

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
ПРОДУКЦІЇ ТА НАДАННЯ ПОСЛУГ**

**Методичні рекомендації  
до виконання практичних робіт  
для студентів усіх спеціальностей  
першого (бакалаврського) рівня**

**Харків  
ХНЕУ ім. С. Кузнеця  
2017**

УДК 658.589(07.034)

I-66

**Укладачі:** А. Г. Крюк  
Н. С. Цапко

Затверджено на засіданні кафедри природничих наук та технології.  
Протокол № 1 від 26.08.2016 р.

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

**Інноваційні** технології виробництва продукції та надання послуг : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] / уклад. А. Г. Крюк, Н. С. Цапко. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2017. – 54 с.

Подано основні питання навчальної дисципліни, наведено практичні матеріали для оволодіння знаннями про інноваційні технологічні процеси. Розглянуто загальні принципи та закономірності використання матеріальних, інформаційних, енергетичних та інших ресурсів сучасного підприємства під час виробництва товарів і послуг та особливості визначення й дослідження технологій для інноваційного оновлення підприємств і організацій, оцінювання їхньої ефективності.

Рекомендовано для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня.

**УДК 658.589(07.034)**

© Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, 2017

## Вступ

Якість підготовки студентів значною мірою визначається здатністю майбутніх фахівців у галузі економіки, управління, фінансів та комерції розуміти й аналізувати виробничі процеси, мислити категоріями сучасної економічної та технологічної науки, застосовувати на практиці досягнення науково-технічного прогресу, бачити перспективи економічного, технічного, технологічного нововведення. В основі формування таких якостей фахівця важливе місце посідає дисципліна "Інноваційні технології виробництва продукції та надання послуг".

Подані методичні рекомендації дозволяють із практичної точки зору оцінити поняття "технологічна система", яка є основною складовою частиною виробничої системи. Студенти на практиці здобувають знання та вміння для глибокого розуміння сутності технологічних процесів базових галузей промисловості, їхнього технологічного взаємозв'язку, бо, не володіючи технологічною термінологією, економіст не може виконувати свої функції на рівні сучасних вимог.

Метою викладання цієї навчальної дисципліни є формування компетентностей, необхідних для розуміння особливостей функціонування різноманітних технологічних систем; основних системних знань про особливості й загальні принципи побудови технологій, їхнє місце та роль у технологічних системах; підходів та загальної методології раціонального проектування типових технологічних процесів сучасного виробництва в умовах забезпечення конкурентоспроможності продукції, енерго- та ресурсозбереження.

Такий багатопрофільний підхід повністю узгоджується з інтегративністю в процесі вивчення STEM-дисциплін (зміст акроніму STEM розкривається таким чином: S – наука, T – технологія, E – інжиніринг, M – математика), як це робиться у реальних виробничих умовах. Тим самим студент зможе застосовувати свої практичні знання для вирішення погано структурованих технологічних проблем та розвивати свої технологічні навички.

# Практичне заняття 1

## Ознайомлення з основними типами технологічних систем, їхнім призначенням і напрямками інноваційного оновлення

**Мета роботи** – ознайомитися з призначенням і компоновками обладнання як технологічних систем.

Технічний прогрес як найважливіший фактор подальшого розвитку всіх галузей промисловості передбачає не тільки підвищення продуктивності, якості та конкурентоспроможності виробленої продукції, розширення її асортименту, але і зниження витрат, ресурсо- і енергозбереження, забезпечення екологічної безпеки, що досягається завдяки впровадженню прогресивних технологій та наукової організації праці.

*Технологічна система* – це сукупність функціонально взаємопов'язаних предметів виробництва, засобів технологічного оснащення і виконавців, призначених для виготовлення необхідної продукції або надання послуг відповідно до вимог, регламентованих законодавчими і нормативно-технологічними документами.

Предмети виробництва в свою чергу містять предмети праці у вигляді сировини та заготовок або напівфабрикатів і знаряддя праці – інструменти, машини й обладнання. До складу предметів виробництва може входити і технологічне оснащення – різні пристосування, оснащення й інструменти. Сукупність знарядь праці у вигляді різного типу машин об'єднані в певні групи залежно від призначення, тобто головної функції виробів або цілей їхньої класифікації (наукова, торговельна, виробнича та ін.).

Із позицій системного підходу будь-яка машина (обладнання) як технологічна система становить пристрій із частинами, які злагоджено працюють, що виконує певні доцільні рухи для перетворення енергії, матеріалів та інформації.

Залежно від характеру виконуваної роботи машини розподіляють на машини-генератори, машини-двигуни, машини-знаряддя, машини, що призначені для транспортування та керування.

Машини-генератори перетворюють механічну енергію в інший вид енергії, наприклад, компресори, динамо-машини та ін.

До машин-двигунів, що слугують для перетворення теплової, електричної або іншої енергії в механічну роботу, відносять електродвигуни, парові машини, гідравлічні й газові турбіни, двигуни внутрішнього згоряння та ін.

Машини-знаряддя слугують для використання механічної роботи машин-двигунів із метою виконання технологічних операцій, тобто операцій оброблення і перероблення різних матеріалів, виготовлення різних виробів, деталей машин і т. д.

Машини, що призначені для транспортування, слугують для переміщення різних вантажів.

Машини, що призначені для керування, становлять автоматизовані комплекси, що слугують для управління складними агрегатами, системами або сукупністю взаємопов'язаних об'єктів і мають у своєму складі одну або декілька обчислювальних пристроїв чи електронних обчислювальних машин (ЕОМ).

Залежно від ролі обладнання в технологічному процесі можна виділити у дві великі групи – обладнання для оброблення матеріалів без або зі зняттям стружки і допоміжне обладнання для виконання операцій, без яких неможливо виготовлення деталей необхідної якості.

За ступенем спеціалізації обладнання розподіляється на: універсальне (загального призначення), спеціалізоване та спеціальне. За рівнем автоматизації – на обладнання з ручним управлінням, напівавтоматичне, автоматичне. Відповідно до розташування робочих органів (шпинделів та інструментів) технологічних машин зустрічаються верстати горизонтальних, вертикальних і похилих компоновок, що визначають взаємне розташування основних функціональних вузлів (робочих органів або найбільш великих корпусних деталей). Принципи, за якими склалися ці компонування, нерозривно пов'язані зі спільною роботою людини, і дані машини досліджуються спеціальною наукою – ергономікою. Тому вони розроблені відповідно до фізичних можливостей людини – її зросту, сили, стомлюваності за різних положень та ін.

У процесі еволюції верстатів намітилася тенденція перетворення їх у верстати-напівавтомати і автомати, створення систем машин (наприклад, від ГВМ – гнучких виробничих модулів до ГАЛ, ГАД, ГАВ – відповідно, гнучких автоматичних ліній, ділянок, виробництв).

Конкурентоспроможність виробників, перспективи їхньої діяльності значною мірою залежать від техніко-економічних показників технологічних систем. До найважливіших із них можна віднести:

*надійність* – здатність технологічної системи (у тому числі й виробленого в ній товару) зберігати функціональне призначення протягом заздалегідь обумовлених термінів. Залежно від критерію надійності виділяють підгрупи: довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність і збереженість;

*безпека* – стан, у якому ризик шкоди чи збитку обмежений допустимим рівнем; розрізняють хімічну, радіаційну, механічну, термічну, електричну, магнітну й електромагнітну безпеки;

*продуктивність*, яка характеризує здатність технологічної системи відповідати своєму призначенню і виражається найчастіше як кількість виробленої в одиницю часу продукції або переміщеної речовини;

*ресурсовикористання* (споживання енергії, матеріалів і сировини), що характеризується коефіцієнтом використання енергії (коефіцієнтом корисної дії – ККД), матеріалу (відношення мас готової продукції (деталі) і заготовки), інформації, а також іншими показниками, що відображають відновлюваність ресурсів (наприклад, щодо тари й упаковки).

Найважливіші положення техніки безпеки, якості та продуктивності визначаються з позицій системного підходу (обладнання – пристосування – інструмент – деталь). Із позицій ергономіки оцінюється можливість небезпечного контакту людини як елемента технологічної системи з рухомими частинами машин, які працюють, що залежить від фізіологічних і психофізіологічних особливостей людини. Це впливає на особливості створення робочого місця і на особливості експлуатації устаткування.

*Основні принципи системного підходу.*

Принцип цілісності полягає у визнанні того, що деякі сукупності об'єктів можуть проявляти себе як щось ціле, що володіє такими властивостями, які належать саме всьому цілому (системі), а не його складовим частинам. Це дозволяє виділити сукупність об'єктів як окрему систему.

Принцип сумісності елементів у системі вказує на те, що система може бути побудована не з будь-яких елементів, а тільки з тих, властивості яких задовольняють вимогам сумісності. Наприклад, сукупність різноманітних виробів, що входять до конструкції металорізального верстака, розглядається як щось цілісне, без аналізу особливостей конкретних елементів системи, їхньої взаємодії.

Це означає, що власні властивості елементів (розміри, форма, фізико-хімічні характеристики тощо) мають бути такими, щоб забезпечувати взаємодію їх один із одним як частин єдиного цілого.

Принцип структурності визначає те, що елементи взаємодіють один із одним відповідно до певних закономірностей, які виявляють взаємозв'язок і взаємозамінність між елементами системи.

Принцип еволюції є надзвичайно важливим у розумінні закономірностей поведінки (еволюції) системи протягом часу її функціонування – часу "життєвого циклу".

Принцип спеціалізації та інтеграції вказує на те, що в процесі розвитку систем відбувається два протилежних і в той же час взаємодоповнювальних явища, що сприяють підвищенню ефективності системи.

Принцип ієрархічної декомпозиції полягає у визнанні відносності понять "система" і "елемент", тобто система може бути елементом ширшої системи – підсистемою. Наприклад, верстат (одне робоче місце) може розглядатися і як система, і як елемент іншої системи – ділянки, який у свою чергу може бути елементом системи "цех" і т. д.

Велике значення в пошуку оптимальних рішень можуть надавати й інші принципи, такі як: ітерації (послідовність поліпшення властивостей системи), поліфункційності (припущення про можливість існування у системі кількох цілей або функцій), математизації (опис точними залежностями взаємодії елементів), імітації (моделювання на ЕОМ різних ситуацій), варіантності (можливість існування альтернативних рішень) та ін.

### **Оформлення звіту**

Після ознайомлення з основними поняттями у технології студенти мають вивчити зміст ДСТУ та ЄСТД (єдиної системи технологічної документації).

Звіт мають бути виконаний на окремих аркушах та містити визначення основних термінів, із розкриттям їхнього використання на практиці.

### **Контрольні запитання**

1. Яке призначення машин-генераторів, машин-двигунів і машин-знарядь? Наведіть приклади.
2. Яке призначення універсального, спеціалізованого і спеціального устаткування?
3. Які переваги системного підходу під час виявлення особливостей технологічних систем ви можете описати?

## Практичне заняття 2

### Основні характеристики і параметри інноваційних технологічних систем (ТС) та елементів ТС

**Мета роботи** – ознайомитися з основними техніко-економічними показниками технологічних систем.

Слово "технологія" – грецьке: техно – майстерність, мистецтво; логос – поняття, вчення.

*Технологія* – це процес послідовної зміни стану, властивостей, форми і розмірів предметів праці, здійснюваний під час виготовлення продукції [1]; це наука про методи та засоби виробництва, що застосовуються під час виготовлення виробів [2].

Слово "система" – грецьке: ціле, що складається із взаємозв'язаних частин; порядок, обумовлений планомірним правильним розташуванням частин у певному зв'язку.

*Система технологій* – сукупність технологій, пов'язаних загальною функцією.

Сукупність підприємств, що характеризуються єдністю економічного призначення вироблюваної продукції, однорідністю сировини, що переробляється, спільністю технічної бази та професійних кадрів, складає галузь промисловості.

З'єднання спеціалізованих галузей становить комплексну галузь. За впливом на предмет праці галузі розподіляють на видобувні та переробні.

*Виробничий процес (ВП)* – сукупність дій, у результаті яких вихідні матеріали і напівфабрикати перетворюються в готову продукцію, що відповідає своєму призначенню. Розрізняють основний і допоміжний ВП.

*Технологічний процес (ТП)* – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана з послідовним перетворенням предмета праці в продукт виробництва.

У виробничій системі чільна роль належить технологічному процесу, оскільки його вдосконалення визначає напрям перетворення, забезпечує частини виробничої системи, а в кінцевому підсумку і вдосконалення самої виробничої системи. Під час аналізу технології для виділення конкретного ТП з ряду однотипних застосовують параметри власне



ТП (температура, тиск та ін.). Для порівняння однотипних ТП застосовують загальні для цього ряду параметри (енергомісткість, витрата матеріальних ресурсів на одиницю продукції, продуктивність). Для виявлення закономірностей розвитку ТП застосовують параметри, що володіють найбільшою спільністю (витрати "живої" і минулої праці всередині ТП). Узагальнювальним показником ефективності ТП є собівартість – сукупність матеріальних і трудових витрат.

Удосконалення будь-якого ТП здійснюється за рахунок ефективності використання минулої праці та зниження витрат "живої" праці.

Вивчення динаміки розвитку ТП проводять на базі елементарного ТП, під яким розуміють найменш складний ТП, що за подальшого спрощення втрачає свої характерні ознаки.

