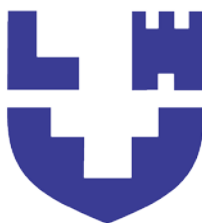


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Луцький національний технічний університет**

**Пуць В.С., Налобіна О.О.,  
Мартинюк В.Л., Герасимчук О.П.**



# **ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Навчальний посібник  
для здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання**

Луцьк 2022

**УДК 001.891 (07)**  
**О 75**

*Рекомендовано*  
*Вченою радою Луцького національного технічного університету*  
*(протокол № 11 від 30 червня 2022 р.)*

*Рецензенти:*

**Поліщук О.С.**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

**Козяр М.М.**, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування

**Шваб'юк В.І.**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та механіки Луцького національного технічного університету

*Відповідальний за випуск:*

**Пуць В.С.**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри галузевого машинобудування ЛНТУ

**Основи наукових досліджень:** навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня галузь знань 13 Механічна інженерія О 75 спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / В.С. Пуць, О.О. Налобіна, В.Л. Мартинюк, Герасимчук О.П. Луцьк: Відділ іміджу та промоції Луцького НТУ, 2022. 164 с.

Навчальний посібник має на меті формування у здобувачів систематизованого комплексу компетентностей про загальні принципи, форми та методи проведення наукових досліджень, створення та розвиток практичних вмінь у вирішенні реальних задач з постановки, організації, планування і виконання наукових та науково-прикладних досліджень, а також управління науково-технічною роботою і колективною науковою творчістю.

## ВСТУП

У сучасних умовах бурхливого розвитку науково-технічного прогресу, інтенсивного збільшення об'єму наукової і науково-технічної інформації, швидкої зміни і поновлення знань особливого значення набуває підготовка у вищій школі висококваліфікованих спеціалістів, які мають високу загальнонаукову і професійну підготовку, здатних до самостійної творчої роботи, до впровадження у виробничий процес найновіших прогресивних результатів.

Створення нової техніки тісно пов'язане з проведенням наукових досліджень і використанням їх результатів. Дослідження, необхідні для створення нових машин та обладнання легкої промисловості, охоплюють широке коло питань, головними з яких є вивчення закономірностей взаємодії елементів машин та робочих органів з оброблюваними матеріалами та середовищами.

Розробка найновіших машин та їх систем, технологічних ліній, складних технологічних комплексів, пошуки та практичне здійснення методів оптимальної експлуатації, а також необхідність повсякденної науково-інженерної та виробничо-технологічної діяльності вимагають від інженерних кадрів глибокого оволодіння науковими методами аналізу та синтезу сучасних технічних об'єктів, технологічних і виробничих процесів.

Сукупність предметів, які формують дану дисципліну, досить широка і включає як елементи традиційних інженерних предметів (технічна механіка, теорія машин і механізмів, механічна та хімічна технологія, ергономіка, експлуатація та обслуговування машин та інші), так і нетрадиційних предметів, які мають міждисциплінарний характер: теорія ймовірностей та математична статистика, статистична динаміка, теорія дослідження операцій, методологія наукових досліджень, методи планування експериментів, теорія оптимізації керування та прийняття рішень тощо.

Основні завдання соціального та економічного розвитку України повинні чітко вирішуватися прискоренням науково-технічного прогресу, інтенсифікацією економіки на базі досягнень науки та раціонального використання науково-технічного потенціалу країни. У вирішенні цих проблем величезна роль належить вищій школі, яка готує спеціалістів і магістрів для роботи в усіх галузях виробництва, а критерієм оцінки діяльності вищого навчального закладу стає те, наскільки успішно випускники вирішують завдання науково-технічного прогресу, які постійно ускладнюються. Сьогодні висуває нові вимоги до вищої освіти, до наукової компетентності фахівця – людини, яка творчо мислить, свідомо орієнтується в інформаційному та науковому просторі, самостійно опановуючи світоглядні парадигми.

Глибоке усвідомлення інноваційних явищ і процесів, вміння їх розв'язувати за допомогою неординарних методів неможливе без оволодіння науковим апаратом і логікою наукового дослідження процесу, уміння

аналізувати та прогнозувати його подальший розвиток. Потрібний значний досвід, що є основою наукової підготовки майбутнього спеціаліста та магістра. За сучасних темпів розвитку науки й техніки та зростаючого потоку інформації університет не може забезпечити випускників знаннями на все життя, але він зобов'язаний їх озброїти методологією творчого підходу до аналізу технологічних процесів та явищ, методологією наукових досліджень, оскільки більшість практичних завдань механізованого аграрного виробництва може бути успішно розв'язана лише на науковій основі, тому фахівці у галузі легкої промисловості та побутового обслуговування повинні чітко володіти основними методами наукових досліджень.

Вивчаючи курс «Основи наукових досліджень», студенти одержують відомості про науку, її роль у суспільстві, набувають навичок виконання статистичної обробки результатів експериментів, регресійного та кореляційного аналізу, а також засвоюють методологію наукового дослідження: як відбирати та аналізувати необхідну інформацію, формулювати задачі та проблеми дослідження, обробляти й узагальнювати наукову інформацію методами планованого експерименту, математичного та фізико-хімічного моделювання.

Науково-дослідна діяльність у вищій школі становить систему, яка передбачає формування у студентів умінь аналізувати науково-дослідну літературу, висвітлювати результати науково-теоретичних і дослідницьких пошуків у курсових, дипломних, магістерських роботах, наукових розвідках тощо. Науковий потенціал вищої школи – це генератор ідей, носій наукової думки, тому навчальний процес відбувається ефективніше, якщо він пов'язаний із вирішенням проблемних ситуацій. Проблема тоді має мотиваційну основу, а зацікавленість предметом дослідження сприяє ефективності розумової діяльності, що є умовою її організації та направленості, а також пов'язане із завданнями навчального процесу.

Сучасні фахівці (інженер, дослідник, учений) повинні володіти не лише ґрунтовними знаннями в галузі науки і техніки, але й основами правової охорони інтелектуальної власності, щоб не віддавати свої науково-технічні досягнення іншим через невміння та незнання основ правильного оформлення винахідницьких та раціоналізаторських документів, незнання правил технічного обслуговування машин та обладнання, гідравліки та енергетики тощо. Підготовка фахівця-дослідника можлива за умов дотримання творчого розвитку особистості студента чи магістранта.

На сучасному етапі динамічного розвитку професійної освіти потрібно так чітко організувати науково-дослідний процес у вищих навчальних закладах, щоб студенти та магістранти могли досягнути усі сфери професійного становлення, що забезпечить формування цілісного досвіду самостійної науково-пізнавальної діяльності та суттєво покращить рівень професійної підготовки.

## Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

### 1.1. Поняття про науку, її мету та функції

У результаті людської діяльності формулювалась, накопичувалась відповідна база знань та вмінь, що мали науковий (перевірений практикою) характер. А сучасне виробництво вимагає від спеціалістів самостійно ставити і вирішувати принципово нові завдання і у своїй практичній діяльності в тій чи іншій формі проводити наукові дослідження, використовуючи накопичену базу знань.

*Наука* – це система знань про об'єктивні закони природи, суспільства та мислення, яка в результаті діяльності людини перетворюється в безпосередню практичну силу суспільства. Це особлива форма людської діяльності, що склалася історично і має як результат цілеспрямовано відібрані факти, гіпотези, теорії, закони і методи досліджень.

Наука містить у собі не лише власну діяльність людини, спрямовану на набуття знань, але й результат цієї діяльності – суму отриманих на даний момент наукових знань, які в сукупності утворюють наукову картину світу.

Важливий фактор і рушій у науці – *наукове мислення*. Наукове мислення – процес узагальненого і опосередкованого пізнання предметів та явищ навколишнього світу в їх істотних зв'язках, властивостях, відношеннях та їх наукове обґрунтування.

Головна *мета науки* – отримання нових знань і використання їх на практиці. Практика при цьому є основою пізнання і головним критерієм істинності. Однією із складових мети є наукове пояснення явищ природи, зафіксованих людиною.

Можна виділити три чітких групи соціальних *функцій науки*:

- культурно-світоглядну;
- функцію науки як безпосередньої виробничої сили;
- функцію науки як соціальної сили.

Одна із основних *функцій науки* – пізнання об'єктивного світу.

Не кожне знання – це наука. Спостереження – це лише інструмент науки. Потрібно зв'язати події, що спостерігаються, з'ясувати суть, причини виникнення та передбачити подальший розвиток. В цьому і полягає функція науки. Розрізняють наукові і ненаукові знання. Наукові – це будь-які дослідження, теорії, гіпотези, що потребують подальшої перевірки. Особливість науки – доведеність істинності наукових знань.

### 1.2. Наукові дослідження, їх особливості та класифікація

Формою здійснення і розвитку науки є наукове дослідження (НД) – вивчення явищ і процесів, аналіз впливу на них різноманітних факторів, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання доведених та корисних для науки і практики рішень з максимальним ефектом. НД має об'єкт та предмет, на пізнання яких воно спрямоване. Об'єктом (предметом)

може бути предмет матеріального світу, явище, властивість, а також зв'язок між явищами та властивостями

*Мета* наукового дослідження – визначення конкретного об'єкту і всебічне, достовірне вивчення його структури, характеристик, зв'язків на основі розроблених принципів та методів, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, впровадження їх у виробництво та отримання ефекту.

*Метод* – спосіб теоретичного дослідження або практичного здійснення якого-небудь явища або процесу. Метод – це інструмент науки.

Виконання наукового дослідження нерозривно пов'язане з його методологією – керівними принципами його розвитку. *Методологія* – це сукупність методів, способів, прийомів, їх визначена послідовність, схема, що прийнята при розробці НД. Вона може бути загальною або частинною.

Задачі дослідження є емпіричні, теоретичні. Емпіричні вирішуються методами спостереження та експерименту. Теоретичні задачі формулюють таким чином, щоб їх можна було перевірити емпірично.

Результати наукової діяльності повинні мати новизну, оригінальність та унікальність. Сьогодні запропоновано ряд методів, які сприяють переходу через психологічний бар'єр і стимулюють появу нових ідей – генерування ідей (мозкового штурму) тощо.

### **1.3. Класифікація науково-дослідних робіт (НДР)**

НДР класифікують за різними ознаками:

- залежно від джерел фінансування: держбюджетні (фінансуються бюджетом), госпдоговірні (фінансуються згідно із укладеними угодами);
- за тривалістю розробки: довго-, короткотермінові;
- за цільовим призначенням: фундаментальні, прикладні, розробки.

Фундаментальними є дослідження, спрямовані на створення нових принципів.

Прикладними є дослідження, що базуються на результатах фундаментальних досліджень і спрямовані на створення нових методів, на основі яких розробляють нове обладнання, нові машини і матеріали тощо.

*Мета розробок* – підготувати матеріал для впровадження. Розробки виконуються у конструкторських бюро. Взаємозв'язок між основними типами НД можна представити у вигляді схеми (рис. 1).

Дослідницькі роботи виконують у певній послідовності. Прикладні НДР виконують в 6 етапів:

1. Формулювання теми.
2. Формулювання мети та задачі дослідження.
3. Теоретичні дослідження.
4. Експериментальні дослідження.
5. Аналіз та оформлення НД.
6. Впровадження та визначення економічної ефективності.

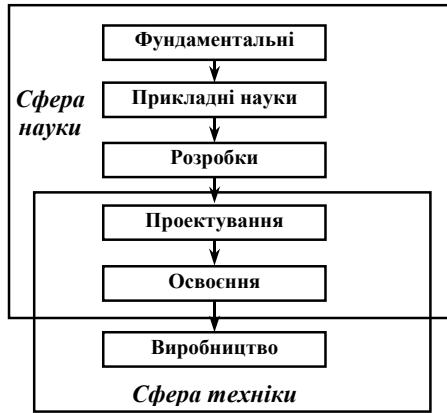


Рис. 1. Схема основних типів наукових досліджень

Після дослідницьких виконують дослідно-технологічні або дослідно-конструкторські розробки, які включають:

- формулювання теми, мети та задач дослідження;
- вивчення літератури, проведення досліджень і підготовка до технічного проектування експериментального зразка,
- технічне проектування: робоче проектування; виготовлення дослідного зразка;
- доопрацювання дослідного зразка;
- державне випробовування.

Взаємозв'язок між елементами наукових досліджень і затратами часу на їх виконання (в годинах) можна зобразити наступним чином:

$$A : B : C : D = 1 : 3 : 6 : 100,$$

де  $A$  – теоретичні НД;  $B$  – пошукові НД;  $C$  – прикладні;  $D$  – дослідно-конструкторські роботи.

#### 4. Наука як система знань

Основними елементами науки є:

- система наукових знань, вмінь – теорії, закони, гіпотези, поняття, наукові методи;
- наукова діяльність.

Термін “теорія” (грецьк. *theoria* – спостереження, розглядання, дослідження) означає комплекс поглядів, уявлень, ідей, які спрямовані на тлумачення досліджуваних явищ. Теорія – найвища форма узагальнення та систематизації знань. Існує три підходи до визначення поняття “теорія”:

- гносеологічний;

- логічний;
- методологічний.

*Гносеологія* (теорія пізнання) визначає теорію як узагальнення результатів багатовікової історії, у процесі якої предметно-практична і духовна діяльність людини розширювала горизонт пізнання явищ у природі, суспільстві і мисленні. Гносеологія встановлює, в результаті якого процесу з'явилась дана теорія і мету цієї теорії.

*Логіка* розкриває структуру теорії та її співвідношення між закономірностями розвитку об'єктивної дійсності.

*Методологія* – це вчення про методи пізнання і перетворення дійсності. Вона визначає, що і як вивчається за допомогою теорії.

На основі даних положень формулюється єдине, загальне визначення теорії. *Теорія* – це узагальнення предметно-практичної діяльності людей, яка створює систему елементів, де визначальному елементу субординаційно підпорядковані всі інші, що пояснюють виникнення, взаємозв'язки, сутність і закономірність розвитку об'єкта дослідження. Функціями наукової теорії є: пояснювальна, передрікальна (прогнозуюча), фактична, систематична (спадкоємність, передача знань) і методологічна.

Розробка наукової теорії органічно пов'язана з такими факторами:

- виникненням ідей, формулюванням принципів, законів, міркувань, положень, категорій, понять;
- узагальненням наукових фактів;
- використанням аксіом і висуненням гіпотез;
- доведенням теорем.

Ідеї виникають па основі практики і змінюються згідно із розвитком суспільства. *Наукова ідея* – це така форма думки, яка є новим поясненням явищ та базується на накопичених знаннях. Ідея органічно пов'язана із принципами і законами.

*Принцип* – це головне, вихідне положення наукової теорії, що виступає як первинне, абстрактне визначення ідеї і як початкова форма систематизація знань. Ідеї і принципи створюють та формулюють закони науки, що відображають суттєві, стійкі та об'єктивні внутрішні зв'язки між явищами, предметами, елементами тощо. Закони виступають у формі категорій.

*Категорії* – це найбільш загальні фундаментальні поняття, які відображають суттєві властивості явищ об'єктивної дійсності. Свою матеріалізацію (втілення) ідеї знаходять в гіпотезах, що є формою переходу від фактів до теорії

*Гіпотеза* – це науково обґрунтоване припущення і можливий шлях розв'язання досліджуваної проблеми.

Стадії розвитку гіпотези:

- Накопичення фактичного матеріалу і висунення припущення на його підставі.



- Формулювання гіпотези.
- Перевірка істинності гіпотези на практиці.

Якщо гіпотеза погоджується з фактами, то в науці її називають теорією або законом.

Наукове дослідження має *об'єкт* (предмет), на пізнання якого воно спрямоване, мету та методи розв'язання проблеми (задачі). Об'єктом (предметом) дослідження виступають:

- предмети матеріального світу (напр. підшипник ковзання, кочення);
- явище (наприклад, явище масопереносу при терті);
- якості (наприклад, зносостійкість затискних цанг);
- зв'язок між явищами та якість (вплив явища масопереносу при фрикційній взаємодії на зносостійкість затискних цанг).

*Мета наукового дослідження* – визначення конкретного об'єкта і всебічне вивчення його структури, характеристик, зв'язків на основі розроблених та застосованих принципів і методів пізнання, а також впровадження розробок для практичного використання і отримання економічного ефекту.

*Методи дослідження* – це шляхи та способи розв'язання теоретичних і практичних задач.

Таким чином, система знань формулюється у вигляді наукових фактів, принципів, гіпотез, законів, теорій, які дозволяють передбачати події, керувати виробничими процесами, регулювати стан технічних систем та об'єктів.

## **Розділ 2. ВИДИ, ЕТАПИ ТА МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1. Види та етапи наукових досліджень**

Під *науковими дослідженнями* розуміють вивчення і пояснення закономірностей зміни розглядуваних явищ оточуючого нас об'єктивного світу. Дослідження при створенні машин та устаткування легкої промисловості охоплюють широке коло питань, основними з яких є вивчення закономірностей взаємодії робочих органів машин із оброблюваними матеріалами, обґрунтування нових процесів і операцій, параметрів машин і їх складових.

Дослідження можуть бути теоретичними, експериментальними або теоретико-експериментальними.

*Теоретичні дослідження* сільськогосподарської техніки базуються на законах фізики, механіки та інших наук з використанням математичного апарату. При цьому приймаються допущення.

Теоретичні дослідження характеризуються загальністю для розглядуваної групи явищ.

Існує категорія явищ, для яких теоретичними дослідженнями неможливо отримати точне рішення. Експериментальні дослідження базуються на фізичних операціях над об'єктами, що підлягають вивченню.

Дослідження, результати яких базуються як на теоретичному аналізі явища, так і на експериментальному їх вивченні, називаються теоретико-експериментальними.

Результати експериментів часто громіздкі і майже не мають характеру загальності, тобто вони точні у конкретних межах.

Дослідження за способом і місцем їх проведення поділяються на лабораторні, лабораторно-польові та польові.

Розробка наукової проблеми повинна базуватись на категоріях діалектики: поняття, гіпотеза, явище і закон, теорія і дійсність, якість і кількість, причина і наслідок, єдність протилежностей та заперечення заперечення, аналіз та синтез.

Багато досліджень складаються з чотирьох фаз: вишикування (відкриття нових явищ), дослідження (підтверджуються нові процеси чи явища), пояснення (коли все нове стає загальноприйнятною формою знання), впровадження.

Для проведення дослідження необхідні:

1. Об'єкт дослідження, який при теоретичному аналізі базується на логічних побудовах, а при експериментальному дослідженні є тим, на чому здійснюють фізичні операції.
2. Технічні засоби дослідження та виміру.
3. Програми та методика досліджень.
4. Кваліфіковані кадри наукових працівників.

На початку дослідження ставиться мета і вибирається тема (предмет дослідження), при визначенні яких необхідно виходити з їх актуальності.

## **2.2. Поняття наукової проблеми та визначення теми дослідження**

*Наукова проблема* (від грецьк. *problema* – задача, завдання) – це сукупність нових діалектично складних теоретичних або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методам науки і потребують вирішення за допомогою наукових досліджень. Наукові проблеми виникають не стихійно, а закономірно під дією об'єктивних законів у зв'язку з розвитком продуктивних сил і виробничих відносин. Вирішуються вони за допомогою методів, запропонованих наукою. Таким чином, проблеми є рушійною силою у розвитку науки.

Для вирішення наукової проблеми у сучасних умовах науково-технічного прогресу необхідні зусилля великого колективу фахівців різного профілю (інженерів, математиків, кібернетиків, економістів). Кожен член наукового колективу повинен мати вольові якості у проведенні досліджень, бути цілеспрямованим у досягненні наукової істини. Ці якості необхідно враховувати при виборі напряму наукового дослідження.

*Вибір проблеми дослідження* обґрунтовується насамперед її актуальністю, тобто наскільки обране дослідження сприятиме економічному і соціальному розвитку. Проблема має бути чітко визначеною, послідовною і не суперечити об'єктивним законам, що сприяє використанню її як істини для подальшого пізнання дійсності, вивчення та вирішення конкретних питань.

Важливою умовою істинності проблеми є також властивість її доведення (доказовості). Ця властивість виражається у формальній логіці *законом достатнього обґрунтування*, суть якого полягає у тому, що у процесі дослідження достовірними вважають лише ті твердження, відносно істинності яких наведено обґрунтовані докази. Проблема, істинність якої не просто стверджується, а й вказуються при цьому підстави її вирішення, вважається доведеною.

Оскільки наукова проблема є сукупністю складних теоретичних або практичних питань, то в процесі наукового дослідження або визначення їх параметрів, проблеми поділяють на складові компоненти – теми.

*Тема* (від грецьк. *thema* – основна думка, завдання, положення, яке необхідно розвинути) – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань дослідження. Виходячи з мети дослідницької роботи, яка повинна передбачати розробку нових концепцій або напрямів розвитку певної науки, удосконалення існуючої методології або розробку нових методик (рекомендацій) з окремих розділів науки, дослідник вибирає тему наукової роботи. Теми наукових досліджень формуються у межах проблем цієї науки, їх поділяють на теоретичні, методологічні і організаційні.

*Теоретичні* – передбачають дослідження окремих концепцій теорії певної науки, що стосуються її наукових законів, розробки аксіоматичних знань.

*Методологічні* – стосуються методів певної науки, що застосовуються в процесі вивчення її об'єктів.

*Організаційні* – включають організацію досліджень з певної науки і застосування її результатів у практичній діяльності.

Обґрунтування вибору зазначених тем дослідження здійснюють за такими критеріями: народногосподарською ефективністю, відповідністю профілю закладу, забезпечення фінансування і впровадження результатів дослідження.

Для визначення *народногосподарської ефективності* необхідно з'ясувати її актуальність і наукову новизну для розвитку певних знань, спрямованих на вирішення конкретних практичних питань. Тому при виборі теми необхідно з літературних джерел вивчити ступінь та рівень розробки дослідження, узагальнити передовий досвід підприємств і організацій. Важливо при цьому ознайомитися також із планами науково-дослідних закладів, які розробляють аналогічні теми, а якщо можливо вивчити їх звіти з виконаних науково-дослідних робіт. З цією метою слід використовувати як джерела інформації реферативні збірники, періодичні видання.

*Відповідність профілю установи* – важливий критерій вибору теми дослідження, який включає в себе спеціалізацію наукової установи, наявність кадрів за профілем роботи, матеріально-технічну базу. Цей критерій в основному застосовується під час вибору теми колективного дослідження. *Спеціалізація* наукового закладу дає змогу застосовувати накопичений досвід виконання наукових робіт з певної тематики. *Наявність кадрів* за профілем роботи скорочує термін розробки і знижує витрати на НДР. Для апробації результатів дослідження і прискорення впровадження їх у практику необхідна відповідна *матеріально-технічна база*, яку слід враховувати під час вибору теми дослідження.

Забезпечення фінансування під час вибору теми враховують з метою визначення його джерела (бюджетне, госпрозрахункове), розміру коштів, рентабельності розробки для наукового закладу, а також створення необхідних умов для впровадження результатів досліджень. Отримання прибутків від розробки наукової теми не планується для наукового закладу, проте збиткові теми, коли витрати не покриваються фінансуванням, приймають до виконання лише як виняток. Це однаковою мірою стосується впровадження результатів економічних досліджень у практику діяльності підприємств і організацій.

Досліднику-початківцю необхідно вибирати більш вузьку тему, не втрачаючи, однак, зв'язку із загальною науковою проблемою, до якої вона входить. Чим більше висловлює дослідник критичних зауважень до теми

роботи, вносить пропозиції щодо напрямів удосконалення економічної роботи, тим більшою є впевненість в успішному її виконанні.

Учитель доти залишається учителем, поки він сам учиться, хвилюється перед кожним уроком, лекцією. Дослідник, позбавлений критичного осмислювання накопичених знань у сфері його наукової діяльності, який нерішуче йде стежкою науки, аби “не наступити” на ногу своєму опоненту, тобто колезі, який дотримується інших наукових концепцій з цього питання, не зможе творчо виконувати наукову роботу.

Таким чином, дослідник, а особливо аспірант, повинен сам вибирати тему дослідження, скласти її обґрунтування в частині передбачуваної наукової новизни (висунення гіпотези) і практичної значущості результатів дослідження. Проте самостійний вибір теми зовсім не означає ігнорування досвіду наукового керівника. До його порад і консультацій досліднику-початківцю необхідно прислуховуватись, але остаточне рішення залишається за ним. Він повинен бути внутрішньо глибоко впевненим в актуальності і необхідності розробки обраної теми. Тільки самостійне всебічно науково аргументоване вирішення питання вибору теми забезпечує успішне завершення досліджуваної роботи.

Під час вивчення стану наукових розробок із запропонованої теми досліджень необхідно провести групування добутих знань:

- знання, які здобули загальне визнання наукою і застосовуються на практиці;
- дискусійні питання, недостатньо розроблені і які потребують наукового обґрунтування;
- питання, які виникли при постановці і є у літературних джерелах, запропоновані практикою, або які виникають у виконавців на стадії вибору теми.

На стадії *вибору теми* визначають її назву – змістовий заголовок. У заголовку теми дослідження слід передбачити динамічний розвиток наукових знань. Зокрема, необхідно вкладати зміст, динамізм і компетентність, які відображають досягнення науково-технічного прогресу.

Студентам під час вибору теми наукових досліджень поряд із викладеними принципами обґрунтування актуальності, наукової новизни і практичної значущості її необхідно передбачати можливість використання результатів досліджень при написанні курсових і дипломних робіт (проектів).

Отже, на стадії *обґрунтування теми дослідження* вивчаються всі критерії її вибору, після чого приймається рішення про включення теми до плану науково-дослідницьких робіт цього закладу. *Програма дослідження* визначає його завдання, загальний зміст і народногосподарське значення, задум, принцип вирішення, методика, обсяг робіт і терміни виконання.

*Попередній план* дослідження є конкретизацією робіт за обраною темою. У ньому вказуються період виконання робіт, витрати і джерела їх

фінансування, результати дослідження, місце впровадження і передбачувана ефективність.

*Робочий план* складають після того, як дослідник добре оволодів темою, уточнив її теоретичні передумови, ознайомився з історією питання, вивчив літературу і практику. В ньому знаходять відображення висування і обґрунтування робочої гіпотези, перевірка і розвиток якої є основним змістом наступної роботи. В робочому плані вказується не тільки те, що потрібно зробити, а й якими шляхами деталізується виконання роботи на підставі розподілу її на етапи, визначаються періоди завершення їх і конкретні виконавці.

*Індивідуальний план* складається кожним виконавцем на ту частину роботи, яка визначена йому в робочому плані. У ньому відображається взаємозв'язок робіт, що виконуються іншими виконавцями, визначаються передбачуваний результат та його реалізація, термін виконання роботи. Цей план затверджує керівник теми або розділу.

*Графік виконання роботи* складається на підставі робочого плану з урахуванням індивідуальних планів конкретних виконавців. У ньому вказуються терміни завершення робіт з кожного етапу, впровадження результатів і особи, що відповідають за додержання цих термінів. Його затверджує керівник наукового підрозділу, відповідальний за виконання теми або проблеми в цілому.

### **2.3. Формулювання задач наукових досліджень**

У науково-дослідній роботі розрізняють наукові напрямки, проблеми і теми.

Під науковим напрямком розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, що присвячені вирішенню об'ємних, фундаментальних теоретично-експериментальних задач в певній галузі науки. Успіх наукової роботи (НР), її ефективність багато в чому залежить від того, наскільки вдало обґрунтований науковий напрямок.

Структурними одиницями напрямку є комплексні програми і проблеми, теми і запитання. Комплексна проблема включає кілька проблем.

Під *проблемою* розуміють складну наукову задачу, яка охоплює значну область досліджень і має перспективне значення.

Проблема складається із ряду тем. *Тема* – це наукова задача, яка охоплює певну область наукового дослідження. Вона базується на численних дослідницьких питаннях. Під науковими *питаннями* розуміють більш дрібні наукові задачі, що відносяться до конкретної області наукового дослідження.

Під час розробки теми або питання ставиться конкретна задача дослідження – розробити новий матеріал, машину, конструкцію, прогресивну технологію і т. ін. Вирішення проблеми ставить більш загальну задачу – зробити відкриття, вирішити комплекс наукових задач, що будуть забезпечувати прискорення теоретичних розробок і процесу суспільного

виробництва.

Постановка проблем або тем є складною, відповідальною задачею, що включає в себе ряд етапів.

1 етап – формулювання проблем. На основі аналізу протиріч досліджуваного напрямку формують основне питання-проблему і визначають в загальних рисах очікуваний результат.

2 етап – розробка структури проблеми. Виділяють теми, підтеми, питання. По кожній із тем визначають орієнтовну область досліджень.

3 етап – встановлення актуальності проблеми, тобто цінності її на даному етапі для науки і техніки.

Після обґрунтування проблеми і визначення її структури науковий працівник або колектив, як правило, самостійно приступають до вибору теми наукового дослідження. До теми ставлять такі вимоги:

- актуальність;
- наукова новизна (відрізняють наукову новизну від інженерної);
- економічна ефективність;
- відповідність профілю наукового колективу.

Після ознайомлення з темою науковий працівник виконує доповідь керівнику і колективу, де обґрунтовує постановку питання та його стан в момент отримання теми. Велике значення для вибору прикладних тем має чітке формулювання задач замовником (міністерством, об'єднанням і т.д.).

Наведені вимоги (критерії), які ставляться до вибору тем, дозволяють всебічно оцінити і встановити належність їх до даної науково-дослідної організації.

У ряді випадків під час планування тем виникає необхідність вибору найбільш перспективних, економічно обґрунтованих тем. При цьому оцінку народногосподарської необхідності розробки тем визначають числовими критеріями.

Найбільш простим є критерій економічної ефективності:

$$K_e = \frac{E_n}{Z_o},$$

де  $E_n$  – передбачуваний економічний ефект від впровадження;

$Z_o$  – затрати на наукові дослідження.

Чим більше значення  $E_n$ , тим більш ефективною є тема і вище її народногосподарське значення.

Досить важливим критерієм перспективності теми є її економічність. Однак, при оцінці об'ємних тем інколи цього критерію недостатньо. Для цього потрібна більш загальна оцінка, ще буде враховувати і інші показники. Такою оцінкою є експертна оцінка. Суть її полягає в наступному. Вибирають кілька експертів, і кожний експерт виставляє оцінку кожному показнику даної тематики – так звані, коефіцієнти значущості. Тема, яка отримала максимальний бал, вважається найбільш перспективною. Сумарний бал

вираховується за формулою:

$$q = \sum_{i=1}^n p_i m_i ,$$

де  $p_i$  – бал  $i$ -того оціночного показника, що виставляється експертом;

$m_i$  – коефіцієнт значущості  $i$ -того показника;

$n$  – число показників, що оцінюються.

#### **2.4. Техніко-економічне обґрунтування науково-дослідних робіт**

Висока ефективність теми може бути досягнута за умови, що до її розробки виконане техніко-економічне обґрунтування (ТЕО). Тому обов'язковою умовою перед проведенням досліджень із вибраної тематики є проведення ТЕО на НДР або ДКР із здійсненням попередньої патентної перевірки на новизну та перспективність. Тільки за наявності такого обґрунтування можливе подальше планування і фінансування тем замовником.

Мета складання ТЕО – встановлення даних про найновіші досягнення науки і техніки у вітчизняній економіці та за кордоном із теми, що розглядається. В ТЕО обґрунтовуються народногосподарські потреби, передбачувані об'єми впровадження, очікувані техніко-економічні та соціальні результати.

ТЕО включає такі розділи:

- початкові дані;
- результати попередньо виконаних патентних пошуків на новизну та перспективність;
- народногосподарська необхідність;
- об'єм та місце впровадження;
- техніко-економічні та соціальні результати.

У результаті складання ТЕО роблять висновок про доцільність та необхідність виконання НДР та ДКР.

#### **2.5. Робоча гіпотеза, програма та методика досліджень**

*Робоча гіпотеза* – це припущення про ймовірну закономірність зміни явищ.

Визначити робочу гіпотезу можна на основі вивчення літературних джерел.

Робоча гіпотеза може бути в одному або в кількох варіантах.

При розробці гіпотези припущені закономірності корисно подавати у вигляді графіків, на якому показано вплив усіх або основних факторів на досліджуване явище.

Перед експериментальними дослідженнями краще провести теоретичне опрацювання явища. Аналітичне дослідження явища, побудова його математичної моделі дозволяють виявити не тільки вплив різних



факторів на розвиток явища. Але й основні особливості методик дослідження і проведення вимірів.

Робоча гіпотеза визначає, які величини слід вимірювати при проведенні дослідів. А *методика* визначає сукупність способів і прийомів досліджень. Розрізняють методику загальну і часткову.

Методикою також визначається: кількість дослідів, план робіт. Необхідне обладнання, витрати часу та засобів.

*Програма досліджень* – перелік (найменування) дослідів або питань, які потрібно вивчити.

## **2.6. Спостереження, досліді пошукові та основні, методи проведення дослідів**

При виконанні досліджень встановлюються залежності невідомих показників (параметрів) від факторів, які впливають на них. Фактори можуть бути кількісними (температура і т.д.) або якісними (різні матеріали, способи, машини).

Спостереження можуть бути пасивними та активними. *Пасивне* – це спостереження без втручання у розвиток явища. *Активне* – спостереження за розвитком процесу, явища за умов цілеспрямованого втручання. При цьому можливе проведення пошукових та основних дослідів.

До *пошукових* входять:

- а) визначення факторів, що впливають на розвиток явища;
- б) визначення впливу найважливіших факторів;
- в) перевірка варіантів робочої гіпотези, коли проведення дослідів за всіма варіантами неможливе;
- г) перевірка частин методики дослідження;
- д) перевірка пристроїв стосовно умов попередніх дослідів;
- е) визначення даних, необхідних для визначення числа дослідів.

