцення

Для підготовки землі використовують дискові й лемішні луцильники різних моделей: ЛД-5, ЛДГ-5, ЛД-10, ЛДГ-10. Лемішні луцильники схожі на відвальний плуг без передплужників. Така техніка ідеально підрізає й перевертає верхні шари ґрунту глибиною до 15 – 16 см. Зазвичай обробку глибиною понад 12 см називають *дрібною оранкою*.

Дискові луцильники більш поширено в землеробстві. Їх виготовляють за формою увігнутих сферичних гостро відточених дисків. Переріз

різальних інструментів становить 44,5 см і більше, їхній монтаж здійснюють батареями з 8 – 10 штук на ряд. Вони менше перевертають пласти землі, слабкіше підрізають корінці бур'янів, зате краще розрізають горизонтальні кореневища та їхні пагони.

Обробку здійснюють глибиною 6 – 8 см. Якщо є кореневища бур'янів, то виконують повторне луцення глибиною 8 – 10 см, а з додатковою вагою – глибиною від 10 до 12 см. За допомогою дискових луцильників:

- здійснюють зяблеву обробку землі під час луцення стерні;
- успішно розрізають дернину;
- виконують обробку залежалих, цілинних ґрунтів перед сівбою;
- ефективно борються з повзучим пирієм у чистих парах.

Способи та прийоми поверхневої обробки ґрунту є досить різноманітними й ефективними. Одним з унікальних методів підвищення родючості орних земель є *орання зябу* (рис. 14.6). Його здійснюють плугами, що мають у своїй конструкції передплужники. Глибина передпосівної обробки становить від 25 до 27 см. Заливні луки краще обробляти за допомогою весняного орання. Це дозволить уникнути зливного ефекту на ґрунті.



Рис. 14.6. **Орання**

Щоб підвищити родючі властивості торф'яних і дерново-підзолистих ґрунтів, необхідно поглибити орний шар. Така технологія дозволить поліпшити доступ кисню до родючого шару. Живлення рослин водночас істотно поліпшиться. Органічні речовини торф'яних ґрунтів почнуть набагато інтенсивніше розкладатися. Багато з них перейдуть у форму, яка легко засвоюється рослинами. Слід здійснювати повне перевертання орного шару, заорювати всі внесені добрива, рослинні залишки. Розміри борозни для плугів усіх типів і конструкцій є однаковими.

Для визначення якісних показників орання контролюють: глибину орного шару; рівномірність перевертання родючого шару; ретельність закладення добрив і рослинних залишків; відсутність недорізів та ін.

Усі якісні характеристики виявляють візуальним оглядом. Глибину орання визначають вимірюванням. Усі помічені недоліки відразу ж виправляють повторною обробкою.

### **Прийоми поверхневої обробки ґрунту**

Ґрунт не є добре підготовленим до сівби сільськогосподарських культур після одного тільки орання. Необхідна класична система якісної обробки землі. Поверхневу обробку здійснюють перед оранням за допомогою луцення й далі після орання. Глибина обробки 12 – 14 см. Прийоми цієї обробки такі: дискування; культивація; боронування; шлейфування; коткування.

Перелічені операції здійснюють, із метою забезпечення пухкого стану ґрунту. У процесі їхнього виконання вирівнюють та ущільнюють верхній шар землі, здійснюють боротьбу з бур'янами. Ці прийоми призначено для ефективного виконання сівби, догляду за насадженнями та зручного збирання врожаю. Кожен прийом вибирають, залежно від кліматичних, ґрунтових умов оброблюваної культури, стану ґрунту, заміченості поля.

За допомогою *дискування* (рис. 14.7) багаторічні бур'яни розподіляють як органічне добриво, а також зберігають ґрунтову вологу.



**Рис. 14.7. Робота дискатора**

Місця застосування дискування:

1. Ділянки, зарослі багаторічними травами. Дискування здійснюють перед оранням полів, заболочених територій, сухих торф'яних боліт.



2. Сівба люцерни, багаторічних кормових рослин.

3. Приготування ґрунту для сівби.

4. Ліквідація бур'яну (пирію повзучого, гострецю, вівсюга). Зарості вівсюга дискують навесні на глибину від 5 до 7 см. Пирій дискують перехресним методом на глибину від 10 до 12 см.

Традиційний механічний метод *культивуації* (рис. 14.8) полягає в оранні шару землі без перевертання. До того ж зволожений нижній шар не виносять на поверхню, і він не вивітрюється. Культивуацію здійснюють двома прийомами: міжрядним і суцільним. Мета цієї методики обробки – розпушування, подрібнення, незначне перемішування верхніх шарів. Культивуацію полів здійснюють тракторами Т-150К і МТЗ-1221 із навесним та причіпним обладнанням:

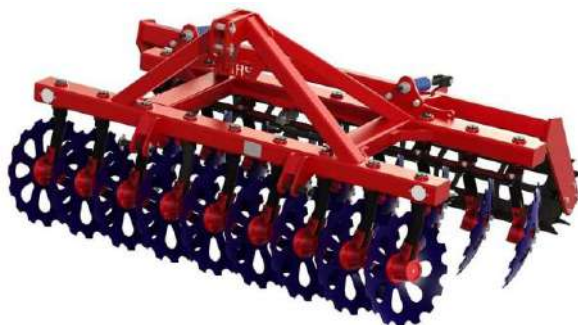
- культиватором навесним (причіпним) ВПП 3,0; ВПП 4,0; ВПП 6,0; ВПП 8,0;
- культиватором навесним суцільного обробітку Bomet 1,5 м;
- культиватором навесним (причіпним) КН 2,8 м; КН 3,8 м; КП 8,4 м; КП 12 м;
- культиватором навесним причіпним "Вепр" 3,6; 3,8; 4,2; 6 та ін.



а



б



в

Рис. 14.8. Культиватор (а), вертикально фрезерний культиватор (б), борона дискова важка навесна (в)

Агротехнічний прийом *боронування* (рис. 14.9) здійснюють здебільшого для полів, куди будуть сипати зерно та де вирощувати зернові культури: яру та озиму пшеницю, ячмінь, овес, жито. Його ефективно застосовують на полях, де вирощують картоплю. Виконують тракторами 3-го класу на швидкості до 15 км/год. До складу причіпного обладнання входять борони зубові БЗСС-1,0; БЗТС-1,0; БЗТУ-1,0.



Рис. 14.9. **Боронування**

Боронуванням вирішують такі завдання: знищення бур'янів; максимальне збереження вологи у ґрунті; руйнування кірки зверху на ґрунті; підвищення врожайності полів.

Процедуру *шлейфування* (рис. 14.10) або волочіння здійснюють для вирівнювання площини поля, а також для часткового розпушення верхніх земляних шарів.



Рис. 14.10. **Шлейфування**

Шлейфування виконують: пробивачами; волокушами; шлейфовими боронами. *Волокуша* – це інструмент із трьома секціями, у яких паралельно закладено по три дерев'яні зубки перерізом 5 см кожен. Секції

пов'язано між собою короткими ланцюгами. Волокуша якісно оброблює пухку землю, згрібаючи гребені, згладжуючи нерівності й борозни.

*Пробивач* схожий на волокушу, але зі сталевими зубами довжиною 5 см, схожими на цвяхи. Він незначно розпушує й розрівнює ґрунт. Його здебільшого використовують під час підготовки ґрунту для посадки овочевих культур і коренеплодів.

*Шлейф-борона* має дві ланки, схожі одна на одну. Їх прив'язано ланцюгами до загального бруса. У кожній ланці встановлено вертикальний ніж і планку з одним рядом зубів. Їхній нахил у процесі роботи змінюється під різними кутами до поверхні оброблюваної землі. Усі зазначені знаряддя агрегатують із тракторами Т-150К, Т40.

### **14.3. Технологічні системи вирощування екологічно чистої продукції**

Регулярне забруднення навколишнього середовища та знищення природних ресурсів життя на планеті людство серйозно змусило замислитися над питаннями виробництва екологічно чистої продукції [49]. Тому не випадково на ринку продовольчих товарів виникає все більше продукції з маркуванням "біо", яке вказує на те, що товар є екологічно безпечним для споживання. Однак наявність цього маркування не завжди відповідає тому, що ця продукція дійсно є екологічно чистою.

Під *екологічно безпечною сільськогосподарською продукцією* розуміють таку продукцію, яка протягом узятого для різних її видів життєвого циклу (виробництво – перероблення – споживання) відповідає встановленим органолептичним, загальногігієнічним, технологічним та токсикологічним нормативам і негативно не впливає на здоров'я людини, тварин та стан довкілля. Доведено, що поживна цінність ненатуральних продуктів більш висока, проте вони менш корисні як для людини, так і для тварин. Уважають, що саме через це на планеті хворіє кожен 10-й житель. Цей факт стає основним для підвищення попиту на екологічно чисту продукцію.

Екопродукцію в різних країнах можуть маркувати по-різному, найпоширеніші – "еко", "біо", "органік". Це маркування свідчить про виробництво продукції, відповідно до екологічних стандартів. Такі стандарти виключають шкідливий вплив будь-яких чинників на продукцію, починаючи від її виробництва, закінчуючи постачанням нею точок збуту.

Виробництво екологічно чистої продукції здійснюють на основі своєрідного алгоритму: "людина має ґрунт – ґрунт живить рослини – рослини живлять людину". Водночас не допускають застосування синтетичних добрив, а ведення агрокультурного господарства відбувається природно. Як добрива можна застосовувати виключно природні матеріали та речовини: морські водорості, пташине пір'я й послід, гній травоядних тварин, компост, деревний попіл, кору, стружки та ін.

Виробництво екологічно чистої продукції передбачає ведення господарства, відповідно до санітарних норм. Так, наприклад, унесення рідкого гною мають супроводжувати подальшим негайним (протягом 0,5 – 2 год) оранням. Для запобігання забрудненню навколишнього середовища потрібно поблизу тваринницьких ферм обов'язково зводити бетонні майданчики або типові гноєсховища. Зберігання гною в подібних спорудах не тільки виключає можливість забруднення навколишнього середовища, а й запобігає втраті гноєм його корисних якостей.

В умовах виробництва екологічно чистих сільськогосподарських продуктів заборонено використання кормів із гормонами росту БСТ, пестицидів або антибіотиків. Тварини на екологічних фермах мусять мати вільний доступ до вільного випасу на пасовищі. Заборонено використовувати гормони, антибіотики та стимулятори росту. Лікувати тварин дозволено лише гомеопатичними препаратами та профілактичними засобами.

Відносно якісну продукцію сільського господарства можна виробляти в тих господарствах, які перебувають далеко від промислових центрів, великих автомагістралей, де кормозаготівлю здійснюють на своїй території без імпорتنих компонентів. Повністю натуральне й корисне для здоров'я молоко дають здорові тварини за безприв'язного утримання, які харчуються природними пасовищними кормами, як і прийнято в органічному сільському господарстві. Тут простежують таку логіку: чим менша скупченість під час утримання худоби, тим менше вони хворіють, тим менше використовують антибіотики для лікування.

Сільськогосподарську галузь важко уявити без тваринництва. У виробництві екологічно чистої продукції саме тварини відіграють особливу роль, причому тільки здорові особини. Тому цьому напряму у тваринництві приділяють особливу увагу.