Класифікують технологічні процеси на фізичні, хімічні та комбіновані. Однак може бути класифікація за способом організації процесу, за видом використовуваної сировини, за кратністю його оброблення та іншими (організаційним, сировинним і технологічним) ознаками.

За способом організації технологічні процеси поділяються на періодичні, безперервні та комбіновані. Періодичні (виплавка сталі, лиття у форму й інше) проводяться на обладнанні, яке завантажується вихідними матеріалами через певні проміжки часу; після їхнього оброблення отриманий продукт вивантажується. Безперервні процеси (розливання сталі, перероблення нафти, виробництво цементу) здійснюються в апаратах, де надходження сировини і вивантаження кінцевих продуктів виробляються безперервно. Комбіновані процеси є поєднанням стадій періодичних і безперервних процесів (потоківі лінії механічного оброблення деталей, коксування вугілля, робота доменної печі).

За кратністю оброблення сировини розрізняють: процеси з розімкненою (відкритою) схемою, у якій сировина або матеріал піддаються одноразовому обробленню; процеси із замкнутою (круговою, циркуляційною або циклічною) схемою, у яких сировина і допоміжні матеріали неодноразово повертаються в початкову стадію процесу для повторного оброблення, а іноді й регенерації (відновлення втрачених властивостей); комбіновані (зі змішаною схемою).

*Карта ТП* – технологічний документ, що містить опис процесу виготовлення, складання або ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення) за всіма операціями одного виду робіт, що виконуються в одному цеху в технологічній послідовності із зазначенням даних про засоби

технологічного оснащення, матеріальних і трудових нормативах. У ній визначаються також місце роботи, вид і розміри матеріалу, основні поверхні оброблення деталі, її установка, робочий інструмент і пристосування, а також тривалість кожної операції.

Час, необхідний для виготовлення виробу за одиничного і дрібно-серійного виробництва, встановлюється приблизно на основі хронометражу або прийнятих норм, а за багатосерійного та масового виробництва – на основі розрахунково-технічних норм.

Типи виробництва: одиничне (характеризується високою кваліфікацією робітників); серійне (не потребує високої кваліфікації робітників, тому що номенклатура виробів обмежена); масове (має найбільш досконалу структуру і форму організації, ТП розробляється дуже детально).

### **Виконайте завдання**

Вивчіть основні та похідні одиниці СІ (міжнародну систему одиниць СІ розгляньте з точки зору одного з елементів технологічної системи).

### **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення терміну "технологія", "система технологій". Як ви їх розумієте?
2. Що таке "технологічний процес"? Наведіть його класифікацію.
3. Які типи виробництв ви знаєте? Наведіть приклади.

## **Практичне заняття 3**

### **Основні відомості щодо використання інформації за конструкторсько-технологічними документами під час оцінювання інновацій**

**Мета роботи** – ознайомитися з особливостями виконання графічних робіт із використанням універсального інструмента.

Згідно з ГОСТ 2.101-68 виробом називається будь-який предмет або набір предметів виробництва, які потребують подальшого виготовлення на підприємстві [1 – 3; 5]. Найпростішим видом виробу є деталь.

*Деталь* – це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу, без застосування складальних операцій. Зображення виробів на кресленнях здійснюють у вигляді проєкцій, виконуваних ортогональним проєктуванням виробів на відповідній площині (горизонтальній, фронтальній, профільній), виконуються за допомогою різних ліній.

Розглянемо основні лінії і їхнє призначення:

————— – суцільна основна лінія призначена для зображення ліній видимого контуру, ліній переходу, лінії контуру перетину (винесеного і входить до складу розрізу), її товщина – приблизно 0,5 – 1 мм; наприклад, деталь "вал";

----- – штрихова зображує лінії невидимого контуру (коли зображені дві паралельні штрихові – умовні розриви довгих зображень проєкцій), її товщина приблизно 0,3 – 0,5 товщини основної лінії; наприклад, шпонкові пази для кріплення зубчастого колеса на деталь "вал";

- - - - - – штрихова потовщена (товщина відповідає товщині основної лінії або на 10 ... 30 % більше за неї) зображує ділянки поверхні певної довжини, що піддаються фарбуванню або зміцненню (що потрібно врахувати під час приймання або купівлі та контролю якості виробу);

..... – штрихпунктирна тонка застосовується для проведення осьових (осесиметричні вироби), а також центрових ліній, що вказують центри кіл і дуг, товщина – приблизно 0,3 – 0,5 товщини основної лінії;

————— – суцільна тонка лінія (товщина – приблизно 0,3 – 0,5 товщини основної лінії) застосовується для розмірних виносних ліній, а також для штрихування в перетинах.

Деякі приклади використання ліній наведено на рис 1.

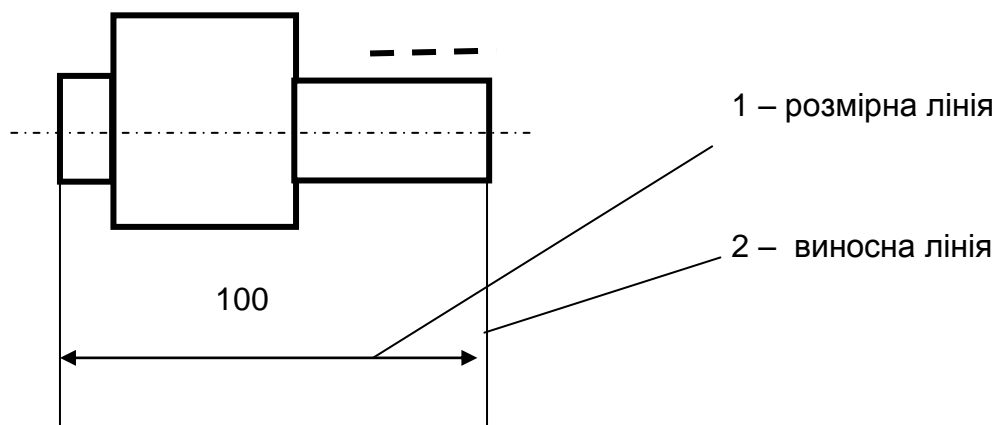


Рис. 1. Приклад використання різних типів ліній

Вимоги до оформлення креслень.

Креслення виконують на аркушах креслярського паперу. Стандартні розміри форматів аркушів креслень визначені ГОСТ 2.301-68. Відповідно до ГОСТ 2.104-68 креслення повинно мати, крім рамки формату, рамку поля креслення на відстані 20 мм від лівого краю формату, від трьох інших сторін – на відстані 5 мм (рис. 2).

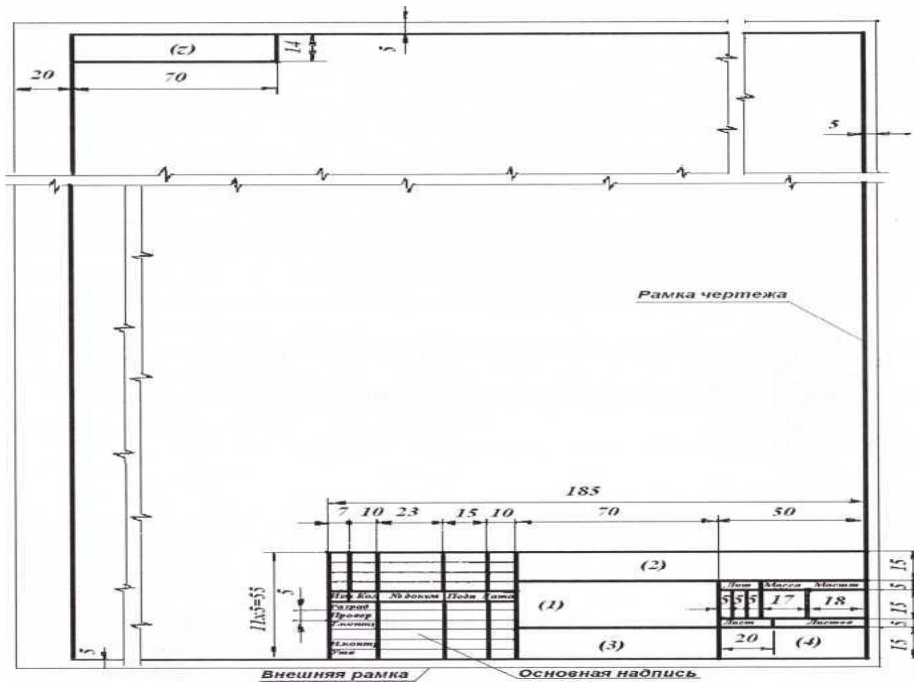


Рис. 2. Розташування рамки поля креслення і основного напису на аркуші в рамці формату

Рамка поля креслення виконується суцільною основною лінією. Креслення супроводжується основним написом, який розміщують у правому нижньому куті уздовж будь-якого боку формату (А4, А3, А2, А1 тощо). Основний напис розташовують тільки вздовж короткого боку.

Зображення предмета може бути виконано в натуральну величину, зменшено або збільшено. Ставлення лінійних розмірів на кресленні до лінійних розмірів самого предмета називається масштабом. ГОСТ 2.302-68 встановлює такий ряд масштабів зображень на кресленнях:

масштаби зменшення: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:75; 1:100; 1:200;

натуральна величина: 1:1;

масштаби збільшення: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Підставою для визначення величини зображеного предмета і його частин слугують розмірні числа; правила нанесення розмірів встановлені ГОСТ 2.307-68. Розміри на кресленнях указують розмірними числами і розмірними лініями, які обмежують стрілками (рис. 3).



Рис. 3. Установлення розмірів на кресленнях

Розмірні числа наносять над розмірною лінією якомога ближче до її середини. Висоту цифр приймають не менше 3,5 мм. Зазор між розмірним числом і розмірною лінією – близько 1,0 мм. Розмірна лінія проводиться паралельно до відрізка, розмір якого наноситься, а виносні лінії – перпендикулярно до розмірних (див. рис. 3).

Виносні лінії мають виходити за кінці стрілок розмірних ліній на 1 – 5 мм. Не можна використовувати за розмірні лінії контурні, осьові, центрові та виносні лінії.

Розміри кутів указують у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниць вимірювання. Під час нанесення розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у його вершині, а виносні лінії – радіально (див. рис. 3).

Розмірні числа лінійних розмірів за різних нахилів розмірних ліній мають у своєму розпорядженні позначення одиниць вимірювання, як показано на рис. 3 (а), а кутові розміри наносять так, як показано на рис. 3 (б).

У заштрихованій зоні розмірні числа слід наносити на полицях ліній виносок (див. рис. 3 (а)). Якщо для написання розмірного числа мало місця над розмірною лінією, то розміри наносять за внесеною лінією над розмірною подовженою лінією.

Перед розмірним числом діаметра наносять знак  $\varnothing$ . Для кіл малого діаметра розмірні лінії, стрілки і сам розмір наносять із зовнішнього боку.

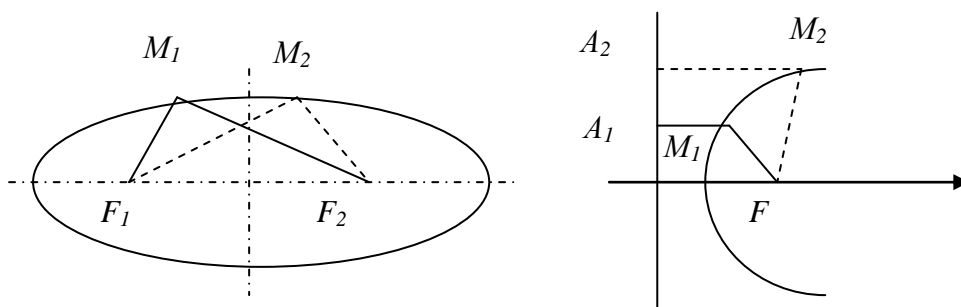
Перед розмірним числом радіуса дуги завжди пишуть прописну латинську букву R, розмірну лінію проводять у напрямі до центру дуги і обмежують тільки однією стрілкою, що впирається в дугу або її продовження.

Багатолекальні криві (коло, еліпс, парабола та ін.) є складовою багатьох виробів або їхніх частин.

Окружність – сукупність точок, що розташовані на однаковій відстані від однієї – центральної, може утворювати кулі або тори (поверхню тора утворюють окружність, що обертається навколо осі, паралельної осі симетрії окружності та віддаленої від неї на деяку відстань). Ці вироби (куля або тор) можуть бути резервуарами, наприклад, для зберігання палива; їхні частини – поверхнями машин або коліс і т. д.).

Еліпс – сукупність точок (рис. 4), сума відстаней від кожної з них до двох інших, розташованих на великій осі еліпса, що називаються фокусами (точки  $F_1$  і  $F_2$ ), однакова – утворює еліпсоїди (обертання навколо утворює осі симетрії), що використовуються завдяки аеродинамічним або гідродинамічним властивостям як корпуси повітряних або річкових суден, резервуари (еліптичні днища).

Парабола – сукупність точок  $M_1$ ,  $M_2$  і т. д., відстані від будь-якої однієї точки, що називається фокусом (точка  $F$ ), до іншої точки, розташованої на прямій (що називається директрисою) рівні між собою – утворює параболоїд, наприклад, параболічні антени та ін.