При виборі числа пошукових дослідів виходять з таких міркувань:

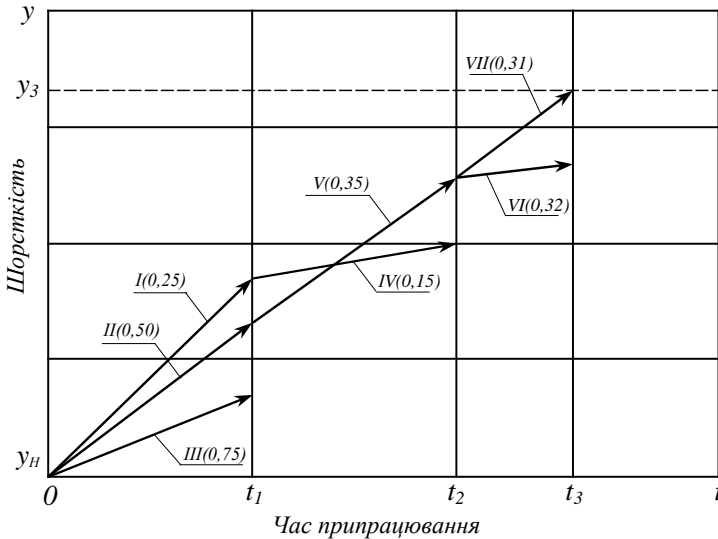
а) Потрібно визначити вплив одного фактора на характер розвитку процесу (зростання чи спадання), то роблять 2 досліді на початку і в кінці інтервалу.

б) Коли необхідно визначити кількість факторів, що впливають на розвиток явища, то число пошукових дослідів приблизно рівне подвоєному числу факторів, які, згідно з гіпотезою, впливають на процес.

в) При перевірці варіантів робочої гіпотези, вибирають головний фактор гіпотези і проводять по кілька дослідів, під час яких змінюють цей фактор і перевіряють відповідність дослідних кривих кривим, побудованим за робочою гіпотезою.

Існує метод, за яким пошукові досліді перетворюються в самостійне дослідження. Суть методу полягає у побудові векторного графіка, що характеризує розвиток явища. За аналізом результатів попередніх дослідів визначають умови для наступних. При цьому ставиться мета, щоб результат

нових дослідів швидше привів до бажаного результату. Такий метод називається методом руху за градієнтом, або крутим сходженням.



*Основні досліді* – за їх допомогою передбачається отримати всі пізнані закономірності, які характеризують суть розвитку явища. При цьому для спрощення досліджень потрібно грамотно вибрати основні фактори. Для цього необхідно прагнути до нейтралізації додаткових факторів. Це здійснюється за допомогою таких методів:

- а) метод “чистих дослідів” – намагання створити умови, за яких додаткові фактори не виявляються;
- б) метод різкої зміни факторів полягає у різкій зміні основних факторів при незначній зміні додаткових;
- в) метод контрольних дослідів – додаткові фактори, що змінюються, діють одночасно на ряд вибраних градацій основних факторів. При цьому результати за однією градацією беруть як контрольні;
- г) метод різних знаків – спосіб проведення дослідів, за якого один і той же фактор спочатку приймає позитивне значення, а потім негативне. У подальшому помилки, що виникають під впливом даного фактору, при обчисленні середнього показника взаємно гасяться.

## 2.7. Вимірювання, вимірювані параметри, прилади і апаратура

*Вимірюванням* називається визначення показника фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Результат вимірювання показує, у скільки разів отримане значення відрізняється від того, яке прийняте за еталон.

До складу засобів вимірювання включають міри, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади та системи.

*Міра* – це тіло або пристрій, яке відтворює фізичні величини заданого розміру.

*Еталон* – засіб вимірювання, який забезпечує відтворення одиниці виміру.

*Вимірювальні перетворювачі* – засоби вимірювання, що служать для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і зберігання, але не піддається безпосередньому сприйняттю спостерігачем.

*Вимірювальним приладом* називають засіб вимірювання, який дає інформацію у формі, зручній для сприйняття спостерігачем.

*Вимірювальна установка* – сукупність об'єднаних засобів вимірювання і допоміжних пристроїв, призначена для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

*Вимірювальна система* – вимірювальна установка, призначена для вироблення сигналу у формі, зручній для автоматичної обробки й передачі.

#### *Основні вимірювальні величини*

- 1) геометричні: лінійні, профілі, площі, об'єми;
- 2) властивості твердих, рідких та газоподібних тіл, дисперсних систем: колір, вологість, температура, щільність, твердість, в'язкість, щільність ґрунту, діаметр стебел, концентрація розчину;
- 3) кінематичні: шлях, швидкість, прискорення, амплітуда коливань, частота коливань;
- 4) динамічні: маса, момент інерції, імпульс, сила, момент, напруга, тиск, робота і потужність;
- 5) інші величини: час, розрідження, швидкість повного потоку, витрати рідини, витрати теплоти, світлові, звукові, радіаційні.

## **Розділ 3. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1. Основні поняття, терміни та галузі інформації**

Кожне покоління вчених залишало людству результати своїх пошуків та досліджень у вигляді різних джерел інформації. Інформація – це відомості про довкілля, про процеси, які здійснюються в ньому, про події і стан, які сприймаються людьми, що керують технічними системами.

Наукова інформація – це логічна інформація, яка отримується у процесі пізнання, адекватно відображає закономірності об'єктивного світу і використовується в суспільно-історичній практиці.

Науково-технічна інформація – це документовані або прилюдно оголошені відомості про вітчизняні та зарубіжні досягнення науки, техніки і виробництва, одержані в результаті науково-дослідної, дослідно-конструкторської, проектно-технологічної та виробничої діяльності.

Основну базу науково-технічної інформації формують інформаційні ресурси – це систематизоване зібрання науково-технічної літератури і документації (книги, брошури, періодичні видання, патентна і конструкторська документація, промислові каталоги, депоновані рукописи, звіти з науково-дослідних робіт), зафіксовані на паперових та інших носіях.

Основними видами інформаційної діяльності є одержання, використання, поширення та зберігання інформації. До основних галузей інформації належать: політична, економічна, науково-технічна, соціальна, екологічна, духовна та міжнародна. Важливість максимально швидкого і повного ознайомлення з джерелами необхідної для дослідника інформації зумовлена її старінням внаслідок появи нових матеріалів або зниження потреби в ній. Інтенсивність старіння інформації за даними наукових джерел становить понад 10% на день для газет, 10% на місяць для журналів і понад 10% на рік для книг і монографій.

Велике значення для ефективного проведення наукового дослідження має пошук потрібної інформації, оскільки дослідник близько 50% часу витрачає на процес пошуку інформації. Тому одним із актуальних завдань, що стоять перед сучасними системами інформації, є максимально оперативне її отримання, узагальнення, поширення та ознайомлення з нею споживачів.

### **3.2. Національна система науково-технічної інформації**

Національна система науково-технічної інформації (НС НТІ) – це організаційно-правова структура, за допомогою якої формується державна інформаційна політика, а також здійснюється координація робіт щодо створення, використання, зберігання та поширення національних ресурсів науково-технічної інформації із урахуванням інтересів національної безпеки. НС НТІ складається із спеціалізованих державних підприємств, установ,

організацій, державних органів НТІ, наукових і науково-технічних бібліотек, об'єднаних загальносистемними зв'язками і обов'язками. Склад НС НТІ, її основні завдання, інформаційні ресурси та керівництво нею визначено Законом про науково-технічну інформацію. Основними завданнями НС НТІ є:

1. Формування на основі вітчизняних і зарубіжних джерел довідниково-інформаційних фондів та інформаційне забезпечення юридичних і фізичних осіб.
2. Одержання, обробка, зберігання, поширення і використання інформації, отриманої в процесі людської діяльності.
3. Організація надходження до України зарубіжної НТІ, обробка, зберігання і поширення її при вивченні світового інформаційного ринку.
4. Розробка і впровадження сучасних технологій в науково-інформаційну діяльність
5. Використання інформаційно-пошукових систем органів НТІ, в тому числі на базі мережі Internet.

Згідно із Законом про НТІ всі відносини між державними органами і службами НТІ, підприємствами, установами та організаціями будь-яких форм власності, які здійснюють науково-технічну діяльність, і споживачами інформації будуються на основі контрактів (договорів) та інших угод. Контракт (договір) є основним документом, що регламентує відносини між виробником і споживачем інформації.

### **3.3. Види, джерела інформації та режими доступу до неї**

Прийнятий у травні 1992 року Закон про інформацію визначає основні види інформації, джерела та режим доступу до неї. Згідно з Законом основними видами інформації є: статистична, масова, правова, соціологічна. Інформація про особу та діяльність органів державної влади, інформація довідниково-енциклопедичного характеру.

Статистична інформація – це офіційна документована державна інформація, що дає кількісну оцінку подіям та явищам, які відбуваються в технічній і інших сферах життя України. Вона визначається та регламентується Законом України “Про державну статистику”.

Масова інформація – це публічно оголошувана, друкована та аудіовізуальна інформація. Друкованими засобами масової інформації (ЗМІ) є друковані видання (преса): газети, журнали тощо і разові видання з визначеним тиражем. Аудіовізуальними ЗМІ є мережа Internet, телебачення, радіомовлення тощо.

Правова інформація – це сукупність документованих або публічно оголошуваних відомостей про право, його систему та правові відносини. Джерелами правової інформації є Конституція України, інші законодавчі і нормативні (або ненормативні) правові акти, угоди та норми.

Інформація довідниково-енциклопедичного характеру – це

систематизовані відомості про суспільне життя та оточуюче природне середовище. Основними джерелами інформації є: енциклопедії, словники, довідники, рекламні повідомлення, путівники, картографічні матеріали тощо.

Соціологічна інформація – це відомості про ставлення окремих громадян і соціальних груп до суспільних подій, явищ, процесів та фактів.

У наукових дослідженнях велике значення має режим доступу до інформації – передбачений правовими нормами порядок одержання, використання, поширення і зберігання інформації. За режимом доступу інформацію поділяють на відкриту і з обмеженим доступом. Згідно з законодавством обмежений доступ мають офіційні документи, що містять:

- інформацію, визнану державною таємницею;
- конфіденційну (що знаходиться у розпорядженні окремих фізичних або юридичних осіб) інформацію;
- інформацію про оперативну і слідчу роботу відповідних державних та юридичних структур;
- інформацію, що стосується особистого життя громадян;
- внутрішньовідомчу службову кореспонденцію.

#### **3.4. Наукова інформація в документах**

У наукових дослідженнях значне місце займає інформація, що зосереджена в опублікованих і неопублікованих документах. Документ – це передбачений законом матеріальний об'єкт з певною інформацією, який закріплений відповідним способом для її передачі в часі і просторі. Види документів встановлені державним стандартом. Основними з них є:

1. **Монографія** – це наукове або науково-популярне книжкове видання, яке містить повне і всебічне дослідження однієї проблеми або теми і належить одному або декільком авторам.

2. **Автореферат дисертації** – це наукове видання у вигляді брошури, яка містить складений автором реферат проведеного ним дослідження, що подається на здобуття вченого ступеня.

3. **Препринт** – це наукове видання, що містить матеріали попереднього характеру, опубліковані до виходу у світ офіційного видання.

4. **Депонований рукопис** – вид неопублікованого документа, що є цікавим лише для вузького кола спеціалістів, публікація якого в традиційних виданнях є недоцільною.

5. **Тези доповідей конференції (симпозіуму)** – це науковий неперіодичний збірник, що містить опубліковані до початку конференції матеріали попереднього характеру (реферати доповідей і повідомлень).

6. **Матеріали конференції (симпозіуму)** – науковий неперіодичний збірник, що містить результати конференції (доповіді, рекомендації, рішення).

7. **Збірник наукових праць** – збірник, який містить статті і дослідницькі матеріали наукових установ, навчальних закладів та

організацій.

8. *Науковий журнал* – періодичний журнал, що містить статті і матеріали теоретичного та прикладного характеру, призначені для наукових працівників.

9. *Енциклопедія* – довідкове видання, яке вміщує в узагальненому вигляді основні відомості з однієї або всіх галузей знань і практичної діяльності, що розміщені в алфавітному або систематизованому порядку.

10. *Реферативний журнал* – це періодичне видання у вигляді збірника, що містить реферативну інформацію про науково-технічні досягнення та розробки в певній галузі знань.

### **3.5. Інформаційно-пошукові системи органів НТІ**

Призначення інформаційно-пошукових систем (ІПС) – пошук інформації в масивах бібліографічних записів. Залежно від ступеня механізації та автоматизації технології ІПС поділяються на такі типи:

- ІПС ручного пошуку;
- механізовані ІПС;
- автоматизовані ІПС;
- системи автоматичного індексування і пошуку;
- ІПС мережі Internet.

Найбільш поширені ІПС ручного пошуку – карткові каталоги і картотеки, а саме:

а) алфавітний каталог – каталог алфавітного розміщення бібліографічних записів;

б) систематичний каталог – каталог, у якому бібліографічні записи розміщуються за галузями знань, що містить допоміжний апарат у формі алфавітно-предметного покажчика;

в) хронологічний каталог – каталог, у якому бібліографічні записи розміщуються за роком видання документів;

г) предметний каталог – каталог, у якому бібліографічні записи розміщуються в алфавітному порядку предметних рубрик.

За видами документів розрізняють каталоги книг, періодичних видань, дисертацій, авторефератів дисертацій, картографічних видань, аудіовізуальних матеріалів та ін.

Важливе значення для організації ІПС мають інформаційно-пошукові мови класифікаційного типу, що формуються на основі присвоєних документам індексів. Індокси визначаються за допомогою бібліотечно-бібліографічних класифікацій, що переважно є ієрархічними. В Україні найпоширеніші дві класифікації – УДК і ББК.

Універсальна десятикова класифікація (УДК) – це єдина класифікаційна інформаційно-пошукова мова Державної системи НТІ. Еталонними таблицями УДК є видання, підготовлені Міжнародною федерацією по документації (офіційний її переклад).

В УДК застосована цифрова система ідентифікації: перша цифра – основні напрямки, друга – піднапрямки і т.д. Наприклад УДК 621.881 означає: 6 – Прикладні науки, медицина, техніка; 62 – Техніка вцілому. Інженерна справа; 621.0 – Машини і машинобудування вцілому; 621.88 – Кріпильні деталі і пристосування. Засоби кріплення; 621.881 – Затискні пристрої. Лещата. Кліщі та ін.

Вітчизняною класифікацією вважається бібліотечно-бібліографічна класифікація (ББК). Існує ряд версій ББК для різних видів бібліотек з літерно-цифровою (наукові бібліотеки) та цифровою індексацією. Вона є ієрархічною і напівфасетною за структурою таблиць. Наприклад У01: У – “Економіка. Економічні науки”; У01 – “Політична економія”.

### **3.6. Пошук патентних матеріалів**

Пошук патентних матеріалів до теми дослідження також є невід’ємною частиною етапу постановки задачі дослідження, оскільки він забезпечує:

- прогнозування тенденції розвитку наукових напрямів розвитку техніки і технологій;
- оцінку технічного рівня результатів шляхом їх порівняння з існуючими зразками;
- перевірку патентоспроможності створених технічних систем.

Патентна документація – найбільш повне зібрання даних про науково-технічні досягнення людства за останні 250 років. Основою класифікації цієї інформації є міжнародний класифікатор винаходів (МКВ), побудова якого ґрунтується на двох принципах:

- предметно-тематичний, за яким об’єкти класифікуються залежно від галузі їх застосування;
- функціональний, за яким в основу класифікації покладено тотожність функцій об’єктів незалежно від галузі техніки, де об’єкт застосовується.

Система МКВ складається з 8 розділів, 20 підрозділів, 115 класів і т.д. Основні її розділи:

- A – Задоволення життєвих потреб людини;
- B – Різні технологічні процеси;
- C – Хімія і металургія;
- D – Текстиль та папір;
- E – Будівництво;
- P – Прикладна механіка, освітлення і опалення; двигуни та помпи; зброя та боеприпаси;
- F – Технічна фізика;
- H – Електрика.

За предметно-тематичним принципом побудовані розділи А, С, В, Е, Р, С, Н, а за функціональним – розділ В.



На етапі постановки задачі дослідження та вибору напряму проведення робіт важливу роль відіграє аналіз патентів з теми дослідження за останні 5–10 років. Лише підраховуючи їх кількість, можна зробити певні висновки:

1. Якщо кількість патентів за кожен наступний рік перевищує дані попереднього року, о напрям дослідження перспективний, а його тема – актуальна.

2. Якщо кількість патентів приблизно однакова, то необхідно створити паралельний напрям проведення дослідження, а наукову тему розширити.

3. Якщо кількість патентів з кожним роком зменшується, то тема дослідження ґрунтується на застарілих ідеях і уявленнях. У цьому випадку доцільно провести пошукове дослідження.

### **3.7. Аналіз та опрацювання інформації**

Для ефективного використання отриманої наукової інформації необхідно знати методичку її обліку, опрацювання та аналізу.

*Облік* інформації зводиться до складання бібліографії.

Бібліографія – перелік різних інформаційних документів з вказуванням наступних даних: прізвище та ініціали автора, назва джерела, місце видання, видавництво та рік видання, об’єм джерела в сторінках.

Такий бібліографічний перелік складається у алфавітному порядку за прізвищами автора, що прискорює пошук потрібної інформації.

Першою умовою ефективного опрацювання документа є направленість встановлення мети читання, що активізує мислення, покращує пам’ять, робить сприйняття більш точним.

Важливим фактором якісного опрацювання інформації є також самостійність, настирливість і систематичність. Часто, особливо при читанні складного нового тексту чітко осмислити його з першого разу неможливо. Тому доводиться читати і перечитувати, щоб досягти повного розуміння матеріалу.

Продуктивність під час опрацювання інформації значною мірою залежить від розумової працездатності, яка у свою чергу залежить від вмілого використання фізіологічних перерв. Після кожних 1–2 годин роботи рекомендується робити перерви на 5–7 хв., фізичні вправи, обтирання тіла і обличчя теплою водою чи посилене глибоке дихання. Усе це стимулює центральну нервову систему і підвищує працездатність.

Опрацьовуючи текст, необхідно прагнути до розуміння усіх його елементів. В окремих випадках потрібно і запам’ятати його на певний період. Тому кожен науковець повинен володіти мистецтвом запам’ятовування.

Існують різноманітні способи запам’ятовування, проте найчастіше використовується механічний, який заснований на багатократному повторенні і заучуванні прочитаного. За такого “зазубрювання” відсутній логічний зв’язок між окремими елементами. Цей спосіб є найменш

ефективним і застосовується в обмежених випадках – запам'ятовування дат, формул, цитат, іноземних слів.

Встановлено, що тренування пам'яті багатократним повторенням малоефективне. Пам'ять повинна базуватись не на формальному сприйнятті, а на активній розумовій діяльності над інформацією, що опрацьовується. Бажаний результат досягається при запам'ятовуванні логічного зв'язку між окремими елементами, повному розумінні змісту прочитаного.

Отримана інформація зберігається у пам'яті людини лише певний час. Спочатку забування відбувається найбільш швидко, а надалі з часом сповільнюється. Так, протягом одного дня втрачається близько 23–25% інформації, через 5 днів – 35% і через 40 днів – 40%. Тому для кращого засвоєння інформації необхідно здійснювати повторення вивченого у той же день або ж наступного. Надалі ж повторювати періодично і лише те, що є найважливішим.

Невід'ємною вимогою якісного опрацювання науково-технічної інформації є запис прочитаного, що дозволяє краще його зрозуміти та засвоїти; продовжити процес засвоєння інформації, а відповідно і краще запам'ятати матеріал; відновити у пам'яті забуте, розвинути мислення, проаналізувати текст; зібрати найбільш важливі фрагменти інформації. Однак запис вимагає значних затрат часу. Тому часто його виконують невірні, оскільки дуже короткий запис збіднює опрацьовану інформацію, а надлишкова детальність означає не лише надлишкову втрату часу, але й невміння визначити головне.

Для опрацювання інформації застосовують виписки, анотації та конспекти.

*Виписка* – короткий зміст окремих фрагментів (розділів, глав, сторінок) інформації. Цінність виписок дуже висока. Вони можуть замінити суцільне конспектування тексту, а їх розмір дозволяє в малому об'ємі накопичувати багато інформації.

*Анотація* – коротка характеристика друкованого джерела з точки зору змісту, призначення, форми та інших особливостей. Анотації складаються на документ в цілому. Їх зручно накопичувати на окремих картках по різних питаннях опрацьованої теми. За допомогою анотації може бути відновлений у пам'яті зміст джерела.

*Конспект* – докладний виклад змісту інформаційного джерела. Конспект повинен бути змістовним, повним та за можливістю коротким. Повнота запису означає не об'єм, а повноту відображення суті джерела.

Для того, щоб конспект був коротким, необхідно текст формувати своїми словами, що вимагає осмислення і аналізу прочитаного. При конспектуванні слід застосовувати скорочення, але такі, щоб не втрачався зміст.

Існує два способи складання конспектів.

*Перший* полягає у тому, що підібрана за даною тематикою інформація опрацьовується послідовно. Спочатку складається конспект кожного джерела, а надалі все об'єднують в один оглядовий твір. Не дивлячись на свою розповсюдженість цей спосіб не достатньо ефективний через великі затрати часу.

Другий спосіб полягає у класифікації інформації за ступенем повноти, актуальності та новизни. Першочергово вивчають саму повну та сучасну інформацію високого наукового рівня. За допомогою заголовків складають повний план теми і переходять до оглядової обробки менш важливої інформації, доповнюючи нею план основного джерела. Даний спосіб зменшує затрати часу на підготовку узагальненого конспекту.

Кожне наукове джерело необхідно піддати критичному аналізу. Для цього необхідно володіти певною ерудицією та певним рівнем знань. Критику недоліків (методик, формул, допущень) необхідно проводити коректно, інтелігентно, наводячи обґрунтовані аргументи. Недопустимо керуватись положенням, що все зроблене раніше є неправильним, застарівши, таким, що не відповідає новим вимогам. Необхідно дотримуватись принципу наступності. Без відомих досліджень неможливо формулювати задачі на майбутнє.

У той же час не слід беззаперечно погоджуватись з попередніми дослідженнями, якщо вони отримані навіть авторитетними вченими. Їх необхідно піддавати творчому критичному аналізу з врахуванням досягнутого рівня в науці та техніці, використовувати раціональні положення і базувати на них свої положення.

У процесі активного аналізу виникають власні думки, виявляються найбільш актуальні питання та черговість їх дослідження.

Спрямовуючою ідеєю всього аналізу інформації повинно бути обґрунтування актуальності та перспективності теми дослідження, що пропонується. При цьому уважно оцінюють роль теорії, експерименту та цінність рекомендацій для виробництва.

Базуючись на результатах опрацювання інформації формуються висновки, в яких відображають наступні питання: актуальність та новизна теми; останні досягнення в галузі теоретичних та експериментальних досліджень (вітчизняні та за кордоном); найважливіші та найактуальніші теоретичні та експериментальні задачі, а також рекомендації для виробництва, які необхідно розробляти на даному етапі; технічна доцільність та економічна ефективність цих розробок.

На основі вказаних висновків формується в загальному вигляді мета і задачі наукових досліджень. Як правило, кількість задач, які будуть досліджуватись, становить від 3 до 5–8.

## Розділ 4. МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Методологія теоретичних досліджень

Теоретичні дослідження повинні бути творчими, їх метою є отримання нової, цінної інформації. Відхилити існуючі або створити нові наукові гіпотези, глибоко пояснити процеси або явища, які раніше були незрозумілими або маловивченими, зв'язати в одне різні явища, тобто знайти стержень процесу, що вивчається, науково узагальнити велику кількість дослідних даних – все це неможливо без теоретичного творчого підходу.

Теоретичне дослідження має кілька стадій: вибір проблеми, ознайомлення з відомими рішеннями, відмова від відомих шляхів вирішення аналогічних задач, перегляд різних варіантів рішень, рішення.

Важливе місце при виконанні теоретичних досліджень займають способи дедукції та індукції.

*Дедуктивний* – це такий спосіб дослідження, за якого частинні положення виводяться із загальних. Недоліком такого способу є обмеження, що випливають із загальних закономірностей, на основі яких досліджується частинний випадок.

*Індуктивний* – це такий спосіб дослідження, за якого за частковими фактами і явищами встановлюють загальні принципи. Даний спосіб широко застосовують в теоретичних дослідженнях.

Особливу роль в теоретичних дослідженнях відіграють способи аналізу та синтезу. *Аналіз* – спосіб наукового дослідження, при якому явища розкладаються на складові частини. *Синтез* – протилежний аналізу спосіб який полягає в дослідженні явищ в цілому, на основі об'єднання зв'язаних один з одним елементів в одне ціле.

Методи синтезу та аналізу взаємопов'язані, їх однаково використовують в наукових дослідженнях.

При аналізі явищ та процесів виникає необхідність розгляду великої кількості фактів (ознак), і тому важливо виділити головне. Ранжування – виключення всіх другорядних явищ та процесів, які несуттєво впливають на об'єкт дослідження (ОД). В НД широко використовують спосіб абстрагування – це врахування другорядних фактів з метою зосередження на найбільш важливих особливостях ОД.

У ряді випадків використовують спосіб формалізації, який полягає в тому, що основні положення процесів і явищ представляють у вигляді формул та спеціальної символіки, які дозволяють встановити закономірності між фактами, що вивчаються.

У теоретичних дослідженнях використовуються два методи – логічний та історичний. Логічний включає гіпотетичний та аксіоматичний.

*Гіпотетичний* метод полягає у розробці гіпотези, наукового передбачення, що містять елементи новизни та оригінальності. Цей метод дослідження є основним, найбільш поширеним в прикладних науках.

Гіпотеза складає суть, методологічну основу, теоретичне передбачення досліджень. Будучи керівною ідеєю всього дослідження, вона визначає напрямки і об'єм теоретичних розробок.

*Аксиоматичний* метод полягає в очевидних положеннях (аксіомах), які приймаються без доведень. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Більшого поширення він набув у теоретичних науках (математика, математична логіка і т.д.).

*Історичний* метод дозволяє дослідити виникнення, формування і розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявлення внутрішніх і зовнішніх зв'язків, закономірностей та протиріч. Цей метод використовується переважно в суспільних та історичних науках.

У прикладних науках основним методом теоретичних досліджень є гіпотетичний. Його методологія включає наступне:

- вивчення фізичної хімічної і т.п. суті ОД за допомогою описаних вище способів пізнання;
- формулювання гіпотези та складання розрахункової схеми (моделі).

Етап теоретичних розробок НД включає такі основні розділи:

1. Аналіз фізичної суті процесів та явищ.
2. Формулювання гіпотези дослідження, побудова, розробка фізичної моделі.
3. Проведення математичного дослідження.
4. Аналіз теоретичних рішень, формулювання висновків.

#### **4.2. Моделі досліджень, їх види та приклади**

Для того, щоб найбільш повно зрозуміти процес, необхідно мати велику кількість спостережень та вимірювань. Виділити основне, а потім глибоко дослідити процеси або явища за допомогою об'ємної, не систематизованої інформації достатньо важко. Тому таку інформацію згортають у модель.

*Модель* – штучна система, що відображає з певною точністю основні властивості об'єкта-оригіналу, що вивчається. Модель знаходиться в певній відповідності із об'єктом вивчення, може замінити його при дослідженні і дозволяє отримати інформацію про цей об'єкт. Метод моделювання – вивчення явищ за допомогою моделей – є одним із основних у сучасних дослідженнях.

Розрізняють фізичне і математичне моделювання. При *фізичному моделюванні* (ФМ) фізика явищ в об'єкті і моделі та їх математичні залежності однакові. У випадку *математичного моделювання* (ММ) фізика явищ може бути різною, а математичні залежності однаковими. ММ стає особливо цінним, коли виникає необхідність вивчити достатньо складні процеси.

Моделі можуть бути *фізичні, математичні, натурні*. Фізичні моделі дозволяють наглядно представити процеси, що проходять насправді. За допомогою фізичних моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на

протікання фізичних процесів. ММ дозволяють кількісно дослідити явища, які важко вивчаються на фізичних моделях. Натурні моделі – масштабно змінювані об'єкти, що дозволяють найбільш повно дослідити процеси, що протікають в натурних умовах.

Модель повинна бути достатньо адекватною.

Останнім часом значного поширення отримали моделі, що забезпечують оптимізацію технологічних процесів та управління ними.

Аналіз різноманітних фізичних моделей процесів, що вивчаються, досліджується математичними методами, які поділяють на такі групи:

1. *Аналітичні методи дослідження* (елементарна математика, диференційні та інтегральні рівняння, варіаційне числення і т.д.), які використовують для вивчення неперервних детермінованих процесів.

2. *Методи математичного аналізу з використанням експерименту* (метод аналогій, теорія подібності, метод розмірностей).

3. *Ймовірно-статистичні методи дослідження* (математична статистика, дисперсійний та кореляційний аналіз, теорія надійності, метод Монте-Карло і ін.), які використовуються для вивчення випадкових процесів – дискретних і неперервних.

4. *Методи системного аналізу* (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія управління, теорія множин і т.д.) застосовуються для дослідження складних моделей – систем з численними і складними взаємозв'язками елементів, які характеризуються неперервністю та визначеністю, а також дискретністю та випадковістю.

### **4.3. Аналітичні методи досліджень та переваги їх застосування**

В дослідженнях часто використовують аналітичні методи, за допомогою яких встановлюють математичну залежність між параметрами об'єкта, що вивчається. Дані методи дозволяють глибоко та всебічно вивчити досліджувані процеси, встановити точні кількісні зв'язки між аргументами та функціями, глибоко проаналізувати досліджувані явища. При цьому широко застосовують елементарні функції та рівняння.

На практиці часто зустрічаються процеси, що протікають за принципом «ланцюгового» механізму (розчинення, охолодження, перемішування і т. ін.). Для їх дослідження використовують експоненційні, параболічні, показникові функції. Щоб вивчити коливальні процеси, використовують тригонометричні функції. В більшості випадків елементарні функції неперервні, що дозволяє їх диференціювати та інтегрувати, а це дає можливість визначити найкращі або найгірші умови проходження досліджуваного процесу шляхом знаходження екстремуму.

Під час аналізу форм та розмірів інженерних конструкцій користуються методами елементарної, нарисної та аналітичної геометрії. Звичайні диференційні рівняння використовують для теоретичного аналізу тільки однієї змінної. Рівняння 1-го порядку мають вигляд:

$$f = \left( x, y, \frac{dy}{dx} \right) = 0; \quad \frac{dy}{dx} = f(x, y). \quad (4.1)$$

Використовують також рівняння вищих порядків:

$$f = \left( x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2 y}{dx^2} \dots \frac{d^n y}{dx^n} \right) = 0. \quad (4.2)$$

Загальний розв'язок таких рівнянь є сімейством кривих на площині. Крива  $f(x, y)$  буде розв'язком першої системи, якщо вона в кожній точці дотикається до вектора поля напрямку. Тому кожне рівняння має множини розв'язків (кривих):

$$F(x, y, C_1, C_2, \dots, C_n) = 0, \quad (4.3)$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – сталі інтегрування.

Для знаходження частинного розв'язку вказують початкові умови – задають значення  $F$  в деяких відомих точках  $x$  та  $y$ . Це дозволяє визначити постійні  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , а потім і частинні розв'язки. Звичайні диференціальні рівняння застосовують при теоретичному аналізі різних моделей простих і середніх за складністю процесів.

Наприклад, в технології в'язучих речовин досліджують їх розчинення, вважаючи, що швидкість розчинення пропорційна їх кількості:

$$\frac{dm}{dt} = -km.$$

Тут  $m$  – кількість в'язучого;  $t$  – час;  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Після інтегрування даного рівняння отримаємо:  $m = Ce^{-kt}$ . Постійну інтегрування  $C$  знаходять із умови, що при  $t=0$   $C = m_0$  (початкова кількість). Внаслідок цього  $m = m_0 e^{-kt}$ . Даний вираз містить конкретну інформацію про процес розчинення, який з часом затухає. Швидкість затухання залежить від коефіцієнту  $k$ , який, в свою чергу, обумовлений природою речовини і температурою розчину.

Велике поширення при розв'язанні прикладних задач отримали диференціальні рівняння в частинних похідних (ДРЧП), наприклад:

$$\frac{d^2 u}{dx dy} = 0; \quad \frac{du}{dt} = K \frac{d^2 u}{dx^2} \quad (4.4)$$

Загальний розв'язок цих рівнянь залежить не від довільних постійних, а від довільних функцій. В них розв'язок являє собою функції кількох незалежних змінних.

У більшості випадків суть задачі зводиться до того, щоб знайти співвідношення між змінними  $u, x, y$ , встановити функціональну залежність  $u = f(x, y)$ , що задовольняє диференціальному рівнянню в частинних похідних і частинним умовам задачі. Ці додаткові умови визначаються фізичним змістом. Наприклад, із аналізу теплового балансу тіла випливає, що

температура в будь-якій точці тіла під час охолодження або при нагріванні його є функцією часу  $T$  і координат  $x, y, z$  і повинна задовольняти диференційне рівняння в частинних похідних:

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (4.5)$$

де  $a$  – коефіцієнт температуропровідності.

ДРЧП набувають широкого застосування в науковому аналізі, тому що вони описують процеси текучості рідин, коливальні процеси, дифузію газів, теплові та інші процеси.

Будь-які диференційні рівняння є моделлю цілого класу явищ, тобто сукупністю явищ, що характеризуються однаковими процесами. При інтегруванні рівнянь отримують велику кількість розв'язків, що задовольняють базове диференційне рівняння. Щоб отримати із множини можливих розв'язків один, що задовольняє тільки процесу, що розглядається, необхідно задати додаткові умови до диференційного рівняння. Вони повинні чітко виділити явище, що вивчається, із усього класу явищ. Умови, що характеризують всі особливості даного рівняння, називаються умовами однозначності і характеризуються такими ознаками: геометрією системи (форма і розміри), фізичними властивостями тіла (теплопровідність, пружність, в'язкість і т.д.), початковими умовами, тобто станом системи в початковий момент, граничними умовами, тобто взаємодією системи на межі із навколишнім середовищем.