Технологію виробництва продукції рослинництва мають здійснювати за давно апробованими традиційними методиками. Ці технології в разі правильного підходу здатні за врожайністю конкурувати із сучасними



методами обробки рослин. Але все ж таки виробництво екологічно чистої продукції передбачає відносно високу собівартість продуктів, низьку рентабельність і купівельну спроможність громадян, тому екологічно чисті продукти виробляють не скрізь, а споживає їх лише забезпечена категорія громадян в економічно розвинених державах. Сучасний споживач вибирає корисні екопродукти з кількох причин, і головна з них – це турбота про своє здоров'я. Турбота про здоров'я є основним мотивом у 63 % французів. У Німеччині більш стурбовані станом навколишнього середовища й купують натуральні продукти, тому що їхнє виробництво менш згубне для природи та екології. Жителі Данії хвилюються про добробут тварин, а жителі Сполучених Штатів – про відсутність у їжі та напоях генетично модифікованих організмів.

Усе світове виробництво екологічної продукції обмежено 1 % усіх сільгоспугідь, це становить приблизно 50,9 млн га. Найбільші площі припадають на Австралію (22,7 млн га), Аргентину (3,1 млн га) і США (2 млн га).

Хоча порожньою нішу з екопродуктів назвати не можна, її успішно заповнюють недобросовісні виробники. "Ярлик" екологічно чистого продукту вони надають товару, який і не піддавався сертифікації та екологічній експертизі. Вони використовують усілякі емблеми або маркування типу "товар вироблявся без використання ГМО та синтетичних добрив, не містить синтетичних домішок" і підвищують ціну на таку продукцію. На Заході вже вигадали термін до таких дій – greenwashing, який звучить як "зелене відмивання".

Є сучасні стандарти, за якими слід уважати продукцію екологічно чистою. Ця продукція мусить мати поживну цінність, благотворно впливати на здоров'я, вона не сприятлива до канцерогенної, мутаційної дії та не здатна впливати на організм під час вживання її у їжу. Цю продукцію має бути підтверджено санітарними та ветеринарними правилами, тобто мати захист на законодавчому рівні.

Є й медико-біологічні нормативи, які регулюють відповідність безпеки продукції, певні правила закріплено у стандартах, технічних умовах, що гарантує безпеку життя та здоров'я людей. У такій продукції токсичні речовини можуть міститися тільки у гранично допустимих для людини концентраціях.

Умовою екологічно чистого виробництва є наявність усіх документів, необхідних для аудиту компанії, але найбільш значущим аспектом є все ж таки людське ставлення до всього живого.

Екологізація сільськогосподарського виробництва має бути багаторівневою: від технічного вдосконалення до технологічного. Важливо виконувати принцип енергозбереження, упроваджувати маловідхідні ресурси або безвідхідне виробництво зі створенням спеціалізованого комбінату з перероблення промислових побутових відходів на матеріали, які можуть бути придатні в господарському використанні, оскільки саме забруднення навколишнього середовища, а отже й сільгоспугідь, призводить до виробництва низькоякісної сільськогосподарської продукції.

Розгляньмо екологічно безпечну систему внесення добрив у сівозміні та умови виробництва екологічно чистої продукції рослинництва.

Як відомо, тривале застосування високих доз мінеральних добрив у сівозміні негативно впливає на біологічну активність ґрунтів, підвищує їхню токсичність і призводить до появи у продуктах харчування шкідливих для здоров'я людини та тварин речовин. Установлено, що сумісне внесення під цукрові буряки органічних і мінеральних добрив помірних доз дозволяє досягти найбільшого урожаю, значно зменшити екологічне навантаження на ґрунт шляхом зниження дози мінеральних добрив і, відповідно, виробити екологічно безпечну продукцію рослинництва.

Для створення екологічно безпечної системи внесення добрив у сівозміні рекомендовано дотримуватися таких принципів:

1. Норми добрив під культури сівозміни мають бути мінімально достатніми для досягнення планованого рівня врожайності та відтворення родючості ґрунтів.

2. Необхідно дотримуватися межі насичення сівозміни мінеральними добривами, за якої мінімізують негативні екологічні наслідки у ґрунті та забезпечують виробництво екологічно безпечної продукції рослинництва.

3. Слід прагнути виключення можливості забруднення продукції рослинництва надлишковим надходженням елементів живлення в рослини, особливо найбільш екологічно шкідливих – азоту й металів.

Дослідження, проведені на сірих лісових ґрунтах, показали, що овес можна обробляти у плодозмінній сівозміні зі значним зниженням рівня застосування засобів хімізації. У разі розміщення вівса після картоплі, удобреної: гноєм, що перепрів (80 т/га), зеленим добривом (редька олійна 8 ... 10 т/га) і соломкою (6 ... 7 т/га), необхідно повністю виключити з технологій застосування мінеральних добрив. Водночас слід використати післядію фосфорного борошна та вапняних добрив. Це, своєю чергою,

значно підвищує рівномірність дозрівання вівса, знижує різноякісність зерна та вміст у ньому нітратів. Кормові та технологічні переваги зерна водночас зростають. Від застосування гербіцидів (амінної солі 2,4-Д і діаліну) також слід відмовитися.

Винятково ефективний агротехнічний прийом із боротьби із засміченістю насаджень – це боронування передходами. Його виконують у разі пророщення у вівса не більше ніж половини насіння, тобто на 4 – 5-й день сівби. Для боронування використовують середні (БЗСС-1,0) або посівні борони (ЗБП-0,6А). Водночас знищують 60 – 70 % бур'янів у фазі "білих ниток". Однак необхідно дотримати достатньо глибокого закладання насіння під час сівби – 4 ... 5 см. Засоби хімічного захисту рослин від шкідників і різних хвороб не застосовують. Обробку здійснюють лише в роки значного поширення хвороб.

Застосування цієї енергозберігаючої технології дозволяє виробляти чисте від шкідливих речовин та їхніх поєднань зерно вівса з мінімальним ризиком забруднення навколишнього середовища.

Екологічне сільське господарство – це найбільш нешкідливий для навколишнього середовища вид сільського господарства (рис. 14.11).



Рис. 14.11. Екологічно чисті продукти

Завдяки роботі цим екологічним способом збільшується біологічна різноманітність, підтримується гармонія у природі, а також біологічна активність ґрунту. В екологічному сільському господарстві не використовують пестициди, гербіциди й добрива. Ґрунт удобрюють органічними речовинами, застосовують обмін посівної землі між сільськогосподарськими культурами. Це є найважливішим чинником створення екологічно чистих і корисних продуктів харчування для населення.

#### 14.4. Сучасні електронні платіжні системи

Банківську справу пов'язано з діяльністю банків та виникненням грошей [3; 9; 55]. Термін "банк" походить від італійських слів "контора" або "стіл", за яким міняйло обмінює гроші. Українською "банк" означає "скриню", де зберігається щось цінне.

Перші кредитні операції здійснювали у Стародавньому Вавилоні, де не тільки обмінювали гроші однієї держави на гроші іншої, але й брали вклади та нараховували за них відсотки (це 2,5 тис. років тому!).

Починаючи із VI ст. до н. е. у Греції чеканили власні монети, вели жваву торгівлю, розвивали грошово-кредитні відносини. Були різноманітні монети (які карбувалися як державами, так і містами). Тому виникла професія "міняйло". Ці люди перевіряли якість монет. Пізніше вони займалися короткостроковим або довгостроковим внеском, грошовим переказом в інші міста, позичали гроші під відсоток, зберігали цінності та документи (за плату), укладали різні угоди від імені свого клієнта. Потім лавки міняйл ("трапедзи") перетворилися на прототип сучасних банків.

Перші банківські операції здійснювали й церковні установи. Храми були надійним місцем для зберігання цінностей, злодії їх не грабували.

Сучасна банківська справа пов'язана зі Середземноморською Європою (Італією) – до XII ст. тут було перехрестя торговельних шляхів, що сприяло розвитку грошового обігу. Потім банківська справа поширилася на Північну Європу (Лондон). По-справжньому банківська справа зародилася в період мануфактурної стадії капіталізму (для надання кредиту промисловим і торговельним капіталістам під помірний відсоток).

В Україні банківську справу розпочали у XVIII ст. (перші банки виникли в Києві, Ніжині, Харкові, потім у Херсоні). Було створено кредитну систему.

На початку XX ст. в Україні діяли 3 контори Державного банку Росії та 19 його філій, була система акціонерних банків та ін. Під час Першої світової війни всю цю систему було зруйновано.

Нову банківську систему України було закладено 20 березня 1991 року на основі Закону України "Про банки і банківську діяльність", вона триває до наших днів. Але нас цікавлять технології банку. Очевидно, для успішного ведення бізнесу необхідна злагоджена робота й оперативність банківських операцій. Однак досягти високої швидкості рутинних операцій

(сортування, підрахунку та пакування банкнот) без використання спеціального обладнання дуже складно. Звичайно, можна виконувати ці операції вручну, однак це призведе до відволікання співробітників від прямих обов'язків і покладання на них величезного додаткового навантаження, особливо у звітний період (по кварталах – 4 рази на рік). Для рутинних операцій краще використовувати автоматизоване банківське обладнання:

- 1) для спрощення процедури підрахунку та сортування великої кількості готівки застосовують лічильники й сортувальники банкнот і монет;
- 2) для перевірки банкнот використовують детектори валют;
- 3) темпокаси використовують для тимчасового зберігання грошей (протягом операційного дня);
- 4) для пакування банкнот, цінних паперів і документів застосовують стрічкові, безвакуумні та вакуумні пакувальники банкнот.

Лідером з автоматизації обробки готівки в Україні є компанія "Елком".

Популярна техніка, яку використовують у банках у сучасних електронних платіжних системах, – це:

1. *Банкомати* – це складні електронні комплекси, які використовують для видавання готівкових коштів із банківської кредитної картки. Деякі види техніки може бути оснащено функцією cash in – здатні приймати грошові кошти для їхнього зарахування на рахунок карти та для оплати послуг.

2. *POS-термінал* – це пристрої, створені для здійснення операцій із банківськими дебетовими картками.

3. *Платіжні термінали* – це техніка, що здатна приймати грошові кошти для подальшої оплати товарів і послуг.

4. *Електронний касир* – це технічна система, яку встановлюють для оперативного обслуговування клієнтів.

5. *Імпринтери* – це спеціальне обладнання, що дозволяє копіювати інформацію про банківську карту та торговельну точку, у якій її обслуговували, на спеціальному бланку.

6. *Лічильник грошових банкнот і монет.*

7. *Сортувальник грошових купюр.*

8. *Детектори.*

9. *Пакувальники.*

*Детектори валют* (рис. 14.12) виявляють невідповідність банкноти запрограмованому оригіналу. Бувають переглядові та автоматичні детектори.

*Переглядові детектори* – із людським чинником, розподіляють на ультрафіолетові, інфрачервоні та комплексні.



Рис. 14.12. Детектор валют

*Лічильники банкнот* (рис. 14.13) визначають фальшиві, рвані, подвійні банкноти, розмір купюр, незалежно від старості грошових знаків. У результаті підвищується швидкість рахунку, вони безшумні та надійні.



Рис. 14.13. Лічильники банкнот

*Сортувальники банкнот і монет* мають об'ємний бункер для монет і високу швидкість роботи. Розкладають гроші різного номіналу по різних кишнях.

*Банкомат* – це електронно-механічний пристрій, призначений для видавання та приймання готівки, що має постійний зв'язок із процесинговим центром банку та виконує всі фінансові операції з картковим рахунком клієнта в режимі online.

Залежно від часу доступу до банкомата, їх прийнято розподіляти на: *банкомати цілодобового доступу* – переважно, розміщують у великих громадських, ділових, торговельних і розважальних центрах, транспортних вузлах (вокзали, аеропорти тощо);

*банкомати обмеженого доступу* – графік доступу до них, переважно, обмежено графіком роботи пункту, у якому цей банкомат розміщено, наприклад, графіком роботи бізнес-центру.