Еліпс:  $F_1M_1F_2 = F_1M_2F_2$

Парабола:  $A_1M_1 = M_1F$ ;  $A_2M_2 = M_2F$

**Рис. 4. Основні властивості еліпса і параболи**

Приклад побудови еліпса наведено на рис. 5. Еліпс будується так: радіусами, що дорівнюють великій і малій півосі еліпса ( $a/2$  і  $b/2$ ), проводять окружності, які ділять на 12 рівних частин (на колі, діаметром, що відповідає великій осі, а це точки 0, 1, 2 ... 11) – для цього спочатку

ділять окружність на 6 частин, а потім, змістивши ніжку циркуля на 90°, знову ділять окружність на 6 частин.

Знайдені точки з'єднують променями (наприклад, 1 – 7). Із точок перетину прямих із колами, на великому і малому колі, проводять до перетину, відповідно, перпендикуляри і горизонталі. Точки перетину перпендикулярних і горизонтальних ліній з'єднують лекальними кривими.

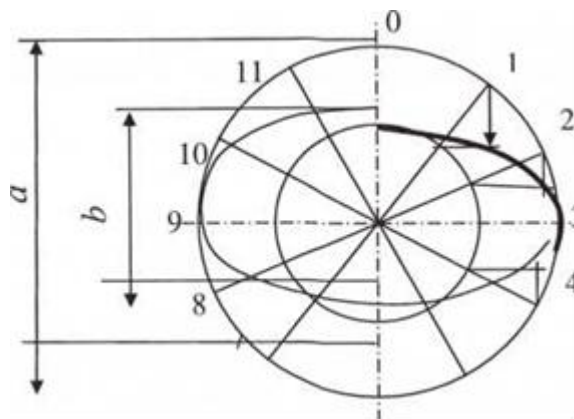


Рис. 5. Побудова еліпса

Співвідношення малої і великої осей еліпса називається його ексцентриситетом:

$$\varepsilon = a / b.$$

### Виконайте такі завдання

1. На аркушах паперу формату А3 або А4 залежно від заданого діаметра окружності, не менш ніж 100 мм, побудуйте, виконуючи окружності тонкими лініями, багатокутники (шести-, семи-, трьох- і п'ятикутники).

2. Побудуйте еліпс із заданим ексцентриситетом (0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4 – розподілення на вимогу викладача).

### Контрольні запитання

1. Які особливості виконання сполучень?
2. Як наносяться розміри?
3. Чим відрізняється парабола від еліпса? Як це позначається на властивостях виробів?

## Практичне заняття 4

### Загальні відомості про використання під час впровадження інновацій методів розрахунку на міцність на прикладі систем "брус", "балка"

**Мета роботи** – вивчити основні відомості про поведінку технологічних систем за умови впливу навантажень.

Під час проектування (технологічних процесів, різних виробів і т. д.) широко використовують розрахунки на міцність і жорсткість, які залежно від місця в усьому процесі проектування і конструювання технологічної системи можуть бути проектними та перевірчими.

Для обчислення цих силових факторів (сили, моменту) використовують шість рівнянь рівноваги, застосовуючи їх до умовно відтятої частини виробу:

$$\begin{array}{lll} \Sigma X = 0; & \Sigma Y = 0; & \Sigma Z = 0; \\ \Sigma M = 0; & \Sigma M = 0; & \Sigma M = 0. \end{array}$$

У багатьох випадках кількість необхідних рівнянь може бути зменшено і завдання оцінювання міцності виробу істотно спрощено. Знаючи значення внутрішніх сил або моментів сил, можна визначити і розташування небезпечного перетину, і величину діючих у ньому напруг. У загальному випадку умова міцності має вигляд:

$$\sigma \text{ (або } \tau) = A/B \leq [\sigma] \text{ (або } \tau),$$

де  $\sigma$ ,  $\tau$  – відповідно, нормальні та дотичні напруження;

$A$  – найбільше значення навантаження в небезпечному перерізі залежно від характеру дії навантажень (під час розтягування або стиснення – сила, під час вигинання або кручення – момент сили, відповідно, згинальний або крутний);

$B$  – геометрична характеристика перетину (його площа під час розтягування або стиснення чи момент опору під час вигинання або кручення);

$[\sigma]$  – допустиме напруження, визначається як відношення межі міцності (для крихких матеріалів) або межі текучості (для пластичних матеріалів) до заданого значення коефіцієнта запасу міцності.



Відзначимо, що кращі конструкційні матеріали відрізняються високою міцністю за малого показника власної щільності. Коефіцієнт конструктивної якості (к. к. я.) будівельного матеріалу розраховується як відношення показника міцності до відносної щільності.

Розглянемо приклади визначення внутрішніх сил і напруг.

Розрахункова схема: розтягування або стиснення.

Під час розтягування або стиснення напруги в кожному перетині визначаються як  $\sigma = N / F \leq [\sigma]$ .

Внутрішні сили в перетинах I – I, II – II і III – III знаходяться відповідно до умов рівноваги  $\Sigma X = 0$ :

$$N = P_1; N = P_1 - P_2; N = P_1 - P_2 + P_3.$$

Після знаходження в кожній із ділянок бруса значення поздовжньої сили, можна визначити положення небезпечного перетину, дієву в ньому поздовжню силу і максимальне напруження.

Завдання:

1. Самостійно, використовуючи рис. 6, ознайомтеся з методикою побудови епюр поздовжніх сил, напружень і подовжень.

Епюра поздовжніх сил.

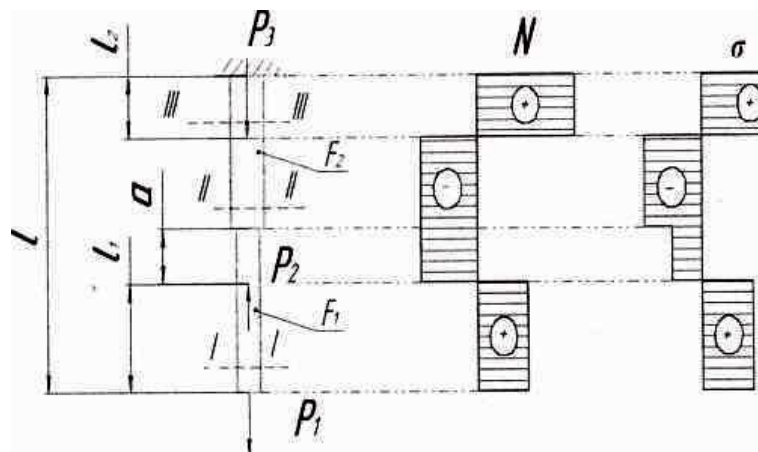


Рис. 6. Розрахункова схема:

а – епюра внутрішніх сил;

б – епюра під час розтягування або стискання

2. Для одного з варіантів (табл. 1) дії зовнішніх сил (рис. 6) визначте внутрішні сили і напруги, їхній розподіл (епюру). Матеріал бруса – чавун СЧ20, дерево, сталь 45 (варіант узгодити з викладачем). Оцініть

зміну довжини сталевого (або з іншого матеріалу) ступеневого стрижня  $E = 2,1 \times 10^5$  МПа. Порівняйте їхнє значення з гранично допустимими (коефіцієнт безпеки 1,5; 2; 2,5). Запропонуйте раціональні розміри конструкції.

Під час чистого вигиння поперечні сили і дотичні напруження відсутні (у багатьох практично важливих випадках ними нехтують); визначення внутрішніх сил зводиться після складання розрахункової схеми до написання рівнянь рівноваги. У ході визначення опорних реакцій необхідно так скласти рівняння, щоб у кожне з них входило тільки одне невідоме. Цього можна досягти, складаючи, наприклад, два рівняння моментів щодо опорних точок. Тоді, визначивши реакції (наприклад, А і В, див. рис. 6), зазвичай проводять перевірку за рівнянням  $\Sigma Y = 0$ . Інакше кажучи, сума вертикальних реакцій має дорівнювати сумі всіх вертикальних зовнішніх сил.

Розглянемо конкретний приклад (рис. 7). Під час визначення внутрішніх сил ( $M$ ,  $Q$ ) в будь-якому перетині необхідно розрізати (подумки) у цьому перетині балку на дві частини і розглянути рівновагу однієї з відсічених частин. Дія відкинutoї частини замінюється внутрішніми силовими факторами  $M$  і  $Q$ , які й знаходяться з рівнянь рівноваги.

Таблиця 1

### Вихідні дані для розрахунків рівнянь рівноваги

№ п/п	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$P_3$ , кН	$F_1$ , см <sup>2</sup>	$F_2$ , см <sup>2</sup>	$l$ , см	$l_1$ , см	$l_2$ , см	$a$ , см
1	200	500	700	10	20	150	50	40	60
2	600	200	500	1	2	150	50	40	60
3	500	0	700	2	4	100	50	20	30
4	200	700	500	4	8	150	50	40	60
5	7 000	2 000	2 000	10	20	150	50	40	60
6	200	500	600	10	20	150	50	40	60
7	200	200	500	1	2	250	50	140	60
8	200	0	500	10	20	150	50	40	60
9	700	400	700	20	10	150	50	40	60
10	600	200	0	10	20	230	50	130	50
11	200	300	700	10	20	150	50	50	50
12	100	200	150	10	20	250	80	120	50

Опорні реакції А і В знаходяться із рівнянь рівноваги. З рівняння  $\Sigma X = 0$  легко встановити, що горизонтальна реакція Н у нерухомій опорі дорівнює нулю, оскільки всі сили, крім однієї реакції Н, проектується на вісь х у нуль. Для визначення реакцій А і В складемо два рівняння моментів  $\Sigma M = 0$  щодо точок а і б, тоді в кожне рівняння рівноваги буде входити тільки одне невідоме. Так, визначаючи реакцію А, візьмемо момент всіх сил щодо точки б:

$$\Sigma M_b = P_1 \times (l_3 + l_4) + q \times (l_3 + l_4 - (l_1 + l_2) / 2) - A \times (l_3 - l_1 + l_4) + P_2 \times l_4 - M = 0.$$

Якщо реакція лівої частини вийшла позитивною, то це свідчить про те, що напрям реакції А збігається з тим, яке передбачалося на початку розрахунку. Якщо б вийшов знак "мінус", то треба було б змінити напрям реакції на зворотне. Для визначення реакції правої опори необхідно скласти інше рівняння рівноваги, наприклад, моментів щодо лівої опорної точки (або, проєкцій сил на вісь у):

$$\Sigma M_a = -P_1 \times l_2 + q \times \left( \frac{l_4^2 - l_2^2}{2} \right) + P_2 \times l_1 - R_b \times l + M = 0.$$

Із цього рівняння можна визначити необхідну реакцію  $R_b$ :

$$R_b = \frac{M + 0,5q \times (l_4^2 - l_2^2) + P_2 \times l_2 - P_1 \times l_1}{l}.$$

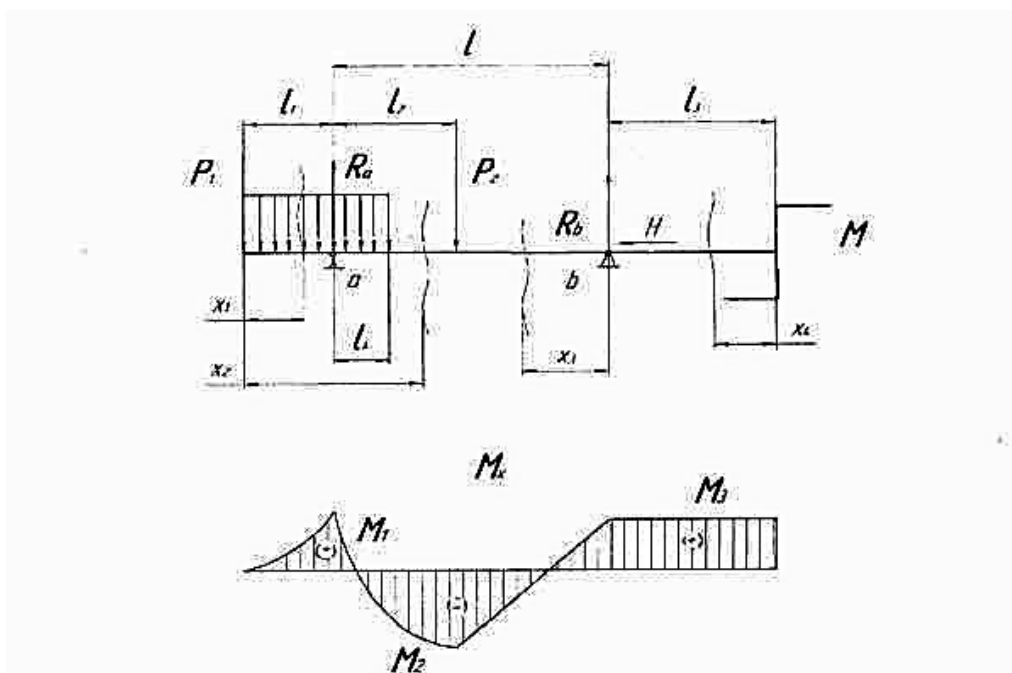


Рис. 7. Розрахункова схема (а) і епюра моментів (б)

Реакцію  $R_a$  можна знайти за рівнянням  $\Sigma M_b = 0$ :

$$\Sigma M_b = M - P_2 \times (l - l_2) + q \times l_2 \times ((l_2 / 2) + l) - q \times l_4 \times (l - (l_4 / 2)) - P_1 \times (l_1 + l) + R_a \times l = 0.$$

### Виконайте такі завдання

1. Підберіть оптимальні розміри поперечного перерізу балки (для матеріалів, наприклад, сталь 45, чавун ВЧ 40; коефіцієнт безпеки – 1,5; 2; 2,5 – узгодити з викладачем) прямокутного перерізу із співвідношенням сторін 1, 2, 3, 0,5, 0,25 для розрахункової схеми, заданої в табл. 2 (відповідно до варіанта завдання).