Початкові та граничні умови називають крайовими. Задачі тепломасообміну і їм подібні, що відносяться до задач математичної фізики, ефективно вирішуються методами операційного перетворення Лапласа, Фур'є, Бесселя та ін. Суть операційного перетворення полягає в тому, що функцією  $f(t)$  змінної  $t$ , яку називають початковою, або оригіналом замінюють функцією другої змінної  $p - f^*(p)$ , яку називають зображенням. Вивчають при цьому не саму функцію (оригінал), а її змінене значення – зображення.

Перетворення здійснюється шляхом множення початкової функції на іншу та інтегрування її. Так, перетворення Лапласа від функції  $f(t)$  має вигляд:

$$f^*(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t) dt, \quad (4.6)$$

де  $p$  – комплексне число.

Використання функції зображення  $f^*(p)$  дозволяє замінити складні операції диференціювання і інтегрування  $f(t)$  простими алгебраїчними операціями з  $f^*(p)$ . Виконавши прості операції з  $f^*(p)$ , здійснюють зворотній перехід до  $f(t)$ . Застосування таких перетворень має ряд переваг, простота, можливість вирішення задач з різними крайовими умовами та ін. Однак, з допомогою цих методів можна розв'язувати задачі із порівняно простими крайовими умовами. У розв'язуванні нелінійних задач із складними



крайовими умовами застосування точних аналітичних методів пов'язане із значними труднощами.

У будівництві ряд задач досліджується за допомогою інтегральних рівнянь, які містять базову  $\varphi(s)$  під знаком інтегралу:

$$h(x)\varphi(x) - \lambda \int_a^x k(x,s)\varphi(s) ds = f(x), \quad (4.7)$$

де  $h(x)$ ,  $\varphi(x)$  – відомі функції  $x$ ,  $\lambda$  – постійний параметр, який називають власним числом;  $k(x, s)$  – задана функція, яку називають ядром інтегрального рівняння.

Загального методу розв'язку інтегральних рівнянь навіть лінійного типу  $h(x)=0$ ,  $\varphi(x)=0$  не існує. Інтегральне рівняння є розв'язком диференційного рівняння. Наприклад, розв'язком диференційного рівняння

$p = E_y s_y + \eta \frac{ds}{dt}$  є інтегральне рівняння

$$s = e^{\frac{E_y t}{\eta}} \left( S_y + \frac{1}{\eta} \int_0^t p e^{-\frac{E_y t}{\eta}} dt \right).$$

Якщо  $p = p_0 = const$ , то отримаємо  $s = \frac{p_0}{E_y} \left( 1 - e^{-\frac{E_y t}{\eta}} \right)$ .

Це дозволяє зводити розв'язок диференційного рівняння до розв'язування інтегральних, і навпаки.

Багато із задач досліджуються за допомогою *варіаційного числення*. Для того, щоб сформулювати задачу варіаційного числення вводять поняття функціоналу. Наприклад, ми маємо плоску криву  $y=f(x)$  з областю визначення  $x_0 < x < x_1$ .

Не важко помітити, що довжина кривої  $S_1$  площа  $P$  криволінійної трапеції, об'єм тіла обертання  $V$  залежать від виду заданої кривої  $y = f(x)$ :

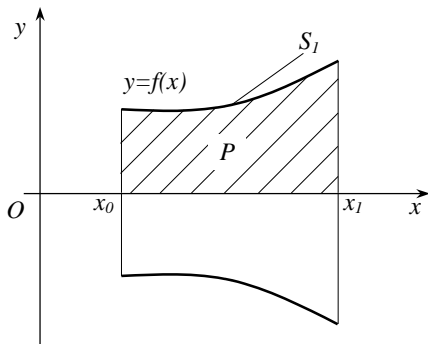


Рис. 4.1

$$S_1 = \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{1 + [y'(x)]^2} dx; \quad P = \int_{x_0}^{x_1} y(x) dx;$$

$$V = \pi \int_{x_0}^{x_1} [y(x)]^2 dx.$$

Таким чином, функція  $y = f(x)$  однозначно визначає значення  $S_1, P, V$ , тобто вона відіграє роль своєрідного аргументу. В цьому випадку  $S_1, P, V$  називають функціоналом відносно функції  $y = f(x)$ .

Суть задачі варіаційного числення полягає в тому, що якщо задано функціонал  $F(y')$  в області  $x_0 < x < x_1$ , то необхідно знайти таку функцію  $y = f(x)$  в заданій області визначення функціоналу  $F(y')$ , при якій цей функціонал приймає мінімальне або максимальне значення.

Під час дослідження процесів методами варіаційного числення знаходять такі закономірності, при яких їх розвиток є енергетично найбільш економним.

У будівельних задачах широко застосовується теорія функцій комплексної змінної. В основі цієї теорії лежить положення про комформне перетворення, згідно з яким дві криві, що перетинаються,  $z_1 z_2$  і  $z_1 z_3$ , із області  $z$  завжди можна перенести в область  $W$  відповідно кривим  $w_1 w_2$  і  $w_1 w_3$ , зберігаючи рівність кутів між кривими в кожній парі. Це дозволяє змінити координати таким чином, щоб спростити громіздкі математичні перетворення. Теорія функцій комплексної змінної використовується, наприклад, в теорії пружності для визначення концентрацій напружень в площині або просторі, що містить різні включення.

Розглянуті аналітичні методи, як правило, дозволяють успішно розв'язувати тільки відносно прості задачі. В той же час, все частіше виникає необхідність у використанні складних диференціальних рівнянь або їх систем з початковими і граничними умовами (часто нелінійними). Їх розв'язування складне, і тому в цих випадках використовують наближені обчислення за допомогою *численних методів*.

Ідея численних методів (методи кінцевих різниць або сіток) полягає в наступному:

1. У плоскій області  $D$ , в якій виконується пошук розв'язку, будують сіткову область  $D_c$ , яка складається з однакових комірок і яка наближається до області  $D$ .

2. Задане диференціальне рівняння у вузлах побудованої сітки ставлять у відповідність кінцево-різничним рівнянням.

3. На основі граничних умов встановлюють значення вихідного розв'язку в граничних вузлах області  $D_c$ .

#### 4.4. Ймовірісно-статистичні методи дослідження

У багатьох випадках виникає необхідність дослідження не тільки детермінованих, але й випадкових – імовірнісних (стохастичних) процесів. Ті або інші події можуть відбутись або не відбутись. У зв'язку з цим доводиться аналізувати випадкові, стохастичні зв'язки, у яких кожному аргументу відповідає множина значень функцій. Спостереження показали, що, не дивлячись на випадковий характер зв'язку, розсіювання має цілком визначені закономірності. Для таких статистичних законів теорія ймовірності дозволяє передбачити результат не однієї якої-небудь події, а середній результат випадкових подій, і чим точніше, тим більше число явищ, що аналізуються.

Не дивлячись на випадковий характер подій, вони підлягають певним закономірностям, що розглядаються в теорії ймовірності. *Теорія ймовірності є математичним вираженням законів, вивчає випадкові події і ґрунтується на таких основних показниках:*

**Сукупність** – множина однорідних подій. Сукупність випадкової величини  $x$  складає первинний статистичний матеріал. Сукупність, що містить різноманітні варіанти масового явища, називають генеральною сукупністю, або великою вибіркою  $N$ . В більшості випадків вивчають лише частину генеральної сукупності, яку називають вибірковою, або малою вибіркою  $N_1$ .

**Ймовірність  $P(x)$**  події  $x$  – це відношення числа випадків  $N(x)$ , які сприяють настанню події  $x$ , до загального числа можливих випадків  $N$ :

$$P(x) = \frac{N(x)}{N}.$$

Теорія ймовірностей розглядає **теоретичні розподіли випадкових величин (ВВ) та їх характеристики**. Математична статистика займається методами обробки і аналізу емпіричних подій. Ці дві споріднені науки складають єдину математичну теорію масових випадкових процесів, яку широко застосовують для аналізу наукових досліджень.

У математичній статистиці важливе значення має поняття про **частоту подій**  $\bar{y}(x)$  – відношення числа випадків  $n(x)$ , при яких мала місце подія, до загального числа подій  $n$ :

$$\bar{y}(x) = \frac{n(x)}{n}$$

У разі необмеженого збільшення числа подій частота  $\bar{y}(x)$  наближається до ймовірності  $P(x)$ . Ймовірність ВВ (події) – це кількісна оцінка її появи. Достовірна подія має ймовірність  $P=1$ . неможлива подія –  $P=0$ . Тому для випадкової події ймовірність  $P(x)$  знаходиться в межах:  $0 \leq P(x) \leq 1$ , а сума ймовірностей всіх можливих значень дорівнює:

$$\sum_{i=0}^n P_i = 1$$

У дослідженнях інколи недостатньо знати тільки функцію розподілу, а необхідно ще й мати її характеристики: *середньоарифметичне, математичне очікування, дисперсію, розмах ряду розподілу.*

Нехай серед  $n$  подій випадкова величина  $x_1$  повторюється  $n_1$  раз, величина  $x_2$  -  $n_2$  рази і т.д. Тоді *середньоарифметичне значення*  $\bar{x}$  має вигляд:

$$\bar{x} = \sum_1^n x_i y_i$$

*Розмах* можна використовувати для орієнтовної оцінки варіації ряду подій:

$$R = x_{\max} - x_{\min} ,$$

де  $x_{\max}$  і  $x_{\min}$  - максимальне і мінімальне значення вимірюваної величини або похибки. Якщо замість емпіричних частот  $y_1 \dots y_n$  прийняти їх ймовірності  $P_1 \dots P_n$ , то отримаємо важливу характеристику функції розподілу - *математичне очікування*:

$$m(x) = \sum_1^n x_i P_i .$$

Для безперервних випадкових величин математичне очікування:

$$m(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} xP(x) dx ,$$

тобто воно дорівнює дійсному значенню  $x_d$  спостережуваних подій.

*Дисперсія* характеризує розсіювання випадкової величини по відношенню до математичного очікування і обчислюється за допомогою формули:

$$D(x) = \sum_1^n (x_i - m(x))^2 P_i .$$

Важливою характеристикою теоретичної кривої розподілу є *середньоквадратичне відхилення* або стандарт:  $\sigma(x) = \sqrt{D(x)}$ . Мірою розсіювання є дисперсія, або середньоквадратичне відхилення. *Коефіцієнт*

*варіації*  $K_\sigma = \frac{\sigma}{m(x)}$  застосовується для порівняння інтенсивності

розсіювання в різних сукупностях і визначається у відносних одиницях:  $K_\sigma < 1$ .

Вище були розглянуті основні характеристики теоретичної кривої розподілу, які аналізує теорія ймовірностей. У статистиці оперують з емпіричними розподілами. Основною задачею статистики є підбір

теоретичних кривих за наявним емпіричним законом розподілу. Нехай, в результаті  $n$  вимірювань випадкової величини отримано варіаційний ряд  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Первинна обробка таких рядів зводиться до такого:

– групують  $x_i$  в інтервали і встановлюють для кожного з цих інтервалів частоти  $y_i$  і  $\bar{y}_{oi}$ ;

– за значеннями  $x_i$ , та  $\bar{y}_{oi}$  будують ступінчасту гістограму частот;

– обчислюють характеристики емпіричної кривої розподілу.

Основними характеристиками емпіричної кривої розподілу є середньоарифметичне значення  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , дисперсія  $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  і середньоквадратичне відхилення  $\sigma = \sqrt{D}$ . Значенням  $\bar{x}$ ,  $D$ ,  $\sigma$  емпіричного розподілу відповідають величини  $\bar{x}$ ,  $D(x)$ ,  $\sigma(x)$  теоретичного розподілу.

Розглянемо основні теоретичні криві розподілу. Найбільш часто в дослідженнях застосовують закон нормального розподілу:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(x - m(x))^2}{2\sigma^2} \right].$$

Чим менше  $\sigma$ , тим більша збіжність результатів вимірювання, і ряд вимірювання більш точний. Середньоквадратичне відхилення  $+\sigma$  і  $-\sigma$  відповідає точкам перегину кривої (рис. 5.1).

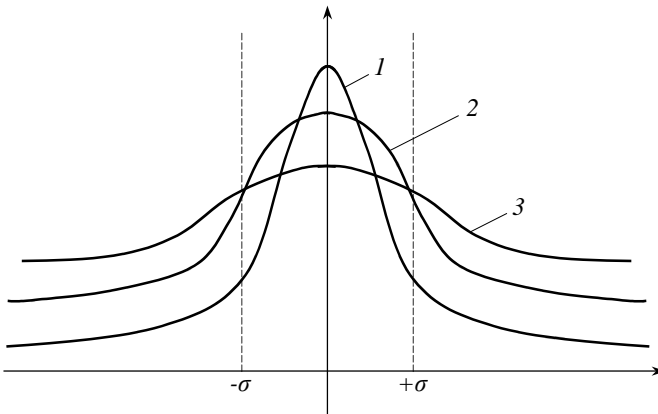


Рис. 4.2.

При аналізі багатьох випадкових дискретних процесів використовують розподіл Пуассона. Наприклад, потік автомобілів, що прибувають на асфальтобетонний завод, потік автомобілів перед світлофором та інші короткотермінові процеси, що протікають за одиницю часу. Ймовірність появи числа подій  $x=1,2,3,\dots$  за одиницю часу виражається законом Пуассона (рис.5.2):

$$P(x) = \frac{m^x}{x!} e^{-m} = \frac{(\lambda t)^x}{x!} e^{-\lambda t},$$

де  $x$  – число подій за певний проміжок часу  $t$ ;  $\lambda$  – густина, тобто середнє число подій за одиницю часу,  $\lambda t = m$ .

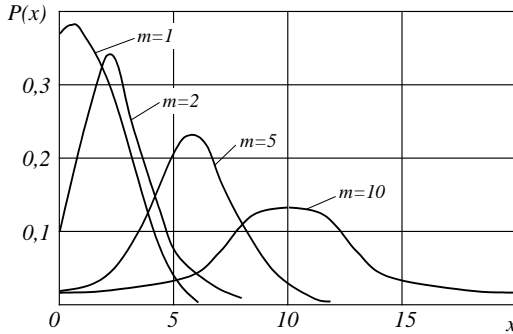


Рис. 4.3

Розподіл Пуассона відносять до нечастих подій, тобто  $P(x)$  – ймовірність того, що подія за період певного дослідження відбудеться  $x$  раз при дуже великій кількості вимірювань. Для закону Пуассона дисперсія дорівнює математичному очікуванню кількості настання подій за час  $t$ , тобто  $\sigma^2 = m$ .

Для дослідження кількісних характеристик деяких процесів (часу обслуговування будівельних машин у ремонтних майстернях та автомобілів на станції технічного обслуговування, часу відмов машин та виробів), можна застосувати показниковий закон розподілу. Щільність ймовірності показникового закону виражається залежністю:  $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ , де  $\lambda$  – інтенсивність подій за одиницю часу.

Досліджуючи процеси, пов'язані з поступовим зниженням параметрів (погіршення властивостей матеріалів з часом, деградація конструкцій, процеси старіння і т.д.) застосовують закон гама-розподілу:

$$f(x) = \frac{\lambda^\alpha}{\alpha!} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}, \text{ де } \lambda, \alpha - \text{ параметри. При дослідженні багатьох}$$

процесів, пов'язаних із аналізом кліматичних та гідрологічних дій на будову, встановлення розрахункових характеристик ґрунтів та матеріалів і т.д., використовують закон розподілу Пірсона. Із дванадцяти типів цього закону найчастіше застосовують третій:

$$f(x) = a e^{dx} \left(1 + \frac{x}{b}\right)^{ab}, \text{ де } a - \text{ максимальна ордината, } d, b - \text{ відповідно}$$

відстань від максимальної ординати до центра розподілу і початку координат.

У дослідженнях завжди виникає питання – в якій мірі впливає той чи інший фактор або комбінація факторів на досліджуваний процес? Так, при вимірюванні якої-небудь величини результат залежить від багатьох факторів, але основними є технічний стан приладу та увага оператора.

Методи встановлення основних факторів та їх вплив на досліджуваний процес розглядаються в спеціальному розділі теорії ймовірності та математичної статистики – дисперсійному аналізі.

#### **4.5. Методи системного аналізу**

Під *системним аналізом* розуміють сукупність прийомів та методів для вивчення складних об'єктів – систем, що представляють собою складну сукупність елементів, що взаємодіють. Взаємодія елементів системи характеризується прямими та зворотними зв'язками. Суть системного аналізу полягає в тому, щоб виявити ці зв'язки та встановити їх вплив на поведінку всієї системи в цілому.

Системний аналіз використовується для дослідження руху таких складних систем, як економіка окремої галузі, промислове підприємство, будівельна організація та ін. Найбільш часто розглядається розвиток даних систем у часі. Системний аналіз складається з 4-х етапів. Перший етап – **постановка задачі** – визначає об'єкт, мету та задачі дослідження, а також критерії для вивчення об'єкта і керування ним. Це важливий етап системного аналізу, тому його виконує дослідник з великим досвідом. Неправильна, неповна постановка мети може звести нанівець результати всього наступного аналізу.

Другий етап – **визначення межі системи, що вивчається, і визначення її структури**. Попередньо всі об'єкти і процеси, що мають відношення до поставленої мети, розбивають на два класи – власне систему та зовнішнє середовище. Виділяють замкнуті та відкриті системи. При дослідженні замкнутих систем вплив зовнішнього середовища не враховують. Потім виділяють окремі складові системи – її елементи, встановлюють взаємозв'язок між ними та зовнішнім середовищем.

Третім найбільш важливим етапом аналізу є **складання математичної моделі досліджуваної системи**. Спочатку виконують параметризацію системи, описують виділені елементи системи та елементарні впливи на неї за допомогою тих або інших параметрів. При цьому розпізнають параметри, що характеризують безперервні та дискретні, детерміновані та імовірнісні процеси. Залежно від особливостей процесів використовують той або інший математичний апарат. Аналітичні методи використовують лише для невеликих систем внаслідок їх громіздкості або неможливості скласти та розв'язати системи рівнянь. Для опису великих систем використовують дискретні параметри, наприклад змінні, що приймають цілочисельні значення. За допомогою них можна вивчити процеси і об'єкти, які характеризують не тільки якісно, але й кількісно,

використовуючи для цієї мети бальну систему. Наприклад, твердість матеріалу оцінюють балами за шкалою Роквела, Брюнеля, Вікерса, морозостійкість бетону – за шкалою Шеспорева та ін. Методи операцій з дискретними параметрами викладені в теорії множин, і перш за все, в її самих важливих розділах – алгебрі множин і алгебрі висловлювань (математичній логіці). Поряд із апаратом алгебри множин і алгебри висловлювань при дослідженні складних систем широко використовують ймовірнісні методи, тому що в них переважають стохастичні процеси. Тому найбільш часто досліджують розвиток процесів з певною ймовірністю або визначають ймовірність протікання процесів, що вивчаються. Якщо досліджуються складні системи – узагальнені динамічні системи, які характеризуються великою кількістю різних за природою параметрів, то з метою спрощення математичного опису їх розчленовують на підсистеми, виділяють типові системи, виконують стандартизацію зв'язків для різних рівнів ієрархії однотипних систем. У результаті проведення 3-го етапу системного аналізу (СА) формують скінченні математичні моделі системи, описані на формальній, наприклад, алгоритмічній мові.

Четвертий етап СА – *аналіз отриманої математичної моделі* – знаходять її екстремальні умови з метою оптимізації процесів та управління системами і формулюють висновки. Оптимізація полягає у знаходженні оптимуму функції, яку розглядають (математичної моделі досліджуваної системи, процесу) і оптимальних умов поведінки даної системи для протікання даного процесу. Оцінку оптимізації виконують за критерієм оптимізації, який приймає в даному випадку екстремальні значення (мінімум, максимум, мінімакс), які можуть виражати, наприклад, мінімальну вартість продукції, мінімальні витрати матеріалу і т.д. Складність вибору критерію полягає в тому, що на практиці в задачах оптимізації і управління доводиться мати справу із багатьма критеріями, які часто суперечать один одному. Математично правильна постановка задачі оптимізації вимагає наявності тільки одного критерію. Частіше вибирають один критерій, а для інших встановлюють гранично допустимі значення.

Відомі різні математичні методи оптимізації досліджуваних моделей. Найбільш поширені із них – аналітичні, градієнтні, математичне програмування, ймовірнісно-статистичні, а також автоматичні методи із самоналагоджуваними моделями. Оптимізація процесів і системи аналітичними методами полягає в тому, що необхідно визначити мінімальне або максимальне значення деякої функції  $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$  у визначеній області  $s$  значень параметрів  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Але класичні аналітичні методи використовують рідко для оптимізації складних реальних процесів. Складні екстремальні процеси розв'язують іншими методами. Для цієї мети часто застосовують *метод найшвидшого (градієнтного) спуску і підйому*. Суть методу можна пояснити таким чином. Припустимо, що необхідно знайти



екстремум функції мети  $f(x_1, x_2)$ , що описує деяку поверхню. Знаходження екстремуму починається з будь-якої точки поверхні  $A_0(x_{01}, x_{02})$ . З цієї точки визначають напрям підйому або спуску, який є найбільш крутим. Його називають градієнтом і позначають  $\vec{g}$ . Звідси починають рух в напрямку градієнту до оптимуму з кроком  $c\vec{g}$ , де  $c$  – стала величина, яка залежить від точності вимірювання в результаті отримують нову точку  $A_1(x_{11}, x_{22})$ , для якої знову повторюють описану процедуру до тих пір, доки не визначать екстремум.

На практиці зустрічаються задачі оптимізації, коли при знаходженні екстремуму функції мети  $f$  граничні рівняння її області  $S$  є лінійними. Розв'язуючи задачі такого класу, найчастіше застосовують **методи лінійного програмування**. Задача ЛП полягає в знаходженні максимуму або мінімуму критерію оптимальності в задачах з лінійними рівняннями. Функція мети виражається у вигляді:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min (\max). \text{ Обмеження задають у вигляді}$$

лінійних нерівностей:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{im}x_m \geq b_i; \quad x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

де  $a_{ij}, b_i, c_i$  – константи,  $x_1, \dots, x_n$  – незалежні змінні.

На даний час задачі лінійного програмування вивчені достатньо повно, причому для їх розв'язку застосовують порівняно не складні обчислення. Для багатьох із них є стандартні програми на ЕОМ.

У ряді випадків зустрічаються задачі **нелінійного програмування**, функція мети яких записується як сума лінійних та нелінійних комбінацій:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n d_{ij} x_i x_j.$$

Серед задач нелінійного програмування зустрічаються такі, в яких обмеження не мають дискретних змінних. В них функції  $f(x_1, \dots, x_n)$  неперервні і виражаються частинними похідними. Ці задачі інколи називають класичними задачами оптимізації, тому що розв'язуються класичними методами на основі диференційного числення.

Використовують також інший тип задач нелінійного програмування. У цьому випадку як обмеження ставлять особливі вимоги до цілісності змінних значень. Задача формулюється таким чином:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad x \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n - \text{цілі числа.}$$

Розв'язування великої кількості виробничих задач методами лінійного та нелінійного програмування забезпечує великий економічний ефект, зокрема, зниження затратної частини в результаті оптимізації

процесів.

Деякі практичні процеси в машинобудуванні безперервно змінюються, особливо ті, що пов'язані із управлінням виробництвом. У зв'язку із зміною умов поставки матеріалів, наявністю обладнання, його ремонтом, зміною технологічного процесу і т.д. на виробництві доводиться вирішувати нові ситуації. Таким чином, ці процеси є динамічними.

**Динамічне програмування** (“динамічне планування”) являє собою математичний метод оптимізації рішень, спеціально пристосований до багатокрокових (або багатоетапних) операцій. Уявимо, що досліджувана операція являє собою процес, що розвивається в часі і розпадається на ряд етапів. Деякі операції розчленовуються на кроки природно: наприклад, при плануванні господарської діяльності групи підприємств природним кроком є господарський рік. В інших операціях поділ на кроки доводиться вводити штучно.

В основу задач динамічного програмування покладено принцип оптимальності. Оптимальне керування процесом визначається заданою метою і складанням системи в розглядуваний період часу, незалежно від умов, що змінилися і привели систему в даний стан.

Функція мети виражається сумою:

$$w = \sum_{k=0}^{N-1} f_0 [x(k), u(k)] = \max (\min),$$

де  $N$  – загальне число інтервалів (кроків);  $u(k)$  – керуюча дія;  $x(k)$  – значення координати в дискретні моменти часу  $t$ . При оптимальному керуванні функціонал повинен бути мінімізований або максимізований. Оптимальний процес стане відомим, коли буде знайдено значення керуючої дії  $u_0, u_1, \dots, u_{N-1}$  для всіх дискретних моментів часу, що мають визначені обмеження і мінімізують (максимізують) суму.

Для того, щоб розв'язати задачу динамічного програмування, необхідно знайти мінімум (максимум) складної дискретної функції з великою кількістю змінних. Метод динамічного програмування зводить цю задачу до простої – мінімізуються прості функції у зворотному порядку – від кінця до початку процесу.

Для оптимізації процесів методами лінійного, нелінійного або динамічного програмування не існує стандартних рішень. У кожному конкретному випадку застосовують свій власний підхід (метод) до розв'язку задачі. Особливо важкими є задачі нелінійного та динамічного програмування.

Поряд із вищеописаними методами використовуються:

– методи, що ґрунтуються на **теорії масового обслуговування** (ТМО), яка має за мету пошук оптимальних умов, тобто забезпечення ефективності роботи системи “вимоги-обслуговування”, тобто в ТМО система складається із числа (потоків) вимог, обслуговуючого пристрою

(апарату) і вихідного потоку;

– методи теорії ігор, які розглядають розвиток процесів як випадкових ситуації. Теорія ігор – математична теорія конфліктів. Конфлікт полягає в тому, що інтереси двох сторін не співпадають (боротьба інтересів) або сторони мають протилежні цілі. Прикладом конфліктної ситуації є спортивні ігри. Гравець вибирає таку сукупність правил поведінки (стратегію), яка забезпечує йому бажаний результат – виграш. Як правило, теорія ігор розглядає конфліктні ситуації, в яких доводиться приймати рішення з частковою або повною відсутністю даних про стан. Тому можуть бути і випадкові ходи, ефект яких можна оцінити в середньому математичним очікуванням. Результат гри оцінюють кількісними показниками або умовними числами: виграш +1, нічия 0, програш -1. За допомогою теорії ігор можна оцінювати найбільш вдалі і невдалі ситуації і на основі отриманих даних прийняти оптимальний для даних умов розв'язок.

## Розділ 5. МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 5.1. Основні терміни і поняття математичного методу планування експерименту

При використанні математичного методу планування експерименту дослідження проводяться при одночасному варіюванні (зміні) всіх факторів.

За користування даним методом реакцію досліджуваних систем на дію факторів прийнято називати відгуком.

*Відгук* – це результат досліду (шуканий показник, або параметр) крім терміну “відгук” можуть використовуватись інші терміни: параметр оптимізації, вихідний параметр.

Вид функції відгуку називають моделлю. Це залежність виду:

$$y = f(x_1, x_2, \dots)$$

Завдання дослідження полягає у її визначенні та знаходженні числових значень його коефіцієнтів, для чого слід спланувати та провести експеримент.

Математична модель має вигляд поліному певного степеня, а також називається рівнянням регресії. Це рівняння може бути лінійним, неповним квадратним, повним квадратним, або більш високих степенів.

Повне квадратне рівняння має вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (5.1)$$

де  $x_1, x_2, x_3$  – кодовані значення факторів.

$b_0, \dots, b_{33}$  – коефіцієнти за відповідних факторів.

Неповне квадратне рівняння отримуємо з рівняння (5.1) при  $b_{11} = b_{22} = b_{33} = 0$ .

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3, \quad (5.2)$$

а лінійне рівняння – при  $b_{12} = b_{13} = b_{23} = 0$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (5.3)$$

Для одержання лінійного і неповного квадратного рівняння із застосуванням повно факторного експерименту планування здійснюється на 2 рівнях ( $m = 2$ ), а для одержання повного квадратного рівняння (другого порядку) – на трьох рівнях, тобто  $m = 3$ . А при насиченому методі число рівнів повинно бути не меншим 5.

Тому при дослідженні впливу двох факторів на досліджуване явище необхідно провести наступну кількість дослідів:

- класичний метод  $n = m^k = 5^2 = 25$ ;
- математичний метод  $n = m^k = 3^2 = 9$ .

У разі повнофакторного експерименту зі збільшенням числа факторів зростає число дослідів. При великій кількості факторів з метою зменшення числа дослідів застосовують роздрібнений факторний експеримент, який одержують діленням числа дослідів ПФЕ відповідно на 2, 4, 8.

$$n = m^{k-p} \quad (5.4)$$

де  $p$  – роздрібненість (кількість взаємодій у повному факторному експерименті, що замінена додатковими факторами).

## 5.2. Складання плану-матриці проведення експерименту

Планування і проведення ПФЕ складається з таких основних етапів: кодування факторів, складання плану-матриці експерименту, рандомізація дослідів, реалізація плану експерименту, перевірка відтворюваності дослідів, перевірка адекватності моделі, оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

Кодування факторів здійснюють для переведення натуральних факторів у безрозмірні величини, зв'язок між якими встановлюється залежністю:

$$X_i = \frac{Y_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (5.5)$$

де  $Y_i$ ,  $X_i$  – відповідно кодоване та натуральне значення  $i$ -го фактору;

$X_{i0}$  – натуральне значення  $i$ -го фактору на нульовому рівні;

$\Delta X_i$  – інтервал варіювання  $i$ -го фактору.

Нульовим називається рівень, що займає центр інтервалу.

Після кодування факторів складають план-матрицю експерименту. Наприклад, для отримання неповного квадратного рівняння така план-матриця матиме вигляд:

№ дослідів	Значення кодованих факторів		Взаємодія кодованих факторів
	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Наступним кроком є рандомізація дослідів з метою встановлення послідовності їх проведення. Оскільки функція відгуку залежить не тільки від факторів, які досліджуються, а й від інших факторів, які можуть бути невідомі досліднику. Прояв невідомих може по-різному впливати на результати експерименту і залежатиме від черговості проведення дослідів. Для мінімізації цього впливу встановлюється випадковий порядок проведення дослідів у часі, для чого використовують генератор випадкових

чисел та ін. Оскільки дослідження проводяться у кількох повторностях, то дану операцію проводять для кожної з них.

Для перевірки відтворюваності дослідів (рівнозначності) при однаковому числі повторностей для кожного дослідів визначають критерій Кохрена, табличне значення якого позначається  $G(0,05;n;f_u)$ , де 0,05 – означає 5% рівень значущості;  $n$  – число незалежних оцінок дисперсії (число дослідів);  $f_u = m_0 - 1$  – число ступенів вільності кожної оцінки, тут  $m_0$  – число повторностей. Відтворюваність наявна за виконання умови:

$$G \leq G(0,05;n;f_u), \quad (5.6)$$

$$G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2}, \quad (5.7)$$

тут  $S_u^2$  – дисперсія результатів в  $u$ -му досліді;

$S_{u \max}^2$  – найбільша із дисперсій.

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i_k=1}^{m_0} (y_{i_k} - \bar{y}_u)^2 \quad (5.8)$$

де  $i_k$  – номер повторності;

$y_{i_k}$  – вихідний параметр при  $i_k$  повторності.

У випадку невиконання умови відтворюваності необхідно перевірити точність вимірювань і умови проведення дослідів, в яких спостерігається максимальна дисперсія, а також проаналізувати вплив неврахованих факторів.

### 5.3. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії

За відтворюваності результатів експерименту проводять розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії. Для неповного квадратного рівняння і двох досліджуваних факторах коефіцієнти визначаються за формулами:

$$\begin{cases} b_0 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u; \\ b_i = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \bar{y}_u; \\ b_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u, \end{cases} \quad (5.9)$$

де  $u$  – число точок плану (число дослідів);

$\bar{y}_u$  – середнє арифметичне значення вихідного параметру в  $u$ -му досліді;

$x_{iu}$  – значення  $i$ -го кодованого фактора в  $u$ -му досліді;

$x_{ju}$  – значення  $j$ -го кодованого фактора в  $u$ -му досліді.

#### 5.4. Перевірка адекватності моделі

Оскільки вплив якихось із досліджуваних факторів може виявитись несуттєвим, то проводять перевірку значущості коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Стьюдента. Коефіцієнт вважають значущим, якщо виконується нерівність:

$$|b_a| \geq \Delta b_u = t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}}, \quad (5.10)$$

де  $b_a$  – коефіцієнти у рівнянні регресії;

$\Delta b_u$  – довірча границя;

$t(0,05; f_u)$  – критерій Стьюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності  $f_y = n(m_0 - 1)$

Коефіцієнти, які виявились незначущими, виключають із рівняння регресії.

Для встановлення відповідності отриманої моделі експериментальним результатам проводять перевірку її адекватності за допомогою критерію Фішера. Адекватність матиме місце, коли виконується нерівність:

$$F = \frac{S_{neao}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (5.11)$$

де  $S_{neao}^2$  – дисперсія неадекватності;

$S_y$  – дисперсія відтворюваності експерименту;

$f_{ad}$  – число ступенів вільності дисперсії адекватності,  $f_{ad} = n - k - 1$  ( $k$  – число факторів).

$$S_{neao}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2, \quad (5.12)$$

де  $y$  – розрахункове значення відгуку в  $i$ -му досліді;

$k$  – число залежних коефіцієнтів регресії.

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2 \quad (5.13)$$

Перехід від рівняння із кодованими значеннями факторів до рівняння з факторами в натуральній формі проводять за формулою:

$$x_n = \frac{x_n - x_{n0}}{\Delta x_n};$$

На основі отриманих рівнянь будуються двовірні графіки, які мають назву поверхонь відгуку.