Банкомат складається із двох основних частин: верхньої, призначеної для користувача, та нижньої – сейфа.

За призначенням, банкомати розподіляють на офісні, вуличні та крізьстінні. *Офісні банкомати* встановлюють у приміщеннях, *вуличні* призначено для використання на вулиці, а *крізьстінні* можуть установлювати через перегородку як усередині будівлі, так і зовні. У разі зі крізьстінною моделлю, клієнт бачить перед собою банкомат або цілком, або йому доступна тільки лицьова панель. Подібне розмежування вироблено з міркувань безпеки: якби на вулиці банкомати розміщували цілком, потенційному зловмиснику було б простіше дістати доступ до сейфа. Крім того, заміна грошей була б небезпечною.

*Сейфи*. Розрізняють сейфи за стійкістю до зламу. Кращими вважають сейфи 4-го класу. Крім того, розподіляють обладнання за матеріалом, із якого його виготовляють.

### **Організаційно-технічне оснащення банку**

У банківських приміщеннях обладнано операційний і касовий зали, сховище грошей та ін.

Касовий вузол банку містить *операційну касу*, забезпечену необхідним обладнанням (касово-рахунковими машинками, приладами для контролю за ознаками, видимими в ультрафіолетовому світлі; приладами для контролю за водяним знаком; приладами для контролю за магнітними мітками, 10-кратними збільшувальними лупами, касовими сейфами для окремого зберігання грошових засобів), *довідкову літературу* (альбоми іноземних валют), *касову канцелярію* (печатки, штампи, журнали та ін.).

Робочі місця автоматизовано, операційну касу банку оснащено вакуумним пакувальником, машинкою для перерахунку монет.

Касові вузли є об'ємними кулестійкими конструкціями, що складаються з об'ємних конструкцій будівлі (стін, підлоги, стелі), дверей та передавального вузла з лотком і захисним склом. Вузли забезпечують захист за 3-м класом (від обстрілу з автомата АКМ кулями ПС-43 калібра 7,62 мм зі сталевим нетермозміцненим сердечком). Приміщення обладнано охоронною та тривожною сигналізацією. Це камери відеоспостереження, сигналізації, блокування, замки. Цими питаннями займається директор із безпеки.

*Інкасаторське обладнання* – це автомобіль броньований, а також витратні матеріали: мішки, сумки, баули.

## **Запитання для самотійного контролю**

1. Дайте характеристику сільському господарству України.
2. Назвіть головні культури в землеробстві України.
3. Назвіть основні проблеми сільського господарства України.
4. Які методики обробки ґрунту використовують у сучасному землеробстві України?
5. Що таке "технологія безвідвальної обробки ґрунту"?
6. Назвіть основні технології обробки ґрунту.
7. Назвіть основні прийоми поверхневої обробки ґрунту та застосовувану техніку.
8. Чим відрізняється виробництво екологічно чистої продукції?
9. Чи можна застосовувати синтетичні добрива в технології виробництва екологічно чистої продукції?
10. Обґрунтуйте роль тваринництва у виробництві екологічно чистої продукції рослинництва.
11. Що таке "екологізація сільськогосподарського виробництва"?
12. Назвіть принципи створення екологічно безпечної системи внесення добрив у сівозміні.
13. Назвіть види сільськогосподарської техніки.
14. Що означає термін "банк"?
15. Охарактеризуйте види сучасного автоматизованого банківського обладнання.
16. Наведіть характеристику популярної техніки, яку використовують у банках у сучасних електронних платіжних системах.
17. Чим відрізняються детектори валют від лічильників банкнот?
18. Для чого призначено банкомати?
19. Які види банкоматів ви знаєте?
20. Наведіть характеристику організаційно-технічного оснащення банку.

**Література:** [3; 9; 24; 49; 55; 57].



## 15. Сучасні технологічні системи в охороні здоров'я

### 15.1. Комп'ютерна томографія

Виникнення рентгену стало справжньою революцією в діагностиці: це можливість побачити зображення внутрішніх органів, оцінити їхній стан. Однак цей метод має ряд недоліків, зокрема: двовимірний рентген призводить до того, що зображення одних органів можуть "накладатися" на зображення інших, і в результаті тільки від досвіду й мистецтва лікаря, що розшифровує рентгенограму, залежить правильне постановлення діагнозу. Крім того, через особливості обстеження на рентгенограмі можна побачити ряд утворень, наприклад, грижі або запалення. Усе це призвело дослідників до розроблення нових видів діагностики, серед яких особливе місце посідають комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) [62].

*Комп'ютерна томографія* – це метод неруйнівного пошарового дослідження внутрішньої будови предмета, що було запропоновано 1972 р. Годфрі Гаунсфілдом і Алланом Кормаком, нагородженими за цю розробку Нобелівською премією. Метод засновано на вимірюванні та складній комп'ютерній обробці різниці ослаблення рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами. Нині рентгенівська комп'ютерна томографія є основним томографічним методом дослідження внутрішніх органів людини з використанням рентгенівського випромінювання. Інакше кажучи, комп'ютерна томографія (КТ) – це обстеження, яке виконують за допомогою рентгенівських променів. Але якщо в разі звичайного рентгену промені проходять крізь тіло та фокусуються на плівці або пластині, забезпечуючи двовимірне зображення, то під час виконання КТ зображення є об'ємним. Справа у пристрої апарата для КТ: джерелом рентгенівських променів слугує кільцеподібний контур, усередині якого розташовано спеціальну кушетку (стіл) для пацієнта.

Таким чином виконують цілу серію рентгенівських знімків органів, зроблених із різних точок і під різним кутом. За допомогою комп'ютера всі зображення обробляють, та в результаті моделюють тривимірне зображення органу. Водночас лікар має можливість подивитися "зрізи" органа: залежно від налаштувань апарата, товщина зрізу може становити до 1 мм. Це підвищує точність діагностики. Сучасний комп'ютерний томограф (рис. 15.1) є складним програмно-технічним комплексом.

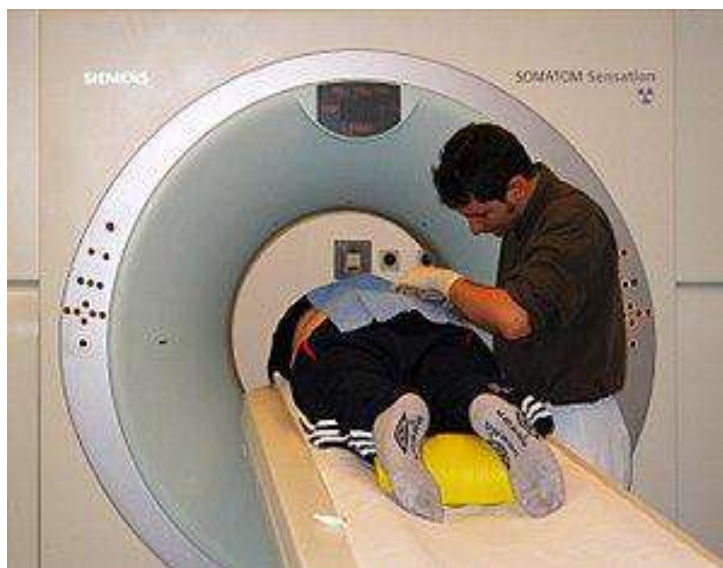


Рис. 15.1. Комп'ютерний томограф фірми **Siemens Medical Solutions**

Механічні вузли та деталі комп'ютерного томографа виконано з високою точністю. Для реєстрації того, хто пройшов крізь рентгенівські випромінювання, використовують надчутливі детектори. Конструкцію й матеріали, що застосовують під час їхнього виготовлення, постійно вдосконалюють. У процесі виготовлення комп'ютерного томографа висувають найжорсткіші вимоги до рентгенівських випромінювачів. Невід'ємною складовою частиною апарата є великий пакет програмного забезпечення, що дозволяє проводити увесь спектр комп'ютерно-томографічних досліджень (КТ-досліджень) з оптимальними параметрами, здійснювати подальшу обробку й аналіз КТ-зображень. Переважно, стандартний пакет програмного забезпечення може бути значно розширено за допомогою вузькоспеціалізованих програм, які враховують особливості сфери застосування кожного конкретного апарата.

Із математичного погляду побудову зображення зведено до розв'язання системи лінійних рівнянь. Так, наприклад, для створення томограми розміром  $200 \times 200$  пікселів система містить 40 000 рівнянь. Для розв'язання подібних систем розроблено спеціалізовані методи, засновані на паралельних обчисленнях.

*Магнітно-резонансну томографію (МРТ) засновано на тому самому принципі: визначення масиву даних і моделювання на його основі тривимірного зображення органа. Різниця із КТ полягає у природі хвиль: за МРТ вони електромагнітні. Під їхньою дією різні ділянки тканин надають різну "відповідь", яка фіксується на приймальному пристрої апарата,*

а потім, також як і за КТ, сигнали обробляються й перетворюються на зображення. Отже, в обох випадках дістають об'ємне зображення, мають можливість побачити пошарові зрізи органа, а також повернути зображення в потрібній лікарю проєкції, наблизити ділянку, що цікавить, та ін.

Основні відмінності комп'ютерної томографії та магнітно-резонансної томографії пов'язано з тим, що в апаратах застосовують різні види випромінювання, а також із тим, які патології краще виявляють за допомогою кожного методу.

Комп'ютерну томографію найчастіше призначають у таких випадках:

- вивчення пошкодження кісток і зубів;
- вивчення ураження суглобів;
- діагностики в разі травм: на КТ добре видно "свіжу" кровотечу;
- виявлення захворювань хребта, зокрема гриж, остеопорозу, сколіозу та ін.;
- вивчення захворювань головного мозку;
- обстеження органів грудної порожнини (виявлення туберкульозу, пневмонії та інших захворювань);
- обстеження щитоподібної та паращитоподібної залоз;
- обстеження порожнистих органів (шлунка, кишківника та ін.);
- вивчення стану судин, діагностики аневризм, атеросклерозу та ін.;
- обстеження органів сечостатевої системи.

На комп'ютерній томограмі видно пухлини, камені, кісти. Таким чином, комп'ютерна томографія є практично універсальним методом діагностики, що дозволяє лікарю побачити максимально детальну картину стану організму. Для підвищення інформативності комп'ютерної томографії її виконують із використанням контрастної речовини (зокрема, під час вивчення судин і порожнистих органів).

Магнітно-резонансну томографію, зазвичай, призначають для дослідження м'яких тканин, суглобів і судин:

- обстеження в разі підозри на наявність пухлини у м'яких тканинах;
- обстеження внутрішньочерепних нервів, структур головного та спинного мозку;
- обстеження хворих із розсіяним склерозом та іншими неврологічними захворюваннями, а також хворих, що перенесли інсульт;
- вивчення оболонок спинного та головного мозку;
- дослідження зв'язок і м'язів;
- вивчення стану суглобових поверхонь.

Таким чином, комп'ютерна томографія та магнітно-резонансна томографія – це два види обстеження, які дають максимально повну картину стану органів і систем. Кожен метод має свої незаперечні переваги.

Магнітно-резонансна томографія – це безпека, інформативність у разі діагностики захворювань м'яких тканин, суглобів, нервової системи, судинного русла.

Комп'ютерна томографія відображає точну й детальну картину травм, захворювань внутрішніх органів (легень, органів травної системи, сечостатевої системи та ін.), кровотеч, але водночас має не такий високий ступінь безпеки.