2. Наскільки зміниться маса балки прямокутного перерізу, якщо міцність матеріалу балки збільшити у 2, 4, 8 разів? Оцініть те ж саме під час збільшення висоти перетину, відповідно, у 2, 4, 8 разів.

Таблиця 2

### Варіанти завдань під час вигинання

№ п/п	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кНм	$l_1$ , м	$l_2$ , м	$l_3$ , м	$l_4$ , м	$l_5$ , м
1	4	16	2	8	2	2	7	3	2
2	16	16	2	8	2	2	7	3	2
3	4	16	2	4	2	2	7	3	2
4	4	10	2	8	2	2	5	3	2
5	2	16	2	8	2	2	7	3	2
6	4	16	0	8	2	2	7	3	2
7	0	16	2	8	2	2	7	3	2
8	4	16	2	8	2	5	7	3	2
9	4	16	2	8	2	2	7	0	2
10	2	8	2	5	2	2	7	3	2

### Контрольні запитання

1. Які види розрахунків під час проектування прийнято використовувати в загальному випадку?
2. Яким чином складають розрахункові схеми і для чого?
3. Які використовують рівняння для проведення розрахунків на міцність (під час вигинання, кручення, розтягування або стискання)?

## Практичне заняття 5

### Структурно-технологічні схеми технологічних процесів та їхнє використання під час створення й оцінювання технологічних новацій

**Мета роботи** – загальне ознайомлення з організацією виробничого процесу.

У загальній характеристиці виробничого процесу вказують: наявну організацію виробництва в цеху, на заводі; річну програму, норми часу і річну трудомісткість; характеристику деталей; визначення або характеристику типу виробництва, величини партії деталей для серійного виробництва, такт випуску для масового виробництва, маршрутну карту оброблення деталей [6].

Опис наявної організації виробничого процесу містить: режим роботи підприємства (кількість змін, їхню тривалість, кількість робочих днів на тиждень та ін.); метод організації виробничого процесу (за замовленнями, партіями, потоковий); вид руху деталі у виробничому процесі (послідовний, рівнобіжний, послідовно-рівнобіжний); тривалість технологічного циклу; багатостадійне обслуговування і поєднання професій (на яких верстатах, операціях); забезпечення робочих місць заготовками; способи переміщення заготовок, деталей від верстата до верстата (транспортні, вантажопідйомні засоби); забезпечення робочих місць різальним і вимірвальним інструментами, пристроями; порядок видачі завдання та приймання його виконання; технічний контроль; вимоги охорони праці та техніки безпеки.

*Вибір і обґрунтування технологічного процесу механічного оброблення деталей.*

Загалом план механічного оброблення може бути подано у вигляді таблиці (табл. 3), що за структурною схемою подібна до маршрутної карти.

За допомогою маршрутної карти дається оцінка досконалості технологічного процесу, відповідності його базовому варіанту оброблення однотипних деталей, здійснюється вибір баз, виявляються вузькі місця, де можливо провести технологічні заходи.

**Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі**

№ операцій	Найменування та короткий зміст операцій	Тип і модель верстата	Пристрої, різальний інструмент	Норма часу на одну деталь, хв	Примітка

У випадку введення в діючий технологічний процес нових операцій або істотної зміни вже наявних операцій у технологічній частині проекту розкриваються такі питання: указують порядковий номер операції, її мету, призначення; зазначають найменування операції та короткий її зміст; указують поверхні деталі, що є в цій операції технологічними базами, їхню характеристику відповідно до прийнятої класифікації цих баз; зазначають структуру операції, тобто кількість установ, позицій, переходів, їхній зміст; обґрунтовують необхідні верстати для цієї операції; вибирають і обґрунтовують верстатні пристрої для зазначеної операції; вибирають різальні інструменти для цієї операції; вибирають засоби операційного контролю; визначають режими різання; установлюють норми часу в цій операції; визначають розряд роботи, що може бути використаний для встановлення розцінок.

Від правильного вибору технологічної бази залежить якість оброблення деталей. Під час вибору прагнуть до поєднання баз, сталості баз.

*Обґрунтування заготовок для одержання деталей.*

Обґрунтовуючи заготовки, необхідно розкрити такі питання: опис можливих варіантів виробництва заготовок і обґрунтування обраного методу отримання заготовок, причому вибір того або іншого виду заготовок (кування, штампування, прокат, виливки у кокілях) повинен мати коротке техніко-економічне обґрунтування. Метод отримання заготовок має велике значення, оскільки від нього залежить економічність процесу механічного оброблення, витрата матеріалу, трудомісткість виробу та собівартість його виготовлення; вибір і обґрунтування величини загального припуску на механічне оброблення поверхонь деталі; вибір допусків на розміри заготовок; визначення розмірів і маси заготовок; виконання креслення заготовки.

*Визначення припусків на механічне оброблення.*

Для оброблення поверхонь заготовки з метою досягнення розмірів і шорсткості готових деталей необхідно за кожним переходом визначитися з режимами оброблення. Товщина шару, що різеться, буде встановлюватися між операційними припусками.

Під час використання табличного методу вибір припусків ведуть за довідниками [2; 7].

*Вибір і обґрунтування устаткування, верстатних пристроїв, різальних інструментів, засобів технічного контролю.*

Під час вибору верстатів керуються техніко-економічними міркуваннями.

Вибір верстатних пристроїв проводиться залежно від характеру операції, моделі верстата, типу виробництва. Правильний вибір верстатних пристроїв може дати значний економічний результат. Спеціальні пристрої вибираються за альбомами, матеріалами підприємств.

Вибір різальних інструментів має забезпечувати високі показники механічного оброблення заготовок. Вибирають високопродуктивні інструменти, що забезпечують найбільш повне використання можливостей верстатів. Для вибору нормалізованих різальних інструментів застосовують державні стандарти (ГОСТ, ДСТУ), технологічні довідники.

Для шліфувальних робіт здійснюється вибір абразивних кругів. Приймають форму, розміри кругів відповідно до паспортних даних, а також сорт абразивного матеріалу, його зернистість, твердість, матеріали зв'язування. Можуть бути використані алмазні круги, пасти.

У кожній операції механічного оброблення деталей потрібно проводити перевірку розмірів обробленої поверхні, її шорсткості, окремих пунктів технічних вимог. Для цього вибирають засоби технічного контролю, застосовують нормальні, універсальні та спеціальні вимірювальні засоби.

*Технічне нормування операцій технологічного процесу.*

Визначення норм часу ведуть розрахунково-аналітичним методом [8]. До того ж враховують оптимальні режими різання, своєчасне забезпечення робочого місця всім необхідним.

Розрахунок технічних норм часу ведуть у такій послідовності. Визначають машинний час оброблення деталей (основний час) ( $t_m$ ) на основі обраних режимів різання для кожного переходу операції. Далі встановлюють час на установку, зняття деталі, переходи, який називають допоміжним ( $t_b$ ). Його беруть за нормативами для кожного установлення, переустановлення, переходу. Від суми машинного допоміжного часу (оперативного) у відсотках знаходять час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця (зміну інструмента, регулювання пристроїв, налагодження устаткування, змащення, розкладання інструмента) ( $t_{техн}$ ,  $t_{орг}$ ) і час на відпочинок та особисті потреби робітників ( $t_{отл}$ ). Величину відсотка оперативного часу беруть за довідником [4].

Шляхом підсумовування часу за всіма зазначеними елементами знаходять штучний час оброблення деталей ( $T_{шт}$ ):

$$T_{шт} = T_m + T_B + T_{техн} + T_{орг} + T_{отл}$$

Штучно-калькуляційний час ( $T_{ш.к.}$ ) на операцію визначають підсумовуванням штучного та підготовчо-заключного часу ( $T_{п.з.}$ ) і діленням на кількість деталей у партії ( $n_d$ ) (для масового і великосерійного виробництва не визначають):

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + T_{п.з.} / n_d$$

Технологічним заходом може бути новий або удосконалений пристрій. Економічну ефективність пристроїв визначають шляхом порівняння технологічної собівартості виконання цієї операції до удосконалення та після удосконалення пристроїв.

### **Виконайте такі завдання**

Для з'єднань, виданих викладачем, визначте граничні відхилення для сполучених циліндричних деталей; побудуйте схему розташування полів допусків з'єднань; визначте граничні розміри валів та отворів, найбільші та найменші проміжки й натяги в з'єднанні.

### **Контрольні запитання**

1. Які основні етапи організації виробничого процесу ви знаєте?
2. Зробіть обґрунтування вибору заготовок.
3. Назвіть основні пункти маршрутної та технологічної карт.

## **Практичне заняття 6**

### **Ознайомлення з методами інженерного оцінювання технологічних параметрів в інноваційних системах**

**Мета роботи** – ознайомлення з основними методиками проектування та оцінювання технологічних параметрів в інноваційній системі.

У цій роботі розглянуто методику інженерного оцінювання параметрів процесу проектування різального інструмента на основі методу розгортання функцій якості з урахуванням вимог споживача та інженерних



характеристик для кожного етапу процесу. Для оцінювання параметрів процесів проектування інструменту використовують різні методи (метод планування експериментів, метод кінцевих елементів, методи аналізу і синтезу проектних рішень та ін.) [1]. У рамках мінливих обставин ринку і підвищення вимог до якості проектних рішень актуальним є використання методу розгортання функцій якості. Основним завданням цього методу є виявлення вимог споживача до процесів проектування, обґрунтування й оцінювання технічних характеристик, які відповідають цим вимогам. У результаті аналізу технічних характеристик розробляють рекомендації з управління етапами процесів проектування різального інструмента.

Етапи оцінювання за допомогою методу розгортання функцій якості: визначення вимог споживача до виробу або процесу, визначення рангу важливості вимог споживача: а) із застосуванням матриці парних порівнянь (більш точний); б) розстановкою балів важливості експертами; в) вибір технічних характеристик, що впливають на виконання вимог споживача; г) оцінювання ступеня їхнього впливу; д) визначення абсолютної і відносної важливості інженерних характеристик. Метод розгортання функцій якості дозволяє порівнювати параметри проекрованої деталі з параметрами готової деталі, визначити економічну і технічну можливість реалізувати виготовлення деталі. Завдання виробника полягає в тому, щоб за допомогою різних методів перетворити вимоги споживача в інженерні характеристики деталі. Проектування на основі розгортання функцій якості відносять до методичного забезпечення системи автоматизованого проектування (САПР) [8]. Тільки після того, як ця робота закінчена, виробник може відповісти на питання, що потрібно зробити, щоб задовольнити очікування споживача. Питання автоматизованого проектування спеціальних різальних інструментів на прикладі протягання розглянуті в роботі [4]. Під час проектування спеціального різального інструмента в автоматизованому режимі враховують такі вимоги споживача (ранжування для кожного пункту вимог в межах 1 – 3):

1. Ступінь відповідності матеріалу різального елемента протягання властивостям оброблюваної деталі за параметром оброблюваності матеріалу.
2. Складність геометрії оброблюваної деталі в зоні оброблення.
3. Кваліфікація інженера проектувальника.
4. Ступінь новизни проектованого виробу порівняно з аналогами.

5. Наявність під час проектування процесів пошуку оптимальних рішень і параметрів на кожному етапі проектування з метою досягнення необхідних характеристик виробу.

6. Рівень стандартизації проектного рішення (ступінь відповідності державним нормативам ДСТУ, ГОСТ та стандартам підприємства СТП).

7. Обсяг використовуваних під час проектування даних, які обирають з електронних бібліотек різального інструмента і супутніх баз знань.

8. Рівень використання під час проектування довідкових матеріалів за режимами оброблення.

9. Ефективність роботи конструкторського бюро різальних інструментів.

10. Варіативність процесу проектування залежно від зміни параметрів технічного завдання, наприклад, якщо змінилася матеріалорізальна частина, має бути забезпечений швидкий пошук необхідного типорозміру протягання в базах знань.

11. Коректність геометричних моделей і креслень і ступінь відповідності технічних вимог креслення технологічними параметрами процесу протягання.

За інженерні характеристики обрані такі, які впливають на різні вимоги споживача, за якими можна порівнювати проєктований різальний інструмент із різальним інструментом інших виробників:

1. Рівень механічних властивостей оброблюваного матеріалу і матеріалу різальної частини інструмента (межа міцності, твердість і т. д.).

2. Рівень точності виконання готового інструмента на відповідність вимогам креслення інструмента і його 3D-моделі.

3. Рівень формалізації конструкторського рішення (у вигляді методик, формул, математичних моделей, графічних залежностей).

4. Рівень і якість методичного забезпечення проектування – рекомендацій із проектування (у вигляді алгоритмів і процедур).

5. Ступінь уточнення параметрів різального інструмента на поточному етапі процесу проектування порівняно з попереднім етапом.

6. Рівень стандартизації конструкторських рішень за кількістю використаних у процесі проектування різального інструмента нормативних актів, ГОСТів, СТП.

7. Обсяг використовуваних під час проектування даних.

8. Рівень інформаційного забезпечення за кількістю використаних у процесі проектування довідкових матеріалів.

9. Рівень ризику прострочення виконання проекту.