## Розділ 6. СТАТИСТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ, КОРЕЛЯЦІЯ ТА РЕГРЕСІЯ

### 6.1. Статистичні зв'язки між досліджуваними параметрами

При обробці дослідних даних необхідно прагнути до розкриття функціональних зв'язків та залежностей між досліджуваними величинами. Ця залежність можуть бути чітко вираженою або настільки слабкою, що ці величини можна вважати незалежними. Для вивчення залежностей між величинами, кожна з яких підлягає випадковому розсіюванню, застосовують методи кореляції та регресії. Кореляційний аналіз дозволяє досліджувати щільність зв'язку, а форми зв'язку вивчаються за методом регресії.

Якщо досліджується зв'язок між двома величинами, то застосовують просту кореляцію та регресію, якщо ж вивчається залежність між багатьма величинами, то – множинну кореляцію та регресію. Кореляція та регресія можуть бути лінійними та нелінійними.

Випадкові величини називаються залежними, якщо в кожній із них закон розподілу залежить від значень, які приймаються іншими величинами. Відповідно, незалежними називаються величини, закон розподілу кожної з яких не залежить від значень інших величин.

Поняття залежності випадкових величин відрізняється від поняття залежності величин, яке прийняте у математиці. Коли ми говоримо про залежності величин, то маємо на увазі функціональну залежність, яка є жорсткою або повною, тобто залежність, при якій одна з величин має точне значення, якщо відомі значення усіх інших величин.

Крім функціональної є ще так звана ймовірна або стохастична залежність, за якою не можна вірно назвати значення однієї з величин, якщо відомі значення інших, а можна лише вказувати закономірність розподілу цієї величини.

Ймовірна залежність може бути різної “щільності”. Граничними випадками найбільш тісної ймовірної залежності є функціональна залежність; найменш тісної залежності – повна незалежність величин.

### 6.2. Проста кореляція та регресія

Система двох випадкових величин  $X$  та  $Y$  характеризується початковим та центральним моментом.

Початковим моментом порядку  $k$  (для  $X$ ) та  $c$  (для  $Y$ ) є математичне сподівання добутку  $X^k$  на  $Y^c$ :

$$\alpha_{k,c} = M[X^k Y^c] = \sum_{i=1}^{i_n} \sum_{j=1}^{j_n} X_i^k Y_j^c P_{i,j}, \quad (6.1)$$

де  $M$  – символ моменту;

$P_{i,j}$  – ймовірність того, що  $X$  прийме значення  $X_i$ , а  $Y$  значення  $Y_j$  і

змінюється від 1 до  $i_n$  та від 1 до  $j_n$ ;



Центральний момент порядку  $k$ ,  $c$  являє собою математичне сподівання добутку  $k$ -того і  $c$ -того ступенів різниць  $X - X_{m.c.}$  і  $Y - Y_{m.c.}$ :

$$\mu_{k,c.} = M[(X - X_{m.c.})^k (Y - Y_{m.c.})^c] = \sum_{i=1}^{i_n} \sum_{j=1}^{j_n} (X_i - X_{m.c.})^k (Y_j - Y_{m.c.})^c P_{i,j}, \quad (6.2)$$

де  $X_{m.c.}$  та  $Y_{m.c.}$  – математичне сподівання величин  $X$  та  $Y$ .

Математичне сподівання  $x_{m.c.}$  та  $y_{m.c.}$  – перші початкові моменти  $\alpha_{1,0}$  та  $\alpha_{0,1}$ , а другі центральні моменти  $\alpha_{2,0}$  та  $\alpha_{0,2}$ , – це дисперсії  $D_x$  та  $D_y$ . Найважливішим є другий мішаний центральний момент  $\alpha_{1,1}$ , який є математичним сподіванням добутку центрованих величин і називається кореляційним моментом або моментом зв'язку випадкових величин  $X$  та  $Y$ .

Позначимо його  $k_{xy}$  і представимо таким чином:

$$K_{xy} = \sum_{i=1}^{i_n} \sum_{j=1}^{j_n} (x_i - x_{mc})(y_j - y_{mc}) p_{ij}. \quad (6.3)$$

Цей момент характеризує розсіювання величин та зв'язок між ними. Для характеристики зв'язку між величинами у чистому вигляді застосовується відношення моменту  $k_{xy}$  до добутку середніх квадратичних відхилень  $S_x$  і  $S_y$  величин  $x$  та  $y$ . Це відношення називається коефіцієнтом кореляції. Позначимо його через  $r_{xy}$

$$r_{xy} = \frac{k_{xy}}{S_x S_y}. \quad (6.4)$$

Величини, у яких  $r_{xy} = 0$  є незалежними і називаються некорельованими.

Коефіцієнт кореляції характеризує лінійну залежність випадкових величин, яка полягає у тому, що при зростанні однієї з величин у другій виявляється тенденція до зміни (спадання чи зростання) за лінійним законом. Внаслідок цього коефіцієнт кореляції показує ступінь щільності лінійної залежності. Цей коефіцієнт може приймати значення у межах:  $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ , причому при  $r_{xy} = \pm 1$  між випадковими величинами має місце точна лінійна функціональна залежність  $y = AX + b$ , а знак  $+$  чи  $-$  ставиться залежно від знаку коефіцієнта  $A$ . При  $r_{xy} > 0$  кореляція є додатною або прямою, що означає, що при зростанні однієї з величин, у другій виявляється тенденція також до зростання. При  $r_{xy} < 0$  корекція від'ємна або обернена.

При  $r_{xy} \geq 0,7$  за абсолютною величиною вважається, що кореляційний зв'язок міцний, при  $0,3 \leq r \leq 0,7$  зв'язок є середнім, а при  $r_{xy} < 0,3$  зв'язок вважається слабким.

Про наявність кореляції можна судити за графіком, на якому у прямокутній системі координат, де по осі абсцис відкладається  $x$ , а по осі ординат –  $y$ . Зображені дослідні точки називаються кореляційним полем. Коефіцієнт кореляції вказує на щільність зв'язку. Зіставляючи з кожним значенням  $x_i$  середню величину відповідних йому значень  $y_i$ , можна одержати форму зв'язку у вигляді функції регресії або регресії  $y$  на  $x$ , для чого необхідно поставити відповідно кожному значенню  $y_i$  значення  $x_i$ . На графіку функція регресії зображається лінією регресії. Рівняння першої лінії у регресії  $y$  на  $x$  матиме вигляд:

$$y - y_{cp} = r_{xy} \frac{S_{cy}}{S_{cx}} (x - x_{cp}). \quad (6.5)$$

де  $S_{cx}$  та  $S_{cy}$  – статистичні середні квадратичні відхилення величин  $x$  та  $y$ ;  $r_{xy}$ .

Якщо у результаті нанесення дослідних точок на графік стає очевидним, що немає лінійної залежності випадкових величин, то таку залежність потрібно розглядати як криволінійну.

У разі нелінійної кореляції як показник, що характеризує ступінь криволінійної залежності, застосовується кореляційне відношення  $\eta_{xy}$ . Для вирішення такого відношення  $\eta_{xy}$  діапазон зміни величини  $x$  розбивається на  $k_1$  інтервалів і для кожного  $j_1$  інтервалу із середнім значенням  $x_{j_1}$  знаходимо часткове середнє значення величини  $y$ , яке позначають через  $y_{cp} j_1$ :

$$y_{cp} j_1 = \frac{1}{m_{j_1}} \sum_{i_1=1}^{m_{j_1}} y_{i_1} j_1, \quad (6.6)$$

де  $m_{j_1}$  – число випадків  $y$  на  $j_1$ -й інтервал;  $i_1$  – номер вимірювання у середині інтервалу;  $y_{i_1}$  – дослідне значення  $y$ , яке відповідає номеру виміру  $i_1$  в  $j_1$ -му інтервалі. А кореляційне відношення розраховують за формулою:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{k_1} m_{j_1} (y_{cp} j_1 - y_{cp})^2}{S_{cy}}}, \quad (6.7)$$

де  $n$  – число вимірів;  $k_1$  – число інтервалів для величини  $x$ .

Рівність кореляційного відношення одиниці означає функціональну залежність між величинами  $x$  та  $y$ .

### 6.3. Множинна кореляція та регресія

Множинну кореляцію та регресію розглянемо на прикладі залежності між трьома величинами:  $z$ ,  $y$  та  $x$ .

У випадку лінійної залежності для характеристики щільності зв'язку трьох величин використовують часткові та множинні коефіцієнти кореляції.

Частковий коефіцієнт кореляції характеризує зв'язок двох величин при сталому значенні третьої, він позначається літерою  $r$  з індексами, які вказують величини, залежність яких розглядається. Наприклад,  $r_{xz \cdot y}$  – частковий коефіцієнт кореляції між величинами  $x$  та  $z$  при усуненні змін, що вносяться величиною  $y$ . Часткові коефіцієнти розраховуються через парні коефіцієнти кореляції:  $r_{xy}$ ,  $r_{xz}$ ;  $r_{yz}$  за формулою:

$$\begin{aligned} r_{xz \cdot y} &= \frac{r_{xz} - r_{xy} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2)(1 - r_{yz}^2)}}; \\ r_{xy \cdot z} &= \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}}; \\ r_{yz \cdot x} &= \frac{r_{yz} - r_{xz} \cdot r_{xy}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2)(1 - r_{xz}^2)}}. \end{aligned} \quad (6.8)$$

Часткові коефіцієнти, так само як і парні коефіцієнти, можуть приймати значення від  $-1$  до  $+1$ .

Множинний коефіцієнт кореляції показує щільність лінійної залежності однієї величини від двох інших. Наприклад, коефіцієнт  $R_{x \cdot yz}$  показує щільність зв'язку величини  $x$  з величиною  $y$  і  $z$  та розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} R_{x \cdot yz} &= \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy} r_{xz} r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}}; \\ R_{y \cdot xz} &= \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} r_{xz} r_{yz}}{1 - r_{xz}^2}}; \\ R_{z \cdot xy} &= \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} r_{xz} r_{yz}}{1 - r_{xy}^2}}. \end{aligned} \quad (6.9)$$

Коефіцієнт кореляції  $R$  є величиною додатною і може приймати значення від  $0$  до  $1$ . Якщо  $R=0$ , то між величинами немає лінійної кореляційної залежності. Якщо  $R=1$ , то існує лінійний функціональний зв'язок між розглянутими величинами.

## **Розділ 7. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

### **7.1. Підготовка і проведення дослідів**

Підготовка до проведення дослідів починається відразу після розробки робочої гіпотези, методики та плану дослідів. Прилади, обладнання, інструменти тощо ремонтують, виготовляють і тарують, підготовляють необхідні матеріали, готують досліджувані вузли, механізми та агрегати. Якщо передбачаються польові досліди, то ознайомлюються з місцевістю, де вони будуть проводитись. При цьому необхідно домогтися того, щоб були забезпечені їх точність, надійність та безвідмовність у роботі. Встановлювати прилади та обладнання треба так, щоб не впливати на досліджуваний процес або конструкцію та щоб було зручно користуватись ними під час дослідів; важливо також, щоб навколишні обставини (нагрівання від батареї центрального опалення або сонця, струми від телевізійних і трансформаторних станцій, ліній високої напруги тощо) не впливали на точність показів. Необхідно забезпечити добре освітлення шкал приладів, виключення паралаксу (похибка через неправильне положення очей оператора відносно шкали приладів) та передбачити таке положення приладів, яке б не призводило до перевтоми.

Велику увагу потрібно приділити техніці безпеки, а саме дотримуватися протипожежних заходів. Після підготовки апаратуру слід випробувати, лише потім можна починати проведення дослідів.

Досліди необхідно проводити відповідно до плану дослідів і розробленої методики. Оскільки наперед неможливо все передбачити, то може виявитись, що окремі положення методики треба доповнити або змінити. В той же час у ході дослідження не можна змінювати методику. Якщо в цьому виникне потреба, досліди припиняються, розробляється нова методика, після чого досліди проводяться спочатку.

Необхідно прагнути якнайшвидше закінчити досліди однієї серії, а за можливості й усіх серій. Це дозволить зменшити вплив додаткових факторів на точність результатів досліджень. Якщо за будь-яких причин (негода, несправність апаратури або організаційні причини) досліди припинені на тривалий час, то після їх усунення досліди виконують спочатку. Дослідні дані краще всього реєструвати у спеціальному журналі, який готується завчасно, або на окремих аркушах, в записниках. Після кожного дослідів ці дані потрібно занести в загальний журнал, який оформляється відповідно до програми і методики проведення дослідів. Бажано, щоб усі дані за однією групою дослідів були занесені на одній сторінці або на розвороті журналу, оскільки це сприяє швидшому обробленню результатів дослідів та виконанню порівняльного аналізу (попереднього). У заголовку таблиць треба вказати назву експерименту, дату проведення дослідів, об'єкти досліджень, прилади та апаратуру, яку використовують, умови проведення дослідів (стан

грунту, температуру повітря тощо). Графи та дослідження нумеруються (тобто нумерація виконується по вертикалі та горизонталі). Обов'язково проставляється: дата проведення дослідів.

До журналу записують всі результати прямих (безпосередніх) вимірів. Бажано залишити графи для результатів вимірів, одержаних за розрахунками даних безпосередніх вимірів, а також графу зауважень, куди записуються результати спостережень, які неможливо було передбачити, або дані, що характеризують умови проведення дослідів. Записувати потрібно те, що спостерігається (одержується), а не припущення дослідника (наприклад, з теоретичних міркувань). Іншими словами, дослідження повинно бути об'єктивним. У зв'язку з цим може трапитись, що побудоване раніше теоретичне обґрунтування заперечується дослідними даними. Це значить, що в теорії або в методах виміру є недоліки, які потрібно знайти й усунути.

Фотографії, елементів робочого процесу або інших об'єктів, графічні записи досліджуваних закономірностей (динамограми, осцилограми тощо) потрібно нумерувати і робити на них необхідні написи (назва дослідів, дата, варіант, повторюваність); основні дані, які характеризують документ, можна записувати скорочено. Наприклад, запис 2.3.8.15 означає, що документ № 2 одержаний 3 серпня за дослідом 15 (позначення і нумерацію обмірковують і готують завчасно). Іноді, в журналах доводиться послідовно проставляти кількість об'єктів (стебла, насіння тощо), дані по яких у результаті вимірів відповідають тій чи іншій графі. Це можна робити вписуванням рисок, кожна з яких означає показник по одному об'єкту, але краще позначати шуканий показник по кожному об'єкту крапкою чи рисою за схемою

У більшості випадків бажано результати групи дослідів оброблювати відразу після їх проведення. Для цього можна використовувати електронні таблиці Excel із введеними необхідними формулами, які дозволяють проводити розрахунки із заданою точністю за щойно одержаними даними. За результатами обробки можна побудувати графіки, які характеризують розвиток досліджуваного явища. Така первинна обробка матеріалів дозволяє досліднику перевірити достовірність дослідження і завчасно розпочати аналіз одержаних результатів.

При кінозйомках, фотозйомках або зніманні діаграми не слід прагнути до надто великої кількості знімків або діаграм без пояснюючих записів, тому що це ускладнює обробку даних. При аналізі результатів первинної (початкової) обробки дослідних даних, може трапитись, що потрібно змінити значення факторів, при яких проводиться дослід, або можуть бути виявлені браковані виміри, що різко виходять за межі інших вимірів. Перш ніж вважати дослід бракованим, треба перевірити апаратуру, методи відліку показників, вплив додаткових факторів. Якщо встановлено, що виміри хибні, дослід повторюється, але старі записи не знищуються, адже можуть бути випадки, коли результати дослідів, що здаються спочатку

помилковими, в подальшому підтверджуються, тобто виявляються правильними.

## 7.2. Тарування приладів

Під таруванням розуміють дослідне встановлення залежності показів приладу, який звіряється, від значень вимірюваної величини; при цьому будуються залежності у вигляді таблиць і так звані тарувальні діаграми, що є графічними залежностями показів приладів від значень вимірюваної величини. Близькими до терміну “тарування” є терміни “калібрування” і “градування”. Часто роботи по таруванню (градуванню, калібруванню) суміщають із перевіркою приладів.

Тарування приладів проводиться до і після дослідів, якщо вони короткочасні; якщо ж вимірювальними засобами користуються тривалий час, тоді тарування проводиться до і після дослідів, а також через кожні 10-15 днів. При таруванні покази приладів, що звіряються, порівнюють з показами зразкових приладів або мір. Як приклад розглянемо тарування динамографа. Цей прилад перевіряють за допомогою еталонних гир (прилад навантажується і розвантажується гирями в певному порядку). Вимірювання виконують у 5-6 етапів, під час яких навантаження спочатку додається, а потім знімається. Якщо максимально можлива сила, яку треба визначити приладом, дорівнює, наприклад, 250 Н, то тарування достатньо проводити за допомогою гир вагою 50 Н. До навантаження самописцем реєструючого пристрою приладу на паперовій стрічці проводять нульову лінію  $AB$  (рис. 7.1); потім встановлюють одну гирю, від чого самописець накреслить лінію  $BC$ , що дорівнює  $h_1$ . Потім переміщують папір, при цьому самописець накреслить лінію  $CD$ , паралельну нульовій, потім додають ще одну гирю і самописець знову відмітить деяку пряму  $DE$ . Точка  $E$  розміщується від прямої  $AB$  на відстані  $h_2$ . Все повторюється доти, доки загальна вага гир буде більша за 250 Н. Тоді висота діаграми буде  $h_6$ .

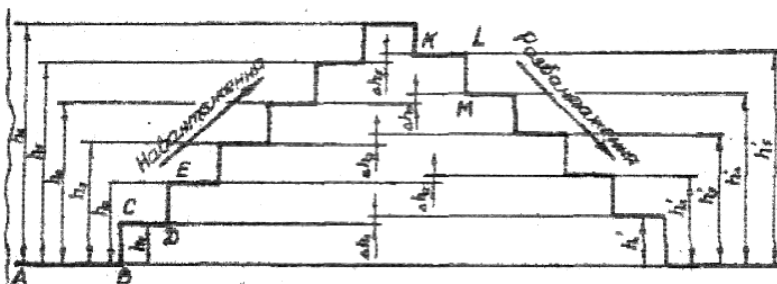


Рис. 7.1

Після цього проводиться розвантаження, за якого спочатку знімають гирю, поставлену останньою, та відмічають положення  $K$  самописця приладу на висоті  $h'_5$ , потім переміщують папір, від чого отримують лінію  $KL$ , і

знімають останню гирю. Самописець наклепить лінію  $LM$  висотою  $h'_5 - h'_4$  і т.д. Покази приладу при розвантаженні через тертя між деталями та не зовсім пружні властивості силового елемента будуть мати розходження з показами при навантаженні. Тарування прийнято проводити не менше, ніж з трикратним повторенням.

У результаті обробки таких графіків будеться тарувальна (калібрувальна) крива динамографа (рис. 7.2).

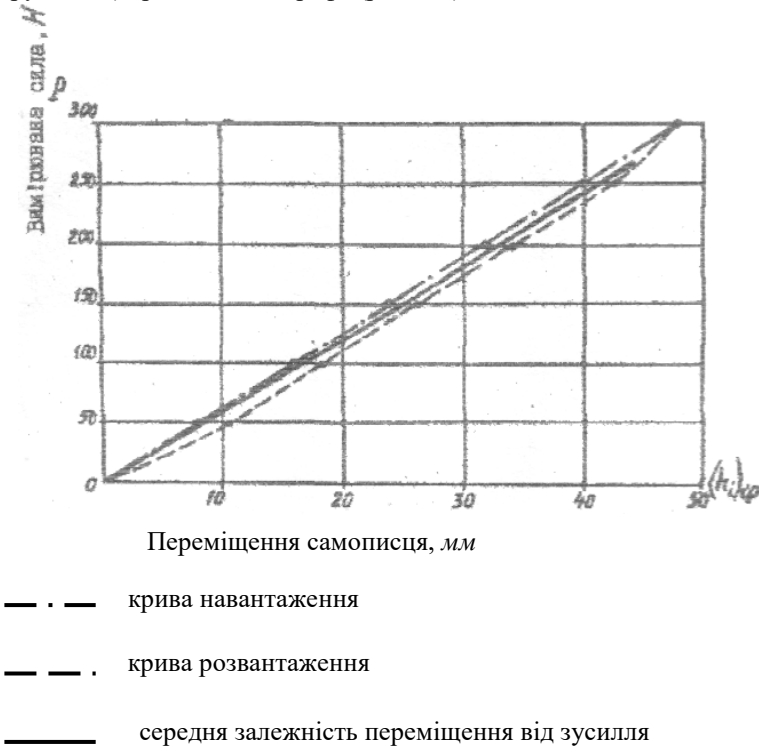


Рис. 7.2. Тарувальна крива динамографа

Маючи тарувальну криву і знаючи переміщення самописця, можна легко визначити за кривою відповідну цьому переміщенню силу, у випадку прямих ліній можна не користуватись тарувальним графіком, а шукати силу  $P$  визначити перемноженням переміщення самописця на масштаб  $\mu$  приладу, що дорівнює тангенсу кута нахилу прямої до осі переміщень. Звичайно, користуючись тарувальним графіком і знаючи переміщення самописця, визначають відповідну йому силу за середньою лінією /середньою залежністю/ графіка. Проте, якщо відомо, що переміщення самописця мало

місце при підвищенні навантаження, то краще визначити відповідну цьому переміщенню силу за кривою навантаження на графіку; так само, коли відомо, що переміщення самописця мало місце при зменшенні навантаження, тоді краще визначити силу за кривою розвантаження на графіку.

### **7.3. Зображення дослідних даних таблицями і графіками. Згладжування графіків і табличних даних**

Для зображення функціональних зв'язків явища, яке вивчається, складають таблиці та графіки. Розрізняють робочі таблиці, де розміщені безпосередньо результати вимірів, тобто дані, отримані під час дослідів, або проміжні розрахунки, і підсумкові таблиці, які є підсумком ряду дослідів або усіх дослідів. У підсумкових таблицях повинна прослідковуватись чітка залежність функцій (залежної змінної) від аргументу (незалежної змінної). В першій або у кількох графах зліва розміщують значення аргументу, в останніх – значення функцій. Графи повинні мати короткі й чіткі заголовки, при цьому вказуються також розмірності величин. У багатьох випадках доцільно об'єднати кілька граф в один розділ із загальним заголовком і підзаголовком у кожній графі. Значення аргументу подаються за основною ознакою (наприклад, у зростаючому або спадаючому порядку). Значення як аргументу, так і функцій розміщуються з однаковою в кожній графі кількістю знаків після коми; якщо даних нема, ставиться риска, а не нуль. Коми, які відділяють цілу частину від дробової, розміщують одна під одною (у лінію).

Якщо є необхідність пояснити умови проходження досліду або привести опис розвитку процесу, який вивчається, за деяких конкретних значень аргументу, то це робиться у правій графі, якій дають назву "Примітка".

Як числові значення функцій наводяться, як правило, середні арифметичні значення. Якщо є потреба, в таблицях вказують значення середніх квадратичних відхилень, часто – вираховані похибки.

Таблиці дають можливість лише в загальних рисах визначити закономірність зміни функції. Для точнішого визначення цієї закономірності будують графіки. Графіки, як зазначалося, дозволяють наочно побачити закон зміни функції. Залежно від числа незалежних і залежних змінних можуть бути побудовані плоскі або просторові, а також складні графіки, якщо одні аркуші накладаються на інші. Верхній аркуш повинен бути прозорим. Часто графіки будують у прямокутній системі координат, їх потрібно креслити на цупкому координатному папері, що дозволяє стирати та виправляти нанесені криві, а також на папері з нерівномірними шкалами – логарифмічною, ймовірнісною тощо.

Якщо графік будується в прямокутній системі координат, то на осі абсцис відкладають значення аргументу, а на осі ординат – значення функції. Масштаби на осях вибираються так, щоб криві розміщувались рівномірно на поверхні графіка. Якщо кривих багато, то бажано, щоб вони якомога менше



накладались одна на одну. Початок відрахунку не обов'язково повинен бути в межах графіка. Для того, щоб похибка відліку за графіком не перевищувала похибку виміру, найменша поділка по осях повинна дорівнювати абсолютній похибці вимірів.

По осях ординат наносяться поділки і будується сітка. Навпроти поділок ставляться відповідні числові значення – виходить шкала. Якщо шкала починається з нуля, то нуль повинен бути позначений. Усім шкалам дають назви, вказують розмірності величин, які відкладають. Спочатку шкала однієї функції наноситься зліва, потім для другої функції – справа, а для третьої або четвертої функції (якщо такі є) будуються додаткові шкали зліва або справа по осі ординат.

Після викреслювання шкал на графіку наносять дослідні дані, які за кожним варіантом досліду позначають крапками, хрестиками, трикутниками, квадратами (маркери) або кружечками, причому ці позначення можуть бути як білі всередині, так і затемнені. Якщо графік кольоровий, то й позначення можуть бути для кожного варіанта різного кольору і мати невеликі розміри, а кожна крапка досліду повинна бути в середині позначки, крапки досліду з'єднують прямими або кривими лініями. Залежно від кількості варіантів проводяться суцільні або штрихпунктирні лінії. Залежно від виду кривих і мети дослідів може бути, застосоване їх *згладжування*.

Для ілюстрації результатів дослідів поряд і з прямокутними графіками можна будувати графіки у вигляді серії прямокутників, які зображують по висоті певних параметрів або кола, поділеного на кілька частин, кожна з яких показує частку випадків, що припадають на розглядуваний показник. Якщо є дві точки, то, як правило, графік не будується, і дані наводяться в таблиці.

Якщо є потреба нанести на графіку точки, то через те, що дві точки не показують закономірності, вони з'єднуються прямою лінією, найчастіше штриховою.

З'єднати три точки можна плавною кривою, але оскільки за трьома точками важко встановити закономірність, то часто точки з'єднуються ламаними лініями.

З'єднання чотирьох і більше точок внаслідок різних причин може здійснюватися або плавною кривою, або ламаною лінією. Якщо лінія є плавною кривою, тобто закономірною, і розкид точок лежить у межах похибки графіка, то округляти криві не треба.

Якщо ж розкид дослідних точок не дозволяє провести плавну криву або одержані в таблицях ряди чисел змінюються не плавно, то необхідно спочатку встановити причини виникнення стрибків чисел і зламів ліній, перевірити, чи не є це наслідком закономірностей, коли кількісні зміни переходять у якісні. Для цього, можливо, потрібно буде провести додаткові досліді саме в тому діапазоні, де виникла неясність.

При окремих різких односторонніх відхиленнях від плавних кривих (одне-два на весь дослід) і встановленні, що відхилення виникли через зміни умов проведення дослідів, тобто в результаті зміни якогось фактора, що не повинен був змінюватись у досліді, ці точки виключаються, а замість них за допомогою інтерполяції розраховуються нові точки таким чином, щоб вони знаходились якомога ближче до дійсної пвної кривої процесу.

Якщо функція змінюється плавно при плавній зміні аргументу, то табличні дані та криві *згладжують* (вирівнюють). Вирівнені дані та криві повинні якомога ближче відображати загальну закономірність розвитку розглядуваного явища, тобто повинен зберегтися загальний характер його розвитку, встановлений експериментально і виражений на незгладженому графіку.

Спочатку згладжують (вирівнюють) результати безпосередніх вимірювань, тобто дані первісних таблиць і графіків. Перед цим потрібно з'ясувати, наскільки віддалені побудовані за дослідними даними точки від явної пвної кривої процесу (в один і другий бік).

Згладжування проводиться за математичним методом або графічно, при цьому необхідно знати залежність функції від аргументу. Недоліком таких методів є значна обчислювальна робота.

Згладжування повинно підпорядковуватися деяким правилам, основне з яких таке: згладжена пряма або крива повинна бути якомога ближче до всіх одержаних точок. Це правило буде виконано, якщо будуть задоволені наступні вимоги:

а) сума довжин нормалей, опущених з дослідних точок на криву (або пряму), повинна дорівнювати нулю, при цьому нормалі за однією будь-якою стороною беруться зі знаком "+", а за іншою – зі знаком "-";

б) сума площинок, відсічених кривою (або прямою) по обидва її боки, також повинна дорівнювати нулю (тут також приймаються різні знаки для площинок, розміщених по обидва боки кривої);

в) сума довжин нормалей або площинок (беруться абсолютні значення без урахування знака) повинна бути якомога меншою.

При згладжуванні спочатку проводять олівцем одну лінію і перевіряють, наскільки вона задовольняє згадані вище вимоги, якщо не задовольняє, проводять другу лінію, третю, четверту. Потрібну лінію наводять ще раз, перетворюючи її в суцільну, інші витирають. Згладжування дає хороші результати при великому числі вимірювань і малих інтервалах вимірювання величин. Якщо вимірювань було мало, потрібно дуже уважно й обережно проводити згладжування, інакше можна одержати таку залежність, яка йде всупереч фізичному змісту явища.

## Розділ 8. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ

### 8.1. Випадкові функції та їх характеристики

У виробництві доводиться мати справу з випадковими величинами, які неперервно змінюються із зміною іншого параметру.

Такі випадкові величини називаються *випадковими функціями* і є об'єктом вивчення у теорії випадкових функцій або теорії випадкових процесів. Ця теорія має важливе значення для розв'язання багатьох технічних задач, зокрема задач автоматичного керування.

Функція називається випадковою, якщо під час дослідів вона може приймати той або інший вигляд, але який саме, наперед невідомо.

Випадкові функції можуть бути одного аргументу або кількох аргументів. Прийнятий під час досліді конкретний вид функції називається реалізацією випадкової функції. Кожна реалізація є не випадковою функцією, а всі реалізації утворюють випадкову функцію.

Для фіксованих значень аргументу випадкова функція є випадковою величиною.

*Математичне сподівання* випадкової функції  $z_{x(t)}$  – це не випадкова функція  $x_{m.c.(t)}$ , яка за будь-якого значення аргументу  $t$  є математичним сподіванням перерізу випадкової функції (деяка середня функція відносно якої коливаються окремі реалізації випадкової функції).

Дисперсія випадкової функції  $x(t)$  – це не випадкова функція  $D_x(t)$ , яка є дисперсією перерізу випадкової функції за будь-якого значення аргументу  $t$ . Корінь квадратний із дисперсії є середнім квадратичним відхиленням випадкової функції  $S_x(t)$ .

### 8.2. Кореляційна функція

Кореляційна функція є не випадковою функцією і являє собою кореляційний момент перерізу випадкової функції для кожної пари  $t$  і  $t'$  значень аргументу. Ця функція описує внутрішню структуру випадкових процесів; вказує ступінь залежності ординат (тобто значення  $X$ ) однієї від іншої при збільшенні інтервалів між відрізками часу  $t$  і  $t'$ .

Значення  $x(t')$  функції в числі  $t'$  залежить від значення  $x(t)$ . При близьких значеннях  $t'$  і  $t$ , якщо величина  $x(t)$  прийняла будь-яке значення, то і величина  $x(t')$  з великою ймовірністю буде мати близьке до нього значення, а зі збільшенням інтервалу між  $t'$  і  $t$  ступінь залежності величини  $x(t)$  і  $x(t')$  буде зменшуватись.

Кореляційна функція визначається:

$$k_{x_t, x_{t'}} = M \{ [x(t) - x_{m.c.}] [x(t') - x_{m.c.}] \}, \quad (8.1)$$

де  $M$  – символ моменту;

$x(t')$ ,  $x(t)$  – значення функції при значеннях аргументу  $t'$  і  $t$ .

При  $t' = t$

$$k_{x_t, x_t} = M \{ [x(t) - x_{m.c.}]^2 \} = D_x(t). \quad (8.2)$$

Тобто перетворюється у дисперсію.

Кореляційна функція  $k_{x_t, x_{t'}}$  залежить від послідовності розглядуваних величин  $x(t)$  і  $x(t')$  не змінюється при переміні аргументів місцями:

$$k_{x_t, x_{t'}} = k_{x_{t'}, x_t} \quad (8.3)$$

Якщо через  $n$  реалізацій випадкової функції провести  $m$  перерізів, то для кожного з перерізів кореляційний момент становитиме

$$k_{x_t, x_{t'}} = \frac{1}{n-1} [(x_{it} - x_{m.c.})(x_{it'} - x_{m.c.})], \quad (8.4)$$

де  $x_{it}$  та  $x_{it'}$  – значення  $i$ -ї функції у проміжку часу  $t$  і  $t'$ .

Стаціонарними є випадкові функції, які проходять без суттєвих змін з проміжком часу і такі, у яких відхилення проходить навколо деякого середнього значення.

Робота будь-якої сільськогосподарської машини починається з нестационарного процесу, який поступово переходить у стаціонарний. Наприклад: завантаження двигуна трактора, вивід насіння або туків висівваючим апаратом сівалки. Стаціонарними можна вважати такі функції як мікрорельєф поля, врожайність, вологість стебел і т.д.

У загальному випадку усі процеси є нестационарними. Такі функції є легкими для дослідження і перетворення.

Стаціонарною називається випадкова функція  $x(t)$ , у якій ймовірнісні характеристики не залежать від аргументу  $x$ . Внаслідок цього у стаціонарної випадкової функції

$$\begin{aligned} x_{m.c.}(t) &= const; \\ D_x(t) &= const \end{aligned} \quad (8.5)$$

Кореляційна функція для стаціонарних процесів залежить від вибраного проміжку часу між двома сусідніми значеннями аргументу. Якщо різницю  $t' - t$  позначати через  $\tau$ , то в стаціонарних функціях кореляційний момент залежить тільки від довжини  $\tau$ , а не від місця, де вибраний цей інтервал.

$$k_{x_t, x_{t'}} = k_{x_t, x(t-\tau)} = k_x(\tau). \quad (8.6)$$

Величина  $k_x(\tau)$  означає, що кореляційна функція випадкової функції  $x$  виражається залежно від інтервалу  $\tau$ . Кореляційна функція  $k_x(\tau)$  є парною функцією і будується для додатніх значень аргументу.

На практиці користуються нормованою кореляційною функцією:

$$\rho_x(\tau) = \frac{u_x(\tau)}{D_x}, \quad (8.7)$$

де  $\rho_x$  – дисперсія стаціонарного процесу, який є величиною сталою.