Питання про призначення виду обстеження вирішує лікар, залежно від результатів попередньої діагностики.

## 15.2. Ультразвукова діагностика

*Ультразвукова діагностика (УЗД)* – це метод діагностики, який дозволяє побачити, що відбувається із внутрішніми органами людини, його створено на основі п'єзоелектричного ефекту – здатності деяких речовин (кварц, барій) відбивати та випускати ультразвукові хвилі під дією електричного струму. Із таких речовин виконано датчик апарата УЗД, або трансд'юсер. Використання УЗД дозволяє виявити захворювання на ранній стадії, дослідження безболісне й майже не має протипоказань [1]. Принцип роботи ультразвукового апарата (рис. 15.2) – це акустичний опір.



Рис. 15.2. Ультразвуковий апарат

Тканини, із яких побудовано всі органи людського тіла, характеризуються різною щільністю. Через це вони відбивають ультразвук із різною

швидкістю: чим щільніша тканина, тим швидше відбиття звуку. Рідини його не відбивають, а поглинають.

Відбиті хвилі за допомогою комп'ютера перетворюють на зображення. Кістки та хрящі на знімку подано білим кольором. Тканини з помірною щільністю, тобто майже всі внутрішні органи, – світло-сірим або темно-сірим. Рідини й повітря забарвлені чорним кольором. Таке зображення називають *сонограмою*. Наявні й кольорові апарати, які надають зображення, забарвлені синім, зеленим і червоним кольором. Це дозволяє досліджувати кровотік у судинах і внутрішніх органах.

Історія створення ультразвукової діагностики починається з 1941 р. Тоді здійснили перше ультразвукове дослідження кісток черепа. 1947 р. створено перший опис методики під назвою "гіперфонографія". Назва "сонографія" виникла тільки 1963 р. Тоді створили апарат, який і до цього часу використовують у медицині. Сутність методу з того часу не змінилася – він так само ґрунтується на п'єзоелектричному ефекті. Але апарати постійно удосконалюють і розробляють усе нові методики. Усі сучасні датчики є електронними. Вони складаються з безлічі мікрокристалів, розташованих під різними кутами. За типом сканування наявні три види датчиків (рис. 15.3).

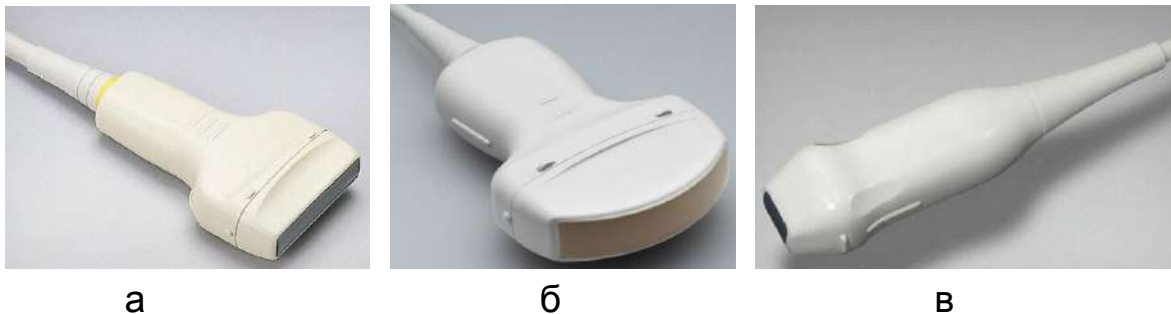


Рис. 15.3. Датчики: лінійний (а), конвексний (б) і секторний (в)

- *Лінійний*. Перевага такого датчика – досліджуваний орган відповідає положенню трансд'юсера на шкірі. Недолік – не на всіх ділянках тіла можливо щільно прикласти датчик до шкіри, через що страждає якість зображення. Глибина сканування є невеликою, до 11 см. Використовують лінійні датчики для дослідження щитоподібної залози, молочних залоз, суглобів, судин.

- *Конвексний*. Відрізняється меншими розмірами, що забезпечує повне прилягання до шкіри. Зображення, що створюється, є ширшим за сам

датчик, що потрібно враховувати під час визначення розмірів. Глибина сканування до 25 см. Застосовують для ехоскопії органів черевної порожнини, малого таза, тазостегнових суглобів.

- *Секторний*. Застосовують для обстеження глибоко розташованих органів, наприклад серця.

Є кілька різновидів ультразвукової діагностики (рис. 15.4). Їх розрізняють за досліджуваною ділянкою тіла, а також за вживаним датчиком. Наприклад, *дуплексна діагностика* (див. рис. 15.4а). Це тривимірний методика дослідження судин. Оцінює особливості кровотоку та стан судинної стінки. Досліджують судини голови, шиї, черевної порожнини, кінцівок.

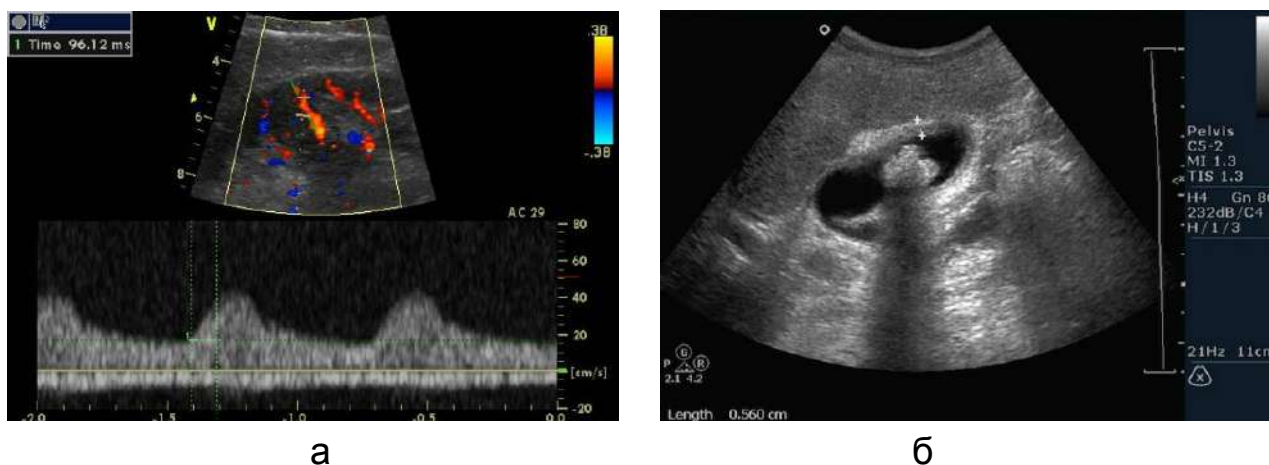


Рис. 15.4. Ультразвукова діагностика: дуплексна діагностика (а), трансабдомінальний метод (б)

*Трансабдомінальний метод* призначено для огляду органів через черевну стінку (див. рис. 15.4б). Доступні печінка, жовчний міхур, підшлункова залоза, селезінка, нирки й сечовий міхур.

Для розшифрування результатів ультразвукової діагностики використовують поняття "ехогенність". Це швидкість, із якою ультразвук відбивається від різних за щільністю структур тіла. Найвищу ехогенність, тобто швидкість відбиття, мають кістки, жовчні й сечові камені. Середня ехогенність властива майже всім внутрішнім органам і м'яким тканинам. Низька ехогенність, або поглинання ультразвуку, властива рідинам.

Знімок УЗД складається з різних відтінків білого, сірого й чорного: чим світліший колір, тим вища ехогенність досліджуваної структури. Білим кольором зображено кістки й камені, чорним кольором – рідини.

УЗД-знімок буває й кольоровим, коли досліджують кровотік або серце. Кольоровий знімок забарвлено синім, жовтим і червоним.

Під час проведення УЗД фахівець оцінює основні параметри досліджуваних органів і порівнює їх із нормою. Показники норми визначено для чоловіків, жінок і дітей, їх також розрізняють, залежно від віку.

Щоб підраховувати розміри органів, товщину стінок, обсяг новоутворень, у програму апарата вміщено різні калькулятори.

У разі різних захворювань змінюється забарвлення ультразвукового зображення, виникають патологічні вкраплення.

Ультразвукова діагностика належить до найбільш точних, але похибки дослідження все ж таки бувають. Є дві основні причини виникнення похибок: несправна або застаріла апаратура та людський чинник – неуважність або недостатня кваліфікація фахівця. Також похибки можуть виникати в разі неправильної підготовки пацієнта до обстеження.

УЗД – це найпоширеніший метод діагностики. Переваги УЗД: простота виконання; невисока вартість; відсутність опромінення організму; висока точність. До недоліків можна зарахувати необхідність у використанні спеціальної апаратури, потребу у кваліфікованих фахівцях. УЗД може не виявити дрібних змін, розташованих у глибині органів.

УЗД відрізняється найкращим співвідношенням ціни та якості дослідження. Діагностику використовують для скринінгового виявлення захворювань, контролю за хронічними захворюваннями, як супровіду інших діагностичних та хірургічних маніпуляцій. Процедура є безпечною, має мінімум протипоказань. Для постановлення остаточного діагнозу слід ураховувати результати інших обстежень.

### **15.3. Лазерні системи в медицині**

Розвиток лазерної техніки дозволив сформувати великий науково-технічний напрям взаємодії когерентного монохроматичного електромагнітного випромінювання з біологічними системами лазерної медицини. Дослідження випромінювання лазера проводили за такими напрямками, як виявлення процесів, що відбуваються в біологічній системі, та дослідження останньої під впливом випромінювання лазера; використання лазерів у медицині для діагностики та терапії; установлення ступеня безпечності впливу його випромінювання на здоров'я людини. Сьогодні лазери успішно застосовують у таких сферах, як хірургія, онкологія,



офтальмологія, терапія, стоматологія, урологія, гінекологія, щелепно-лицева хірургія, нейрохірургія, ендоскопія, фізіотерапія (рис. 15.5). Відкриття лазерного фотогідравлічного ефекту дало широкий спектр можливостей для пластичної хірургії. В онкології для лікування ран, виразок, шкіряних захворювань застосовують низькоінтенсивне лазерне випромінювання [14; 66].



Рис. 15.5. Застосування лазерів у медицині

В офтальмології за допомогою лазерів здійснюють лікування таких хвороб, як відшарування сітчатки, глаукома та ін. За великих тривалостей (секунди, мілісекунди) і низьких рівнів потужності в імпульсі випромінювання здійснює коагулювальну дію. Разом із тепловою коагулювальною дією в офтальмології використовують руйнівний ефект лазерного випромінювання, що має місце під час фокусування надкоротких і надпотужних імпульсів, які виявляють в ефекті мікровибуху. Такий режим використовують в офтальмологічній установці "Ятаган-1" для пробивання каналів у тканинах ока під час лікування глаукоми.



1984 р. завершили розроблення офтальмологічної лазерної установки "Якорь-1" на базі неперервного ІАГ: Nd<sup>3+</sup> лазера з перетворенням випромінювання на другу гармоніку з  $\lambda = 0,532$  мкм та імпульсивного лазера на неодимовому склі з модуляцією добротності  $\lambda = 1,06$  мкм. Виключно зелене випромінювання мінімально пошкоджує нервову тканину. Крім того, у зоні лазерної обробки зеленим світлом відбувається більш ефективно проростання кровоносних судин, що дозволяє здійснювати більш ранню та ефективну обробку очного дна.