10. Рівень ризику, пов'язаний із можливістю зміни термінів і вартості процесу проектування.

11. Рівень точності геометрії моделі деталі в зіставленні з готовою деталлю і ступеня відповідності технічним вимогам креслення.

Під час проектування технологічного процесу виготовлення різального інструмента в автоматизованому режимі враховують такі вимоги споживача:

1. Коректність рекомендацій із проектування.

2. Якість і точність (шорсткість і допуск на розмір) обраних конструктивних елементів різального інструмента.

3. Номенклатура операцій технологічного процесу.

4. Певна сукупність технологічних пар (інструмент – деталь).

5. Оптимальний технологічний процес виготовлення різального інструмента (за собівартістю, продуктивністю і якістю оброблення).

Інженерні характеристики під час проектування технологічного процесу виготовлення різального інструмента:

1. Алгоритми і правила проектування.

2. Точність конструктивних елементів різального інструмента.

3. Собівартість і продуктивність технологічних операцій.

4. Режими різання для заданої пари інструментального і оброблюваного матеріалів (температура, швидкість, сила різання, напруга в різальному інструменті).

5. Число операцій технологічного процесу.

Витяг інформації про кожну характеристику різального інструмента, деталі та верстата в зоні оброблення, що зберігається в базах знань, дозволяє своєчасно отримати локальне рішення на певному етапі процесу проектування та виготовлення різального інструмента, скоротити час отримання готового виробу, який задовольняє задані обмеження і вимоги споживача.

Математичні закони розподілення розмірів використовуються на практиці в технології машинобудування для встановлення надійності проектованого технологічного процесу, розрахунку економічної доцільності використання високопродуктивних верстатів пониженої точності; розрахунку настройки верстатів; зіставлення точності оброблення заготовок за різного стану обладнання, інструмента, мастильно-охолоджувальної рідини; розрахунку кількості можливого браку в процесі оброблення та ін.

Вплив випадкових факторів виражається в розсіянні розмірів конкретного параметра досліджуваної партії заготовок, що обробляються за однакових умов. Таким чином, справжні (дійсні) розміри кожної заготовки оброблюваної партії є випадковими величинами і можуть приймати будь-які значення в межах певного інтервалу.

Сукупність значень справжніх розмірів заготовок  $n$ , оброблених за незмінних умов і розташованих у порядку зростання з зазначенням частоти  $m_i$  повторення цих розмірів, називають розподілом розмірів заготовок. Виміряні значення справжніх розмірів заготовок розбивають на інтервали і розряди  $N$ . Частість – це відношення кількості заготовок, дійсні розміри яких потрапили в цей інтервал  $m_i$ , до загальної кількості заготовок партії:  $m_i / n$ .

За різних умов оброблення заготовок розсіювання (розподіл) їхніх справжніх розмірів підпорядковується різним математичним законам: нормального розподілу (закон Гаусса), рівнобедреного трикутника (закон Сімпсона), що дорівнює ймовірності, закону ексцентриситету (закон Релея) та ін.

Найбільш часто розподіл дійсних розмірів заготовок, оброблених на налаштованих верстатах, підкоряється закону нормального розподілу, рівняння кривої якого має вигляд:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_i - L_{\text{сер}})^2}{2\sigma^2}},$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення.

$$\sigma = \sqrt{\sum (L_i - L_{\text{сер}})^2 \frac{m_i}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (L_i - L_{\text{сер}})^2 m_i},$$

де  $L_i$  – поточний розмір;

$L_{\text{сер}}$  – середнє арифметичне значення дійсних розмірів заготовок цієї партії.

$$L_{\text{сер}} = \sum L_i \frac{m_i}{n} = \frac{1}{n} \sum L_i \times m_i,$$

де  $m_i$  – частота (кількість заготовок цього інтервалу розмірів);

$n$  – кількість заготовок у партії.

Аналіз рівняння закону нормального розподілу показує, що крива нормального розподілу (рис. 8) симетрична осі ординат і асимптотично наближається до осі абсцис.

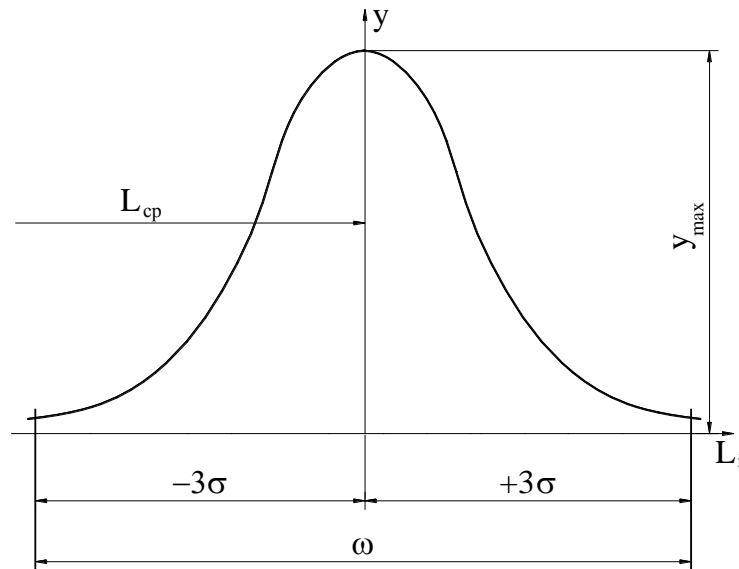


Рис. 8. Крива нормального розподілу (закон Гаусса)

Якщо  $L_i = L_{сер}$ , крива нормального розподілу має максимум  $y_{max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$ .

Розрахунок вірогідної кількості придатних деталей та браку під час механічного оброблення підкорюється закону нормального розподілу, тобто закону Гаусса [6]. Вірогідна кількість придатних деталей визначається відношенням суми площин ( $F_1 + F_2$ ) до площини  $F$ , що знаходиться між кривою та віссю абсцис. Зі зменшенням допуску відношення площин і вірогідна кількість придатних деталей зменшується, зі значним його розширенням – наближається до одиниці.

Математичні закони розподілу розмірів використовуються на практиці в технології машинобудування для встановлення надійності проектованого технологічного процесу, розрахунку економічної доцільності застосування високопродуктивних верстатів зниженої точності; розрахунку настройки верстатів; зіставлення точності оброблення заготовок за різного стану обладнання, інструмента, мастильно-охолоджувальної рідини; розрахунку кількості ймовірного браку в процесі оброблення і т. п.

### Виконайте такі завдання

1. За вихідними даними (результатами вимірювань партії, що складається з 50 заготовок) конкретного варіанта, який визначає викладач, визначте діапазон розподілення (поле розсіювання):

$$\omega = d_{\text{нmax}} - d_{\text{нmin}}.$$

2. За отриманими результатами побудуйте емпіричну криву розподілення.

3. Визначте статистичні характеристики отриманого розподілення.

4. Побудуйте теоретичну криву нормального розподілення за характерними точкам.

### Контрольні запитання

1. Що таке САПР?

2. Які є основні етапи оцінювання за допомогою методу розгортання функцій якості?

3. Як ви розумієте закон нормального розподілу?

## Практичне заняття 7

### Загальні відомості про особливості оцінювання ресурсо- та енергозбереження в інноваційних технологічних системах

**Мета роботи** – навчити студента розуміти складні переплетіння природних зв'язків, свою залежність від біосфери і залежність біосфери від людини, і відповідно до цього належним чином вміти поводитися в житті.

Науково-технічна революція (НТР) інтенсифікує використання людиною природних ресурсів у величезних масштабах. Однак нерідко вважається не вигідним удосконалювати технологію перероблення природної сировини, енергії, утилізувати відходи виробництва. Так, наприклад, працю лісорубів на 90 % механізовано, а посадка молодого лісу і догляд за ним проводиться вручну, відновлення лісу відсутнє. Разом з тим кожен рік із надр землі добувають мільярди тонн руди, спалюють мільярди тонн палива. Тільки за рік у водойми потрапляють сотні мільярдів тонн промислових і побутових стоків, у ґрунт вноситься 300 млн т мінеральних

добрив, в атмосферу викидається 20 млрд т вуглекислого газу і понад один мільярд тонн інших з'єднань.

У світовий океан виливають близько 10 млн т нафтопродуктів, з яких 34 % зливає морський транспорт, 38 % потрапляє з господарсько-побутовими стоками, 10 % – з атмосфери, 6 % – від катастроф танкерів. Одна тонна нафти покриває плівкою 12 квадратних кілометрів поверхні океану, роблячи її неживою. Таким чином, НТР несе не тільки радість творення, а й тривогу за майбутнє навколишнього середовища – середовища проживання людини.

Ергономічні вимоги до технології визначаються властивостями людини, характеристиками середовища використання і пред'являються для підвищення ефективності функціонування людини у ході реалізації цієї технології. Під час оцінювання технологій можуть пред'являтися вимоги, що визначаються: антропометричними характеристиками людини (розміри тіла й окремих його частин в різних робочих позах і положеннях, динаміка змін розмірів тіла під час переміщення всього тіла або його частин у просторі, форма частин тіла та ін.); характеристиками рухової активності людини (сила, швидкість, економічність і обсяг виконавчих рухів); можливостями й особливостями функціонування органів чуття людини; особливостями сприйняття, пам'яті, мислення людини; впливом середовища на ефективність діяльності людини; необхідністю врахування в технології рівня професійної підготовки людини, що взаємодіє з цією технологією.

Ефективність функціонування людини у ході реалізації конкретної технології можна характеризувати показниками продуктивності, точності, безпомилковості роботи, стомлюваності людини, комфортабельності робочих умов.

За прийнятою в ергономіці класифікацією методів дослідження сучасного людинознавства всі методи поділяються на чотири групи. До першої групи входять методи, які умовно називають організаційними або підготовчими. До них належить система методологічних засобів, що забезпечують комплексний підхід до дослідження. Він реалізується протягом усього дослідження, а його ефективність визначають за кінцевими результатами. Характерною рисою міждисциплінарних досліджень є не синтез результатів, отриманих на основі незалежних досліджень, а організація такого дослідження, у процесі якого синтезуються подання різних дисциплін. До другої групи належать наявні емпіричні способи отримання наукових даних. Серед них: спостереження і самоспостереження; експериментальні

методи (лабораторний, виробничий експеримент), діагностичні методики (тести, анкети, соціометрія, бесіди); прийоми аналізу процесів і продуктів діяльності (хронометрія, циклографія, професіографічний опис, трудовий метод); моделювання (предметне, математичне, кібернетичне). Третю групу методів складають способи оброблення даних. До цих методів належать різні способи кількісного і якісного опису одержаної інформації. У четверту групу методів входять різні способи аналізу отриманих даних та цілісного опису діяльності людино-машинних систем. До методичного арсеналу ергономіки входить багато психофізіологічних методик: вимірювання часу реакції; психофізичні методики (визначення порогів і динаміки чутливості в різних модульностях); психометричні методи дослідження.

Ергономічні параметри безпосередньо не характеризують ергономічні властивості виробу, технології, але впливають на ступінь їхнього прояву в різних умовах, тобто визначають значення ергономічних показників.

Під екологічними параметрами розуміють властивості, що характеризують здатність технології, виробу впливати на зовнішнє навколишнє середовище.

*Навколишнє середовище проживання людини.*

Одна з основних причин недооцінки забруднення навколишнього середовища – її шкідливий вплив на людину і природу – проявляється не відразу, а через тривалий час.

*Земля.*

Сільськогосподарське виробництво здійснюється на землі. Із 14 млрд га для оброблення придатні 50 %, а обробляється всього 1 – 3 млрд га, які й забезпечують 90 % їжі. Щорічно населення планети збільшується на 1,5 %, що вимагає збільшення площ посівів. Однак чимало площ займають водосховища, житлові масиви та ін.

Розрізняють такі методи захисту рослин: агротехнічні; хімічні, біологічні. На жаль, вони застосовуються недостатньо. Майже половина мінеральних добрив, що вносяться в орні землі, осідає в біосфері, завдаючи їй шкоди. Треба більше застосовувати органічних добрив, краще засвоєваних рослинами і ґрунтом.

*Повітря.*

Газовий склад атмосфери змінюється, все менше і менше стає кисню. Тільки за один переліт від Москви до Америки турбіни лайнера спалюють 40 – 60 т атмосферного кисню, у той час як 400 млн автомобілів спалюють кисню набагато більше.



Польоти надзвукових літаків, запуск ракет, випробування ядерної зброї виділяють значну кількість речовин типу  $\text{NO}_x$ , їхня концентрація в атмосфері збільшується ще і в результаті мікробного розкладання азотних мінеральних добрив. Ці речовини, піднімаючись в стратосферу, вступаючи в хімічні реакції, руйнують озоновий екран Землі, що захищає її поверхню від жорсткого космічного випромінювання.

#### *Вода.*

Найдорогоцінніший мінерал землі – вода, необхідний провідник життя і учасник багатьох виробничих процесів. Зростання водоспоживання невиправдане як в побуті, так і в промисловому виробництві.

Стан біологічних ресурсів Світового океану викликає тривогу. Так, вивчення забруднення Північного моря показало, що в його води щорічно надходить 7 740 т свинцю, 5 900 т міді, 30 900 т цинку, 2 900 т хрому, 850 т кадмію, 3 700 т нікелю, 44 т ртуті. Дослідження ж Атлантичного океану свідчить про те, що в шельфових водах Європи та Північної Америки рівень нафтового забруднення у 2 – 3 рази вищий, ніж у відкритому океані.