Якщо порівняти 7.7 із 6.4 то видно, що  $\rho_x(\tau)$  є коефіцієнтом корекції між перерізами випадкової величини з інтервалом між ними  $\tau$ .

### 8.3. Спектральна щільність

Крім дослідження внутрішньої структури випадкового процесу за допомогою кореляційної функції необхідно також визначити спектральний склад випадкової функції.

Оскільки будь-який пасивний процес машини можна представити як суму гармоній, тобто гармонійних коливань різних частот і амплітуд, то спектром усього процесу буде функція, що визначає, які амплітуди припадають на різні частоти, а спектр стаціонарної випадкової функції вказує, які дисперсії припадають на різні частоти.

Розподіл дисперсій за частотами можна виразити графічно в прямокутній системі координат, причому по осі абсцис відкладають частоту  $\omega$ , а на осі ординат спектральну щільність  $S_x(\omega)$ , яка є дисперсією, що припадає на одиницю довжини інтервалу частот. Площа, яка обмежена кривою  $S_x(\omega)$  рівна дисперсії  $D_x$ .

Зручніше користуватись нормованою спектральною щільністю  $\sigma_x(\omega)$ :

$$\sigma_x(\omega) = \frac{S_x(\omega)}{D_x}. \quad (8.8)$$

Між нормованою кореляційною функцією і нормованою спектральною щільністю існує наступна залежність:

$$\left. \begin{aligned} \rho_x &= \int_0^{\infty} \sigma_x(\omega) \cos \omega \tau d\omega \\ \sigma_x &= \int_0^{\infty} \rho_x(\tau) \cos \omega \tau d\tau \end{aligned} \right\} \quad (8.9)$$

У сільськогосподарському виробництві для багатьох стаціонарних випадкових процесів (врожайність, властивості матеріалів, завантаження трактора) характерним є те, що одна реалізація достатньої тривалості цілком відображає всю функцію. Такі процеси називаються ергодичними. В

ергодичних процесах середні значення характеристики у будь-якій реалізації одні і ті самі. Тому характеристики такої випадкової функції можна визначити за однією досить тривалою реалізацією.

В ергодичних процесах кореляційна функція при  $t \rightarrow \infty$  прямує до нуля. Тоді оцінка математичного сподівання  $x_{m.c.}$  рівна:

$$x_{cp} \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt, \quad (8.10)$$

де  $T$  – довжина аргументу.

Замість інтегрування графічної залежності, її розбивають на  $n$  інтервалів однакової довжини  $\Delta t$  і визначають  $x_{cp}$  скінченної суми.

$$x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(t_i), \quad (8.11)$$

де  $x(t_i)$  – значення функції при  $t$ , яке рівне  $t_1, \dots, t_n$ .

Для обчислення кореляційної функції необхідно перемножити цифровані величини  $x_i - x_{cp}$  і  $x_{i+m} - x_{cp}$ . Тому доводиться враховувати не весь відрізок часу (від 0 до  $\tau$ ), а менший – від 0 до  $T - \tau$ . Якщо прийняти інтервал

$\tau$  кратним інтервалу  $\Delta t = \frac{T}{n}$ , тобто  $\tau = m\Delta t$ , де  $m - 0$  або ціле додатне число, то нормована кореляційна функція буде:

$$\rho_x(\tau) = \frac{1}{D_x^*(n-m)} \sum_{i=1}^{n-m} (x_{t_i} - x_{cp})(x_{t_{i+m}} - x_{cp}),$$

де  $D_x^*$  – статистична дисперсія.

Кореляційна функція обчислюється для  $m = 0, 1, 2, 3, 4$  і т.д., але до значень  $m$  при яких  $\rho_x(\tau)$  стає близьким до нуля або здійснює незначні коливання біля нуля.

За розрахованим значенням кореляційної кривої будують графіки  $\rho_x(\tau)$  і визначають одну із основних характеристик – інтервал кореляції  $\tau_0$ , тобто час протягом якого кореляційний зв'язок зникає.

## Розділ 9. ВІНАХІДНИЦЬКА РОБОТА ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

### 9.1. Основні відомості про винахідництво і пошуково-конструкторську роботу

Проведення наукових досліджень, виконання НДР, особливо в галузі прикладних (технічних) наук, значною мірою пов'язано з винахідницькою роботою. Під винахідницькою роботою розуміють творчу, науково-технічну діяльність, що пов'язана з встановленням невідомих раніше ознак, властивостей, характеристик існування матеріальних об'єктів та спрямована на покращення добробуту людей, умов їх праці і відпочинку. Творчий процес розв'язання винахідницьких задач можна поділити на 6 стадій:

1. Вибір задачі.
2. Вибір (формулювання) пошукової концепції.
3. Збір інформації.
4. Пошук ідеї рішення.
5. Трансформація (втілення) ідеї в конструкцію.
6. Впровадження розробки.

Основними результатами винахідницької роботи є відкриття, винаходи та раціоналізаторські пропозиції. Поняття “відкриття” має загальнорозповсюджений і юридичний зміст. В загальному воно трактується широко, як щось нове в науці, що має велике теоретичне і практичне значення. Згідно з діючим законодавством, зокрема Закону України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі”, відкриття – це встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, що вносять корінні зміни в рівень пізнання. Це визначення не стосується відкриттів географічних, археологічних, палеонтологічних, відкриттів в галузі суспільних наук (оскільки це не творча діяльність, а експедиційна, наприклад відкриття Х.Колумбом Америки).

Відкриття повинне відповідати таким вимогам:

1. Володіти абсолютною світовою новизною на дату пріоритету (дата подання заявки в Держпатент України)
2. Бути достовірним (присутність теоретичних і практичних доказів)
3. Вносити корінні зміни у рівень техніки і пізнання

Відкриття вважається юридично визнаним тільки після наукової експертизи.

**Винахід** – це нове технічне рішення задачі у будь-якій галузі економіки, соціально-культурної сфери й оборони країни, яке характеризується суттєвими відмінностями і дає позитивний результат.

Критерії винаходу:

1. Бути технічним рішенням
2. Мати світову новизну (на дату подання ніде не бути зареєстрованим)
3. Мати суттєві відмінності

#### 4. Характеризуватися позитивним результатом

Суттєві відмінності – наявність нових ознак. Критерій позитивного ефекту означає, що це рішення повинне давати суспільству більш високий результат, ніж його попередник.

**Раціоналізаторська пропозиція (РП)** – це технічне рішення, що є новим і корисним для підприємства, організації або установи, в якому вона подана і передбачає створення або заміну конструкції виробів, технології виробництва, техніки або складу матеріалу. Основна вимога до РП – наявність технічного рішення.

Критерії технічного рішення:

- а) наявність змін об'єкта (конструкції, матеріалу тощо);
- б) локальна новизна;
- в) корисність для установи, підприємства.

РП подається у формі письмової заявки на спеціальному бланку. РП отримують правову охорону у формі посвідчення на даному підприємстві після відповідної експертної оцінки.

### 9.2. Винахідництво як творчий процес. Методи пошуку нових технічних рішень

Пошук нових технічних рішень при розв'язанні винахідницьких задач є творчим процесом. Технічна творчість – це цілеспрямована діяльність людини, що зосереджена та спрямована на отримання нових технічних рішень і оригінальних результатів. В основі процесу творчого пошуку лежить відповідна методологія. Розвиток методики технічної творчості та пошуку нових технічних рішень має історичний характер (табл. 9.1)

У світовій інженерній практиці на сьогодні розроблено понад 50 методів активізації творчості, які можна розділити на три основні групи:

1. **Системні** (комбінаторні або гібридні) – спрямовані на послідовний аналіз усіх можливих варіантів рішень і ґрунтуються на аналізі будови і особливостей об'єкта (морфологічний аналіз і синтез, матриці відкриттів, десяткові матриці пошуку та ін.).

2. **Асоціативні** (психологічної активізації творчості) – передбачають активізацію генерування ідей за рахунок психологічного переборення інерційності мислення і є безсистемним пошуком розв'язку задачі (метод фокальних об'єктів, мозкового штурму, контрольних запитань, гірлянд випадковостей і асоціацій, синектики та ін.).

3. **Програмні** (алгоритмічні) – забезпечують цілеспрямований рух до вирішення задачі шляхом виявлення технічних і фізичних протиріч у відомих об'єктах та їх подальшого розв'язання (бібліотека евристичних прийомів, вепольний аналіз, АРВЗ, ФВА та ін.).



Таблиця 9.1

*Класифікація методів пошуку нових технічних рішень*

№ п/п	Назва методу	Автор	Рік винайдення
1.	Метод проб і помилок	–	2 пол. XIX ст.
2.	Правила пошуку рішень	П.К.Енгельмейер	1900
3.	Функціонально-вартісний аналіз	Ю.М.Соболев	1950
4.	Алгоритм рішення винахідницьких задач	Г.С.Альшуллер	1950
5.	Використання бібліотеки евристичних прийомів	А.І.Половинкін	1969
6.	Спрямованого мислення	Н.І.Середа	1961
7.	Гірлянд випадковостей і асоціацій	Г.Я.Буш	1972
8.	Десяткових матриць пошуку	Р.П.Повілейко	1972
9.	Каталогу	Ф.Кунце	1926
10.	Організуючих понять	Ф.Ханзен	1953
11.	Систематичної евристики	І.Мюллер та ін.	1970
12.	Морфологічного аналізу	Ф.Цвікі	1942
13.	Синектики	Дж.Гордон	1944
14.	Фокальних об'єктів	Ч.Вайтінг	1953
15.	Мозкової атаки	Азі Озборн	1957
16.	Контрольних запитань	Т.Ейлоарт, Г.Буш	1969
17.	Функціонально-фізичний аналіз	Р.Коллер та ін.	–
18.	Матриць відкриттів	А.Моль	1955
19.	Семикратного пошуку	Г.Я.Буш	1964

Розглянемо основні *системні* методи.

Суть методу *морфологічного аналізу* (МА): у системі, що вдосконалюється, виділяють декілька типових структурних (морфологічних) ознак. Для кожної ознаки складають список різних конкретних варіантів (альтернатив). Ознаки й альтернативні варіанти зображують у вигляді морфологічного ящика (таблиці, матриці), що дає можливість максимально збільшити пошукове поле для генерування нових ідей.

*Приклад.* Морфологічна таблиця методів подрібнення стружки під час обробки металів різанням (табл.9.2).

Таблиця 9.2

№ вар. (альтернатива)	Ознака дії				
	А – об'єкт	В – спосіб	С – характер	Д – напрямок	Е – час
1.	A1 деталь	B1 механічний	C1 постійний	D1 направлений	E1 до обробки
2.	A2 стружка	B2 електричний	C2 періодичний	D2 скалярний	E2 під час обробки
3.	A3 інструмент	B3 тепловий	C3 імпульсний		E3 в процесі різання
4.		B4 хімічний			E4 Після обробки
5.		B5 магнітний			

За табл. 9.2 синтез методів подрібнення стружки створює  $N = 3 \times 5 \times 3 \times 2 \times 4 = 360$  комбінацій. Кількість варіантів можна збільшити суміщенням елементів (альтернатив), наприклад,  $B_6 = B_2 + B_4$  (електрохімічний спосіб впливу). В цьому випадку  $N = 3 \times 6 \times 3 \times 2 \times 4 = 432$ . Надалі аналізують всі можливі варіанти:

- 1) A1-B1-C2-D1-E3 – віброрізання, коливання деталі;
- 2) A1-B4-C1-D2-E1 – зміна хімічного складу деталі з метою підвищення оброблюваності і т.д.

На наступних етапах методом пріоритетності та почергового комбінування усіх можливих варіантів вибирають 2-3 найкращих рішення.

Метод *десяткових матриць пошуку* ґрунтується на аналізі результатів системною застосування 10 евристичних прийомів і 10 основних показників. За основні показники вибрані:

- 1) геометричні (довжина...);
- 2) фізико-механічні (вага...);
- 3) енергетичні (ККД...);
- 4) конструкційно-технологічні (транспортибельність, технологічність...);
- 5) надійність і довговічність (спрацювання...);
- 6) експлуатаційні (продуктивність...);
- 7) економічні (собівартість...);
- 8) ступінь стандартизації і уніфікації;
- 9) зручність обслуговування і безпечність роботи (шум, вібрація...);
- 10) художньо-конструкторські показники (колір, масштабність...).

Для перетворення показників застосовують 10 груп евристичних прийомів:

- 1) неологія – перенесення в дану галузь техніки нових для неї показників технічного об'єкта;
- 2) адаптація – прийом пристосування відомих процесів, конструкцій, форм, матеріалів і їх властивостей до даних конкретних умов;
- 3) мультиплікація – збільшення числа показників;
- 4) диференціація – подрібнення числа показників,
- 5) інтеграція – складання, з'єднання, наближення показників;
- 6) інверсія – зміна порядку, напрямку на протилежний;
- 7) імпульсація – імпульсна зміна та перетворення в технічному об'єкті (ТО);
- 8) динамізація – зміна в часі ваги, температури, розмірів, кольору та ін.;
- 9) аналогія – пошук і використання подібностей показників об'єкта;
- 10) ідеалізація - наближення ТО до ідеального.

Систематизація прийомів та показників дозволяє побудувати матрицю  $10 \times 10$ , у якій в рядках розміщені показники, а в стовпцях прийоми.

**Асоціативні** методи пошуку ґрунтуються на застосуванні симантичних властивостей, понять шляхом використання аналогій, їх змістових відтінків. Основними джерелами генерування нових ідей є асоціації (зв'язки між словами типу різець-стружка), метафори (перенесення властивостей одного предмета чи явища на інше, але з аналогічною ознакою) та випадково вибрані поняття.

Суть методу **фокальних об'єктів** полягає у перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на вдосконалений об'єкт, який лежить у фокусі переносу. При цьому використовують таку послідовність:

1. Вибирають фокальний об'єкт (напр., цанга).
2. Вибирають 3-4 випадкових фокальних об'єкти (сталь, дискета, книга...).
3. Складають списки ознак випадкових об'єктів: легована сталь, конструкційна, кипляча, швидкорізальна і т.д.
4. Генерують ідеї шляхом приєднання до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (легована цанга, швидкорізальна цанга і т.д.)
5. Розвивають одержані поєднання шляхом вільних асоціацій.
6. Оцінюють одержані ідеї і відбирають корисні рішення групою експертів.

Метод **контрольних запитань** є одним з методів психологічної активізації творчого мислення. Його мета підвести до розв'язання задачі за допомогою навідних питань, типу: перерахувати всі якості і ознаки можливого винаходу і замінити їх на інші; в уяві проникнути всередину механізму; перебувати серед стимулюючого оточення (технічні музеї, звалища металлобрухту) тощо. На практиці широко відомі списки контрольних запитань А.Осборна, Г.Буша, Д.Пірсона, Т.Ейлоарта.

Метод **мозкового штурму** ґрунтується на генеруванні будь-яких ідей

і абсолютній відсутності їх критики. При цьому формується колектив із 2-х груп: 1-ша група – генератори ідей, 2-га група – експерти (аналітики). Задача групи генераторів полягає у формулюванні великої кількості ідей, а групи експертів – в наступній оцінці даних ідей і відборі тих, що мають зміст.

Основні правила мозкового штурму:

1. До групи генераторів входять люди різних спеціальностей (4-12 чол.).
2. Основна задача групи – сформулювати максимальну кількість ідей (будь-яких – фантастичних, помилкових, несерйозних). На проголошення ідеї надається 2-3 хв.
3. При генеруванні ідей заборонена будь-яка критика не лише словесна, але й мовчазна. Коли нові ідеї перестають поступати, ведучий зачитує вголос декілька із старих, стимулюючи творче мислення. Штурм продовжується 20-40 хв.
4. До групи експертів входять спеціалісти з даної проблеми.
5. Якщо задача не розв'язана, штурм повторюють іншим складом групи генераторів.

Одним із основних **програмних** методів є алгоритм розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ). Метод ґрунтується на вченні про протиріччя і є алгоритмом – комплексом послідовно виконуваних дій (кроків або етапів), спрямованих на розв'язання даної задачі. Зміст АРВЗ полягає в тому, щоб шляхом порівняння ідеального і реального виявити протиріччя і його причину, усунувши дану причину шляхом перебору певних варіантів.

У кожній модифікації АРВЗ розглядається три основні моменти:

- 1) постановка задачі і визначення протиріччя, що заважає її розв'язку звичайними способами, або тими, що відомі в техніці;
- 2) усунення причини протиріччя з метою досягнення більш нового технічного ефекту;
- 3) приведення елементів вдосконалюваної системи у відповідність із замінюваним елементом.

### **9.3. Правова охорона винаходів. Об'єкти і ознаки винаходів**

Правова охорона надається винаходу (корисній моделі), що не суперечить суспільним інтересам, принципам гуманності і моралі та відповідає умовам патентоспроможності. Об'єктом винаходу може бути: пристрій; спосіб; речовина; штам мікроорганізму, культура клітин рослини та тварини; застосування відомого раніше пристрою, способу, речовини, штаму в новій якості.

**Пристрій** – це виріб, який складається з елементів, що перебувають в функціонально-конструктивній єдності між собою.

Ознаки пристрою:

- 1) наявність конструктивних елементів;
- 2) наявність зв'язків між ними;
- 3) взаєморозташування елементів;

- 4) форма виконання елементів або пристрою в цілому, зокрема геометрична;
- 5) форма виконання зв'язків між елементами;
- 6) параметри;
- 7) матеріал, з якого виготовлений елемент чи пристрій в цілому.

**Спосіб** – це новий процес взаємопов'язаних дій над матеріальними об'єктами і за допомогою цих об'єктів, який характеризується суттєвими відмінностями і дає позитивний результат.

Ознаки способу:

- 1) наявність чи сукупність дій;
- 2) порядок виконання дій в часі (послідовно, одночасно чи в поєднанні);
- 3) умови виконання дій, режими дій.

**Речовина** – нове, штучно створене матеріальне утворення, що є сукупністю взаємопов'язаних елементів-інгредієнтів, виробництво або використання яких дає позитивний результат. До речовин відносять: індивідуальні сполуки (зокрема високомолекулярні), композиції (склади або суміші) і продукти ядерного перетворення.

Ознаки речовини:

- 1) кількісний, якісний склад кожного елемента, що входить у речовину, зв'язок атомів, їх взаєморозташування в молекулі;
- 2) хімічний склад (для низькомолекулярних сполук) однієї з ланок молекул, молекулярна маса (для високомолекулярних сполук);
- 3) якісний та кількісний склад, структура композиції, структура інгредієнтів.

**Штам** – це чиста культура мікроорганізму або клітини рослин та тварин (наприклад, кисло-молочні бактерії...).

**Об'єкти, що не вважаються винаходами:** відкриття; наукові теорії та математичні методи; методи організації та управління господарством; умовні позначення, розклади, правила; методи виконання розумових операцій; програми для обчислювальних машин; результати художнього конструювання (проекування і дизайн споруд тощо); топології інтегральних мікросхем; сорти рослин і породи тварин.

Особливості охорони прав на винаходи віднесені до державної таємниці і визначаються спеціальним законодавством. Право власності на винахід засвідчується патентом. Строк дії патенту становить 20 років від дати подання заявки до Відомства і продовжується ним за клопотанням власника.

#### **9.4. Оформлення та подання документів на предмет винаходу**

Особа, яка бажає одержати патент і має на це право подає до Відомства **заявку**. Склад заявки:

1. Заява на видачу патенту, що являє собою стандартний бланк з інформацією про авторів винаходу, патентовласників та їх реквізити.
2. Опис винаходу, що розкриває його повний зміст і можливість

відтворення.

3. Формула винаходу – коротка характеристика технічної суті винаходу, яка містить перелік його суттєвих ознак і є достатньою для досягнення технічного результату.
4. Креслення, таблиці та інші матеріали, що необхідні для розуміння суті винаходу.
5. Реферат – скорочений виклад (до 250 слів) змісту опису винаходу, який включає в себе об'єкт винаходу, область застосування, суть винаходу, альтернативні рішення і технічний результат.
6. Документ, що підтверджує сплату держмита.

Датою подання заявки є дата одержання Відомством відповідних матеріалів. Експертиза заявки проводиться Відомством відповідно до закону України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі” Видача патенту за умови проведення експертизи здійснюється Відомством у місячний термін після державної реєстрації патенту.

## Розділ 10. МЕТОДИ АКТИВІЗАЦІЇ ПОШУКУ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ ІДЕЙ

### 10.1. Характеристика винахідницьких завдань

При розробці науково-дослідних робіт, особливо в галузі технічних наук, бажано виконувати їх на рівні винаходів, а ще краще на рівні відкриттів. **Відкриттям** визнається встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу. **Винаходом** вважається нове, що має істотно відмінне технічне вирішення завдання в будь-якій галузі народного господарства.

*Об'єктом* винаходу може бути новий пристрій, нова речовина, новий спосіб одержання виробу, речовини і застосування раніше відомих пристроїв, способів, речовин за новим призначенням. Винахідницькі завдання, за складністю їхнього вирішення, умовно розподіляють на п'ять рівнів (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

**Рівні і стадії вирішення винахідницьких завдань**

Рівні	Стадії творчого процесу					
	Вибір завдання	Вибір пошукової концепції	Збір інформації	Пошук ідеї вирішення	Розвиток ідеї в конструкцію	Впровадження
1	Використано готове завдання	Використано готову пошукову концепцію	Використано наявні відомості	Використано готове рішення	Використано готову конструкцію	Упроваджена готова конструкція
2	Обрано одне з декількох завдань	Обрано одну пошукову концепцію з декількох	Зібрано відомості з декількох джерел	Обрано одне рішення з декількох	Обрана одна з декількох конструкцій	Упроваджена модифікація готової конструкції
3	Змінено вихідне завдання	Пошукова концепція змінена щодо умов завдання	Зібрана інформація змінена щодо умов завдання	Змінено відоме рішення	Змінено вихідну конструкцію	Упроваджена нова конструкція
4	Знайдено нове завдання	Знайдено нову пошукову концепцію	Отримано нові дані, що відносяться до завдання	Знайдено нове рішення	Створено нову конструкцію	Конструкція застосована по-новому
5	Знайдено нову проблему	Знайдено новий метод	Отримано нові дані, що відносяться до проблеми	Знайдено новий принцип	Створено нові конструктивні принципи	Змінено всю систему, у яку увійшла нова конструкція

## 10.2. Метод проб і помилок

Історія науки свідчить в основному про три шляхи одержання істини, нових наукових результатів.

На початку проблеми переважає «стихийний емпіризм». Дослідник заради одержання нової істини пробує усе, що йому здається корисним. Цей спосіб одержав найменування «метод проб і помилок». Він був поширений у стародавності, у період розвитку алхімії, а також у роботах відомого винахідника Едісона. Цей шлях одержання нової наукової інформації малоефективний і його недоліки очевидні, однак він усе ще використовується при вивченні маловідомих об'єктів.

Ньютон розвив інший метод, суть якого зводиться до такого. Спочатку ретельно вивчають об'єкт дослідження за допомогою спостереження й експерименту, а потім висувають гіпотезу, будують теорію математичну або логічну. Дотепер ця послідовність виконання наукової праці була найбільш поширеною.

Третій шлях одержання нових наукових результатів полягає в тому, що на підставі даних, отриманих з інформаційних джерел, формують гіпотезу і будують математичну модель явища. Потім розв'язують основні рівняння переважно за допомогою цифровою ЕОМ, знаходять граничні умови й отримані результати порівнюють з експериментом. Цей спосіб найбільш перспективний, але його застосування ефективно переважно при дослідженні явищ, відомості про які досить повні. У цьому випадку є можливим сформулювати адекватно вихідні дані і відповідно побудувати математичну модель.

Однак не можна абсолютизувати який-небудь шлях пізнання істини. Усі вони потрібні, щоб вивчати навколишній світ глибше і ширше, необхідно лише свідомо підходити до їх вибору.

## 10.3. Метод мозкового штурму

З огляду на властивість людей по-різному сприймати однакові впливи і реагувати на них, американський винахідник А. Осборн запропонував у 1953 р. методику вирішення творчих технічних завдань, що названа ним «мозковим штурмом». Суть «мозкового штурму» полягає в тому, що кожний з його учасників, не вступаючи в полеміку з колегами, пропонує свій варіант вирішення проблеми, а справа ведучого – порівняти варіанти і відібрати кращий.

Вважається, що є різні категорії людей: одна добре генерує ідеї, але погано їх аналізує, інша навпаки. Для пошуку рішень комплектуються де групи по 6-12 осіб із представників тільки першої і другої категорії відповідно. Учасники «мозкового штурму» повинні мати різнорідний досвід роботи, бути кваліфікованими в техніці і виявляти інтерес до вирішення поставленого завдання. Сеанс спочатку проводить перша груд Ведучий формулює завдання, і потім учасники у вільній формі пропонують будь-які



технічні рішення – реальні, фантастичні, серйозні, жартівливі і т.д. Регламент для виступів – не більш 1 хв., тривалість сеансу – 30-40 хв. Доводити пропонувані рішення не потрібно. Критика висунутих ідей на першій стадії забороняється.

Для проведення пошуку потрібний кваліфікований ведучий, котрий повинен уміло ставити питання, що стимулюють і організують увагу співрозмовників. Отримані в такий спосіб технічні пропозиції записуються і надходять у другу групу, де зазначають критики. Значна частина ідей відкидається, а кращі передаються на розробку. Про прийняття ідей сповіщають її автора. Як правило, він бере участь у подальшій розробці й у випадку досягнення позитивного результату стає автором або співавтором винаходу.

Останнім часом з'явилося багато різних модифікацій «мозкового штурму». Опишемо деякі з них.

При **зворотному «мозковому штурмі»** здійснюється пошук недоліків пристрою або процесу. Це дозволяє сформулювати нові завдання з удосконалення досліджуваного об'єкта. Попередню оцінку зауважень роблять самі учасники обговорення, а потім пропонують вузьким фахівцям. З переліку викреслюються тільки помилкові твердження.

**Письмовий «мозковий штурм»** відбувається в такий спосіб. У письмовому виді формулюються творче завдання і мета завдання. Потім бланк розсилається учасникам. Практика показує, що при вдало розроблених питаннях надходить багато цікавих ідей. Іноді письмовий «мозковий штурм» виявляється навіть ефективнішим за усний, тому що під час останнього частина учасників пристосовується до думок двох-трьох учасників-лідерів.

**Індивідуальний «мозковий штурм»** полягає в тому, що розробник сам генерує ідеї й іноді дає їм оцінку. Тривалість безупинної генерації ідей не повинна перевищувати 15 хв. Остаточну оцінку результату «штурму» бажано доручити іншому розробнику. Якщо ж її планує зробити сам автор, то йому необхідно записати виниклі ідеї і тільки через три-п'ять днів робити оцінку.

Відома модифікація «мозкового штурму» за назвою **«конференція ідей»**. У генерації ідей беруть участь учені, інженери і робітники. Кількість учасників повинна бути не менш 4 і не більш 12. При більшій групі зникає невимушеність, виникає офіційна обстановка. Тривалість конференції встановлюється заздалегідь у межах 20 хв. У залежності від характеру розв'язуваної проблеми умови технічного завдання викладаються учасникам конференції заздалегідь або безпосередньо перед обговоренням. Корисно формулювати запитання завдання в такий спосіб: «Що б ви зробили, якби самі відповідали за вирішення?». Першими повинні висловитися молодші за посадою, інакше на них буде впливати авторитет керівників. **Критика** в процесі проведення конференції **неприпустима**. Важлива роль приділяється голові, що, однак, не повинний вважати себе начальником. Якщо ніхто не висловлює ідей, голова повинен допомогти учасникам, повідомивши: «У свій

час уже пропонувалося те і те». Усі зусилля учасників варто направити на генерацію своїх ідей, а не на критику чужих. Висловлювані технічні ідеї записують, а потім передають фахівцям, критика яких повинна бути конструктивною і доброзичливою. Не можна відкидати невикористані ідеї остаточно. Рекомендується вести каталог ідей і час від часу його переглядати.

Практикою доведена висока ефективність методу «мозкового штурму» при вирішенні найрізноманітніших технічних завдань. Метод надзвичайно простий, не вимагає великих витрат. Його необхідно широко використовувати при вирішенні як технічних, так і організаційних творчих завдань.

#### **10.4. Синектичний метод**

Слово «синектика» у перекладі з грецької означає «сполучення різнорідних елементів».

В основу синектики покладений удосконалений метод «мозкового штурму». Суть методу полягає в наполегливому і свідомому бажанні учасників пошуку глянути на завдання з якоїсь іншої точки зору і тим самим усунути психологічні бар'єри на шляху пошуку оригінальних технічних рішень. Основне правило розробника – ніколи не йти уторованою стежкою, уникати всіляких шаблонів і в такий спосіб переборювати психологічні бар'єри.

Застосування методу синектики для вирішення творчих завдань є особливо ефективним, якщо організоване попереднє навчання синектичної групи за спеціальною програмою. Синектичні групи та групи людей різних спеціальностей, що зустрічаються з метою знаходити творчі рішення проблем шляхом необмеженого тренування уяви й об'єднання несумісних елементів. Процес навчання зводиться до вироблення уміння перетворювати звичайне в незвичне і навпаки.

Велике значення надається формулюванню технічного завдання. Передчасне чітке формулювання завдання ускладнює пошук незвичайних рішень. Часто колективне обговорення починається не з формулювання завдання, а з розгляду сутності принципу, що лежить в основі даного процесу. Це дає можливість охопити в ході обговорення широке коло загальних проблем і використовувати нові процеси і явища для виконання функцій, передбачених умовами завдання. Поступово коло цих проблем під впливом запитань керівника повинно бути звужене і вміло спрямоване в потрібне русло.

Кожен учасник синектичної групи повинен мати принаймні шість якостей, що, свідчать про його творчу зрілість і одночасно є важливим засобом для вирішення творчих технічних завдань. Зокрема, він повинен:

- 1) вміти абстрагуватися від звичайного судження, думкою відволікатися від досліджуваного об'єкта, виділяти сутність завдання і боротися зі звичним ходом мислення;

- 2) мати схильність до вільних роздумів, уміти вільно працювати доходячи до рівня фантазії;
- 3) уміти затримати подальший розвиток знайдених ідей і вірити в те, що далі з'являться кращі ідеї;
- 4) доброзичливо сприймати чужі ідеї навіть у тих випадках, коли вони нечітко сформульовані;
- 5) мати цілеспрямованість і тверду віру в успішне вирішення завдання, бути упевненим у своїх винахідницьких здібностях і здібностях колег;
- 6) знаходити в звичайному незвичайне і, навпаки, уміти вбачати в звичайних предметах і явищах щось особливе, використовувати це особливе як вихідний пункт для розвитку творчої уяви.

Учасник синектичної групи повинен широко використовувати різні види аналогій.

**1. Пряма аналогія.** Технічний об'єкт зіставляється з більш-менш схожими об'єктами з інших галузей техніки або живої природи. Наприклад, літак порівнюється з птахом, потік електронів – зі швидким бігом великої групи людей, насос – із серцем.

**2. Особиста аналогія.** Той, хто вирішує завдання, вживається в образ удосконалюваного об'єкта, намагається злитися з ним воедино і проникнути в механізм його роботи. Так, розробник, створюючи новий спосіб спрацьовування високовольтного комутатора, може уявити себе нейтральною молекулою, що знаходиться в проміжку між електродами. У результаті йому легше з'ясувати, які дії необхідно зробити, щоб молекула перестала бути нейтральною й одержала необхідну швидкість для іонізації сусідніх молекул. Це дозволяє створити умови для проходження електричного струму через проміжок.

**3. Символічна аналогія.** Іноді використовується узагальнена, абстрактна схожість. Наприклад, при розробці космічного корабля для подорожей за межі Сонячної системи його абстрактною аналогією може бути світловий імпульс, посланий туди ж. Таке зіставлення приводить до думки про фотонну ракету і т.п.

**4. Фантастична аналогія.** У пристрій, що вирішує завдання, розробник думкою вводить яких-небудь фантастичних істот, що виконують те, що потрібно за умовами завдання, або використовує при вирішенні які-небудь фантастичні засоби (килим-літак, чарівне дзеркальце, чоботи-сороходи, чарівні сили і т.п.).

На практиці зазначені види аналогії звичайно не зустрічаються в чистому виді, вони переплітаються одна з іншою. Майстерність полягає в тому, щоб застосувати аналогію, найбільш придатну для даного конкретного завдання. Вирішення завдання з поступовою конкретизацією їхнім керівником і введенням пропозицій у русло завдання на розробку необхідного технічного об'єкта дозволяє одержати багато оригінальних технічних рішень.

Слід зазначити, що синектичний метод належить до найбільш ефективних методів пошуку нових технічних ідей. Оволодіння цим методом дозволило б розробником нової техніки вирішувати складні і дуже різноманітні технічні завдання в різних галузях науки і техніки.

### **10.5. Метод контрольних запитань**

Метод заснований на використанні спеціально складених запитань, що дозволяють у формі монологу винахідника, зверненого до самого себе або діалогу в процесі колективного пошуку вирішувати творчі технічні завдання. Списки контрольних запитань для вирішення творчих технічних завдань склалися багатьма винахідниками і вченими. Наведемо переліки запитань, складених деякими авторами.

Список основних контрольних запитань А. Осборна (США).