Використання випромінювання лазера у клінічній офтальмології має ряд переваг, зокрема, точну локалізацію місця коагуляції та низьке нагрівання тканин, що містяться навколо ділянки коагуляції, здійснюють, унаслідок короткого часу експозиції. Монохроматичність світла знижує ефект хроматичної аберації в оці й дозволяє здійснювати спостереження. Разом із цим виникають проблеми, пов'язані з роботою лазера: нагрівання та зміна положення робочої речовини, порушення у дзеркалах, лампі, оптичному резонаторі; обмеженість контролю за процесом опромінення, виникнення труднощів під час фотокоагуляції на периферії та створення щонайменших розмірів діаметра лазерного променя.

У такій галузі, як кардіологія у США й Росії групою медиків і фізиків ФІАН здійснено перші спроби щодо забезпечення позасудинного живлення кров'ю серцевого м'яза. Під час захворювання (закупорки) судинної системи, що живить серцевий м'яз, виявилось можливим здійснити додаткове постачання кров'ю серцевого м'яза через численні отвори, зроблені в м'язі за допомогою CO<sub>2</sub>-лазера, що працює в імпульсному режимі. Лазер безперервної дії на ІАГ: Nd<sup>3+</sup> успішно було застосовано тією самою групою медиків і фізиків, а також за участю медиків у Каунасі для лікування такого захворювання, як аритмія серця. У ході пошуку шляхів лікування цієї хвороби медики навчилися виявляти топологію паразитних каналів, по яких надходять додаткові хибні сигнали до серцевого м'яза, що викликають аритмію в роботі серця. Було випробувано різноманітні методи розтину цих хибних каналів, однак кардинального розв'язання проблеми не було знайдено. Переміщення нервових каналів за допомогою ІАГ: Nd<sup>3+</sup> лазера виявилось досить ефективним, тому дослідження в цьому напрямі заслуговують уваги.

Клінічна практика показала, що лазерна терапія широкого кола захворювань за ефективністю часто набагато краща, ніж інші способи

лікування. Низькоінтенсивне лазерне випромінювання з успіхом використовують у різних галузях медицини. Не викликає сумніву стимулювальна, протизапальна й знеболювальна дія випромінювання гелій-неонового лазера, його нормалізуючий вплив на обмін речовин і стан імунної системи. Проте механізм взаємодії лазерного та світлового некогерентного випромінювання взагалі на клітинно-молекулярному рівні залишається не з'ясованим. Незважаючи на досягнуті результати, лазерна медицина робить лише перші кроки. Для реалізації досягнень квантової електроніки в інтересах медицини необхідно істотно розширити й підняти на новий рівень весь комплекс досліджень взаємодії лазерного випромінювання з біологічною системою – живою тканиною.

#### 15.4. Перспективи розвитку біомедичної інженерії

Охорону здоров'я покликано забезпечувати гарантії прав особистості й суспільства на збереження, охорону та відновлення здоров'я, що є не тільки умовою існування окремої особистості, а й метою суспільного розвитку. Система охорони здоров'я, що охоплює всі відомчі й галузеві рівні економіки держави, є не тільки сукупністю лікувально-профілактичних установ, а й тісно пов'язана з екологією, охороною праці, соціальними програмами та ін. У зв'язку із цим багато вчених і практиків однією з найважливіших функцій охорони здоров'я називають підтримання та відновлення рівноваги й гармонії індивідуального і (або) громадського здоров'я з навколишнім природним і соціальним середовищем [49].

Таким чином, суспільство охорону здоров'я сприймає як невід'ємну складову частину рівня та якості життя, що, зокрема, відіграє найважливішу роль в економічному розвитку держави, забезпечує відтворення та якість трудових ресурсів, створює базу для соціально-економічного зростання. Система охорони здоров'я держави є одним з елементів, що забезпечують національну безпеку країни.

Систему охорони здоров'я в Україні нині розподілено на 4 *рівні медичної допомоги*: первинну (інститут сімейної медицини, сімейний лікар); вторинну (спеціалізовану); третинну (високоспеціалізовану); екстрену.

Сучасна медична техніка значно розширила свої технологічні можливості, завдяки останнім науковим досягненням (рис. 15.6) [51].



Рис. 15.6. Сучасна медична техніка

1. Температуру тіла зараз можна встановити не тільки градусником, а й із застосуванням спеціальних рідкокристалічних плівок, що накладають на потрібні ділянки тіла та які забарвлені в різні кольори (термограми). Їх можна також визначити приймачами інфрачервоних випромінювань і за допомогою термовізора.

2. Спеціальні рентгенологічні дослідження (*томографія*) дозволяють виготовляти знімки шару, що лежить на певній глибині досліджуваних органів: легенів, нирок та ін. Ще для цього застосовують комп'ютерну техніку для креслення рентгенівських томограм.

3. Застосування ультразвуку засновано на властивості ультразвукових хвиль, які відбиваються від меж, що роз'єднують середовища.

4. Деякі захворювання внутрішніх органів (стравоходу, шлунка та ін.) удається виявити оптичним приладом – *ендоскопом*. Тонкий гнучкий пучок скляних волокон зі спеціального оптичного скла вводять усередину органа. Такий світловод висвітлює досліджувану ділянку й передає його зображення у фотокамеру або на телеекран.

5. Використовують *радіопігулки*, усередині яких розміщено датчики й мікроскопічний радіопередавач. Протягом якогось часу можна контролювати роботу внутрішніх органів людини.

6. Біосенсор (детектор і комп'ютер) протягом декількох секунд може зробити аналіз компонентів крові.

7. Під час операції світловий промінь лазера зупиняє кровотечу, усуває дефекти шкіри, робить розтин тканини швидше за звичайний скальпель.

8. Неоціненну допомогу під час складних операцій надають такі апарати: штучне серце, штучна нирка, штучні легені. Вони дозволяють тимчасово припиняти роботу цих органів.

9. Сучасна медична техніка дозволяє навіть замінити частково або повністю хворі органи людини. Це електронний водій серцевого ритму, підсилювач звуку для глухих, кришталік зі спеціальної пластмаси.

10. Усе частіше застосовують біопротези, що приводяться в дію мініатюрними блоками, які реагують на біоструми в організмі людини.

11. Під час операцій (на сітківці ока) використовують не тільки мікроскопи, але й мікроманіпулятори, що в багато разів підвищують дію хірурга.

12. Застосовують апарат для зшивання судин.

13. Набувають застосування барокамери, призначені для створення підвищеного або зниженого тиску або штучної атмосфери.

14. Застосовують електронні мікроскопи, що сканують, дозволяють побачити окремі віруси тощо.

На сьогодні є ще безліч технологій, які змінюють сферу медицини й охорони здоров'я. Ось кілька з них:

1. Google Cardboard (укр. "картон") – це експеримент компанії Google у сфері *віртуальної реальності*, в основі якого лежить шолом, який, за задумом розробників, можна зібрати з підручних матеріалів. Проєкт є симуляцією віртуальної реальності за допомогою шолома, зібраного за спеціальною схемою з картону, оптичних лінз, магніту й застібок-липучок, а також уставленого в нього смартфона на операційній системі Android, iOS або Windows Phone із заздалегідь установленим застосунком. Виникнення Google Cardboard ознаменувало прорив у сфері VR-технологій. Немає сумнівів, що незабаром віртуальна реальність захопить усі сфери, зокрема й медицину. За допомогою VR-технологій студенти-медики побачать, що відбувається з їхніми пацієнтами, а пацієнти, своєю чергою, наочно уявлять, що їх очікує в межах тієї чи тієї медичної процедури. Незнання та нерозуміння викликає великий стрес, а надреалістична ілюстрація за допомогою VR допоможе пацієнтові цього стресу уникнути.

2. *Доповнена реальність*. Глава фармацевтичної компанії Novartis анонсував швидке виникнення цифрових контактних лінз. Так само як стало можливим виміряти рівень глюкози у крові за допомогою сліз, технологія цифрових контактних лінз має вплинути на контроль за діабетом і його лікування. Крім того, окуляри змішаної реальності Microsoft HoloLens будуть відігравати значну роль в освітньому процесі: як у сфері медицини, так і в архітектурі та інженерній справі. Наприклад, із їхньою допомогою студенти-медики зможуть витратити на віртуальний розтин необмежену

кількість часу на день, причому розтин можна буде виконувати під будь-яким кутом і без будь-якого натяку на запах формальдегіду.

3. Майже *штучний інтелект у галузі радіології*. IBM Watson – це суперкомп'ютер фірми IBM, оснащений системою запитань-відповідей штучного інтелекту. Його основне завдання – розуміти запитання, сформульовані рідною мовою, та знаходити на них відповіді в базі даних. Watson складається з 90 серверів IBM p750, кожен із яких оснащено чотирма восьмиядерними процесорами архітектури POWER7. Сумарний обсяг оперативної пам'яті – понад 15 терабайтів. Система мала доступ до 200 млн сторінок структурованої й неструктурованої інформації обсягом 4 терабайти, включно з повним текстом Вікіпедії. Ця система продемонструвала свої переваги: установлення діагнозу та вибір лікування за допомогою суперкомп'ютера виявилися дешевшими та ефективнішими. Амбіційний проєкт IBM Medical Sieve спрямовано на те, щоб діагностувати якомога більше захворювань, завдяки розумному програмному забезпеченню. Це надасть можливість лікарям-радіологам сконцентруватися на найбільш важливих і складних випадках, замість того щоб перевіряти сотні знімків щодня. Medical Sieve, за словами компанії IBM, – це нове покоління у сфері медичних технологій. Апарат використовує розширену мультимодульну аналітику і клінічні знання, здатний аналізувати та пропонувати рішення в галузі кардіології й радіології. Серед переваг Medical Sieve – глибоке розуміння захворювань, їхня інтерпретація в декількох форматах (рентгенівський, УЗД, КТ, МРТ, ПЕТ, клінічні тести).

4. *Сканер їжі*. Молекулярні сканери, такі як Scio й Tellspec (Канада), дозволять знати напевно, чим саме ми харчуємося: прекрасна можливість не тільки для тих, хто стежить за фігурою, але й для людей з алергією на харчові продукти. Робота системи полягає у випромінюванні світлових хвиль, прийманні відбитого випромінювання та здійсненні спектроскопічного аналізу за допомогою відповідного програмного забезпечення. Опрацювання даних здійснюють у "хмарі", звідки опрацьовані дані надходять уже на смартфон користувача з висновком візуальної інформації: компоненти страви та її калорійність. В ідеалі компанія бачить свій проєкт як невеликий пристрій, який розміщують на звичайному брелокові, сумісному з мобільними пристроями на основі Android та iOS.

5. *3D-біопрінтинг* – це технологія створення об'ємних моделей на клітинній основі з використанням 3D-друкування, за якої зберігають функції та життєздатність клітин. Перший патент, що належить до цієї технології,

було подано у США 2003 р. та створено 2006 р. Технологія 3D-біопринтингу для виготовлення біологічних конструкцій, переважно, містить розміщення клітин на біосумісній основі з використанням пошарового методу генерації тривимірних структур біологічних тканин. Оскільки тканини в організмі складаються з різних типів клітин, технології їхнього виготовлення шляхом 3D-біопринтингу також істотно розрізняють за їхньою здатністю забезпечити стабільність і життєздатність клітин. Деякі з методів, які використовують у 3D-біопринтингу – фотолітографія (метод створення певного рисунка на поверхні матеріалу, який широко використовують у мікроелектроніці та інших видах мікротехнологій, а також виробництві друкованих плат. Він є одним з основних прийомів планарної технології, яку використовують у виробництві напівпровідникових приладів), магнітний біопринтинг, стереолітографія та пряма екструзія клітин (технологія створення виробів шляхом продавлювання в'язкого розплавленого матеріалу або густої пасти через формувальний отвір). Клітинний матеріал, виготовлений на біопринтингу, переносять в інкубатор, де він проходить подальше вирощування.