#### *Проблема промислових відходів.*

Керівники підприємств, особливо зараз, в такий нестабільний для розвитку країни час, часто не розуміють всю складність проблеми охорони природи і нерідко викидають за межі свого підприємства шкідливі для навколишнього середовища відходи, які погіршують здоров'я людей, що гублять річки, ґрунт, тваринний світ і рослинність.

Безліч середніх і дрібних виробничих структур, у тому числі й новоутворених, викидають в атмосферу десятки мільйонів тонн шкідливих речовин, їхні концентрації у багато разів перевищують допустимі норми – все це замовчується, не контролюється.

#### *Шумове забруднення.*

Рівень шуму вимірюється в децибелах (дБ). Показники у 20 – 30 дБ не шкідливі для людини (80 дБ – допустима межа), звук же в 130 дБ викликає больові відчуття, а в 150 дБ стає нестерпним, в 180 дБ викликає втому металу, а в 190 дБ вириває заклепки з металоконструкцій. На центральних магістралях великих міст шум досягає 100 дБ і більше. І такий шум постійний.

Шум володіє кумулятивними властивостями – акустичне роздратування, накопичуючись в організмі, все сильніше пригнічує нервову систему. Під впливом сильного шуму в органі слуху відбуваються незворотні зміни.

Зорова реакція за умови шуму 90 дБ зменшується на 25 %.

Людство має звести до мінімуму свій вплив на природне середовище, не скорочуючи, а розширюючи виробництво. Охорона природи, раціональне використання природних ресурсів стали сьогодні однією з найважливіших державних завдань, від вирішення яких залежить благополуччя нинішнього і майбутнього поколінь.

З одного боку, НТР загострила проблему охорони навколишнього середовища, змусила по-іншому поглянути на багато явищ і процесів, що пов'язані з її забрудненням, а, з іншого – надала для вирішення ергономічних і екологічних проблем нові технології і науковий підхід.

### **Виконайте такі завдання**

1. Визначте, якою має бути висота стільця з точки зору ергономічних показників (для зросту конкретного студента).
2. Підберіть поєднання столу і стільця таким чином, щоб забезпечувалося зручне розташування тіла, що зберігає правильну поставу.
3. Запропонуйте можливі методи вторинного використання відходів різних галузей промисловості.

### **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення термінів "ергономіка" та "екологія".
2. Покажіть на прикладі значення екологічних та ергономічних параметрів у навколишньому середовищі.
3. Поясніть сутність терміна "НТР".

## **Практичне заняття 8**

### **Основні відомості про методи виготовлення металопродукції та напрями їхнього інноваційного оновлення**

**Мета роботи** – познайомитися з сучасними способами отримання заготовок деталей машин, устаткуванням і оснащенням для їхнього виготовлення.

Виділяють три групи факторів, що впливають на собівартість виготовлення деталей машин: конструкторські, технологічні та виробничі.

Конструкторські рішення забезпечують прийнятність деталі для виготовлення литвом, тиском, зваркою; матеріал; технічні умови на її виготовлення.

Технологічне рішення забезпечує спосіб формування заготовки, деталі та відповідного технологічного оснащення.

Виробничі фактори відображають характер і культуру виробництва, організаційний рівень виробництва.

Облік цих факторів під час проектування заготовки забезпечить мінімальні виробничі витрати, собівартість, праце- і матеріаломісткість.

### **Способи отримання заготовок**

#### *1. Отримання заготовок литвом.*

Для отримання відливаних використовують рідкий метал необхідного складу шляхом заповнення наперед приготованої форми.

*Литво в піщано-глинисті форми* економічно доцільно за будь-якого способу виробництва для деталей будь-якої маси та конфігурації, будь-яких габаритів, для отримання відливаних практично з усіх ливарних сплавів. Економічність підвищується зі збільшенням партії відливок, тобто з переходом від серійного виробництва до масового.

*Литво в оболонкові форми* – прогресивний спосіб отримання відливок з підвищеною чистотою поверхні та точністю розмірів. Рационально застосовувати в масовому та крупносерійному виробництві. Цей спосіб ефективніший порівняно з литвом у піщано-глинисті форми.

*Литво за моделями, що виплавляються*, – прогресивний спосіб отримання точних і складних за формою відливок із будь-яких ливарних сплавів. Це дозволяє отримувати тонкостінні відливки масою в декілька грамів. Литво за моделями, що виплавляються, є *найбільш* тривалим і трудомістким технологічним процесом серед усіх способів литва.

*Литво в металеві форми (кокіль)* – один з прогресивних способів отримання відливок із чавуну, сталі та кольорових сплавів масою від декількох грамів до десятків тонн. Економічна доцільність литва в металеві форми багато в чому залежить від стійкості форм, їхньої довговічності та вартості.

*Литво під тиском* за технологічними й економічними показниками займає провідне місце серед способів отримання відливаних, оскільки за найбільшого наближення форми і розмірів відливок до готової деталі, високої точності та чистоти поверхні цей спосіб забезпечує і найбільш

високий рівень продуктивності праці, можливість повної автоматизації технологічного процесу.

*Відцентрове виливання* – це спосіб виготовлення виливків, за якого метал, що заливається у форму, піддається дії відцентрових сил, що виникають у рідкому металі під час заливання у форму, що обертається, або в окремих випадках у результаті обертання вже заповненої металом форми.

Сутність методу *штампування рідкого металу* полягає в тому, що рідкий метал подають безпосередньо в металеву форму під тиском пресувального пуансона, відбувається ущільнення залитого металу.

Переваги цього ж методу перед гарячим об'ємним штампуванням: можливість виготовлення заготовок як з ливарних, металопластичних і крихких сплавів, що деформуються, так і з деформованих; незначні витрати на формоутворення приблизно в 6 – 8 разів менші, ніж під час гарячого об'ємного штампування.

## *2. Отримання заготовок обробленням металів тиском.*

Обробленню металів тиском можуть піддаватися ті метали та сплави, які володіють необхідним запасом пластичності, що забезпечує деформацію без порушення сумісності металу, тобто без його руйнування. Створюючи відповідні умови деформації, можна отримати необхідну технологічну пластичність.

Холодна деформація відбувається за таких температурно-швидкісних умов, коли в матеріалі протікає тільки один процес – зміцнення або наклеп металу.

Гаряча деформація здійснюється за таких температурно-швидкісних умов, коли в матеріалі протікають одночасно два процеси – наклеп і рекристалізація (зміцнення і знеміцнення), причому швидкість розміцнення дорівнює або вища за швидкість зміцнення.

Чим нижча пластичність матеріалу, тим важче отримати якісну заготовку, тим складніший технологічний процес (ТП) і вища собівартість деталі.

*Кування* – раціональний і економічно вигідний процес отримання якісних заготовок із високими механічними властивостями в умовах дрібносерійного й одиничного виробництва.

Є такі види об'ємного штампування: на штампувальних пароповітряних молотах подвійної дії, кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШ), горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), гідравлічних пресах, високошвидкісних молотах і спеціальних машинах (кувальні вальці, електровисадки).

*Штапування у відкритих штампах* характеризується тим, що штамп у процесі деформації залишається відкритим.

*Штапування у закритих штампах* – штамп у процесі деформації залишається закритим, тобто метал деформується в закритому просторі.

*Штапування у штампах для витискування* – найбільш прогресивний ТП гарячого штапування. Під час використання штампів для пресування (витискування) значно знижується витрата металу (до 30 %), підвищується коефіцієнт вагової точності, поковки виходять точні, максимально наближені за формою та розмірами до готових деталей, продуктивність праці збільшується в 1,5 – 2 рази.

*Штапування на кривошипних гарячештапувальних пресах (КГШП)* має ряд технологічних переваг порівняно зі штапуванням на молотах. До них відносяться: достатньо висока точність поковок (особливо за висотою); істотна економія металу та скорочення обсягу механічного оброблення за рахунок зниження припусків; форма поковки ближча до форми готової деталі; підвищення продуктивності праці в середньому в 1,4 рази; можливість повної автоматизації процесу; коефіцієнт корисної дії (ККД) пресів у три рази вищий, ніж у молотів; зниження собівартості виготовлення поковок приблизно на 10 – 30 %.

*Штапування на молотах*, переважно, застосовують за серійного і крупносерійного виробництва поковок масою 0,01 – 1000 кг, штапування на КГШП найбільш доцільне за крупносерійного і масового виробництв деталей складної форми масою до декількох сотень кілограмів.

Широке застосування для гарячого об'ємного штапування, особливо для операції висадки, отримали горизонтально-кувальні машини (ГКМ), що є механічним пресом, розташованим у горизонтальній площині. На відміну від штампів молотових і пресових, штампи для ГКМ забезпечені двома взаємоперпендикулярними роз'ємами і можуть бути відкритими і закритими. Наявність двох роз'ємів у штампі створює кращі умови для виконання висадочних робіт і дозволяє отримувати поковки, зазвичай, без штапувальних ухилів.

*Штапування на радіально-обтискувальних і ротаційно-кувальних машинах* здійснюють як в гарячому, так і в холодному станах, обробляючи асиметричні деталі з витягнутою віссю.

Основною перевагою цього виду оброблення є отримання поковок високої точності з високою чистотою поверхні.

Мета *калібрування* – підвищення точності розмірів усієї поковки або окремих її ділянок.

*Площинне калібрування* (чеканка) служить для отримання точних вертикальних розмірів на одному або декількох ділянках поковки, обмежених горизонтальними площинами.

*Об'ємне калібрування* використовується для уточнення розмірів поковки у різних напрямках під час витискування деякого надлишку металу в задирку і для отримання точної маси. Точність об'ємного калібрування нижча від площинного.

*Листове штампування* містить операції: розділові, коли одна частина металу відділяється від іншої, формозмінні, за яких без руйнування заготовель змінюється їхня форма; комбіновані, штампоскладальні, за яких механічно сполучають окремі листові штамповані деталі.

У багатьох сферах промисловості широко використовують комбіновані *зварні деталі*, які складаються з окремих заготовок, виконаних із застосуванням різних ТП, а іноді й різних матеріалів.

### **Виконайте такі завдання**

1. Проаналізуйте, наскільки деталь (видає викладач) є технологічною з урахуванням способу її виготовлення.
2. Намітьте розкрій сталевого листа за подовжнього і поперечного його розрізу на смуги.

### **Контрольні запитання**

1. Які основні методи отримання заготовок ви знаєте?
2. Назвіть основні техніко-економічні параметри методів, що розглянуті в роботі.

## **Практичне заняття 9**

### **Основні відомості про методи виготовлення продукції з неметалів та напрями їхнього інноваційного оновлення**

**Мета роботи** – ознайомитися з класифікацією, складом, властивостями і застосуванням продукції з неметалів.

Неметали розділяються на органічні та неорганічні.

### Неметали органічного походження.

Полімери – речовини з великою молекулярною масою (зазвичай більше 10 000), у яких молекули складаються з однакових груп атомів-ланок. Кожна ланка становить змінену молекулу вихідної низькомолекулярної речовини – мономера. Під час отримання полімерів молекули мономерів об'єднуються один з одним і утворюють довгі лінійні молекули або макромолекули, в яких атоми з'єднані ковалентними зв'язками. На рис. 9 подано схему будови лінійної макромолекули поліпропілену.



Рис. 9. **Схема будови лінійної макромолекули поліпропілену**

Залежно від характеру зв'язків між лінійними молекулами полімери поділяють на термопластичні та терморективні. Відмінності між ними особливо чітко виявляються під час нагрівання.

*Термопластичні полімери* здатні багаторазово розм'якшуватися під час нагрівання і тверднути під час охолодження без зміни своїх властивостей. Терморективні полімери під час нагрівання залишаються твердими аж до повного термічного розкладання. Ця різниця поведінки під час нагрівання пояснюється тим, що у термопластичних полімерів між молекулами діють відносно слабкі сили Ван-дер-Ваальса. Під час нагрівання зв'язки між молекулами значно слабшають, матеріал стає м'яким і податливим. У терморективних полімерах, крім сил Ван-дер-Ваальса, є поперечні ковалентні зв'язки між молекулами. Завдяки їм терморективні матеріали залишаються твердими під час нагрівання.

*Пластичні маси або пластмаси* – матеріали, виготовлені на основі полімерів. Склад композицій різноманітний; прості пластмаси – це полімери без добавок, складні пластмаси – це суміші полімерів із різними добавками (наповнювачами, стабілізаторами, пластифікаторами та ін.).

*Наповнювачі* додаються у кількості 40 – 70 % (за масою) для підвищення механічних властивостей, зниження вартості і зміни інших параметрів. Наповнювачі – це органічні й неорганічні речовини у вигляді порошків (деревне борошно, сажа, слюда, кварцовий пісок, тальк, графіт), волокон (бавовняні, скляні, азбестові, полімерні), листів (папір, тканини з різних волокон, деревний шпон).

*Стабілізатори* – різні органічні речовини в кількості декількох відсотків, необхідні для збереження структури молекул стабілізації властивостей. Під впливом навколишнього середовища відбувається як розрив макромолекул на частини, так і з'єднання макромолекул між собою поперечними зв'язками. Зміна вихідної структури макромолекул становить сутність старіння пластмас, яка є незворотнім процесом та знижує міцність і довговічність виробів. Додатки стабілізаторів уповільнюють старіння.