1. Яке нове застосування технічному об'єкту ви можете запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?
2. Чи можливо вирішення завдання шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує вам даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи були в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використовувати? Що можна скопіювати?
3. Які модифікації технічного об'єкта можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, скручування, повороту? Які можливі зміни руху, запаху, форми, обрисів? Назвіть інші можливі зміни.
4. Що можна збільшити? Що можна приєднати? Чи можливе збільшення часу служби, впливу, частоти, розмірів, міцності? Чи можна підвищити якість, приєднати новий елемент, дублювати?
5. Що можна зменшити? Що можна замінити, ущільнити, зжати, згустити, сконденсувати, скоротити, звузити, відокремити, роздрібнити?
6. Чи можна замінити елемент, матеріал, процес, джерело енергії, розташування, колір, звук, освітлення?
7. Що можна перетворити? Які компоненти можна взаємно замінити? Змінити модель, розбивку, розмітку, планування. Змінити послідовність операцій. Змінити швидкість або темп. Змінити режим.
8. Що можна в технічному об'єкті повернути навпаки? Поміняти місцями протилежно розташовані елементи. Повернути їх задом наперед. Перевернути догори дном. Поміняти ролями. Перевернути затиски?
9. Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі? Чи можна створити суміш, сплав, новий асортимент, гарнітур? Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати цілі? Комбінувати ідеї?

Список основних контрольних запитань Т. Ейлоарта (Англія).

1. Перелічити всі якості і визначення передбачуваного нового технічного рішення. Змінити їх.
2. Сформулювати завдання ясно. Спробувати дати нові формулювання.

Визначити другорядні завдання. Виділити головні.

3. Перелічити недоліки наявних рішень, їхні основні принципи, нові припущення.
4. Прикинути фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні та інші аналогії.
5. Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну та інші моделі.
6. Спробувати використовувати різні види матеріалів і енергії: газ, рідину, тверде тіло, гель, піну, пасту та ін.; теплову, магнітну енергію, світло, силу удару і т.д. Розглянути: різні довжини хвиль, поверхневі властивості і т.п.; перехідні стани – замерзання, перехід через точку Кюрі і т.д.; різні фізичні ефекти.
7. Довідатися думки деяких зовсім необізнаних у даній справі людей.
8. Побудувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі ідеї без критики.
9. Спати з проблемою, ходити на роботу, гуляти, приймати душ, їздити, пити, їсти, грати в теніс – усе з нею.
10. Бродити серед стимулюючої обстановки (звалище брухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), переглядати журнали і комікси.
11. Прикинути таблицю цін, значень величин, переміщень, типів, матеріалів і т.д., різних вирішень проблеми або її частин, шукати проблеми в рішеннях або нові комбінації.
12. Визначити ідеальне вирішення, розробляти можливі варіанти.
13. Видозмінювати вирішення проблеми виходячи з часу (скоріше або повільніше), розмірів, в'язкості і т.п.
14. В уяві залізти усередину об'єкта.
15. Визначити альтернативні проблеми і системи, що вилучають певну ланку з ланцюга і, таким чином, створюють щось зовсім інше, ведучи убік від потрібного рішення.
16. Визначити загальноприйняті граничні умови і причини їхнього встановлення.
17. Хто вигадав це перший? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?
18. Хто ще вирішував цю проблему? Чого він домігся?

Відзначимо, що кожен винахідник підсвідомо користується «своїми» запитаннями, суть яких у більшості випадків збігається з наведеними.

### **10.6. Метод «чорного ящика»**

«**Чорний ящик**» – термін, використовуваний для позначення системи, внутрішній устрій і механізм роботи якої дуже складні, невідомі або неважливі в рамках даного завдання. «Метод чорного ящика» – метод дослідження таких систем, коли замість властивостей і взаємозв'язків складових частин системи, вивчається реакція системи як єдиного цілого, на

умови, що змінюються. Підхід чорного ящика сформувався в точних науках (у кібернетикці, системотехніці і фізиці) в 20-40 роках ХХ століття і був запозичений іншими науками (перш за все, біхевіористичною психологією).

Під **«чорним ящиком»** у кібернетиці розуміється об'єкт, у якому розробнику при зовнішнім спостереженні доступні значення вхідних і вихідних величин, а внутрішня будова об'єкта (елементи і їхній взаємозв'язок) невідома. Сутність методу полягає в тому, що розробник при вирішенні завдань відмовляється від спроб прямого визначення внутрішньої структури об'єкта, а висновки про поведінку об'єкта намагається одержати шляхом аналізу причинно-наслідкового зв'язку вхідних і вихідних величин.

Після визначення варіантів вирішення, що забезпечують одержання бажаного виходу, їх оцінюють виходячи з технічної й економічної доцільності і враховують усі вимоги технічного завдання на розробку. З отриманих варіантів вибирають оптимальний. Даний метод успішно застосовується при вирішенні технічних завдань, для яких відомі або заздалегідь можуть бути визначені вхідні і вихідні параметри технічного рішення.

Знання, отримані про об'єкт за методом чорного ящика, не дозволяють отримати інформацію про його внутрішню будову.

Даний метод застосовується для вирішення завдань моделювання керованих систем (наприклад, при дослідженні складних систем), особливо в тих випадках, коли представляє інтерес поведінка системи, а не її будова; в інженерній психології – для формального опису діяльності оператора і побудови її математичних моделей.

## **10.7. Метод системного аналізу**

**Системний аналіз** – це сукупність методів, що дозволяють реалізувати системний підхід при дослідженні великих і складних об'єктів. До таких методів належать, насамперед, аналіз і синтез, математичне моделювання й оптимізація з використанням ЕОМ. При цьому потрібне максимальне урахування взаємозв'язку всіх елементів системи (людини, технічних засобів і природних компонентів).

З ускладненням завдань і об'єктів дослідження виникла необхідність розподілу (декомпозиції) системи на системи нижчого рівня (підсистеми), що досліджуються автономно, причому обов'язково передбачається наступне узгодження цілей кожної підсистеми і загальною метою системи. Таким чином, декомпозиція визначає створення ієрархії системи. Застосування декомпозиції обумовлене не тільки неможливістю охопити неосяжне, але і різномірністю елементів складної системи і, отже, необхідністю залучення фахівців різного профілю.

Власне кажучи, *декомпозиція* – це операція аналізу системи. Природно, що дослідження менш складних систем нижчого рівня простіше і зручніше. Однак наступне узгодження функціонування підсистем (операція

синтезу) являє собою набагато більш складне завдання, ніж дослідження окремих підсистем. Тут основні труднощі зв'язані з емерджентністю системи. На цьому етапі дуже плідні методи імітаційного моделювання, що полягають в імітації на ЕОМ процесу функціонування і структури досліджуваного складного об'єкта при певному рівні деталізації його опису на тій чи іншій алгоритмічній мові. Під алгоритмічною розуміється формальна мова, призначена для запису алгоритмів, тобто розпоряджень, що визначають зміст і послідовність дискретних операцій, які переводять вихідні дані в шуканий результат, і задовольняють вимогам визначеності, масовості і результативності.

При імітаційному моделюванні не передбачається строгий детальний опис підсистем, а процеси, що відбуваються у них, імітуються в інтегрованому виді, що дозволяє визначити лише основні дані необхідні для прийняття рішень на більш високому рівні складної системи.

Характерною рисою роботи з імітаційною моделлю є використання як вихідної інформації не тільки теоретичних і експериментальних даних, але й інтуїтивних, неформальних відомостей про досліджуваний процес. Ця інформація може бути отримана як заздалегідь (апріорі), так і в процесі дослідження (апостеріорі). У зв'язку з викладеним при імітаційному моделюванні істотну роль відіграє людина (фахівець у даній галузі знань), що працює в режимі діалогу з ЕОМ. Метод імітаційного моделювання дозволяє досліджувати функціонування і структуру систем будь-якої складності і на будь-якому рівні деталізації. Разом з тим він має і ряд недоліків. Зокрема, з його допомогою важко одержати аналітичні або графічні залежності цільової функції від тих чи інших характеристик системи, тому що результат одиночного випробування може дати лише числове значення деякої цільової функції при заданих характеристиках об'єкта.

Для знаходження згаданих залежностей потрібне проведення багаторазових випробувань, що істотно підвищує трудомісткість обчислювального експерименту. Для якісного аналізу функціонування системи використовуються спеціально розроблені методи, такі, як «мозковий штурм», метод експертних оцінок. Метод експертних оцінок базується на припущенні про те, що на основі думок фахівців, що займаються дослідженнями і розробками у певній галузі знань, можна побудувати адекватну модель досліджуваної системи й оцінити її функціонування.

На закінчення зазначимо, що на емпіричному рівні наукового дослідження широко використовуються методи порівняння, вимірювання, індукції, дедукції, аналізу, синтезу. Для теоретичного рівня характерні такі методи, як висування гіпотези, абстракція, ідеалізація, узагальнення, моделювання, уявний експеримент, аналіз. Зрозуміло, цей розподіл умовний, хоча б у силу взаємозв'язку зазначених рівнів.

Практично всі перераховані методи дослідження зв'язані з операціями мислення, що підкоряються певним законам і проявляються в

різних формах.



## Практична робота № 1

### Тема: Розробка схеми наукового дослідження та його первинна реалізація

**Мета:** ознайомитись з особливостями організації та проведення наукових досліджень, методологічними основами науково-дослідницької роботи, навчитись розробляти схему наукових досліджень відповідно до вибраної проблеми та поставлених задач.

### Теоретичні відомості

*Наука* – це особлива форма людської діяльності, що склалася історично і має своїм результатом цілеспрямовано відібрані факти, гіпотези, теорії, закони і методи досліджень.

Формою здійснення і розвитку науки є *наукове дослідження* (НД) вивчення явищ і процесів, аналіз впливу на них різноманітних факторів, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання доведених та корисних для науки і практики рішень і максимальним ефектом. НД має об'єкт та предмет, на пізнання яких воно спрямоване. *Об'єктом* (*предметом*) може бути предмет матеріального світу, явище, властивість, а також зв'язок між явищами та властивостями.

*Мета наукового дослідження* – визначення конкретного об'єкта і всебічне, достовірне вивчення його структури, характеристик, зв'язків на основі розроблених принципів та методів, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, впровадження їх у виробництво та визначення економічного ефекту.

*Метод* – спосіб теоретичного дослідження або практичного здійснення якого-небудь явища або процесу. Метод не інструмент науки.

Виконання науковою дослідження нерозривно пов'язане з його *методологією* – керівними принципами його розвитку. Методологія – це сукупність методів, способів, прийомів, їх визначена послідовність, схема, то прийнята при розробці НД. Вона може бути загальною або частинкою.

*Задачі дослідження* є емпіричні, теоретичні. Емпіричні вирішуються методами спостереження та експерименту. Теоретичні задачі формують таким чином, щоб їх можна було перевірити емпірично.

Результати наукової діяльності повинні мати новизну, оригінальність та унікальність. В теперішній час запропоновано ряд методів, які сприяють переходу через психологічний бар'єр і стимулюють появу нових ідей - генерування ідей (мозкового штурму) тощо.

В науково-дослідницькій роботі розрізняють наукові напрямки, проблеми, теми досліджень.

Під *науковим напрямком* розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, яка присвячена розв'язанню фундаментальних теоретико-експериментальних задач в певній галузі науки.

Під *проблемою* розуміють складну наукову задачу, що охоплює значну область досліджень і має перспективне значення. Проблема складається із ряду тем. *Тема* – наукова задача, що охоплює чітко визначену область наукового дослідження та базується на численних дослідницьких питаннях. До теми ставлять ряд вимог:

1. Актуальність.
2. Наукова новизна.
3. Значимість та економічна ефективність.
4. Відповідність профілю наукового колективу (організації).

*Аналіз наукової проблеми* – відповідальна задача, що включає такі кроки:

1. Формулювання проблеми – вибір основного проблемного питання та уявлення бажаного результату.
2. Розробка структури проблеми – виділення тем, підтем, питань.
3. Встановлення актуальності проблеми – її цінність на даному етапі розвитку науки і техніки.

Складність наукових досліджень, комплексність і тривалість їх виконання викликає необхідність чіткого розподілу науково-пошукової роботи дослідника на логічно взаємозумовлені і взаємопов'язані етапи.

#### **Програма (схема) наукового дослідження:**

1. Аналіз напрямку дослідження.
2. Вибір теми досліджень та формулювання мети
3. Вибір об'єкту досліджень.
4. Встановлення та аналіз наукової проблеми.
5. Розробка робочої гіпотези (гіпотез).
6. Аналіз стану питання на момент дослідження.
7. Постановка задачі.
8. Розробка методики проведення дослідження.
9. Організація пошуку та збирання інформації (результатів).
10. Обробка та аналіз зібраної інформації.
11. Обґрунтування висновків та рекомендацій.
12. Оформлення результатів дослідження.

#### ***Порядок виконання роботи***

1. Відповідно до запропонованого напрямку досліджень вибрати об'єкт дослідження.
2. На основі поданої схеми дослідження розробити власну програму наукових досліджень і реалізувати її за пунктами 1–7.
3. Оформити звіт даної роботи.

**Зміст звіту:** тема, мета роботи, теоретичні відомості, порядок виконання роботи, зміст роботи: напрямок, тема, об'єкт досліджень; реферативний аналіз наукової проблеми; робоча гіпотеза (гіпотези); аналіз стану питання (коротко); задачі досліджень.

Контрольні запитання:

- 1. Що таке наука і яка її основна мета?*
- 2. З яких елементів складається система наукових знань?*
- 3. Стадії розвитку гіпотези.*
- 4. Чим відрізняється наукова задача від інженерної?*
- 5. Етапи наукового дослідження.*
- 6. Вимоги до теми досліджень.*
- 7. Наукові заклади України.*

## Практична робота № 2

### Тема: Аналіз інформаційного забезпечення при розв'язанні наукових задач

**Мета:** ознайомитись з національною системою науково-технічної, інформації, основними поняттями, термінами, документальним забезпеченням інформації; оволодіти методикою проведення інформаційного пошуку, а також засвоїти правила бібліографічного опису літературних джерел.

#### Теоретичні відомості

*Інформація* – це відомості про довкілля, про процеси, які здійснюються в ньому, про події і стан, які сприймаються людьми, що керують технічними системами.

*Наукова інформація* – це логічна інформація, яка отримується в процесі пізнання, адекватно відображає закономірності об'єктивного світу і використовується в суспільно-історичній практиці.

*Науково-технічна інформація* – це документовані або публічно оголошені відомості про вітчизняні та зарубіжні досягнення науки, техніки і виробництва, одержані в ході науково-дослідницької діяльності. Національна система науково-технічної інформації складається зі спеціалізованих державних підприємств, установ, організацій, державних органів НТІ, наукових бібліотек, об'єднаних загальносистемними зв'язками та обов'язками. Інтенсивність старіння інформації за даними наукових джерел становить понад 10% на день для газет, 10% на місяць для журналів і понад 10% на рік для книг і монографій.

В наукових дослідженнях велику питому вагу посідає інформація, яка зосереджена в опублікованих і неопублікованих документах.

*Документ* – це передбачена законом матеріальна форма одержання, зберігання, використання і поширення інформації. Види документів встановлені державним стандартом ГОСТ 7.60-90.

#### Основними видами видань є:

1. *Монографія* – це наукове або науково-популярне книжкове видання, яке містить повне і всебічне дослідження однієї проблеми або теми і належить одному або декільком авторам.

2. *Автореферат дисертації* – це наукове видання у вигляді брошури, яка містить складений автором реферат проведеного ним дослідження, що подається на здобуття вченого ступеня.

3. *Препринт* – це наукове видання, що вміщує матеріали попереднього характеру, опубліковані до виходу у світ офіційного видання,

4. *Депонований рукопис* – вид неопублікованого документа, що є цікавим лише для вузького кола спеціалістів, публікування якого в традиційних виданнях є недоцільною.

5. *Тези* доповідей конференції (симпозіуму) – це науковий неперіодичний збірник, що містить опубліковані до початку конференції матеріали попереднього характеру (реферати доповідей і повідомлень).

6. *Матеріали конференції* (симпозіуму) – науковий неперіодичний збірник, що містить результати конференції (доповіді, рекомендації, рішення).

7. *Збірник наукових праць* – збірник, який містить статті і дослідницькі матеріали наукових установ навчальних закладів та організацій.

8. *Науковий журнал* – періодичний журнал, що містить статті і матеріали теоретичного та прикладного характеру, призначені для наукових працівників.

9. *Енциклопедія* – довідкове видання, яке вміщує в узагальненому вигляді основні відомості з однієї або всіх галузей знань і практичної діяльності, що розмішені в алфавітному або систематизованому порядку.

10. *Реферативний журнал* – це періодичне видання у вигляді збірника, що містить реферативну інформацію про науково-технічні досягнення та розробка у певній галузі знань.

Обов'язковим атрибутом багатьох документів є бібліографічні посилання, які оформляються згідно із встановленими вимогами (табл. 1).

Важливе значення для організації досліджень мають інформаційно-пошукові мови класифікаційного типу, що формуються на основі присвоєних документам індексів. Індеси визначаються за допомогою бібліотечно-бібліографічних класифікацій, що переважно є ієрархічними. В Україні найпоширеніші дві класифікації – УДК і ББК.

**Універсальна десяткова класифікація (УДК)** – це єдина класифікаційна інформаційно-пошукова мова Державної системи НТІ. Еталонними таблицями УДК є видання, підготовлені Міжнародною федерацією по документації (офіційний її переклад).

В УДК застосована цифрова система ідентифікації: перша цифра – основні напрямки, друга – піднапрямки і т.д. Наприклад УДК 621.881 означає: 6 – Прикладні науки, медицина, техніка; 62 – Техніка вцілому. Інженерна справа; 621.0 – Машини і машинобудування вцілому; 621.88 – Кріпильні деталі і пристосування. Засоби кріплення: 621.881 – Затискні пристрої, Лещата. Кліщі і ін.

Вітчизняною класифікацією вважається **бібліотечно-бібліографічна класифікація** (ББК). Існує ряд версій ББК для різних видів бібліотек з літерно-цифровою (наукові бібліотеки) та цифровою індексацією. Вона є ієрархічною і напівфасетною за структурою таблиць. Наприклад У01: У – «Економіка. Економічні науки», У01 – «Політична економія»

## Приклад оформлення бібліографічного опису основних документів

№ п/п	Характеристика джерела	Приклад оформлення
1.	Монографії (1...3 автори)	Меликов А.З., Пономаренко Л.А., Рюмшин П.А. Математические модели многопоточковых систем обслуживания. – К.: Техніка, 1991. – 265с.
2.	Монографії (4 автори)	Основы создания гибких автоматизированных производств/ И. А. Пономаренко, Л.В. Адамович, В.Т. Мушчук, А.Е.Гридасов, – К.: Техніка, 1981. – 62с.
3.	Монографії (5 і більше авторів)	Системный анализ инфраструктуры/ Белоусова Н.И., Вишняк Е.И. и др. – М: Экономика, 1981. – 62с.
4.	Багатотомні видання	Физическое металловедение: В 3 т. Под ред. Р.Каца. – М.: Мир, 1968. – 1.2: Фазовые превращения. Металлография. – 490 с.
5.	Перекладені видання	Гроссе З., Васмашель Х. Химия: Пер. с нем. – М.: Химия, 1980. – 392с.
6.	Збірники наукових праць	Обчислювальна і прикладна математика: Зб. наук. пр. – К.: Либідь, 1993. – 99с.
7.	Складові частини книги, збірника	Смит С.С. Материалы// Современные материалы. – М.: Мир, 1970. – С.9-29.
8.	Складові частини журналу	Баранов Н.Г. Классификация, свойства, области применения антифрикционных материалов// Трение и износ. – 1991. – Т.12. – №5. – С.904-914.
9.	Енциклопедії	Долматовский Ю.А. Электромобиль. – 3-е изд.-М. 1988. – Т.30. – С.72.

10.	Автореферати дисертацій	Кондратюк В.Л. Розробка композитних матеріалів на основі епоксидної смоли і диборидів титану та хрому для захисту деталей машин від корозій і кавітаційного руйнування: Автореф. дис. к-та техн. наук: 05.02.01/ФМІ. – Львів, 1997. – 16с.
11.	Авторські свідоцтва	А.С. 1007970 СССР, МКИ В25Л 5/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов/ В.С.Батумин, В.Г.Кемайкн (СССР). – №330585/25; заявлено 23, і І.81; опубл. 30.08.83, Бюл.№12. – 2 с.

### ***Порядок виконання роботи:***

1. На основі аналізу конкретної наукової проблеми-задачі (див. роботу №1) оформити 10-15 літературних джерел різних видів.
2. Аналізуючи універсальну десяткову класифікацію, вибрати індекс, що відповідає даній темі дослідження.
3. Оформити звіт роботи.

**Зміст звіту:** тема, мета роботи, теоретичні відомості, порядок виконання роботи, зміст роботи: 10-15 літературних джерел різних видів із проблеми досліджень; тема досліджень та індекс УДК.

### **Контрольні запитання:**

1. Який зміст закладено з поняття "Науково-технічна інформація"?
3. Основні види інформаційної діяльності.
4. Особливості національної системи НТІ.
5. Головні особливості інформаційного пошуку.
6. Основні види інформації.
7. Розкрити поняття "Монографія" та "Препринт".
8. Що спільного та відмінного між документами "Тези доповідей" і "Матеріали конференцій, симпозіумів"?
9. Структура УДК.

### **Практична робота №3**

#### **Тема: Призначення та основи експериментальних досліджень**

**Мета:** Вироблення цілісного уявлення про експериментальні дослідження. Оволодіння основами експерименту на прикладі структурно-спадкового методу вимірювання твердості.

#### **Загальні відомості**

Проблеми вдосконалення існуючих і розробки нових технологічних процесів, а також проектування і створення оптимальних конструкцій обладнання тісно пов'язані з питаннями визначення напруженого і деформованого стану і стійкості деталей машин і апаратів. Методи механіки твердого деформованого тіла дозволяють задовільно описати основні закономірності і структури процесу, визначити необхідні зусилля і роботу деформації, оцінити міцність і вибрати оптимальну форму деталі.

Існують два основні способи вирішення вказаних завдань – теоретичний і експериментальний. Зокрема, поширеним способом дослідження напружено-деформованого стану є застосування експериментальних методів механіки твердого деформованого тіла. Проте способи не можна відокремити один від одного. Теоретичні і експериментальні методи знаходяться в діалектичній єдності, оскільки будь-яка теорія базується на дослідних даних, а постановка будь-якого експерименту ґрунтується на певних теоретичних передумовах. У деяких випадках ці методи настільки тісно переплетені, що правильніше говорити про експериментально-теоретичний підхід до вирішення завдань підвищення стійкості деталей машин і апаратів.

У ряді випадків виникаюча напруга і деформації не можуть бути визначені достатньо надійно за допомогою теоретичного аналізу, що обумовлюється нелінійністю основних диференціальних рівнянь. Складність визначення граничних умов і недостатньо повна відповідність між математичною моделлю і реальним процесом ускладнюють визначення параметрів.

За останні роки досягнуті значні успіхи в області експериментальної механіки, які пов'язані з розвитком обчислювальної техніки і вимірювальної апаратури. Це також пов'язано з появою нових способів експериментального аналізу, створенням нових методик проведення експерименту і обробки дослідних даних. Експериментальні дослідження відкривають широкі можливості для всебічного аналізу напружено-деформованого стану зразка, деталі. Зокрема, визначення компонентів напружень і деформацій з достатньою точністю дозволяє перевірити коректність постановки завдання і встановити межі застосовності відповідних теоретичних рішень.



В експериментальних методах шукані величини визначають безпосередньо шляхом вимірювання або спостереження. Іноді експериментальний спосіб є єдиною можливим і достовірним.

Способи експериментального вивчення напружено-деформованого стану деталей машин і апаратів і обладнання в цілому достатньо різні і характеризуються величиною значення, діапазоном і точністю вимірюваних величин, використанням спеціального обладнання. Умовами постановки досвіду, способами математичної обробки первинної інформації і інтерпретацією кінцевих результатів.

Щоб отримати достовірну інформацію і зменшити об'єм математичної обробки, доцільно вибирати такий експериментальний метод, який дозволяє безпосередньо визначити шукані величини. Крім того, на вибір методу великий вплив роблять умови експлуатації деталі і проведення експерименту, оскільки деякі з методів практично непридатні при проведенні випробувань у виробничих умовах, а необхідність спеціального обладнання обмежує можливості використання деяких методів.

Важливе значення при проведенні експериментальних досліджень має теорія подібності і моделювання.

## **Основи моделювання**

Питанням моделювання процесів присвячено багато робіт, з яких виходить, що постановка експерименту в лабораторних умовах практично завжди пов'язана з моделюванням. Проблеми моделювання процесів складні, багатообразні і деякі з них розроблені не повною мірою. Обмежимося розглядом тільки деяких питань моделювання, безпосередньо зв'язаних із застосуванням експериментальних методів. Для того, щоб між явищем, протікаючими в натурі і на моделі, була взаємно однозначна відповідність, необхідно задовольнити основним законам подібності і видам моделювання.

### **Вибір матеріалу моделі**

Щоб зберегти подібність фізико-механічних властивостей, доцільно виготовляти модель з матеріалу природи. Проте це не завжди зручно і можливо, тому для виявлення загальних закономірностей розроблюючих процесів часто вибирають матеріал моделі відмінний від матеріалу природи. Найбільше розповсюдження в практиці моделювання процесів деформації знайшли такі матеріали, як алюміній, свинець і різні їх сплави. Іноді для якісного аналізу процесів використовують пластилін, але відмінність в реологічних властивостях пластиліну і металів може привести в ряді випадків до отримання помилкових результатів.

### **Вибір масштабу моделі**

Зазвичай користуються зменшеними моделями. При цьому слід мати на увазі, що при надмірному зменшенні масштабу зростають вимоги до точності вимірювання, затрудняється реалізація геометричної подібності і в ряді випадків змодельовані процеси в реальних умовах не можуть бути виконані.

Масштаб геометричної подібності зазвичай приймається незалежним і його величина залежить лише від використовуваного обладнання і технологічних можливостей виготовлення моделей.

Практикою моделювання процесів встановлено, що оптимальні значення геометричного масштабу лежать у відносинах розмірів моделі до натури в межах від 1 до 3 і 1 до 10.

Методи моделювання грають важливу роль при розробці нових технологічних процесів, конструкцій оброблювального обладнання і оптимізації режимів обробки виробів.

### **Масштабне (геометричне) моделювання**

Коли модель виготовляє з матеріалу натура, то має місце масштабне моделювання, яке є окремим випадком фізичного моделювання.

Позначивши через  $m_i$  масштаб лінійних розмірів, для випадку подібності моделі і натури матимемо:

$$l_i^n = m_i l_i^m; F_i^n = m_i^2 F_i^m; V_i^n = m_i^3 V_i^m, \quad (1)$$

де  $l_i$  – лінійні розміри;

$F_i$  – площа;

$V_i$  – об'єм  $i$ -го елемента тіла;

індекси « $n$ » і « $m$ » позначають величини, що відносяться до натури і моделі відповідно.

Існує два способи визначення масштабів моделювання:

- аналіз розмірностей характерних параметрів;
- аналіз рівнянь, що описують вивчаючий процес.

Умови моделювання, отримані за допомогою аналізу рівнянь, є найбільш повними. Тому аналіз рівнянь рекомендуються використовувати завжди, коли досліджуване завдання сформульоване математично.

### **Наближене моделювання**

При моделюванні процесів, що супроводжуються пластичною деформацією, умови подібності стають складнішими і часто виконати всі критерії подібності не представляється можливим. В цих випадках удаються

до так званого наближеного моделювання, при якому допускається недотримання окремих критеріїв подібності, що роблять неістотний вплив на вивчаючі параметри процесу.

### **Експериментальне дослідження**

Вивчення тих або інших властивостей дозволяє проводити дослідження з метою виявлення характеристик, так величина твердості матеріалу безпосередньо пов'язана з відповідними механічними характеристиками, наприклад, міцністю деталі. Знаючи величину твердості, можна судити про стійкість і надійність деталі, а порівнюючи значення твердості різних ділянок деталі, зокрема до обробки і після неї, можна судити про ступінь підвищення надійності деталей після обробки, наприклад, після відновлення. Дослідивши зношування матеріалів з різним значенням величини твердості, можна за значенням твердості прогнозувати підвищення надійності відновлених деталей, надавши їм підвищену твердість.

### **Дослідження властивостей деталей шляхом вимірювання твердості**

Існує ряд способів вимірювання твердості, найбільш поширеними з яких є методи Брінеля, Роквеллу і Віккерса, в яких твердість характеризується глибиною або площею відбитку, отриманого при впровадженні в метал ідентора або використанням ідентора певної конфігурації (сталева кулька, діамантовий конус або піраміда). Для експериментального дослідження властивостей (твердості) найбільш прийнятний спосіб Віккерса, при якому ідентором є діамантова піраміда. Цей спосіб забезпечує мінімальну зону пластичної деформації навколо відбитку, що дозволяє проводити достатню кількість вимірів на невеликій площі. Число твердості в даному випадку визначається як відношення навантаження до площі бічної поверхні відбитку. При такому вимірюванні твердості пред'являються певні вимоги до однорідності матеріалу, зокрема:

- розмір діагоналі відбитку повинен істотно перевищувати розмір окремих структурних складових деталі;
- досліджувана поверхня повинна перевищувати діагональ відбитку в 1,2 раз для зразків із сталі і в 1,5 раз для зразків з кольорових металів;
- відстань між центрами відбитків повинна бути в 2,5 раз більше довжини його діагоналі.

### **Експериментальні дослідження мікротвердості**

При поверхневій обробці, наприклад, після нанесення захисних покриттів, або після поверхневої пластичної деформації, виникає

необхідність вимірювання твердості в поверхневому шарі і для цього застосовують метод вимірювання мікротвердості. Метод вимірювання мікротвердості доцільно використовувати для якісної оцінки твердості матеріалу в малій області обробки і великому градієнті величини зміни напруги. В разі вимірювання мікротвердості її також вимірюють по Вікерсу. Експериментально встановлено, що для однофазних сплавів існує залежність між макро- і мікротвердістю, яка підкоряється закону подібності і результати вимірювання твердості пропорційні навантаженню, але цей лінійний зв'язок порушується, якщо діагональ стає менше 30 мкм. До недоліків способу вимірювання мікротвердості слід віднести необхідність ретельної підготовки досліджуваної поверхні і істотну залежність результатів вимірювань від структури матеріалу.

### **Завдання**

Методом вимірювання твердості визначити підвищення міцності і зносостійкості. Спрогнозувати підвищення надійності відновленої деталі.

### **Вказівки по виконанню роботи**

#### ***Отримання експериментальних даних***

Проведення експериментальних досліджень розглянемо на прикладі процесу відновлення деталей методом наплавлення зношеної поверхні різними електродами. Для проведення експерименту готують зразок, розрізаючи деталь у вертикальній площині з чітким виділенням зон наплавлення. Для розрізання можна використовувати будь-які види обробки різанням. Відомо, що процес механічної обробки супроводжується значним виділенням тепла, яке приводить до появи температурної напруги по всьому контуру об'єкту, що затрудняє (іноді робить неможливим) кількісний аналіз. Щоб отримати високоякісну модель, необхідно виключити перегрів зразка моделі при його підготовці. Для експериментального визначення твердості HV використовують прості види механічних випробувань, при яких вимірюють твердість в різних точках поверхні досліджуваного об'єкту. При цьому проведення наплавлення, підготовку зразків і вимірювання твердості потрібно проводити за однакових умов. Результати вимірювання наносять на ескіз досліджуваної поверхні і сполучають плавної кривої точки з однаковою величиною твердості. Щоб зменшити розкид досвідчених даних рекомендується вимірювати твердість в декількох (від 3 до 5) точках на плоскій ділянці поверхні. При випробуванні циліндрових зразків в місцях вимірювання твердості бажано знімати лиски, щоб виключити вплив на твердість криво лінійність поверхні.

## ***Обробка експериментальної інформації***

Первинні експериментальні дані, як правило, не можуть бути використані безпосередньо для аналізу. У зв'язку з цим з'являється необхідність обробки досвідчених даних, що пов'язане з проблемами інтерполяції, диференціювання і інтеграції функції, значення якої відомі з деякою погрішністю з експерименту. При цьому найбільш «капризною» операцією є знаходження похідної функції; це обумовлено тим, що процес диференціювання є таким, що розходиться (нестійким) і навіть невеликі помилки в початкових даних приводять до істотних погрішностей при обчисленні похідних. Операція інтеграції досвідчених даних є менш чутливою до погрішностей первинної інформації.

У роботах вітчизняних і зарубіжних вчених запропоновано багато різноманітних способів обробки експериментальних даних, які можна розділити на наступні види: графічні, аналітичні, графоаналітичні способи.

При обробці досвідчених даних важливо уміти оцінювати погрішність отриманого результату. Вона може бути обумовлена наступними причинами:

- по-перше, початкові числові дані, з якими проводяться обчислення, отримані з експерименту і не завжди точні, оскільки будь-які вимірювання неминуче супроводжуються погрішностями;
- по-друге, наближені початкові дані піддаватимуться не тим операціям, які потрібні для вирішення завдання, а псевдоопераціям, оскільки при обчисленні навіть на ЕОМ можна використовувати обмежене число розрядів;
- нарешті, у багатьох випадках існуючі методи вирішення завдань можуть дати точну відповідь тільки після нескінченного числа кроків. Оскільки на практиці доводиться обмежуватися кінцевим числом кроків, то задане завдання фактично замінюється іншої і отримане рішення відрізнятиметься від точного рішення. При цьому з'являється третій вид помилки – погрішність методу.

### ***Графічні способи обробки***

Графічні способи обробки полягають в тому, що шляхом з'єднання плавною лінією крапок, що утворюються в результаті вимірювання експериментальних даних отримують графік, що виконує графічне диференціювання будь-якої функції, представленої графічно. Отримані графічні функції прагнуть привести до пропорційної залежності першого порядку. Виходячи з отриманої лінії, визначають коефіцієнти рівняння, що описує процес.

### ***Аналітичні способи***

Аналітичні способи полягають в чисельному аналізі експериментальних значень. Класичний підхід чисельного аналізу полягає в тому, що використовують деякі вузли функцій для отримання наближеного многочлена. І потім, виконуючи аналітичні операції над многочленом, виявляють залежність. Зазвичай, остаточний результат прагнуть описати лінійною комбінацією значень функцій і / або її похідних в первинних вузлах. Аналітичні методи обробки включають інтерполяцію многочленами, чисельне диференціювання, метод найменших квадратів і локальну апроксимацію досвідчених даних.