Розроблення технології 3D-біопринтингу відіграє велику роль у вирощуванні органів і розробленні інноваційних матеріалів, найперше біоматеріалів – матеріалів, підготовлених і використовуваних для друкування тривимірних об'єктів. Тканини, ліки (у перспективі – цілі органи), що виготовляють шляхом 3D-біопринтингу, у майбутньому зможуть стати заміниками "природних" людських органів, у деяких випадках маючи властивості, що перевершують природні органи.

Таким чином, нині технології в галузі охорони здоров'я розвиваються стрімко і в подальшому можуть поліпшити стан людей, незважаючи на ситуацію, коли погіршують навколишнє середовище проживання.

### **Запитання для самостійного контролю**

1. Що таке "комп'ютерна томографія" та її практичне застосування?
2. Що становить сучасний комп'ютерний томограф?
3. У чому полягає сутність побудови зображення на комп'ютерному томографі?
4. Що становить пакет програмного забезпечення для комп'ютерно-томографічних досліджень (КТ-досліджень)?

5. Охарактеризуйте магнітно-резонансну томографію та її відмінності від комп'ютерної томографії.

6. У яких випадках під час діагностики захворювань слід застосовувати комп'ютерну томографію, а у яких – магнітно-резонансну томографію?

7. На якому ефекті засновано ультразвукову діагностику?

8. Який принцип роботи ультразвукового апарата?

9. Для чого призначено сонограму?

10. Назвіть види застосовуваних електронних датчиків, залежно від типу сканування в умовах ультразвукової діагностики.

11. Назвіть різновиди ультразвукової діагностики.

12. Що означає поняття "ехогенність"?

13. Назвіть причини виникнення похибок під час ультразвукової діагностики.

14. Назвіть основні переваги та недоліки застосування ультразвукової діагностики.

15. Охарактеризуйте основні напрями застосування лазерних систем в медицині.

16. На яких фізичних ефектах засновано роботу лазера?

17. Які хвороби в офтальмології лікують за допомогою лазерів?

18. Назвіть основні переваги та недоліки застосування лазерних систем у медицині.

19. Назвіть основні принципи організації системи охорони здоров'я в Україні.

20. Дайте характеристику перспективних напрямів розвитку біомедичної інженерії.

21. Назвіть досягнення сучасної медичної техніки.

22. Які ви знаєте нові технічні рішення, що змінюють сферу медицини й охорони здоров'я?

23. Що становить штучний інтелект у галузі радіології?

24. Що становить технологія 3D-біопринтингу?

25. Що становить сканер їжі?

**Література:** [1; 14; 49; 51; 62; 66].

## Висновки

У посібнику розглянуто основні поняття та визначення в технології, зроблено аналіз науково-технічного прогресу як основи підвищення ефективності виробництва та особливостей соціального й економічного розвитку України та сучасної цивілізації. Обґрунтовано напрями розвитку технологій на сучасному етапі, що містять малоопераційність, маловідхідність (безвідхідність), зрощування технологій із мікроелектронікою, наукомісткість, формування технологічних систем. Наведено характеристики найбільш наукомістких високих технологій: нанотехнологій, інформаційних технологій, соціальних технологій та інноваційного розвитку сучасних технологій, – показано ефективність їхнього практичного застосування. Розкрито сутність поняття "технологічна система", яке, на відміну від поняття "технологія", містить і виконавців для здійснення в регламентованих умовах заданих технологічних процесів або операцій. Показано, що за ієрархічним рівнем є шість рівнів побудови технологічної системи – це технологічна операція, технологічний процес, дільниця, цех, підприємство, галузь. Зроблено аналіз об'єктів машинобудівного виробництва та його елементів, включно з поняттями "виріб", "машина", "класифікація машин" та ін. Здійснено порівняння виробничого та технологічного процесів, складено їхню класифікацію та зроблено аналіз типів виробництва.

Розглянуто властивості технологічних систем, послідовність перетворень як форми подання технологічного процесу та сутність перетворень, що відбуваються в технологічній системі – моделі технологічного процесу. Зроблено аналіз фізичних, механічних, хімічних і біологічних явищ, на яких ґрунтується функціонування технологічних систем. Наведено приклади технологічних систем, розроблених на їхній основі, а саме: обробка металів різанням (фізичні та механічні технології), виготовлення спирту (хімічна технологія). Показано, що біологічні технології пов'язано або з використанням живих мікроорганізмів, із метою створення необхідних продуктів (традиційна біотехнологія), або з відтворенням у штучних умовах процесів, що відбуваються в живій клітині (сучасна біотехнологія).

Розглянуто закономірності життєвого циклу технологічної системи та його фази: зародження, зростання, зрілість, насичення та ліквідація (утилізація). Обґрунтовано розвиток технології з позиції зміни технологічних систем, чим доведено безперервність прогресу технології та наявність взаємозв'язку технологічних систем і науково-технічного прогресу.



Наведено характеристику чотирьох промислових революцій та шістьох технологічних укладів, пов'язаних із життєвим циклом технологічних систем.

Розглянуто приклади створення ресурсозберігаючих та безвідхідних технологій. Обґрунтовано стан і розмір використання наявних ресурсів (потенціалу), що визначають економічні, соціальні, політичні проблеми, завдання людства, умови й перспективи його розвитку. Показано необхідність у розв'язанні двох проблем: пошуку технологій, що зменшують або виключають потребу в дефіцитних ресурсах та створенні природовідновлювальних технологій. Зроблено аналіз основних шляхів ресурсозбереження у промисловості: зменшення споживання, зниження розмірів відходів, збільшення повернення вторинних ресурсів, зменшення маси виробів, підвищення ефективності використання традиційних матеріалів, створення нових матеріалів-замінників, використання системи нормування витрат ресурсів та ін. Значну увагу приділено концепції розвитку технологій і створенню малоопераційних технологічно замкнених процесів, що забезпечують комплексне використання сировини, матеріалів, охорону навколишнього середовища за інтенсифікації виробництва на основі світового науково-технічного прогресу.

Показано роль науки в розвитку технологічних систем, для чого розглянуто такі поняття, як "наукомісткість технологій", "принципово нова технологія". Установлено зв'язок між інноваційними й наукомісткими технологіями, наведено характерні риси науково-технічного прогресу. Показано, у яких галузях промисловості набули найбільшого застосування наукомісткі технології та який обсяг витрат (від внутрішнього валового доходу) надходить на розвиток науки в різних країнах. Розглянуто революційну й еволюційну форми науково-технічного прогресу, характеристики науково-технічної революції, основні досягнення в науці, питання поєднання виробництва, науки та інновацій.

Визначено пріоритетні напрями технологічного розвитку. Наведено приклади прогресивних технологій, які набули розвитку у другій половині ХХ ст. Це сучасні механічні та фізико-технічні технології машинобудування (алмазно-іскрове шліфування, анодно-механічна, електрохімічна, електроерозійна та ультразвукова обробки, лазерні технологічні системи та ін.), робототехніка, штучний інтелект і нанотехнології. Обґрунтовано пріоритетні напрями технічного переозброєння підприємств і форми передавання прав власності на технологію та їхнього використання

в технологічній діяльності підприємств. Розкрито сутність понять "патент", "ноу-хау", "ліцензія", "ліцензійна торгівля".

Зроблено аналіз проблем якості товарів і послуг організацій, для чого наведено загальні відомості щодо систем стандартизації, метрології, сертифікації та управління якістю продукції, а також показників якості виробів: технічних, економічних, ергономічних та ін. Показано, що означає стандарт ISO серії 9 000 і 10 000. Зазначено, що показниками якості деталі є точність розмірів, геометричних форм поверхонь та їхнього взаємного розташування. Наведено визначення таких параметрів, як якість поверхні та поверхневого шару, хвилястість і шорсткість поверхні, зміцнення поверхневого шару та залишкові напруження. Установлено взаємозв'язок цих параметрів з експлуатаційними показниками деталей машин. Розглянуто єдину систему допусків і посадок, параметри точності обробки (досягну й економічну точність, квалітети точності) та їхнє значення в машинобудівному виробництві.

Наведено основи техніко-економічного обґрунтування ефективності функціонування технологічних систем. Для цього розглянуто питання технічного нормування. Показано, які норми праці використовують у технічному нормуванні, які основні класифікаційні ознаки праці покладено у створену єдину класифікацію витрат робочого часу, що називають технічно обґрунтованою нормою часу, штучним, оперативним і штучно-калькуляційним часом, який основний елемент розрахунку норми часу. Визначено чинники, що визначають ефективність варіантів нової техніки та технології. Запропоновано методику розрахунку технологічної собівартості та виявлено резерви її зниження. Надано оцінку ефективності технологічних систем та процесів.

Зроблено аналіз сучасних технологічних систем у машино- та приладобудуванні. Для цього розглянуто загальні відомості щодо систем технологій заготівельного виробництва, включно з технологічними процесами формоутворення деталей із рідкого стану (ливарне виробництво), порошкової металургії та технологічних процесів обробки металів тиском: прокатування, волочіння, штампування, методу безперервного профілювання листового металу на профілевігинних агрегатах та ін. Надано характеристику сучасних інтегрованих робочих процесів прискореного формоутворення виробу або його прототипу та наведено приклади застосування 3D-принтерів. Визначено закономірності функціонування

імпульсних технологій та їхнього промислового застосування. Зроблено аналіз напрямів розвитку технологій формоутворювальних операцій обробки металів різанням: точіння, стругання, свердління, зенкерування, розверчення, фрезування, нарізання, протягування, зубонарізання, шліфування та ін. Показано, чим відрізняється металорізальний верстат із ЧПУ типу "обробний центр" від традиційних металорізальних верстатів із ЧПУ, завдяки яким чинникам досягають високої ефективності обробки на металорізальному верстаті із ЧПУ типу "обробний центр", для чого призначено зносостійкі покриття, які наносять на робочі поверхні різальних інструментів, для чого виконують симуляцію механічної обробки в САМ-системі Esprit. Наведено сучасні технологічні процеси складання машин, види з'єднань. Показано, чим відрізняється метод повної взаємозамінності від методу неповної взаємозамінності. Розкрито сутність складання методом групової взаємозамінності (селективного складання) та ін.

Розглянуто сучасні технологічні системи у виробництві будівельних матеріалів і житловому будівництві. Визначено властивості будівельних матеріалів, які за видом сировини та способом виробництва розподіляють на природні, керамічні, невипалені, металеві, полімерні, лісоматеріали, зі скляних та інших розплавів, на основі бітумів і дьогтів. Показано, що за призначенням будівельні матеріали класифікують на конструкційні, зв'язувальні, оздоблювальні, теплоізоляційні, для підлог, для скління та ін. Водночас розрізняють мінеральні й органічні будівельні матеріали. Мінеральні матеріали відрізняються високою щільністю, міцністю, морозостійкістю, хімічною стійкістю та вогнестійкістю (для конструкційних елементів і деталей). Органічні матеріали (за винятком лісоматеріалів) використовують, переважно, як теплоізоляційні, оздоблювальні, покрівельні матеріали. Наведено технології виготовлення виробів із природних кам'яних матеріалів та керамічних будівельних матеріалів, технології виробництва цегли, будівельного скла, керамічних плиток, портландцементу й інших видів цементу, бетону та залізобетону. Розглянуто основи організації будівництва, класифікацію будівельних споруд та основні напрями підвищення ефективності виконання будівельних робіт.