*Пластифікатори* додають у кількості 10 – 20 % для зменшення крихкості та поліпшення пластичності. Пластифікаторами є речовини, які зменшують міжмолекулярну взаємодію і добре поєднуються з полімерами. Часто пластифікатором слугує ефір, а іноді й полімери з гнучкими молекулами, наприклад каучук.

*Термопластичні пластмаси (термопласти)* отримують на основі термопластичних полімерів і етилену, поліпропілену, полістиролу, полівінілхлориду, фторопласту, капрону, полікарбонату та ін. На відміну від термореактивних вони знайшли більш широке застосування і виробляються у великих кількостях.

Значну частину термопластичних полімерів переробляють у плівку, волокна і вироби з волокон, які важко або зовсім неможливо виготовити з термореактивних полімерів.

Під навантаженням полімери поведуться як в'язкопружні речовини, а їхня деформація – сума трьох доданків: пружної деформації, високоеластичної деформації і деформації в'язкої течії. Співвідношення між складовими частинами деформації непостійні та залежать як від структури полімеру, так і від умов деформування і температури.

Поведінка пластмаси під навантаженням має дуже складний характер. Складні випробування на розтягнення і удар дають наближену оцінку механічних властивостей. Ця оцінка справедлива лише для конкретних умов випробування (певна швидкість навантаження, температура, стан зразка). За інших умов випробування результати виявляться іншими.



Зміна зовнішніх умов і швидкостей деформування, які зовсім не відбиваються на механічних властивостях металевих сплавів, різко змінюють механічні властивості термопластичних полімерів і пластмас. Чутливість механічних властивостей термопластів до швидкості деформування, тривалості дії навантаження, температури, структури є їхньою типовою особливістю.

*Терморективні пластмаси (реактопласти)* отримують на основі епоксидних, поліефірних, поліуретанових, фенолоформальдегідних і кремнійорганічних полімерів. Пластмаси застосовують у затверділому вигляді; вони мають сітчасту структуру і тому під час нагрівання плавляться, вони стійкі проти старіння та не взаємодіють із паливом і мастильними матеріалами. Терморективні пластмаси нерозчинні, здатні лише набухати в окремих розчинниках, водостійкі й поглинають не більше 0,1 – 0,5 % води.

Усі полімери, коли затвердівають, дають усадку; вона мінімальна у епоксидних полімерів (0,5 – 2 %) і особливо велика у поліефірів (10 %). Для зменшення усадки і підвищення міцності використовують наповнювачі та регулюють умови затвердіння.

Перевагою наповнених терморективних пластмас є більша стабільність механічних властивостей і відносно мала залежність від температури, швидкості деформування і тривалості дії навантаження. Вони більш надійні, ніж термопласти.

*Неметали неорганічного походження* розглянемо на прикладі виробництва сірчаної кислоти контактним способом.

Моногідрат – сірчана кислота (100 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – становить безбарвну маслянисту рідину щільністю  $1\,830,3\text{ кг/м}^3$ , що кипить за температурою  $296,2\text{ }^\circ\text{C}$  і атмосферного тиску та замерзає за  $+10,45\text{ }^\circ\text{C}$ .

Сірчана кислота знаходить широке застосування в промисловості. Приблизно половина виробленої сірчаної кислоти витрачається на виробництво добрива і кислот. Вона застосовується для травлення сталевих виробів перед лудінням, хромуванням і т. п., очищення нафтопродуктів від ненасичених і сірчистих сполук, для виробництва ряду барвників, лаків, фарб, лікарських речовин, деяких пластмас, спиртів, отрутохімікатів, синтетичних мийних засобів, штучного шовку, в текстильній промисловості для оброблення тканин або волокон перед фарбуванням, а також для виробництва крохмалю, патоки і т. д.

У промисловості сірчану кислоту отримують нітрозним і контактним способами. Незалежно від способу виробництва спочатку отримують сірчистий ангідрид  $\text{SO}_2$ , який потім переробляють у сірчану кислоту.

Сірчистий ангідрид  $\text{SO}_2$  – безбарвний газ із різким запахом, важчий за повітря в 2,3 рази.

Отримання сірчаної кислоти контактним способом складається з трьох стадій: очищення газів від шкідливих для каталізатора домішок; окислення сірчистого ангідриду в сірчаний; абсорбції сірчаного ангідриду. Принципову схему отримання сірчаної кислоти контактним способом наведено на рис. 10.

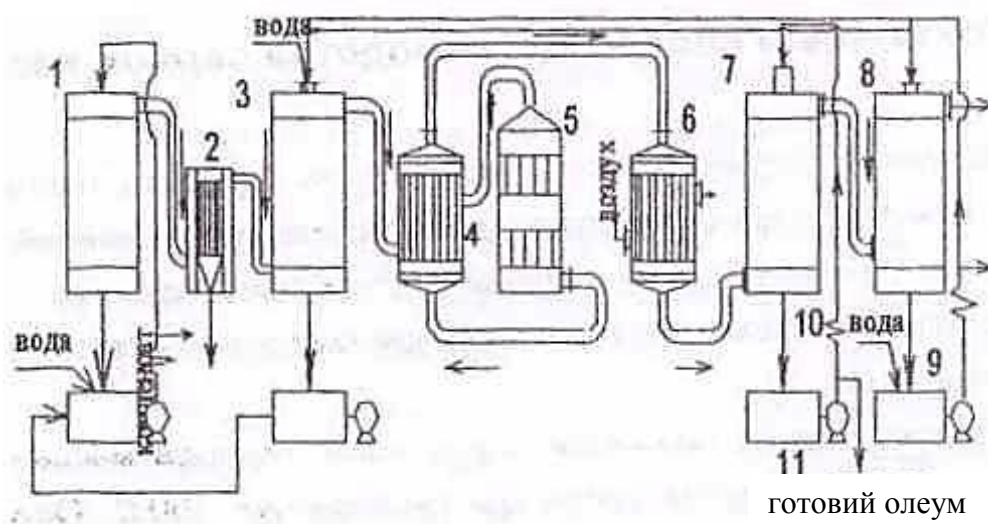
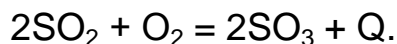


Рис. 10. **Схема виробництва сірчаної кислоти контактним способом**

Очищення газу від домішок води, пилу, оксидів миш'яку, селену, сірчаного ангідриду проводиться за температури  $300\text{ }^\circ\text{C}$ . Випалювальний газ надходить знизу в промивну порожню башту, що зрошується холодною 75-відсотковою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Вміщені в газі пари води і сірчаний ангідрид у невеликій кількості під час охолодження конденсуються. Туман, що утворився, частково вловлюється в порожній башті, а потім в насадки (керамічні кільця) башти 1, зрошеної 25 – 40 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Тут же відбувається очищення газу від пилу, оксидів селену та інших домішок. Остаточне видалення з газів миш'яковистого туману і селену відбувається в мокрих

електрофільтрах 2. Для очищення від парів води газу надходять у сушильну насадну башту 3, що зрошується 92 – 96 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Очищений від домішок сухий сірчистий газ турбокомпресором нагнітається в контактний вузол для окислення.

Окислення сірчистого ангідриду в сірчаний відбувається в присутності каталізатора за схемою:



Швидкість окислення  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  зростає зі збільшенням вмісту кисню і зменшенням  $\text{SO}_2$  в газі; тому вибирається оптимальна концентрація  $\text{SO}_2$ , що дорівнює 7 %. Оскільки окислення  $\text{SO}_2$  на ванадієвому каталізаторі починається за температури 440 °С, то газу попередньо нагріваються до зазначеної температури. Але під час окислення  $\text{SO}_2$  виділяється велика кількість тепла, яке витрачається на нагрів газу і каталізатора. Із підвищенням температури швидкість окислення  $\text{SO}_2$  зростає.

Процес окислення  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  здійснюється в контактному вузлі. Газ через теплообмінник 4, де він нагрівається до 240 °С, надходить в контактний апарат 5. Пройшовши послідовно внутрішні теплообмінники контактного апарату, газ із температурою 440 – 450 °С надходить у перший шар каталізатора і, пройшовши всі верстви його, направляється на охолодження в холодильник 6, де і охолоджується до 60 °С.

У виробництві сірчаної кислоти застосовуються контактні апарати різної конструкції, але зазвичай використовують поличні контактні апарати з внутрішнім теплообмінником.

Апарат становить футерований циліндр діаметром від 3 до 8 м і висотою 10 – 20 м. На чотирьох решітках розташований ванадієвий каталізатор. Між ґратами поміщені трубчасті теплообмінники з горизонтальними направляючими перегородками. Газ, що надходить у контактний апарат, проходить знизу вгору по міжтрубному простору теплообмінників, де нагрівається до 450 °С за рахунок тепла відпрацьованих газів, що проходять по трубках, і надходить зверху в контактний апарат.

На виготовлення 1 т 100 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  витрачається сірчаного колчедану (45 % S) – 0,82 т; електроенергії – 60 – 82 кВт × год; води – 35 – 70 м<sup>3</sup>; собівартість її складає 50 % від загальної вартості кислоти. Виробництво сірчаної кислоти контактним способом – великомасштабне, безперервне, з високим рівнем механізації.

### **Виконайте такі завдання**

1. Визначте вихід моногідрату сірчаної кислоти із елементної сірки.
2. Наведіть приклади використання сірчаної кислоти у промисловості.
3. Намалюйте та опишіть технологічну схему виробництва сірчаної кислоти контактним способом.

### **Контрольні запитання**

1. Яку класифікацію пластичних мас ви знаєте?
2. Які основні методи переробки пластмас у виробі? Назвіть їх.
3. Які основні етапи одержання сірчаної кислоти  $H_2SO_4$ ?

## **Практичне заняття 10**

### **Торговельне оснащення та інноваційні технології**

**Мета роботи** – ознайомлення з технологією штрихового кодування.

В основі автоматизації розрахунково-касових операцій лежить технологія штрихового кодування. Штрихове кодування є одним із типів автоматичної ідентифікації, що використовує метод оптичного зчитування інформації.

Штриховий код – це спроектоване на комп'ютері за допомогою спеціальних програм графічне зображення у вигляді чергування темних і білих штрихів і в певній послідовності цифр. Найбільшого поширення на сьогодні отримав стандарт кодування товарів EAN-13, що складається з 13 цифр.

Структура коду така: перші три цифри коду позначають, зазвичай, країну-виробника; наступні чотири цифри – код підприємства-виробника; потім п'ять цифр – код продукту; остання цифра є контрольною.

Мета кодування інформації полягає у відображенні таких інформаційних властивостей товару, які забезпечують реальну можливість простежити за їхнім рухом до споживача, що пов'язано з підвищенням ефективності управління виробництвом.

Для зчитування штрихового коду з носіїв інформації використовуються сканувальні пристрої різного типу: контактні олівці та сканери; лазерні сканери, мобільні термінали, що зчитують інформацію на відстані.

Сканер вбудовується в панель касового столу (горизонтальний сканер) або зміцнюється на стійці (вертикальний сканер). Вертикальний сканер, що має кілька різноспрямованих лазерних променів, може зчитувати штрихкод за будь-якого положення товару.

У ході надходження товару з нанесеним на етикетку штрихкодом останній зчитується сканером та інформація передається на комп'ютер. У комп'ютері проводиться порівняння на відповідність штрихового коду вимогам, що пред'являються до EAN (European Article Number, європейський номер товару – європейський стандарт) стандартами України.

Якщо штриховий код на етикетці відсутній, за допомогою спеціальної програми кодують товари і друкують етикетки зі штриховими кодами. Для цього робоче місце має бути оснащено технічними пристроями для маркування товарів, принтером для друку етикеток, сполученим з персональним комп'ютером і етикет-пістолетом для наклеювання етикеток на упаковку товару. В основі автоматизації розрахунково-касових операцій лежить технологія штрихового кодування. Штрихове кодування є одним із типів автоматичної ідентифікації, що використовує метод оптичного зчитування інформації.

Лінійними (звичайними) називають штрихкоди, що читаються в одному напрямі (по горизонталі).

Приклад позначення штрихкоду EAN-13 подано на рис. 11.



Рис. 11. Позначення штрихкоду EAN-13 для товару:

- 1 – код країни; 2 – код виробника; 3 – код товару; 4 – контрольна цифра;
- 5 – знак товару, виготовленого за ліцензією

Універсальний алгоритм обчислення контрольних чисел:

1. Скласти цифри, що стоять на парних місцях коду.
2. Отриману суму помножити на 3.

3. Скласти цифри, що стоять на непарних місцях коду, крім контрольної цифри.

4. Скласти отримані в пунктах 2 і 3 цифри.

5. Відкинути старші розряди чисел (десятки і сотні).

6. Із числа 10 відняти отриману в пункті 5 цифру.

Приклад обчислення контрольного числа:

1. Скласти цифри, що стоять на парних місцях:

$$0 + 0 + 7 + 2 + 1 + 0 = 10.$$

2. Отриману суму помножити на 3:

$$10 \times 3 = 30.$$

3. Скласти цифри, що стоять на непарних місцях, крім контрольної цифри:

$$3 + 0 + 3 + 6 + 1 + 2 = 15.$$

4. Скласти отримані в пунктах 2 і 3 цифри:

$$30 + 15 = 45.$$

5. Відкинути десятки:

від 45 – отримуємо 5.