### ***Статистична обробка результатів вимірювань***

Основними завданнями статистичної обробки результатів випробувань є визначення середнього значення даного параметра і оцінка точності його обчислення. Нехай в результаті випробувань  $n$ -зразків набуто середньо арифметичного значення  $\bar{x}$ . Позначимо через  $\alpha$  вірогідність того, що величина  $\bar{x}$  відрізняється від дійсного значення  $x$  на величину, меншу, ніж  $\Delta x$ , тобто  $P((\bar{x} - \Delta x) < x < (\bar{x} + \Delta x)) = \alpha$ . Вірогідність  $\alpha$  називається довірчою вірогідністю, а інтервал значень випадкової величини від  $(\bar{x} - \Delta x)$  до  $(\bar{x} + \Delta x)$  називається довірчим інтервалом. Ширина довірчого інтервалу  $\Delta x$  для математичного очікування визначається числом вимірювань  $n$ .

### ***Зміст звіту***

Вказати мету заняття, короткий зміст основної частини, методи дослідження і обробки дослідних даних. Відобразити отримані результати по виконанню завдання.

### ***Контрольні питання***

- 1 Як готують зразки до дослідження?
- 2 Методи моделювання досліджень.
- 3 Методи проведення досліджень.
- 4 Методи обробки експериментальних даних.
- 5 Чим відрізняється мікротвердість від макротвердості?

## **Практична робота № 4**

### **Тема: Складання планів повного факторного експерименту (ПФЕ)**

**Мета:** набуття навиків орієнтації в рівнях планування вхідних параметрів і вихідних значень і в складанні матриці планування

#### **Загальні відомості**

#### **Характеристика планування експерименту**

Велика кількість експериментальних завдань формулюються як завдання за визначенням оптимальних умов процесів, оптимального складу шихти і так далі. Складаючи план і завдяки оптимальному розташуванню крапок у факторному просторі і лінійному перетворенню координат, вдається подолати недоліки класичного регресійного аналізу, зокрема, забезпечити кореляцію між коефіцієнтами рівняння регресії.

Вибір плану визначається постановкою завдання дослідження і особливостями об'єкту дослідження.

Планування експерименту дозволяє варіювати (змінити) одночасно всі фактори і отримувати кількісні оцінки як основних факторів, так і ефектів взаємодії між ними, причому отримувані результати характеризуються меншою помилкою, чим традиційні методи однофакторного дослідження.

#### **Повний факторний експеримент**

При плануванні по схемі повного факторного експерименту реалізуються всі можливі комбінації факторів на всіх вибраних для дослідження рівнях.

Кількість дослідів за планом визначається по формулі

$$N = n^k \quad (1)$$

де  $N$  – число дослідів в плані;

$n$  – кількість рівнів (переважно два);

$k$  – число факторів.

Рівнями факторів є межі досліджуваної області по даному технологічному параметру. Верхній і нижній рівні, як правило, встановлюють експериментально попередніми дослідями. Виходячи із значень цих параметрів, визначають центр плану і крок варіювання по формулах

$$Z_i^o = \frac{Z_i^{\max} + Z_i^{\min}}{2}; \quad (2)$$

$$\Delta Z_i = \frac{Z_i^{\max} - Z_i^{\min}}{2}, \quad (3)$$

де  $Z_i^o, Z_i^{\max}, Z_i^{\min}$  – значення досліджуваного параметра в центрі плану, на верхньому і нижньому рівнях, відповідно  
 $\Delta Z_i$  – крок варіювання.

При проведенні експериментів користуватися натуральною системою координат не завжди зручно, тому в планах використовують безрозмірну систему координат, перехід до якої здійснюють по формулі

$$x_i = \frac{Z_i - Z_i^o}{\Delta Z_i}, \quad (4)$$

де  $i - 1, 2, 3...k$ .

В безрозмірній системі координат верхній рівень рівний +1, нижній рівень -1, координати центру плану рівні нулю і співпадають з початком координат осей.

Кодований план повного факторного експерименту  $2^3$  геометрично може бути представлений у вигляді куба, вісім вершин якого представляють вісім експериментальних точок.

Планування експерименту розглянемо при дослідженні інтенсивності зношування зразка. Змінні чинники розглянемо на прикладі навантаження в зоні зіткнення деталей, в'язкості змащувального матеріалу і температури в зоні контакту.

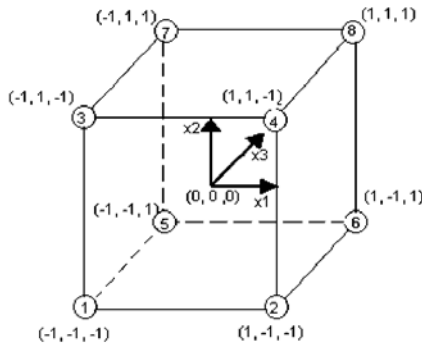


Рис. 4.1. Схематичне представлення плану повного факторного експерименту

У таблиці 1 показані області досліджень варійованих параметрів.

В якості вихідного (спостережуваного, реєстрованого) параметра приймають фіксуєчий параметр, наприклад, інтенсивність зношування (таблиця 2).



Таблиця 1 – Области досліджень варійованих параметрів

Рівні параметра	Параметри					
	Степінь навантаження		В'язкість змащувального матеріалу		Температура в зоні контакту	
	Система		Система		Система	
	натуральна $Z_1, H$	кодована $X_1$	натуральна $Z_2, \text{мм}^2/\text{с}$	кодована $X_2$	натуральна $Z_3, ^\circ\text{C}$	кодована $X_3$
Верхній рівень	300	+1	20	+1	200	+1
Нижній рівень	100	-1	60	-1	100	-1
Основний (нульовий) рівень	200	0	40	0	150	0
Крок варіювання	100	-	20	-	50	-

Таблиця 2 – Матриця планування

№ досліджу	Кодовані параметри					Вихідні параметри	
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_1$	$Y_2$
1	+1	-1	-1	-1	-1	$Y_{11}$	$Y_{21}$
2	+1	+1	-1	-1	-1	$Y_{12}$	$Y_{22}$
3	+1	-1	+1	-1	-1	$Y_{13}$	$Y_{23}$
4	+1	+1	+1	-1	-1	$Y_{14}$	$Y_{24}$
5	+1	-1	-1	+1	-1	$Y_{15}$	$Y_{25}$
6	+1	+1	-1	+1	-1	$Y_{16}$	$Y_{26}$
7	+1	-1	+1	+1	-1	$Y_{17}$	$Y_{27}$
8	+1	+1	+1	+1	-1	$Y_{18}$	$Y_{28}$
9	+1	-1	-1	-1	+1	$Y_{19}$	$Y_{29}$
10	+1	+1	-1	-1	+1	$Y_{110}$	$Y_{210}$
11	+1	-1	+1	-1	+1	$Y_{111}$	$Y_{211}$
12	+1	+1	+1	-1	+1	$Y_{112}$	$Y_{212}$
13	+1	-1	-1	+1	+1	$Y_{113}$	$Y_{213}$
14	+1	+1	-1	+1	+1	$Y_{114}$	$Y_{214}$
15	+1	-1	+1	+1	+1	$Y_{115}$	$Y_{215}$
16	+1	+1	+1	+1	+1	$Y_{116}$	$Y_{216}$

Наведена в таблиці 2 матриця планування володіє наступними властивостями:

а) ортогональністю – рівність нулю скалярних творів всіх векторів – стовпців. Ця властивість різко зменшує труднощі, пов'язані з розрахунком коефіцієнтів рівняння регресії, оскільки будь-який коефіцієнт рівняння регресії  $B_j$  визначається скалярним твором стовпця  $y_j$  на відповідний стовпець  $x_{ij}$  і діленням суми добутків на число дослідів в матриці планування.

б) ефекти взаємодії визначаються аналогічно лінійним ефектам, але при цьому враховується добуток стовпців ефектів  $x_i x_j$ .

в) нульовий фактор  $x_{0j}$  як би характеризує невраховані фактори, що впливають на процес і необхідний для визначення вільного члена рівняння регресії.

### ***Завдання***

Підібрати варійовані фактори і скласти матрицю планування трьох факторного експерименту. Провести уявний (віртуальний) експеримент з вказівкою (призначенням) вихідного параметра і його значень. Розрахувати вільний член рівняння регресії, коефіцієнти при лінійних факторах і ефектах взаємодії.

### ***Вказівки по виконанню роботи***

Розрахунки коефіцієнтів рівняння регресії проводити по формулах

$$B_o = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_o y_i; \quad (5)$$

$$B_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_j y_i; \quad (6)$$

$$B_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_j y_i. \quad (7)$$

### ***Зміст звіту***

В звіті про роботу включити опис основ принципів планування експерименту, привести матрицю планування експерименту. Привести рівняння регресії, даного процесу.

### ***Контрольні питання***

1. Що таке пасивний експеримент?
2. Що таке активний експеримент?
3. Що дає планування експерименту?
4. Що показує вільний член?
5. Яку залежність факторів показує рівняння?

## Практична робота №5

**Тема:** Розрахунок математичної моделі по експериментальних значеннях і оцінка отриманої моделі на адекватність

**Мета:** набуття навиків обробки експериментальних даних і отримання первинної математичної моделі.

### Загальні відомості

В практичних дослідженнях широкого поширення набули математичні моделі у вигляді полінома, за допомогою якого здійснюється зв'язок вихідного параметра (функції відгуку)  $\bar{y}$  з незалежними факторами  $x_i$ , що впливають на той або інший процес. Для більшості процесів достатню точність забезпечують поліноми першого ступеня

$$\bar{y} = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n, \quad (8)$$

де  $\bar{y}$  – розрахункове значення вихідного параметра (функція відгуку);

$B_0$  – вільний член рівняння;

$B_1, B_2, \dots, B_n$  – коефіцієнти рівняння при відповідних змінних (лінійні ефекти);

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – змінні величини (незалежні фактори).

Такий поліном називають лінійним рівнянням і він характеризує лінійний зв'язок функції відгуку з незалежними факторами. Проте не для всіх процесів достатньо лінійного наближення. Для зменшення розбіжності між експериментальною і розрахунковою величиною  $\Delta y = y_{ек} - \bar{y}_p$  підвищують порядок полінома і для практичних завдань вже поліном другого ступеня досить повно і точно описує процес, забезпечуючи прагнення  $\Delta y$  до 0. Рівняння має вигляд

$$\bar{y} = B_0 + \sum_{i=1}^N B_i x_i + \sum_{i=1}^N B_{ij} x_j + \sum B_{ii} x_i^2, \quad (9)$$

де  $B_{ij}$  – коефіцієнт рівняння, що показує силу взаємодії факторів (ефект впливу одного фактора на іншій);

$B_{ii}$  – коефіцієнт рівняння, що показує квадратичний ефект впливу факторів.

Математична модель даного процесу дозволяє:

а) організувати даний процес (набути якнайкращого – екстремального значення вихідного параметра);

б) розрахувати значення вихідного параметра при конкретних значеннях факторів;

в) побудувати двовимірні моделі значень вихідного параметра при поєднанні тих або інших факторів.

### *Завдання*

Визначити коефіцієнти рівняння регресії по матриці трьох факторного експерименту (таблиця 1).

Таблиця 1 – Матриця планування  $2^3$

№ досліду	$\tilde{\theta}_1$	$x_2$	$x_3$	$\acute{O}^*$	$\bar{\theta}$
1	-	-	-	2	
2	+	-	-	6	
3	-	+	-	4	
4	+	+	-	8	
5	-	-	+	10	
6	+	-	+	18	
7	-	+	+	8	
8	+	+	+	12	
9	0	0	0	7	
10	0	0	0	8	
11	0	0	0	6	

\* – у кожного свої значення

### *2.4 Вказівки по виконанню роботи*

План експерименту з вихідними даними є матрицею, а, враховуючи властивості матриць і дій над ними можна укласти, що будь-який коефіцієнт рівняння регресії  $B_i$  визначається скалярним добутком матриці-стовпця  $y_i$  на відповідну матрицю-стовпець  $x_i$  і діленням твору на число дослідів в матриці планування по повному факторному експерименту, тобто

$$B_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i. \tag{10}$$

Наприклад, для визначення коефіцієнта  $B_1$  при  $x_1$  необхідно отримати суму добутків.

$x_1$	$y$	$x_i y_i$	
-1	2	-2	$B_i = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^N x_i y_i = \frac{20}{8} = 2,5$
+1	6	+6	
-1	4	-4	
+1	8	+8	
-1	10	-10	
+1	18	+18	
-1	8	-8	
+1	12	+12	
$\sum 20$			

Аналогічно обчислюємо решту коефіцієнтів ( $B_2, B_3, \dots$  і вільний член  $B_0$ ).

Для отримання повнішого рівняння регресії враховують коефіцієнти ефектів взаємодії факторів (ефекти парної і потрійної взаємодії) і визначають їх по методиці, аналогічній розглянутій вище

+1	+1	+1	2	+2	$B_{ij} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^N x_1 x_2 y_i = -\frac{4}{8} = -0,5$
-1	+1	-1	6	-6	
+1	-1	-1	4	-4	
-1	-1	+1	8	+8	
+1	+1	+1	10	+10	
-1	+1	-1	18	-18	
+1	-1	-1	8	-8	
-1	-1	+1	12	+12	
$\sum -4$					

Решта коефіцієнтів визначає так само.

По набутих значень коефіцієнтів рівняння регресії складають шукане рівняння (поліном 9), на підставі якого будують одновимірні моделі, що враховують впливи даного фактора на вихідний параметр.

Якщо поставити додатково паралельні досліди, в центрі плану з 9 по 11 можна визначити дисперсію відтворюваності ( $S_{воспр}^2$ ), а з її допомогою перевірити значущість коефіцієнтів рівняння регресії і за наявності мір свободи – адекватність опису отриманим рівнянням даного процесу.

Значущість коефіцієнтів рівняння регресії можна перевірити по критерію Стюдента, причому для кожного з коефіцієнтів значущість визначається окремо.

Дисперсію відтворюваності визначають по формулі

$$S_{\text{воспр}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_u^o - \overline{y^o})^2}{n-1}, \quad (11)$$

де  $S_{\text{воспр}}^2$  – дисперсія (точність) відтворення дослідів;

$n$  – число паралельних дослідів;

$y_u^o$  – значення вихідного параметра в досліді на нульовому рівні;

$\overline{y^o}$  – те ж (розрахункове), визначаване по формулі:

$$\overline{y^o} = \frac{\sum_{i=1}^n y_u^o}{n} \quad (12)$$

Точність досвіду визначається як відношення дисперсії відтворюваності до кореня квадратного з числа дослідів

$$S_{\epsilon_i} = S_{\text{воспр}}^2 / \sqrt{N} \quad (13)$$

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння регресії – це порівняння набутого значення критерію Стюдента  $t_i$  з табличним значенням  $t_{ip}$ , причому перший ( $t_i$ ) визначають відношенням

$$t_i = \frac{|B_i|}{S_{\epsilon_i}} \quad (14)$$

де  $t_i$  – значення критерію Стюдента;

$B_i$  – абсолютне значення коефіцієнта;

$S_{\epsilon_i}$  – точність коефіцієнта. Значення другого ( $t_{ip}$ ) приймаються з таблиці, виходячи з рівня значущості (допустима помилка, як правило, приймається рівна 5% або 0,05) і числа степенів свободи

$$f = n(m-1), \quad (15)$$

де  $f$  – число мір свободи  
 $n$  – число дослідів за даних умов,  
 $m$  – вибірка паралельних дослідів.

Для даних умов табличне значення критерію Стьюдента складає

$$t_{ip} = t_2(0,05) = 4 \quad (16)$$

При виконанні умови  $t_i < t_{ip}(f)$  відповідний вибірковий коефіцієнт  $B_i$  є незначущим і відсівається з рівняння регресії. Виключення з рівняння регресії незначущих коефіцієнтів не позначається на решті коефіцієнтів.

Після відсіювання незначущих коефіцієнтів записують остаточне рівняння регресії, яке перевіряють на адекватність.

Перевірку на адекватність проводять по критерію Фішера

$$F = \frac{S_{ост}^2}{S_{воспр}^2}, \quad (17)$$

$$S_{ост}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}{N - l}, \quad (18)$$

де  $S_{ост}^2$  – залишкова дисперсія;

$\bar{y}_i, y_i$  – значення вихідного параметра експериментальні і розрахункові;

$l$  – число значущих коефіцієнтів.

Отримане значення критерію Фішера порівнюють з табличним значенням.

Якщо  $F_m < F_p$ , то рівняння регресії адекватно (тотожно) описує процес.

Квантілі (значення критерію Фішера) визначають рівнем значущості (ступенем помилки 0,05), числом степенів свободи і числом значущих коефіцієнтів (таблиця 4).

Рівняння регресії записане стосовно кодованих змінних, які пов'язані з даними фізичними величинами наступними співвідношеннями

$$X_1 = \frac{x_1 - Z_1^0}{\Delta Z_1}, \quad (19)$$

$$X_2 = \frac{x_2 - Z_2^0}{\Delta Z_2}, \quad (20)$$

$$X_3 = \frac{x_3 - Z_3^0}{\Delta Z_3} \quad (21)$$

Підставивши ці вирази в рівняння регресії і привівши потім подібні члени, отримаємо рівняння регресії у фізичних змінних:

$$\bar{Y} = R_o + R_i X_1 + R_{ij} X_{ij} - R_{ii} X_{ii}. \quad (22)$$

Таблиця 4 – Квантилі розподілу Фішера  $F_{1-p}$  для  $p = 0,05$

Ступені свободи F2	Значення коефіцієнтів f1								
	1	2	3	4	5	6	12	24	$\infty$
1	164,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	244,9	249,0	254,3
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,3	3,1	2,9
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,1	2,9	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	2,9	2,7	2,5

Вказані розрахунки раціонально виконувати із застосуванням ЕОМ.

Розрахунки можна виконувати із застосуванням прикладних програм OFFICE (від 97 і вище) в середовищі WINDOWS з використанням **EXEL**, **MathCAD** і до них подібних. Значення коефіцієнтів рівняння регресії обчислюють через функцію **poli(x, a<sub>n</sub>, ..., a<sub>0</sub>)**.

Приведена програма істотно прискорює і спрощує обробку експериментальних даних. З її допомогою розраховуються коефіцієнти рівняння регресії і видається на дисплей вся необхідна інформація для перевірки адекватності отриманого рівняння.

### **Зміст звіту**

Звіт повинен містити мету роботи, опис принципів планування експерименту, матрицю планування експериментів. Також розраховані коефіцієнти рівняння регресії даного процесу і вивід про математичну модель.

### **Контрольні питання**

1. Що таке рівняння регресії?
2. Що таке дисперсія відтворюваності?
3. Що дозволяє виявити критерій Стьюдента?
4. Для чого проводять визначення критерію Фішера?
5. Що таке адекватність рівняння?



## **Практична робота №6**

### **Тема: Класифікація винаходів і їх патентний пошук**

**Мета:** оволодіти навиками орієнтації в класифікації винаходів для проведення патентного пошуку при рішенні технічної задачі

#### **Загальні відомості**

Швидкому і повному ознайомленню фахівців з досягненнями в тій або іншій області техніки сприяє Міжнародна патентна класифікація (МПК), яка отримала всесвітнє визнання. МПК прийнята в 1954 р. патентними відомствами країн - учасниць Європейської ради. Впродовж минулих років вона періодично переглядалася, удосконалювалася і в даний час використовується сьома редакція.

#### **Класифікація винаходів**

Всі винаходи по МПК розділені на вісім розділів, які позначають великими латинськими буквами:

- A - предмети споживання;
- B - виробничі процеси;
- C - хімія і металургія;
- D - текстиль і папір;
- E - будівельна справа;
- F - механіка, освітлення і опалювання;
- G - фізика;
- H - електрика

Кожен розділ ділиться на класи, які позначаються буквеним індексом розділу і двозначним арабським числом від 01 до 99. Наприклад, розділ E (будівельна справа) ділиться на п'ять класів. Перший клас включає дорожнє будівництво, будівництво залізниць і мостів і позначається числом 01. Другий клас охоплює гідротехнічні споруди, водопостачання і каналізацію (02). Третій клас включає наземне будівництво (03) і так далі.

Класи діляться на підкласи, які позначаються заголовними буквами латинського алфавіту. Наприклад, E 04 C - елементи будівельних конструкцій; будівельні матеріали.

Кожен підклас розбитий на підрозділи, які називаються рубриками. Серед рубрик розрізняються основні (головні) групи і підгрупи, які складають так зване дробове ділення МПК.

Групи позначають індексом, що складається з індексу підкласу, за яким слідує одно, двох, або тризначне число, коса лінія і символ з двох цифр

(наприклад 12). Наприклад, Е 04 С 1/00 - будівельні елементи у вигляді блоків для споруди окремих частин будівель.

Наочне зображення класифікації показано на рисунку 1, що представляє деревовидну п'яти ланкову схему. Особливість такої класифікації - можливість зміни і доповнення її без спотворення всієї структури.

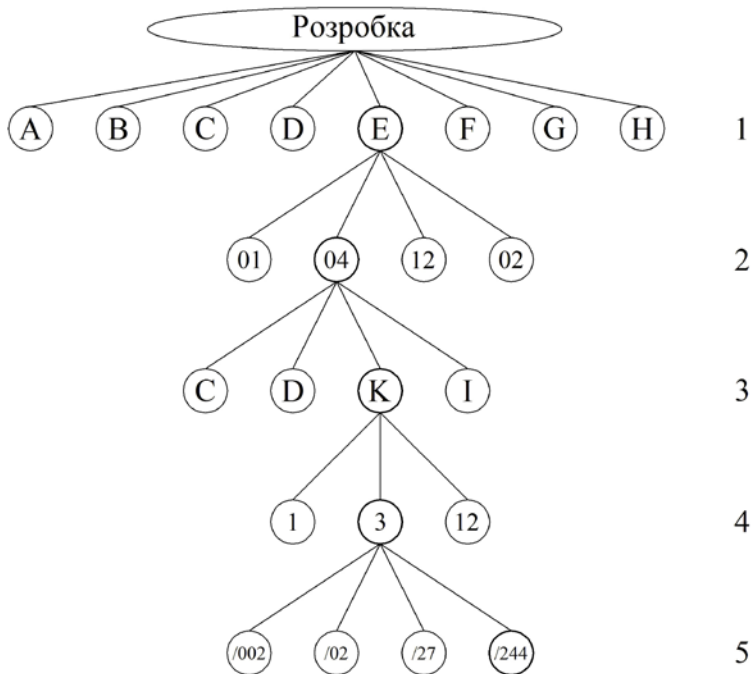


Рис. 1. Схема впорядкування п'яти ланкової класифікації винаходів.

Наприклад – Е 04 К 3/244

1 (буквена) – розділ; 1+2 (цифрова) – клас; 1+2+3 (буквена) – підклас; 1+2+3+4 (цифрова) – група; 1+2+3+4+5 (цифрова через дріб) – підгрупа

Більшість груп розбиті на підгрупи, підлеглі основній групі. Індекс підгрупи складається з індексу підкласу, одно -, двох або тризначного номера, косої лінії і не менше двох цифр, наприклад - Е 04 С 1/24.

Введення нових рубрик привело до використання для їх позначення трьох - або чотиризначних чисел (після косої лінії). Третє і четверте числа показують подальше ділення підгрупи. Наприклад, в позначенні Е 04 С 1/24 за підгрупою 1/24 може слідувати 1/242, 1/244 і так далі.

Ступінь підлеглості рубрик виражається відносним зсувом рядків управо. Величина зрушення наголошується крапками. Одна крапка передує

групі, підпорядкованій безпосередньо групі. Дві і більш за крапки передують підгрупі, підлеглий найближчій вищестоящій підгрупі цієї групи. Наприклад, група 1/00 - будівельні елементи у вигляді блоків для споруди окремих частин будівель - має підгрупи:

1/04 . - для споруди стнів і опор;

1/06 .. - з порожнечами;

1/07 ... - з повністю закритими порожнечами.

Таким чином, виділення груп і підгруп в МПК здійснюється за принципом "від загального до приватного".

Винахід, підмет класифікації, не може розглядатися як чиста ідея, у відриві від її технічного втілення в пристрої, способі або речовині, в яких воно може бути реалізоване або застосоване. Поняття «пристрої», «способи», «речовини» мають широкий сенс. До пристроїв відносять прилади, машини, транспортні засоби, агрегати, електричні схеми і т.д.; до способів - полімеризацію, розділення (сепарацію), формування, передачу і перетворення енергії, приготування харчових продуктів, експлуатацію машин і механізмів і т. д.; до речовин - хімічні сполуки, суміші, волокна, плівки, текстильні вироби і так далі

Часто вказані поняття можуть бути віднесені до рубрик, що стосуються речовин або пристроїв, наприклад, хімічні способи відносять до вироблених або таких, що переробляються речовин. Пристрої, обумовлюючи певні технологічні операції, можуть відноситися до рубрик, що стосуються способів.

Буває і так, що один і той же винахід, втілений в способі або пристрої, має різні істотні ознаки. Так, крісло для інвалідів може розглядатися як транспортний засіб, пристрій для сидіння, пристрій для створення зручностей хворому. Тому в системі класифікації це крісло може віднесено до різних підкласів і груп залежно від визначальних ознак.

Текст рубрики МПК, що стосується якого-небудь об'єкту, не слід розуміти так, як ніби будь-яку інформацію, що відноситься до цього об'єкту, можна знайти тільки в даній рубриці. Хоча крісло для інвалідів віднесене до рубрики А61С 5/00, деякі елементи цього крісла, як показують відсилання в цій рубриці, класифікуються по інших рубриках, відсилання яких у свою чергу показують, в яких рубриках слід шукати решту конструктивних елементів. Зокрема, елементи, вживані в звичайних стільцях, класифікуються по рубриках підкласу А47С.

Робота з МПК значно спрощується при використанні алфавітно-наочного покажчика (АПУ) до Міжнародної патентної класифікації.

### **Патентний пошук**

Патентний пошук може проводитися з метою встановлення рівня технічного рішення, об'єму прав патентовласника і умов їх реалізації, виявлення прототипу вирішуваного завдання. Залежно від мети розрізняють

декілька видів патентного пошуку. Він буває тематичний, іменний, нумераційний і пошук патентів-аналогів.

Найчастіше виникає необхідність в тематичному пошуку. Його проводять для виявлення винаходів, що мають відношення до досліджуваного питання або теми, що розробляється. Необхідність в такій інформації виникає, наприклад, при розробці нової техніки або технології і їх відповідності, що відповідає світовим стандартам. В даний час не можна конструювати нові машини створювати сучасні технології, будувати споруди, випускати продукцію без урахування новітніх досягнень науки і техніки, бо їх моральний знос може відбутися раніше, ніж фізичний.

Іменний (фірмовий) пошук направлений на виявлення охоронних документів конкретної особи або фірми.

Нумераційний пошук ведеться з метою встановлення ряду обставин, що стосуються конкретного охоронного документа, зокрема: його тематичну приналежність, зв'язок з іншими документами, правовий статус і так далі.

Пошук патентів-аналогів проводиться з метою виявлення патентів, виданих в різних країнах на один і той же винахід. Цей вид пошуку необхідний як для винахідників, так і для експертів. Винахідники використовують пошук патентів-аналогів для визначення інформації про винаходи з досліджуваного питання, а експерти - для вирішення питань пріоритету.

Патентний пошук у багатьох випадках ведуть, користуючись показниками, які мають в своєму розпорядженні фонди. Проте зважаючи на наявність у фондах великої кількості документів, для здійснення швидкого і глибокого пошуку використовуються різні інформаційно-пошукові системи (ІПС). Вони поділяються на документальні, фактографічні і комбіновані.

У документальні системи вводяться відомості, що відображають зміст документів. В цьому випадку документ зберігається у вигляді пошукового зразка, який може бути представлений, наприклад, переліком найбільш характерних слів (термінів, словосполучень). Точність віддзеркалення змісту документа в пошуковому образі, введеному в пошукову систему, визначається застосуванням в системі інформаційно-пошукової мови і критерію смислової відповідності.

У фактографічних системах пошуку зазвичай зберігаються відомості, що витягують з документів у вигляді формалізованих даних (елементи бібліографічного опису, цифрові параметри, формули винаходу і т. п.), що дозволяють швидко вести пошук.

Комбіновані системи дозволяють вести пошук як по формалізованих елементах, так і з використанням методів аналізу змісту документа.

Останніми роками отримали розвиток пошукові системи, в яких пошук здійснюється автоматично з урахуванням заданих заздалегідь критеріїв смислової відповідності і називаються вони автоматизованими

пошуковими системами, які реалізуються за допомогою обчислювальної техніки.

### ***Завдання***

Ознайомитися з алфавітно-предметним показником (АПП) до Міжнародної патентної класифікації (МПК). Навчитися визначати класи технічної розробки і виявити клас на підставі ключових слів.

Класифікацію винаходів і патентний пошук проводити по АПП і класифікаторах, виходячи з фондів Патентної бібліотеки.

### ***Вказівки по виконанню роботи***

За ключовими словами, що характеризують розробку (спосіб, пристрій, речовина) вибрати розділ класифікатора і виявити клас розробки.

По класифікаторах розділів встановити групу і підгрупу розробки. По уточненому класу і групі виявити аналог розробки, що цікавить.

### ***Зміст звіту***

У звіті вказати мету заняття, включити опис загальних відомостей, відобразити розділи винаходів і привести розшифровку всіх елементів позначення МПК виявленого аналога (відповідно до прикладу, приведеному в розділі 1.2.1).

### ***Контрольні питання***

1. Для чого введена класифікація винаходів?
2. Види індексації в МПК.
3. Види патентного пошуку.
4. Шляхи розвитку пошуку і класифікації винаходів.

## **Практична робота №7**

### **Тема: Аналіз опису винаходу**

**Мета:** Оволодіти навиками роботи з описом винаходу, вибором і аналізом аналогів і прототипу при рішенні науково-технічної задачі

### **Загальні відомості**

#### **Характеристика опису винаходу**

Винаходом визнається нове і таке, що володіє істотними відмінностями технічне рішення задачі в будь-якій області господарства, соціально-культурного будівництва або оборони країни.

Рішення визнається новим, якщо до дати пріоритету заявки (дати надходження матеріалів заявки в Укрпатент) суть цього або тотожного рішення не була розкрита в Росії або за кордоном для невизначеного кола осіб настільки, що стало можливим його здійснення.

Рішення визнається винаходом, якщо володіє винахідницьким рівнем, тобто не виходить з рівня техніки. Воно повинне володіти істотними відмінностями від відомих в науці і техніці на дату пріоритету заявки, якщо матеріали заявки характеризуються новою сукупністю ознак.

Об'єктом винаходу можуть бути: нові пристрій, спосіб, речовина, а також застосування відомих раніше пристроїв, способів або речовин по новому призначенню.

Не визнаються винаходами рішення що суперечать суспільним інтересам, принципам гуманності, а так само явно безкорисні.

#### **Види винаходів**

Окрім класифікації винаходів за основною ознакою (об'єкту), винаходи підрозділяються на основні і додаткові. Винахід буває на один об'єкт і група винаходів в одній заявці, винахід на схемне рішення.

#### **Структура опису винаходу**

Опис винаходу є основним документом, що відображає технічну суть створеного винаходу. Воно містить достатню інформацію для подальшої розробки (конструкторської або технологічної) об'єкту винаходу або його безпосереднього використання і давати аргументовані докази відповідності заявленого рішення критеріям винаходу (наявність технічного рішення задачі, новизни, винахідницького рівня). Кожна з ознак необхідна, а всі разом узяті достатні для встановлення факту відповідності технічного рішення поняттю "винахід".

Опис винаходу має наступні розділи:

1) назва винаходу і клас міжнародної патентної класифікації (МПК), до якого він відноситься;

- 2) галузь техніки, до якої відноситься винахід і переважна область використання винаходу;
- 3) характеристика аналогів винаходу;
- 4) характеристика прототипу вибраного заявником;
- 5) критика прототипу;
- 6) технічний результат (мета) винаходу;
- 7) суть винаходу і його відмінні (від прототипу) ознаки;
- 8) перелік рисунків (графічних зображень), якщо вони необхідні;
- 9) приклади конкретного виконання;
- 10) техніко-економічна або інша ефективність;
- 11) формула винаходу;
- 12) джерела інформації, взяті до уваги при складанні опису винаходу.

### **Характеристика розділів опису винаходу**

Аналог винаходу – об’єкт того ж призначення, що і заявлений, схожий з ним по технічній суті і результату, що досягається при його використанні.

Прототип – найбільш близький до винаходу, що заявляється, аналог по технічній суті і по результату, що досягається, при його використанні.

Технічний результат – це очікуваний від використання винаходу позитивний ефект.

Формула винаходу – це складена по встановлених правилах коротка словесна характеристика, що виражає технічну суть винаходу.

По своїй структурі формула винаходу складається з обмеженої частини, що містить ознаки, загальні для заявленого рішення, і прототипу, а також відмінної частини, що містить ознаки, що відрізняють заявлене рішення від прототипу. По правилах, що діють в Україні, вказані частини формули розділені словами "відрізняється тим, що...".

### ***Завдання***

Ознайомитися із структурою опису винаходу на спосіб, пристрій і речовину, виділити в описах винаходу складові частини, провести аналіз опису винаходу.

### ***Вказівки по виконанню роботи***

Ознайомитися з методичними вказівками по роботі і представленими описами винаходів. Провести їх аналіз. Аналіз проводять по описах винаходів різних об’єктів.

### ***Зміст звіту***

У звіті вказати мету завдання, включити опис загальних відомостей, представити формули винаходів, виділити позитивні моменти винаходу, його недоліки. Показати можливі шляхи усунення недоліків.

### ***Контрольні питання***

1. Види об'єктів винаходу.
2. Характеристика опису винаходу.
3. Характеристика аналога.
4. Характеристика прототипу.