Зроблено аналіз сучасних технологічних систем у хімічній промисловості. Для цього розглянуто сировинні бази й основні підприємства хімічної промисловості, які займаються виробництвом неорганічних та органічних речовин: сірчаної, азотної та соляної кислот, аміаку, добрив,

отрутохімікатів, хімічним переробленням палива, крекінг-процесом нафтопродуктів, очищенням продуктів нафтопереробки від домішок, фотохімічними, радіаційно-хімічними та плазмохімічними процесами, виробництвом пластмас і їхнім переробленням у вироби. Визначено закономірності функціонування хімічних технологій і головні тенденції їхнього розвитку.

Розглянуто сучасні технологічні системи в легкій промисловості та побуті. Значну увагу приділено застосуванню інноваційних технологій на основі струминного текстильного плотера, сучасної системи автоматизованого проектування САПР, трикоординатної моделі та її візуалізації під час виробництва одягу, нанотехнології та ін. Наведено основні сучасні технологічні системи виробництва одягу, взуття та шкіряних виробів. Надано характеристики технічних пристроїв та машин, що застосовують у повсякденній практиці людини в побуті.

Зроблено аналіз сучасних технологічних систем в агропромисловому комплексі та банківській сфері. Для цього в узагальненому вигляді розглянуто сільське господарство України, сучасні процеси обробки земель, технологічні системи вирощування екологічно чистої продукції. Надано характеристику провідних культур у землеробстві України, методик обробки ґрунту та застосовуваної техніки. Показано особливості технології безвідвальної обробки ґрунту та екологізації сільськогосподарського виробництва. Надано відповідь на запитання, чи можна застосовувати синтетичні добрива в технології виробництва екологічно чистої продукції. Обґрунтовано роль тваринництва у виробництві екологічно чистої продукції рослинництва.

Розглянуто сучасні електронні платіжні системи та види сучасного автоматизованого банківського обладнання.

Наведено сучасні технологічні системи в охороні здоров'я: комп'ютерну та магнітно-резонансну томографію, ультразвукову діагностику, лазерні системи в медицині. Розкрито фізичну сутність функціонування цих технологічних систем і напрями їхнього практичного застосування під час діагностики захворювань людей.

## Використана література

1. Абдуллаев Э. Г. Ультразвуковая диагностика в медицине : учеб. пособ. / Э. Г. Абдуллаев, И. П. Бойко, К. В. Татмышевский. – Владимир : Владим. гос. ун-т, 2002. – 213 с.
2. Багров Н. М. Основы отраслевых технологий : учеб. пособ. / Н. М. Багров, Г. А. Трофимов, В. А. Андреев. – 2-е изд., доп. и перераб. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ ЭФ, 2010. – 256 с.
3. Банковское дело : учебник / О. И. Лаврушин, И. Д. Мамонтова, Н. И. Валенцева и др.; под ред. О. И. Лаврушина. – 12-е изд., стер. – Москва : КНОРУС, 2016. – 800 с.
4. Бирман Г. С. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. С. Бирман, С. А. Шмидт ; пер. с англ. – Москва : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 632 с.
5. Білецький А. А. Організація і технологія будівельних робіт : навч. посіб. / А. А. Білецький. – Рівне : НУВГП, 2007. – 202 с.
6. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – Москва : Машиностроение, 1975. – 344 с.
7. Грабченко А. І. Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні : навч. посіб. / А. І. Грабченко. – Харків : ХДПУ, 1999. – 436 с.
8. Гринько Т. В. Механізм формування конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на міжнародних ринках : монографія / Т. В. Гринько. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2005. – 324 с.
9. Деменков М. С. Інтернет-технології в обслуговуванні клієнтів банку / М. С. Деменков // Банківська справа. – 2009. – № 1. – С. 58–65.
10. Деречин В. В. Системы технологий. Основные промышленные отрасли : учеб. пособ. для экон. вузов. В 2 ч. / В. В. Деречин, Ф. Е. Дубровин, В. В. Павленко. – Одесса : Латстар, 2001. – Ч. 2. – 300 с.
11. Дитиненко С. О. Визначення умов забезпечення заданої шорсткості поверхні при абразивній обробці / С. О. Дитиненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків : ХНТУСГ, 2010. – Вип. 101. – С. 251–256.
12. Дитиненко С. А. Опыт эффективного применения доводки поверхностей деталей пастами и суспензиями / С. А. Дитиненко // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении : мат-лы междунар. научн.-техн. конф., г. Одесса. 26 – 29 сентября 2018 года. – Одесса : ОНПУ, 2018. – С. 48–51.

13. Дитиненко С. А. Существующие подходы к оптимизации структуры и параметров технологических процессов финишной механической обработки / С. А. Дитиненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків : ХНТУСГ, 2011. – Вип. 115. – С. 103–107.
14. Добро Л. Ф. Лазеры в медицине : учеб. пособ. / Л. Ф. Добро, Н. М. Богатов, В. В. Супрунов. – Краснодар : КубаньГУ, 2011. – 80 с.
15. Дубровин Ф. Е. Системы технологий. Основные категории : учеб. пособ. для экон. вузов. В 2 ч. / Ф. Е. Дубровин. – Ч. 1. – Одесса : Латстар, 2001. – 200 с.
16. Дудко П. Д. Основы технологических систем : учеб. пособ. / П. Д. Дудко, А. Г. Крюк, Н. Ф. Савченко. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2002. – 248 с.
17. Дудко П. Д. Новые материалы в машиностроении / П. Д. Дудко. – Харьков : Прапор, 1966. – 86 с.
18. Желібо Є. П. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства : навч. посіб. / Є. П. Желібо. – 2-ге вид. зі змін. та доп. – Київ : Кондор, 2009. – 520 с.
19. Жовтобрюх В. А. Проектирование и автоматизированное программирование современных технологий для станков с ЧПУ : монография / В. А. Жовтобрюх, Ф. В. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2019. – 480 с.
20. Загайгора К. А. Проектирование технологического процесса сборки обуви : учеб. пособ. / К. А. Загайгора, З. Г. Максина. – Витебск : ВГТУ, 2011. – 145 с.
21. Загальна хімічна технологія : підручник / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – 552 с.
22. Захаров В. П. Лазерная техника : учеб. пособ. / В. П. Захаров, Е. В. Шахматов. – Самара : Из-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 278 с.
23. Иванов С. В. Загальна хімічна технологія. Промислові хіміко-технологічні процеси / С. В. Иванов, П. С. Борсук, Н. М. Манчук. – Київ : НАУ-друк, 2010. – 280 с.
24. Інноваційні ресурсозберігаючі технології : ефективність в умовах різного фінансового стану агроформувань : монографія / за ред. проф. Г. Є. Мазнєва. – Харків : Вид-во "Майдан", 2014. – 592 с.
25. Искусственный интеллект: применение в интегрированных производственных системах / под ред. Э. Кьюсиака ; пер. с англ. – Москва : Мир, 2000. – 400 с.

26. Карпенко А. П. Робототехника и системы автоматизированного проектирования : учеб. пособ. / А. П. Карпенко. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 71 с.
27. Кондращенко О. В. Будівельне матеріалознавство : навч. посіб. / О. В. Кондращенко, Т. Д. Рищенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 277 с.
28. Коцій Я. Й. Технологія будівельного виробництва : курс лекцій для студентів інженерно-будівельного профілю / уклад.: Я. Й. Коцій, І. Г. Іваник, С. І. Віхоть. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2006. – 94 с.
29. Красина И. В. Химическая технология текстильных материалов : учеб. пособ. / И. В. Красина, Э. Ф. Вознесенский. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. – 116 с.
30. Кремнев Г. П. Системы технологий : учеб. пособ. / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков, В. М. Колесник. – Днепропетровск : ЛИРА, 2015. – 140 с.
31. Крижний Г. К. Стратегічний технологічний менеджмент : навч. посіб. / Г. К. Крижний. – Харків : НТУ "ХПІ", 2003. – 448 с.
32. Крисаченко В. С. Екологічна культура / В. С. Крисаченко. – Київ : Заповіт, 1996. – 352 с.
33. Кузнецов А. В. Применение перспективных материалов и технологий в жилищном строительстве / А. В. Кузнецов // Архитектура и строительство. – 2008. – № 29. – С. 83–87.
34. Луканчева А. Г. Биотехнология: достижения, проблемы, перспективы : лекции / А. Г. Луканчева. – Саратов : Саратов. сельскохозяйственный институт, 1991. – 68 с.
35. Макаров И. М. Робототехника: история и перспективы / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – Москва : Наука ; Изд-во МАИ, 2003. – 349 с.
36. Макурін М. С. Виробництво електронних засобів : навч. посіб. / М. С. Макурін. – Харків : ХДУРЕ, 1999. – 180 с.
37. Мосталыгин Г. Л. Технология машиностроения / Г. Л. Мосталыгин, Н. Н. Толмачевский. – Москва : Машиностроение, 1990. – 288 с.
38. Новиков Г. В. Задачи точности и производительности обработки в технологии машиностроения // Авиационно-космическая техника и технология : труды Гос. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского "ХАИ". – Харьков : ХАИ, 2000. – Вып. 14. – С. 31–35.
39. Новиков Д. Ф. Определение шероховатости поверхности при точении резцами с закругленной вершиной режущей части / Д. Ф. Новиков

// Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. пр. – Краматорськ, 2015. – Вип. 37. – С. 40–46.

40. Новиков Д. Ф. Социально-ответственный маркетинг при техническом перевооружении машиностроительного предприятия / Д. Ф. Новиков // Инженер-механик : республиканский межотраслевой производственно-практический журнал. – Беларусь, Минск, 2019. – № 2 (83) (апрель – июнь). – С. 24–26.

41. Новиков Д. Ф. Условия выбора эффективных режимов резания / Д. Ф. Новиков // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении : мат-лы междунар. научн.-техн. конф., г. Одесса. 21 – 23 сентября 2016 года. – Одесса : ОНПУ, 2016. – С. 131–135.

42. Новиков Ф. В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования : автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Одесса : ОДПУ, 1995. – 36 с.

43. Орлов П. А. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий, разрабатываемых в курсовых, дипломных проектах и выпускных работах для студентов специальностей 7.050201, 7.050204, 7.050206, 7.050108 всех форм обучения / П. А. Орлов. – Харьков : РИО ХГЭУ, 1998. – 60 с.

44. Основы отраслевых технологий и организации производства / Ю. М. Аносов, Л. Л. Бекренев, В. Д. Дурнев и др. ; под ред. В. К. Федюкина. – Санкт-Петербург : Политехника, 2002. – 312 с.

45. Оствальд В. Мир обойденных величин / В. Оствальд ; пер. с нем. – Москва : Изд-во т-ва "Мир", 1923. – 214 с.

46. Пат. на корисну модель № 125568. Спосіб обробки внутрішньої поверхні циліндрів / В. О. Анділахай, Д. Ф. Новіков, Ф. В. Новіков, О. О. Анділахай. – Заявка у 2017 12994, 27.12.2017; опубл. 10.05.2018. – Бюл. № 9. – 4 с.

47. Попова Л. М. Введение в нанотехнологию : учеб. пособ. / Л. М. Попова. – Санкт-Петербург : СПбГТУРП, 2013. – 96 с.

48. Поппель Г. Информационная технология / Г. Поппель, Б. Голдстейн ; пер. с англ. – Москва : Экономика, 1990. – 238 с.

49. Проблемы развития современного общества: культура, инновации, высокие технологии и экология / В. Н. Гринева, П. Д. Дудко, А. Г. Крюк и др. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2003. – 300 с.