6. З числа 10 відняти отриману в пункті 5 цифру:

$$10 - 5 = 5.$$

Отримана цифра має збігатися з контрольною цифрою штрихкоду, що говорить про достовірність товару.

Якщо отримана цифра не збігається з контрольною, значить товар зроблений незаконно.

Застосування штрихового кодування скорочує трудовитрати і час на пошук, зберігання, доставку, інвентаризацію продукції і координацію діяльності багатьох фахівців; призводить до скорочення управлінського персоналу, зайнятого підготовкою і оформленням документації, сприяє збільшенню обсягу реалізації продукції і товарообігу на основі зменшення часу проходження товару у всіх ланках руху товарів, що в кінцевому підсумку дає економічний ефект.

Ручні сканери серії LC6065 / 90-M – це сканери нового покоління. Вони призначені для широкого застосування в роздрібній торгівлі, офісах, бібліотеках, банках, страхових компаніях і аптеках. Зчитують коди, довжина яких не перевищує 65 мм. Ручні сканери серії DL65 / 80 спроектовані спеціально для застосування в роздрібній торгівлі та офісної автоматизації. Вони можуть зчитувати коди високої і низької щільності.

Сканер DL65 зчитує коди довжиною до 65 мм, а сканер DL80 – до 82 мм. Основною перевагою сканерів серії DL65 / 80 є те, що вони задовольняють усі потреби зчитування і з'єднання з іншими пристроями.

*Безконтактні сканери.* Ручний лазерний сканер DLL5010-M має елегантний дизайн і володіє різноманітними функціональними можливостями, що задовольняють найвищі вимоги безконтактного зчитування в галузі роздрібної торгівлі та офісної автоматизації. Ручний лазерний сканер серії SP400RF – це новинка компанії PSC. Він використовується в тому випадку, якщо потрібні гнучкість і зручність в експлуатації безкабельного сканера штрихових кодів, але використовувати портативні термінали через високу вартість недоцільно оскільки їхньої можливості набагато більші того, що необхідно. Сканер має радіоканал передачі даних і забезпечує передачу інформації на відстань до 4 м. Комплект поставки містить власне переносний сканер з радіопередавачем і приймальну станцію, підключену до комп'ютера. Сканер призначений для застосування в системах складського обліку і POS-системах в магазинах дрібнооптової торгівлі.






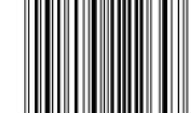

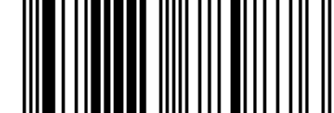
Вертикальні багатоплощинні сканери серії VS1200 і VS1000 виробництва компанії PSC призначені для дистанційного зчитування штрихових кодів. Лазерний діод цих сканерів генерує 18 лазерних променів, які взаємно перетинаються, що дозволяє зчитувати штриховий код за будь-якої його орієнтації щодо сканера. Розроблені для використання в POS-системах, володіючи високими швидкістю дії і якістю зчитування, ці сканери застосовуються в тих випадках, коли потрібні висока продуктивність і можливість зчитування погано надрукованих або пошкоджених кодів. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє розпізнавати до чотирьох різних символік штрихових кодів.

*Багатоплощинний сканер* серії MAGELLAN, на відміну від інших площинних сканерів, може одночасно зчитувати код знизу і з усіх чотирьох сторін товару (повні 360 градусів). Ця можливість дозволяє зробити роботу більш зручною, що в свою чергу впливає на пропускну спроможність вузла розрахунку.

### **Виконайте такі завдання**

1. Розрахуйте контрольні числа в кодах і перевірте справжність штрихового кодування (код видається викладачем) (табл. 4).

### Варіанти завдань для розрахунку контрольних чисел у штрихкодi

1	2	3
 4 9 4 7 6 7 8 2 7 2 5 9 8	 2 7 0 0 0 0 9 3 4 1 6 2 0	 9031 1017
4	5	6
 5678 9782	 2 3 1 0 0 0 0 8 0 3 2 1	 4670 8956
7	8	9
 2 0 0 0 1 5 9 6 7 0 0 1 5	 4670 8959	 7 869000 934561
10	11	12
 4 0 4 1 4 8 5 0 0 0 3 2 7	 9 7 8 5 9 3 8 3 4 4 6 6 2	 4 041485 122647 >
13	14	15
 4 607001 202264 >	 9 780201 379624	 5 679876 789876
16	17	18
 4 605645 002264	 5 679876 789879	 3 196623 120000

#### Контрольні запитання

1. Для чого використовують штрихове кодування?
2. Що означає контрольна цифра?
3. Які типи сканерів для зчитування штрихкодів ви знаєте?
4. Які основні принципи застосування сканерів ви можете назвати?



## Практичне заняття 11

### Інноваційні технології в посередництві

**Мета роботи** – загальне ознайомлення з діяльністю інноваційного посередника та його функціями.

На сьогодні існує цілий ряд суб'єктивних факторів, що заважають вченим повністю реалізувати потенціал власних науково-технічних розробок. Так, недолік економічної освіти вчених і винахідників проявляється в невмінні скласти бізнес-план і оцінити комерційний потенціал роботи, а також в необізнаності щодо юридичних питань оформлення прав на об'єкти інтелектуальної власності та особливостей їхньої купівлі-продажу. Більшість розробників побоюються втратити авторські права на розробку, розкриваючи її технологічні характеристики перед інвесторами. Деякі автори стверджують, що їхня розробка змінить світ, і тому мають тяжіння до певної гігантманії і вимагають інвестування у величезних обсягах без чіткого економічного обґрунтування.

Ці проблеми ринкової реалізації вітчизняних розробок об'єктивно доводять необхідність функціонування в Україні ефективної системи комерціалізації науково-технічних розробок на основі розгалуженої мережі інноваційних посередників. Інноваційні посередники виступають проміжною об'єднуювальною ланкою між ринком та інноваторами, значно збільшують швидкість проходження розробки всіх стадій інноваційного циклу і знижують ризики венчурного інвестування за рахунок жорсткої орієнтації на певні ринкові потреби.

Ефективність діяльності інноваційного посередника щодо задоволення клієнтів у комерційному використанні інновацій визначає обраним фінансова стратегія. Тому вони отримують прибуток за рахунок перерозподілу ресурсних потоків і координаційної оптимізації інноваційного процесу в частині взаємодії суб'єктів інноваційної діяльності. Інноваційні посередники сприяють формуванню горизонтальних зв'язків між промисловими підприємствами, навчальними та науковими установами, а також вертикальних зв'язків між муніципальним, регіональним і державним рівнями управління інноваційною діяльністю. Вони виконують різноманітні функції, такі як: оцінювання й експертиза інноваційних проектів; оцінювання "патентної чистоти" розробок; надання юридичної допомоги в оформленні прав на інтелектуальну власність; розроблення маркетингового плану комерціалізації інновації; просування інноваційних продуктів на ринок;

доопрацювання та супровід нових продуктів і технологій; пошук потенційних партнерів та інвесторів; захист інтелектуальних прав власності та ін.

Загалом творці (автори) інноваційних продуктів можуть встановлювати прямі зв'язки з потенційними споживачами їхніх розробок, проте світовий, а тепер уже й український досвід свідчать, що отримання наукового результату і його продаж мають між собою мало спільного. Тому цим повинні займатися інноваційні посередники – люди різних професій, оскільки поєднання підприємницьких та дослідницьких якостей зустрічається вкрай рідко.

Розвитку інноваційного посередництва сприяє також глобальний характер інновацій. У західноєвропейських країнах функції інноваційного посередника все більш активно бере на себе держава, яка відіграє значну роль у створенні державно-приватної інформаційної інфраструктури, центрів кооперації університетів і бізнесу, інноваційних центрів з передачі нових технологій малому і середньому бізнесу. До того ж роль держави в розвитку інноваційної системи ґрунтується на стимулюванні інноваційного розвитку, створенні умов для комерціалізації знань і виведення нових продуктів та послуг на ринки.

Головним принципом такого підходу є розвиток у взаємодії трьох систем: бізнесу, держави, науки і освіти. В Україні цей елемент інфраструктури є найменш розвиненим, хоча з'являються організації, що мають позитивний досвід роботи в сфері інноваційного посередництва.

*Завдання інноваційного посередника на різних етапах розроблення продукту.*

*Розроблення:*

аналіз можливостей виробництва продукції, виробництво дослідних зразків;

маркетингові дослідження, ринкові випробування;

виведення на ринок;

надходження товару в продаж, поява нової торговельної марки;

поширення інформації про товар. Заходи, спрямовані на його прийняття споживачами, створення у споживачів хорошого ставлення до торговельної марки.

*Зростання:*

відповідна реакція конкурентів; ринок, що швидко зростає; мінливий нестабільний характер зростання продажів;

проникнення в глиб ринку, досягнення максимальної вигоди від початкового просування товару, розподіл, широка реклама.

### *Зрілість:*

стабілізація продажів, істотність переваги споживачами;  
утримання освоєного сегмента ринку, розширення частки за рахунок ослаблення конкурентів, насичення ринку.

### *Занепад:*

скорочення освоєного сегмента ринку, надмірність і перевиробництво, поява аналогічних товарів, поява умов злиття і поглинання конкурентами;  
оцінювання можливості відмови від виробництва, робота над портфелем інновацій, формування нового циклу (підготовка до розроблення інноваційного продукту).

Отже, на сьогодні відмінною рисою інноваційного ринку є відсутність каналів збуту, що обумовлює особливу важливість інноваційних посередників. Саме вони беруть на себе відому функцію продавців і покупців інноваційних продуктів, налагодження механізмів їхньої взаємодії (комунікації). Тому розвиток інноваційного посередництва і розвиток інноваційного ринку – це взаємообумовлені процеси.

### **Виконайте завдання**

Виконайте різні етапи теоретичного розроблення продукту (визначається викладачем) як інноваційного посередника.

## **Рекомендована література**

1. Герасимчук В. Г. Розвиток підприємства: діагностика, стратегія, ефективність / В. Г. Герасимчук. – Київ : Вища школа, 1995. – 167 с.
2. Жариков В. В. Управление инновационными процессами : учеб. пособ. / В. В. Жариков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 180 с.
3. Збожна О. М. Основи технологій : навч. посіб. / О. М. Збожна. – Тернопіль : Карт-бланш, 2002. – 486 с.
4. Методические рекомендации к выполнению практических заданий по учебной дисциплине "Основы технологических систем" (модули 1 "Общая характеристика технологических систем", 2 "Конструкторское обеспечение технологических систем") для иностранных студентов направлений подготовки 6.030507 "Маркетинг" и 6.030601 "Менеджмент" всех форм обучения / сост. Н. Ф. Савченко, С. А. Дитиненко, Р. М. Стрельчук. – Харьков : Изд. ХНЭУ им. С. Кузнеца, 2014. – 84 с.

5. Попова Г. Н. Машиностроительное черчение: справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. – Ленинград : Машиностроение, 1986. – 477 с.

6. Рубин М. С. Основы ТРИЗ и инновации. Применение ТРИЗ в программных и информационных системах : учеб. пособ. / М. С. Рубин, В. И. Кияев. – Санкт-Петербург : Изд. Санкт-Петерб. ун-та, 2011. – 287 с.

7. Схиртладзе А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств : учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. – Москва : Высш. шк., 2001. – 407 с.

8. Шепелев С. Н. Системы качества и конкурентоспособности продукции / С. Н. Шепелев. – Москва : РИЦ "Татьянин день", 1993. – 256 с.

## Зміст

Вступ.....	3
Практичне заняття 1. Ознайомлення з основними типами технологічних систем, їхнім призначенням і напрямками інноваційного оновлення .....	4
Практичне заняття 2. Основні характеристики і параметри інноваційних технологічних систем (ТС) та елементів ТС .....	8
Практичне заняття 3. Основні відомості щодо використання інформації за конструкторсько-технологічними документами під час оцінювання інновацій.....	10
Практичне заняття 4. Загальні відомості про використання під час впровадження інновацій методів розрахунку на міцність на прикладі систем "брус", "балка" .....	16
Практичне заняття 5. Структурно-технологічні схеми технологічних процесів та їхнє використання під час створення й оцінювання технологічних новацій.....	21
Практичне заняття 6. Ознайомлення з методами інженерного оцінювання технологічних параметрів в інноваційних системах.....	24
Практичне заняття 7. Загальні відомості про особливості оцінювання ресурсо- та енергозбереження в інноваційних технологічних системах .....	30
Практичне заняття 8. Основні відомості про методи виготовлення металопродукції та напрями їхнього інноваційного оновлення.....	34
Практичне заняття 9. Основні відомості про методи виготовлення продукції з неметалів та напрями їхнього інноваційного оновлення .....	38
Практичне заняття 10. Торговельне оснащення та інноваційні технології .....	44
Практичне заняття 11. Інноваційні технології в посередництві .....	49
Рекомендована література.....	51

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

# ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТА НАДАННЯ ПОСЛУГ

**Методичні рекомендації  
до виконання практичних робіт  
для студентів усіх спеціальностей  
першого (бакалаврського) рівня**

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

Укладачі: **Крюк** Анатолій Григорович  
**Цапко** Наталія Сергіївна

Відповідальний за видання *Ф. В. Новіков*

Редактор *В. Ю. Степаненко*

Коректор *В. Ю. Степаненко*

План 2017 р. Поз. № 301 ЕВ. Обсяг 54 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.*