50. Прогресивні технології механічної обробки : монографія / Ф. В. Новіков, А. Г. Крюк, В. Г. Шкурупій та ін. ; за заг. ред. докт. техн. наук, проф. Ф. В. Новікова. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. – 372 с.



51. Сазыкин Ю. О. Биотехнология : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / Ю. О. Сазыкин, И. И. Чакалева ; под ред. А. В. Катлинского. – 3-е изд., стер. – Москва : Издат. центр "Академия", 2008. – 256 с.
52. Системи технологій : навч. посіб. / В. С. Пономаренко, М. А. Сіроштан, М. І. Белявцев та ін. – Харків : Око, 2000. – 376 с.
53. Системы технологий : учеб. пособ. / В. Н. Гринева, П. Д. Дудко, В. С. Пономаренко и др. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2003. – 292 с.
54. Современные технологии : учеб. пособ. для самост. изуч. заочниками / В. В. Бакуменко, Ю. А. Гохберг, О. И. Дидченко и др. – Донецк : [б. и.], 2005. – 363 с.
55. Страхарчук А. Я. Інформаційні системи і технології в банках : навч. посіб. / А. Я. Страхарчук, В. П. Страхарчук. – Київ : Знання, 2010. – 515 с.
56. Теоретические основы технологии машиностроения : учебник / А. В. Якимов, Ф. В. Новиков, А. А. Якимов и др. – Одесса : ОНПУ, 2002. – 492 с.
57. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. У 2 ч. / С. І. Мельник, О. Д. Муляр, М. Й. Кочубей та ін. – Київ : Аграрна освіта, 2010. – Ч. 1. – 282 с.
58. Технологии производства: проблемы и решения : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, С. А. Дитиненко и др. – Днепр : ЛИРА, 2018. – 536 с.
59. Технология швейных изделий : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / Э. К. Амирова, А. Т. Труханова, О. В. Сакулина, Б. С. Сакулин. – 6-е изд., испр. – Москва : Изд. центр "Академия", 2012. – 512 с.
60. Туромша Е. П. Производственные технологии : учеб.-метод. комплекс / Е. П. Туромша ; ГИУСТ БГУ. – Минск : ГИУСТ БГУ, 2014. – 342 с.
61. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. В 10 томах / под общ. ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. – Одесса : ОНПУ, 2002. – Т. 1. Механика резания материалов. – 580 с.
62. Хофер М. Компьютерная томография : базовое руководство / М. Хофер. – Москва : Медицинская литература, 2008. – 228 с.
63. Ченцов И. В. Основы технологии важнейших отраслей промышленности: учеб. пособие для вузов. В 2 ч. / И. В. Ченцов, И. А. Мочальник, А. А. Мащенко. – Ч. 1. – Минск : Вышейша школа, 1989. – 328 с.

64. Чистяк В. Г. Клепаные соединения и перспективы импульсных технологий их выполнения / В. Г. Чистяк, Н. Ф. Савченко // Вісник інженерної академії України. – 2000. – Вип. 19. – С. 240–243.
65. Чистяк В. Г. Техника и технология производства курса "Системы технологий" : конспект лекций / В. Г. Чистяк. – Харьков : Изд. ХГЭУ, 2003. – 108 с.
66. Шахно Е. А. Физические основы применения лазеров в медицине / Е. А. Шахно. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2012. – 129 с.
67. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навч. посіб. У 2 ч. / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Ч. 1. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
68. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навч. посіб. У 2 ч. / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Ч. 2. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
69. Щербакова Н. В. Технология изготовления цельноформованной обуви из полимерных материалов / Н. В. Щербакова. – Шахты : ДГАС, 1999. – 115 с.
70. Экология : учеб. пособ. / С. А. Боголюбов, А. Ф. Завальнюк, И. Н. Калечиц и др. – Москва : Знание, 1997. – 288 с.
71. Энциклопедический словарь бизнесмена. Менеджмент. Маркетинг. Информатика / под общ. ред. М. И. Молдованова. – Київ : Техніка, 1993. – 856 с.
72. Эрлих Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии / Г. Эрлих. – Москва : Бином, 2011. – 254 с.
73. Gear grinding processing developed for high-precision gear manufacturing / Y. Nishimura, K. Toshifumi, A. Yuji, etc. // Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. – 2008. – Vol. 45, No. 3. – P. 33–38.
74. Golgels Ch. Optimization of the gear profile grinding process utilizing an analogy process / Ch. Golgels, H. Schlattmeier, F. Klocke // Gear Technology. – 2006. – November – December issue. – P. 34–40.
75. Stachurski W. Determination of Mathematical Formulae for the Cutting Force FC during the Turning of C45 Steel / W. Stachurski, S. Midera, B. Kruszynski // Mechanics and Mechanical Engineering. – 2012. – Vol. 16, No. 2. – P. 73–79.
76. Zaborowski T. Grinding burns in the technological surface of the gear teeth of the cylindrical gears / T. Zaborowski, R. Ochendusko // Mechanik. – 2017. – Vol. 10. – P. 135–139.

# Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Розділ 1. Основи сучасних технологічних систем</b> .....	5
<b>1. Основні поняття та визначення в технології</b> .....	5
1.1. Загальні відомості про технології .....	5
1.2. Загальні відомості про технологічні системи .....	11
1.3. Напрями розвитку технологій виробництва на сучасному етапі.....	18
1.4. Високі технології.....	23
1.5. Об'єкти машинобудівного виробництва та його елементи.....	40
1.6. Типи виробництва та їхня технологічна характеристика.....	45
Запитання для самостійного контролю.....	48
<b>2. Властивості технологічних систем</b> .....	49
2.1. Зміст поняття "технологічна система" .....	49
2.2. Послідовність перетворень як форма технологічного процесу. Модель технологічного процесу .....	50
2.3. Класифікаційні ознаки технологічних систем .....	54
2.4. Системні показники та аспекти технологічної системи.....	61
Запитання для самостійного контролю.....	70
<b>3. Явища, на яких ґрунтується функціонування технологічних систем</b> .....	71
3.1. Технологічні процеси на основі фізичних явищ.....	71
3.2. Технологічні процеси різання матеріалів .....	72
3.3. Технологічні процеси на основі хімічних явищ .....	117
3.4. Технологічні процеси на основі біологічних явищ .....	121
Запитання для самостійного контролю.....	126
<b>4. Закономірності розвитку технологічних систем</b> .....	127
4.1. Життєвий цикл технологічної системи. Етапи життєвого циклу.....	127
4.2. Промислові революції.....	136
4.3. Зародження нової технологічної системи та цикл її життя.....	154

4.4. Взаємозв'язок життєвого циклу технологічної системи та науково-технічного прогресу.....	168
4.5. Технологічні уклади.....	171
Запитання для самостійного контролю.....	175
<b>5. Основи створення ресурсозберігаючих та безвідхідних технологій.....</b>	<b>177</b>
5.1. Значення матеріальних ресурсів у життєдіяльності людини.....	177
5.2. Основні шляхи ресурсозбереження у промисловості ....	179
5.3. Місце і роль технологій у ресурсозбереженні.....	183
5.4. Теплозбереження та ресурсозбереження в побуті .....	190
5.5. Заміна основних ресурсів на біопаливо.....	193
Запитання для самостійного контролю.....	196
<b>6. Роль науки в розвитку технологічних систем.....</b>	<b>197</b>
6.1. Наукомісткість технологій .....	197
6.2. Вплив науки на розвиток технологічної системи .....	202
6.3. Поєднання виробництва, науки та інновацій .....	215
Запитання для самостійного контролю.....	217
<b>7. Пріоритетні напрями технологічного розвитку.....</b>	<b>219</b>
7.1. Види напрямів технологічного розвитку.....	219
7.2. Розвиток високих технологій .....	227
7.3. Форми передавання прав власності на технологію та їхнє використання в технологічній діяльності підприємств .....	241
Запитання для самостійного контролю.....	246
<b>8. Якість продукції в машинобудуванні.....</b>	<b>247</b>
8.1. Загальні відомості про системи стандартизації, метрології, сертифікації та управління якістю продукції.....	247
8.2. Точність обробки в машинобудівному виробництві .....	256
Запитання для самостійного контролю.....	266
<b>9. Техніко-економічне обґрунтування ефективності функціонування технологічних систем.....</b>	<b>267</b>
9.1. Основи технічного нормування .....	267
9.2. Оцінювання досконалості технологічних систем і процесів .....	271
9.3. Напрями підвищення ефективності технологічних систем металообробки .....	275

9.4. Методи моделювання та оптимізації технологічних систем.....	278
Запитання для самостійного контролю.....	282
<b>Розділ 2. Сучасні технологічні системи в навколишньому світі....</b>	<b>283</b>
<b>10. Сучасні технологічні системи в машино- та приладобудуванні .....</b>	<b>283</b>
10.1. Загальні відомості про системи технологій заготівельного виробництва.....	283
10.2. Напрями розвитку технологій формоутворювальних операцій .....	292
10.3. Системи технологій процесів обробки металів різанням.....	298
10.4. Сучасні технології механічної обробки твердосплавними інструментами зі зносостійкими покриттями .....	302
10.5. Імпульсні технології.....	314
10.6. Сучасні технологічні процеси складання машин .....	317
Запитання для самостійного контролю.....	322
<b>11. Сучасні технологічні системи у виробництві матеріалів та житловому будівництві .....</b>	<b>324</b>
11.1. Властивості будівельних матеріалів та їхня класифікація.....	324
11.2. Основи організації будівництва .....	335
Запитання для самостійного контролю.....	343
<b>12. Сучасні технологічні системи в хімічній промисловості... 344</b>	
12.1. Характеристика процесів у хімічній промисловості .....	344
12.2. Виробництво неорганічних речовин .....	348
12.3. Виробництво органічних речовин.....	359
Запитання для самостійного контролю.....	374
<b>13. Сучасні технологічні системи в легкій промисловості та побуті .....</b>	<b>376</b>
13.1. Легка промисловість України та застосування інноваційних технологій у виробництві .....	376
13.2. Виробництво одягу.....	385
13.3. Виробництво взуття .....	387
13.4. Виготовлення шкіряних виробів .....	390
13.5. Технології в побуті.....	394
Запитання для самостійного контролю.....	396

<b>14. Сучасні технологічні системи</b>	
<b>в агропромисловому комплексі та банківській сфері</b> .....	398
14.1. Сільське господарство України .....	398
14.2. Сучасні процеси обробки ґрунту .....	400
14.3. Технологічні системи вирощування	
екологічно чистої продукції.....	407
14.4. Сучасні електронні платіжні системи .....	412
Запитання для самостійного контролю.....	416
<b>15. Сучасні технологічні системи в охороні здоров'я</b> .....	417
15.1. Комп'ютерна томографія .....	417
15.2. Ультразвукова діагностика .....	420
15.3. Лазерні системи в медицині .....	423
15.4. Перспективи розвитку біомедичної інженерії .....	426
Запитання для самостійного контролю.....	430
<b>Висновки</b> .....	432
<b>Використана література</b> .....	437

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Новіков Федір Васильович**  
**Дитиненко Станіслав Олександрович**  
**Новіков Дмитро Федорович**

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ**

**Навчальний посібник**

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

Відповідальний за видання *Ю. В. Буц*

Відповідальний редактор *М. М. Оленич*

Редактор *О. Г. Доценко*

Коректор *О. Г. Доценко*

План 2020 р. Поз. № 20-ЕНП. Обсяг 447 с.

---

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

---

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*