## *Практична робота №8*

**Тема:** Структура формули винаходу і особливості ознак об'єкту винаходу і формули

**Мета:** Набуття практичних навиків роботи з формулою винаходу

### *Загальні відомості*

#### **Визначення і призначення формули винаходу**

Формула винаходу – це коротка словесна характеристика, що виражає технічну суть винаходу. Характеристика винаходу виражається ознаками об'єкту винаходу.

#### **Особливості ознак об'єктів винаходу**

Під ознаками об'єкту винаходу розуміють:

– у пристрої – вузол, деталь і т.д.; форма їх виконання, взаємне розташування, наявність зв'язків між ними; взаємозв'язок розмірів і інших параметрів деталі, вузла; матеріал, з якого вони виконані;

– у способі – операцію; прийом; параметри режиму обробки, переробки і утримання. А також параметри монтажу, оберігання, вимірювання, випробовування, наладки, регулювання, профілактики, діагностики, перетворення, стабілізації;

– у речовині – інгредієнти та їх кількісне співвідношення, структура речовини або його інгредієнтів.

Істотними ознаками, необхідними для визнання рішення винаходом, є такі, кожен з яких, окремо узятий, необхідний, а всі разом узяті достатні для того, щоб відрізнити даний об'єкт винаходу від всіх інших і характеризувати його в тій якості, яка виявляється в позитивному ефекті.

#### **Структура формули винаходу**

Формула винаходу складається за наступними встановленими правилами:

– формула починається з назви винаходу, зазначеного в заяві, і опису, що відображає об'єкт винаходу в узагальненому вигляді (в одному екземплярі);

– у формулі винаходу зазначається вся сукупність суттєвих ознак;

– формула винаходу по своїй структурі складається з обмежувальної частини, що містить ознаки, загальні для заявленого рішення і прототипу, а також відмінної частини, що містить ознаки, що відрізняють заявлене рішення, від прототипу. Ці частини формули винаходу розділялися

зазначенням мети винаходу, що характеризує передбачуваний позитивний ефект від використання;

– обмежувальна частина формули винаходу відділяється від наступної за нею відмітної частини виразом "відрізняється тим, що...", наприклад, для пристрою або речовини.

### **Особливості формули винаходу**

Формула може бути одноланковою, тобто викладеною у вигляді одного пункту, або багатоланковою, тобто викладеною у вигляді декількох пунктів. Одноланкова формула застосовується тоді, коли істотні ознаки об'єкту вичерпують його основну технічну характеристику. Багатоланкова формула застосовується при необхідності розвинути або уточнити вказану в першому пункті формули сукупність ознак. У багатоланковій формулі самостійне правове значення має тільки перший пункт формули.

При створенні групи винаходів, зв'язаних між собою єдиним творчим задумом вираженому у вигляді єдиної мети винаходу, допускається об'єднання їх в одну заявку. Формула складається у вигляді окремих незалежних пунктів формули винаходу без вказівки посилання на яких або інші пункти (наприклад, спосіб і пристрій для його здійснення).

Правове значення формули винаходу полягає в тому, що вона є єдиним критерієм для визначення об'єму винаходу і по ній встановлюється факт використання (або не використання винаходу).

У формулі винаходу на пристрій повинні характеризуватися конструктивні ознаки, тобто наявність нових для даного об'єкту вузлів або їх взаємним розташуванням. Причому у формулі винаходу об'єкт характеризується в статичному стані.

У формулі винаходу, що характеризує спосіб, вказується виконання в певній послідовності ряду взаємозв'язаних дій над матеріальним об'єктом або за допомогою матеріальних об'єктів. Використання нових режимів, використання певних матеріалів і інструментів, необхідних для виконання операцій, з яких складається спосіб.

У формулі винаходу на речовину технічне рішення може характеризуватися вхідними в склад інгредієнтами і їх кількісним співвідношенням.

Особливу групу складають додаткові винаходи і винаходи на застосування. У формулі на додатковий винахід, на відміну від звичайних винаходів, наводяться наступні дані:

– назва додаткового винаходу береться з формули основного винаходу;

– замість перерахування обмежувальних ознак указується номер основного винаходу, перед яким ставиться слово "по а. с. №..."; або «по патенту №...»

– вказуються істотні відмінні ознаки, які характеризують удосконалення основного винаходу.

У формулі на застосування вказується застосування (використання), далі коротка характеристика використовуюваного об'єкту достатня для його ідентифікації і вказується нове призначення.

### ***Завдання***

Навчитися працювати з формулами винаходів на будь-який об'єкт винаходу.

### ***Вказівки по виконанню роботи***

По виданим викладачем описам винаходів провести аналіз формули винаходу.

### ***Зміст звіту***

У звіті вказати мету заняття, включити опис загальних відомостей, представити формули винаходів, виділити позитивні моменти винаходів і його можливі недоліки. Показати можливі шляхи усунення недоліків.

### ***Контрольні питання***

1. Види винаходів за призначенням.
2. Характеристика істотних ознак.
3. Складові частини формули винаходу.
4. Характеристика обмежувальної частини формули винаходу.
5. Характеристика відмінної частини формули винаходу.
6. Особливості одноланкових і багатоланкових формул.
7. Відмінні особливості формули додаткового винаходу.

## **Практична робота №9**

### **Тема: Приклади складання опису винаходу**

**Мета:** Метою заняття є вироблення у студентів цілісного уявлення про заявку на передбачуваний винахід і спроба складання такої заявки

#### **Загальні відомості**

Винахід визнається патентоспроможним і йому надається правова охорона, якщо він є новим, має винахідницький рівень і промислово застосовується.

Винахід є новим, якщо він не відомий із рівня світової техніки. Рівень техніки визначається по всіх видах відомостей, загальнодоступних в будь-яких країнах до дати пріоритету винаходу. Рішення, що заявляється, відповідає критерію "новизна", якщо до дати пріоритету заявки суть цього або тотожного рішення не була розкрита для невизначеного кола осіб світовими інформаційними системами настільки, що стало можливим його здійснення.

Винахід має винахідницький рівень, якщо він для фахівця явним чином не виходить з рівня техніки. Відповідність заявленого рішення критерію «винахідницького рівня» перевіряється відносно сукупності його істотних ознак. Істотними ознаками винаходу називаються такі, кожен з яких, окремо узятий, необхідний, а разом узяті достатні для того, щоб відрізнити даний об'єкт винаходу від всіх інших. І характеризувати його в тій якості, яка виявляється в позитивному ефекті і відсутність якого в сукупності істотних ознак не дозволяє набувати позитивний ефект і характеризуються об'єктами винаходу.

Винахід є промислово застосовним, якщо воно може бути використане в промисловості, сільському господарстві, охороні здоров'я і інших галузях господарства.

Встановлення відповідності заявленого винаходу вимозі промислової застосовності включають перевірку виконання наступної сукупності умов:

- об'єкт заявленого винаходу відноситься до конкретної галузі і призначений для використання в ній;
- підтверджена можливість його здійснення за допомогою описаних в заявці засобів і методів;
- показано забезпечення досягнення технічного результату, що убачається заявником.

#### **Об'єкти винаходу**

Об'єктами винаходу можуть бути спосіб, речовина, пристрій, а також застосування відомого раніше винаходу по новому призначенню, група винаходів (наприклад, спосіб і речовина) або додатковий винахід.

До способів, як об'єктам винаходу, відносяться процеси виконання дій над матеріальними об'єктами і за допомогою матеріальних об'єктів.

До речовин як об'єктам винаходу відносяться індивідуальні з'єднання, композиції (склади, суміші).

До пристроїв, як об'єктам винаходу, відносяться конструкції і виробу.

До застосування відомих об'єктів по новому призначенню, як об'єктам винаходу, відносяться застосування відомих способу, пристрою, речовини по новому призначенню.

До додаткового винаходу, як об'єкту винаходу, відноситься розгляд часткових рішень іншого (основного) винаходу.

Патентоспроможними винаходами не визнаються наступні пропозиції:

- наукові теорії і математичні методи;
- методи організації і управління господарством;
- умовні позначення, розклади, правила;
- методи виконання розумових операцій;
- алгоритми і програми для обчислювальних машин;
- рішення, що стосуються тільки зовнішнього вигляду виробу;
- рішення, що суперечать принципам гуманності і моралі.

### **Опис винаходу**

Опис винаходу повинен розкривати винахід з повнотою, достатньою для його здійснення.

Опис винаходу відображає його суть. Суть винаходу виражається в сукупності істотних ознак, достатньою для досягнення забезпечуваного винаходом технічного результату.

### **Ознаки винаходу**

Будь-яке рішення характеризується ознаками, які бувають істотними і неістотними.

Ознаки відносяться до істотних, якщо вони впливають на технічний результат, що досягається, тобто знаходяться в причинно-наслідковому зв'язку з вказаним результатом.

### **Об'єкт винаходу – спосіб**

Для характеристики способів використовують наступні ознаки:

- наявність дії або сукупності дій;
- порядок виконання вказаних дій в часі;
- умови здійснення дій і їх режим;
- використання речовин, пристроїв, пристосувань.

### **Приклад складання опису винаходу на спосіб**

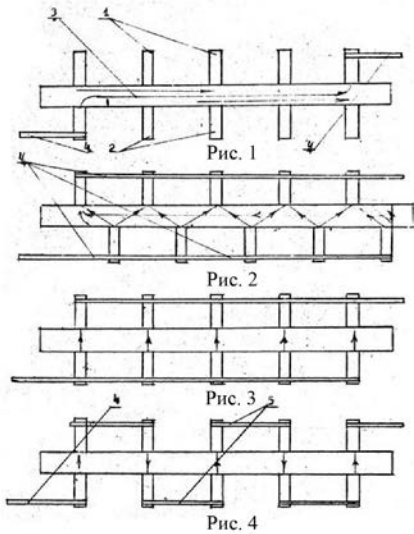
(багатоланкова формула винаходу)

Розділ опису	Зміст опису
Клас МПК	З 21 Д 1/40
Назва винаходу	<b>Спосіб електроконтактного нагріву електропровідних заготовок</b>
Область техніки, до якої відносяться винаходи	Винахід відноситься до способів нагріву заготовок і може бути використано для нагріву металу перед обробкою тиском або термічною обробкою
Характеристика аналогів	Відомий спосіб контактного нагріву електропровідного матеріалу
Критика аналогів	Недоліком способу є обмеженість технологічних можливостей із-за суцільного нагріву заготовок
Характеристика прототипу	Найбільш близьким до запропонованого рішення є (А.с. № 1578212, Кл. С21 Д 1/40, 1990)
Критика прототипу	Недоліком рішення є обмеженість технологічних можливостей способу із-за можливості нагріву лише локальних зон
Технічне рішення винаходи	Технічним результатом запропонованого винаходу є розширення технологічних можливостей шляхом забезпечення можливості суцільного або локального нагріву заготовок
	* В якості прикладів наведені описи винаходів Кілова А.С., на які отримані охоронні документи (А.с. № 1786123, 1552058, 1544624, 1611512 і 1382540).
Суть винаходу	Поставлений технічний результат досягається різним включенням притискних контактів в електричний ланцюг. Суцільний нагрів здійснюється переважно при підводі струму до крайніх, діагонально протилежних контактів, а локальний нагрів - при підводі струму до кожного притискного контакту, при цьому вони розташовані один над іншим, за виключенням струмопідвідних

Перелік графічних зображень

Винахід пояснюється кресленнями, де на рисунку 1 і 2 схематично показані варіанти підведення струму до контактів для забезпечення суцільного нагріву заготовки: на рисунку 3 і 4 - також, для локального нагріву зон заготовки.

Спосіб електроконтактного нагріву електропровідних заготовок



Спосіб передбачає підведення струму до притискових контактів верхньої 1 і нижньої 2 груп щодо заготовки 3 за допомогою струмопідводів 4 і шунтуючої перемички 5 або до одного з даних контактів.

Спосіб здійснюється таким чином. Між контактами 1 і 2 встановлюють заготовку 3 і до контактів підводять струм.

Приклади конкретного виконання

Приклади реалізації способу.

Здійснювали нагрів смугової сталі на установці з гвинтовим притиском п'яти контактних пар розмірами 70x35 мм. При цьому підведення струму до контактів проводили по різних схемах.

Залежно від способу з'єднання контактів і підведення струму до них в заготовці здійснювали суцільний або локальний нагрів. Струм підводили до діагонально протилежних притискних контактів.

Приклад 1. Забезпечили суцільний однорідний нагрів смуги 600x150 мм всередині заготовки, за рахунок теплопровідності прогрілася і решта ділянок.

Приклад 2. Струм підводили до кожного контакту, але верхній і нижній контакти були змішані відносно один одного в проміжне положення. Забезпечили суцільний нагрів смуги 600x150 мм всередині заготовки.

Приклад 3. Повторили приклад 2. Струм підводили до кожного контакту, але контакти були навпроти один одного. Забезпечили швидкий локальний нагрів п'яти зон (80x40 мм) при відносно холодній заготовці в решті частин.

Приклад 4. Повторили приклад 1, проте контакти за винятком струмопідводящих, з'єднали попарно перемичками, забезпечили нагрів локальних зон 80x40 мм.

Техніко-економічна ефективність

Використання запропонованого способу дозволило розширити технологічні можливості електроконтактного нагріву за рахунок забезпечення можливості суцільного або локального нагріву заготовок.



Формула винаходу

1. Спосіб електроконтактного нагріву електропровідних заготовок, що включає затиск заготовки між верхніми і нижніми контактами і подальше пропускання струму через заготовку, що відрізняється тим, що з метою розширення технологічних можливостей шляхом забезпечення суцільного або локального нагріву заготовок, нагрів ведуть в багатоконтактній установці, а струм підводять до діагонально протилежним контактам.

2. Спосіб по п. 1 відрізняється тим, що притискні контакти розташовують один над другим.

3. Спосіб по пп. 1 і 2, відрізняється тим, що притискні контакти верхньої і нижньої груп попарно шунтують.

4. Спосіб по пп. 1 і 2, що відрізняється тим, що контакти кожної групи сполучають між собою.

5. Спосіб по пп. 1, що відрізняється тим, що контакти верхньої групи розташовують рівномірно між контактами нижньої групи, а контакти кожної групи сполучають між собою.

Реферат

Назва винаходу

Область, до якої

відноситься винахід

Технічний результат

Реферат

Спосіб електроконтактного нагріву електропровідних заготовок

Винахід відноситься до способів нагріву заготовок і може бути використано для нагріву металу перед обробкою тиском або термічною обробкою

Технічним результатом пропонованого винаходу є розширення технологічних можливостей шляхом забезпечення можливості суцільного або локального нагріву заготовок

Короткий виклад суті винаходу

Суть винаходу: заготовку затискають між контактами багатоконтактної установки з подальшим пропускання струму, який підводять до діагонально протилежним контактам. Для забезпечення суцільного або локального нагріву контакти розташовують один над одним, або контакти верхньої і нижньої груп попарно шунтують, або контакти кожної групи сполучають між собою, або контакти верхньої групи розташовують рівномірно між контактами нижньої групи, а контакти кожної групи сполучають між собою.

### Об'єкт винаходу – речовина

Для характеристики речовини використовують наступні ознаки.

Для індивідуальних хімічних сполук це:

- якісний і кількісний склад речовини;
- зв'язок між атомами і структурна формула.

Для композицій це:

- якісний склад інгредієнтів;
- кількісний склад інгредієнтів;
- структура композиції і інгредієнтів.

### Приклад складання опису винаходу на речовину

Розділ опису

Зміст опису

Клас МПК

G 01 N 3/28

Назва винаходу

**Матеріал для моделювання  
пластичної деформації**

Область техніки до якої  
відноситься винахід

Винахід відноситься до випробувальної техніки і може бути використано для моделювання пластичної деформації металів і сплавів

Характеристика аналогів

Для моделювання операцій ОМД широко використовують свинець, алюміній, і сплави на їх основі

Критика аналогів	Недоліком цих матеріалів є низька точність моделювання в зоні руйнування металів і сплавів через те, що їх пластичні властивості відрізняються від пластичних властивостей модельованих матеріалів у зоні руйнування
Характеристика прототипу	Найбільш близьким до запропонованого винаходу по технічній суті і по досягнутому результату є використання для моделювання процесів ОМД пластиліну (Г. А. Смірнов-Аляєв, В.П. Чікідовський. Експериментальні дослідження в ОМД.-Л.: Машинобудування, 1972, с. 245)
Критика прототипу	Недоліком даного матеріалу є відносно низька точність моделювання із - за низької в'язкості матеріалу і високої його адгезії до деформуючого інструменту
Технічне рішення винаходу	Технічним рішенням запропонованого винаходу є підвищення точності моделювання шляхом збільшення в'язкості матеріалу і зниження його адгезії до деформуючого інструменту
Суть винаходу	Матеріал для моделювання представляє собою механічну суміш пластиліну і крейди, яку вводять в пластилін в кількості 20-40 мас.%
Приклади конкретного виконання	Приклад. З матеріалу із змістом 30 мас.% крейди виготовляють зразки розміром 250x120x6 мм. Досліджують процеси суміщеної вирубки-згинання і пробивки отворів - формування фаски. Результати досліджень показують,

що модель після деформації повністю відповідає натуральній деталі з металу.

Техніко-економічна ефективність

Використання запропонованого матеріалу для моделювання пластичної деформації дозволило підвищити точність моделювання за рахунок зменшення його адгезії до деформуючого інструменту

Формула винаходу

Матеріал для моделювання пластичної деформації металів і сплавів на основі пластиліну, що відрізняється тим, що, з метою підвищення точності моделювання шляхом збільшення в'язкості матеріалу і зниженню його адгезії до деформуючого інструменту, він додатково містить крейду при наступному співвідношенні компонентів, маса % :

Крейда 20-40

Пластилін Решта

Реферат

Реферат

Назва винаходу

Матеріал для моделювання пластичного моделювання

Область, до якої відноситься винахід

Винахід відноситься до випробувальної техніки і може бути використано для моделювання пластичної деформації металів і сплавів

Технічний результат

Технічним вирішенням запропонованого винаходу є підвищення точності моделювання шляхом збільшення в'язкості матеріалу і зниження його адгезії до деформуючому інструменту

Короткий виклад суті винаходу      Для моделювання пластичної деформації використовують матеріал що представляє механічну суміш пластиліну і крейди, який вводять в пластилін в кількості 20-40 мас.%

### **Об'єкт винаходу – пристрій**

Для характеристики пристрої використовують наступні ознаки:

- наявність конструктивного елемента (елементів);
- наявність зв'язку між елементами;
- взаємне розташування елементів;
- форма виконання елемента (елементів);
- форма виконання пристрою в цілому;
- форма виконання зв'язку між елементами;
- параметри і інші характеристики елементів;
- матеріал, з якого виконаний елемент (елементи);
- середовище, що виконує функцію елементів.

### **Приклад складання опису винаходу на пристрій**

(Винаходу привласнено власне ім'я)

Розділ опису	Зміст опису
Клас МПК	В 62 В 5/00
Назва винаходу	<b>Люлька "Олюша" до дитячої складальної коляски</b>
Область техніки до якої відноситься винахід	Винахід відноситься до нерейковим транспортним засобам, зокрема до дитячих колясок
Характеристика аналогів	Відомі дитячі складальні коляски що характеризуються зменшенням габаритів при складанні (А.с. № 1237538 МПК В62В 7/08 1986; А.с. № 914388, В62В 7/08, 1982)
Критика аналогів	Недоліком відомих рішень є те, що вони призначені для перевезення дітей в сидячому положенні, і, у зв'язку з цим рекомендуються для дітей старше 1,5 років
Характеристика прототипу	Найбільш близьким до пропонованого винаходу по технічній суті і досягнутому результату є коляски з регульованим положенням її низу і з можливістю

Критика прототипу

Технічне рішення винаходу

Суть винаходу

Перелік графічних зображень

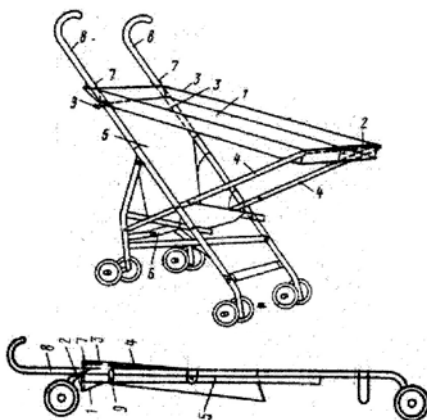
мінати положення дитини (Патент Великобританії № 2111826 МПК В 62 В 5/00 Н.кл. А 42, 1983)

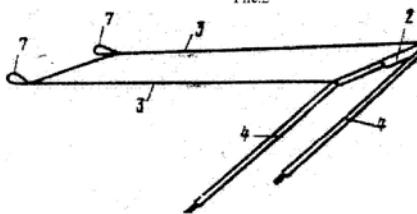
Недоліком даної коляски є малі зручності експлуатації із-за неможливості складання Технічним вирішенням передбачуваного винаходу є підвищення зручності експлуатації шляхом виконання люльки складальної

Поставлений технічний результат досягається тим, що люлька виконана складальною і містить ложе у вигляді полотнища, закріпленого з одного торця на жорсткій поперечині, з іншого торця наділеного гнучкими петлями, виконі з можливістю взаємодії з ручками коляски

На рисунку 1 зображена люлька, встановлена на колясці; на рисунку 2 складена коляска з люлькою; на рисунку 3 каркас люльки в робочому положенні.

Люлька "Олюша" до дитячої складальної коляски





Люлька складається із ложа у вигляді полотнища 1, закріпленого на жорсткій шарнірній поперечині 2, що є розпірним складним фіксатором, і гнучких перемичок 3. Елементи 2 і 3 прикріплені до стійок 4. Останні виконані знімними і закріплюються на складеній колясці 5 з нижнім розпірним складальним фіксатором 6. Гнучкі перемички 3 закінчуються петлями 7, які надягають на ручки 8 колясок, на одній із яких закріплений інший фіксатор 9. При складанні коляски жорстка поперечина 2 забезпечує зближення стійки 4. Їх висота не перевищує довжини ручок коляски. Ложе знаходиться всередині складеної коляски (рисунок 2)

.Коляску розкладають наступним чином.

На колясці звільняють пружний фіксатор 9 і струсивши її, тримаючи за одну ручку, коляска разом з люлькою приймає транспортне положення, в якому вона фіксується нижнім розпірним складним фіксатором 6 і жорсткою шарнірною поперечиною 2.

Складають коляску в зворотній послідовності. Знімають з фіксаторів складають (рисунок 2) і фіксують пружним фіксатором.

Встановлення люльки на складальну коляску проводять таким чином.

На ручки 8 складеною, знятою з

Техніко-економічна  
ефективність

Формула винаходу

Реферат  
Назва винаходу

Область, до якої  
відноситься винахід

пружного фіксатора 9 коляски 5  
надягають петлі 7 гнучких  
перемичок 3. Стіжки 4  
встановлюють в трубчасті боковини  
коляски. Коляску або розкладають,  
додаючи їй транспортне положення  
(рисунок 1), або її встановлюють на  
пружний фіксатор, збираючи в  
компактний вигляд (рисунок 2)  
Використання запропонованого  
винаходу люлька "Олюша" до  
дитячої складальної коляски  
дозволило підвищити зручність її  
експлуатації за рахунок виконання  
коляски складної

Люлька "Олюша" до дитячої  
складної коляски, що містить  
поздовжні бічні перемички,  
сполучені з поперечниками,  
встановлені на перемичках і  
поперечині ложе, опорні стійки,  
елементи кріплення і фіксатори,  
відрізняється тим, що з метою  
підвищення зручності експлуатації  
шляхом виготовлення люльки  
складною, ложе виконане у вигляді  
полотнища закріпленого з одного  
торця на жорсткій поперечині,  
виконаній у вигляді двох поперечин,  
сполученої шарнірно внутрішніми  
кінцями одна з іншою, а зовнішніми  
кінцями з'єднаних з кінцями  
опорних стійок і поздовжніх  
перемичок, причому ложе з іншого  
торця забезпечено гнучкими  
петлями, виконаними з можливістю  
взаємодії з ручками коляски.

Реферат

Люлька "Олюша" до дитячої  
складної коляски

Винахід відноситься до нерейкових  
транспортних засобів, зокрема до  
дитячих колясок



Технічний результат	Технічним вирішенням пропонованого винаходу є підвищення зручності експлуатації шляхом виготовлення люльки складною
Короткий виклад суті винаходу	Люлька до дитячої складної коляски містить поздовжні бічні перемички 3, сполучені з поперечиною 2, встановлені на перемичках і поперечинах ложе, опорні стійки 4, елементи кріплення і фіксатори. Ложе виконане у вигляді гнучкого листа, закріпленого з одного торця на жорсткій поперечині, виконаній у вигляді двох поперечини, сполученої шарнірно внутрішніми кінцями один з одним, а зовнішніми кінцями, що скріпленні жорстко з кінцями поздовжніх перемичок і опорних стійок. Ложе з іншого торця забезпечено гнучкими петлями, виконаними з можливістю взаємодії з ручками коляски.

### **Об'єкт винаходу – застосування**

Для характеристики застосування відомих раніше пристроїв, способу або речовини по новому призначенню використовуються коротка характеристика використовуваного об'єкту, достатня для його ідентифікації і вказування цього нового призначення.

### **Приклад складання опису винаходу на застосування**

Розділ опису	Зміст опису
Клас МПК	G 09 B 23/00
Назва винаходу	<b>Модель кристалічної решітки</b>
Область техніки до якої відноситься винахід	Передбачуваний винахід відноситься до області матеріалознавства і може бути використаний як демонстраційна модель при вивченні кристалічної решітки і її дефектів (дислокацій)

Рівень техніки. Характеристика аналогів винаходу	Відомі моделі кристалічної решітки становлять собою кулі з отворами, що є моделями атомів і встановлювані в отвори стрижні імітуючи міжатомні зв'язки (Мякишев Г.Я. Буховцев Б.Б. Фізика - 10.- М.: Просвещение 1994. - 222 с.). Комбінація куль і стрижнів дає можливість представити об'ємно (у просторі) модель елемента кристалічної решітки
Критика аналога	Недоліком даного технічного рішення є те, що модель не дозволяє показати різні види спотворень (дислокацій) в кристалічній решітці.
Характеристика прототипу	Найбільш близьким по технічній суті і досягнутому результату, до пропонованого технічному рішенню є модель кристала (А.с. № 987659 Мкл. G09B 23/00, 1983, БИ № 1), забезпечуюча можливість моделювання пластичної деформації кристала
Критика прототипу	Недоліком цього технічного рішення є недостатня наочність при демонстрації спотворень кристалічної решітки
Технічний результат	Технічним рішенням пропонованого винаходу є розширення наочності кристалічної решітки і її спотворень
Суть винаходу	Поставлена задача досягається так, що очищені качани кукурудзи застосовують в якості моделі кристалічної решітки і її спотворень (дислокацій)
Перелік графічних зображень	На рисунку 1 показана модель поверхневого шару кубічної решітки. На рисунку 2 - нульмірні дислокації кристалічної решітки, причому, на рисунку 2а показана нульмірна дислокація з лишнім атомом, а на рисунку 2б - те ж з відсутністю атома
	<div style="text-align: right;">M</div> одель кристалічної <div style="text-align: right;">F</div> ешітки



Рис. 1

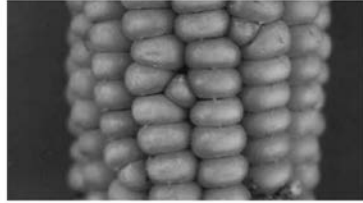


Рис. 2

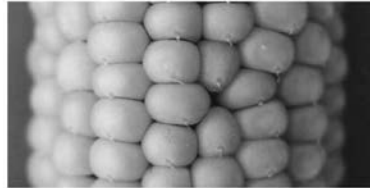


Рис. 3

Техніко-економічна ефективність винаходу

Формула винаходу

Реферат

Назва винаходу

Область, до якої відноситься винахід

Технічний результат

Використання запропонованого технічного рішення дозволяє розширити наочність і демонструвати не тільки поверхневі шари кристалічної решітки, але й показати можливі спотворення (дислокації) що зустрічаються в кристалічній решітці

**Формула винаходу**

Застосування очищених качанів кукурудзи в якості моделей для демонстрації кристалічної решітки і її спотворень (дислокацій)

Реферат

Модель кристалічної решітки

Пропонований винахід відноситься до області матеріалознавства і може бути використаний в якості демонстраційної моделі при вивченні кристалічної решітки і її дефектів (дислокацій)

Технічним результатом винаходу є

Короткий виклад суті винаходу

розширення наочності кристалічної решітки і її спотворень

Поставлена задача досягається так, що застосовують очищені качани кукурудзи в якості моделей для демонстрації кристалічної решітки і її спотворень (дислокацій)

### **Об'єкт винаходу – група винаходів в одній заявці**

Для характеристики групи винаходів потрібний тісний зв'язок між ними, повинна дотримуватися єдність винаходу. Зв'язок повинен бути такий, щоб винаходи утворювали єдиний винахідницький задум.

Єдність для групи винаходів визнається дотриманою, якщо:

- один винахід призначений для отримання (виготовлення) іншого, наприклад, пристрій і спосіб його виготовлення, речовина і спосіб його отримання, в цілому або його частин;

- один винахід призначений для здійснення іншого, наприклад, спосіб і пристрій для його здійснення;

- один винахід призначений для використання іншого, наприклад, спосіб і речовина для використання в способі, спосіб (пристрій) і його частина, застосування відомого по новому призначенню і умови його застосування;

- винаходи відносяться до одного виду, тобто мають однакове призначення і представляють варіанти рішення.

Формула для групи винаходів в одній заявці є багато ланковою (складається мінімум з двох ланок), в яких кожен винахід показаний у вигляді окремих незалежних пунктів формули винаходу. Дозволяється розвивати кожен з незалежних пунктів додатковими приватними рішеннями.

### **Приклад складання опису винаходу на групу винаходів**

#### **Спосіб і пристрій**

Розділ опису

Зміст опису

Клас МПК

МПК<sup>7</sup> B 21 D 35/00

Назва винаходу

**Спосіб виготовлення зігнутих деталей**

**і**

**пристрій для його здійснення**

Область техніки до якої відноситься винахід

Передбачуваний винахід відноситься до обробки металів тиском, зокрема до листового штампування

Рівень техніки.

Відомий спосіб виготовлення зігнутих

Характеристика аналогів винаходу і прототипу	деталей V-подібної форми, що включає поступову вирубку по контуру з одночасною вирубкою згину пуансон - матрицею, подальшу калібровку отриманої деталі на жорсткій оправці і видалення готової деталі на провал (А.с. № 1400726 МПК В 21 D 35/00, 1988, БИ № 21).
Критика аналога і прототипу	Недоліком даного способу є утворення тріщин в місці зіткнення згинальних поверхонь пуансон - матриці унаслідок значних зусиль деформації на завершальному етапі згинання і при калібруванні
Технічний результат	Технічним результатом пропонованого винаходу є запобігання утворення тріщин в місці дотику згинальних поверхонь пуансон - матриці.
Рівень техніки. Характеристика аналогів винаходу і прототипу	Відомий пристрій для виготовлення зігнутих деталей V-подібної форми, що включає закріплені на верхній плиті штампу пуансон - матрицю і притиск-знімач. На нижній плиті - вирубну матрицю і жорстку оправку (А.с. № 1400726 МПК В 21D 35/00, 1988, БИ № 21).
Критика аналога і прототипу	Недоліком відомого пристрою є утворення тріщин в місці дотику згинальних поверхонь пуансон-матриці унаслідок значних зусиль деформації на завершальному етапі згину і при калібруванні. Із-за неможливості пропускання струму вздовж осі згину для нагріву заготовки і зниження зусилля деформації на завершальному етапі згину і при калібруванні
Технічний результат	Технічним результатом пропонованого винаходу є запобігання утворення тріщин в пуансон - матриці шляхом зниження зусиль деформації на завершальному етапі згину і при калібруванні.
Суть винаходу	Досягається за рахунок пропускання

імпульсу струму по заготовці вздовж осі згину і її диференційованого нагріву. Поставлене завдання досягається тим, що в способі виготовлення зігнутих деталей шляхом вирубки по контуру, одночасно з вирубкою і згину вздовж осі згину по заготовці пропускають імпульс струму для диференційованого нагріву. Завершуючи згинання і в кінці її калібрування деталі на жорсткій оправці проводять з нагрітою деталлю, при цьому буде попереджено утворення тріщин в пуансон - матриці, оскільки істотно знижується опір деформації і, отже, підвищиться стійкість пуансон - матриці. У пристрої для виготовлення зігнутих деталей, що включає пуансон - матрицю і притиск-знімач, останній виконаний з не електропровідного матеріалу (діелектрика) і в ньому з протилежних сторін в площині симетрії пуансон, - матриці встановлені струмопровідні контакти. Суть винаходу полягає в наступному. Операції вирубки і згинання, в способі, що розробляється, суміщені з пропусканням імпульсу струму, для прямого нагріву заготовки методом електроопору. Підведення електричного струму до заготовки здійснюють через струмопровідні контакти, встановлені в притиску-знімачі, виконаному з не електропровідного матеріалу, з протилежних сторін в площині симетрії пуансон - матриці. Імпульс електричного струму підводиться до заготовки тільки у момент вирубки. Унаслідок того, що по мірі вирубування деталі перетин заготовки між струмопідводами постійно зменшується, при постійності сили струму його щільність збільшуватиметься, що сприятиме

Перелік рисунків графічних зображень

підвищенню температури нагріву ділянок заготовки, випробовуваних максимальну деформацію при згині і калібруванні, тобто здійснюватиметься диференційований нагрів заготовки. На рисунку 1 показаний пристрій для виготовлення зігнутої деталі V-подібної форми (стадія калібрування). На рисунку 2 - перетин А-А рисунку 1. Пристрій складається з штамп, сумщеної дії 1 і блоку живлення з регулятором імпульсів. Спосіб виготовлення зігнутих деталей і пристрій для його здійснення.

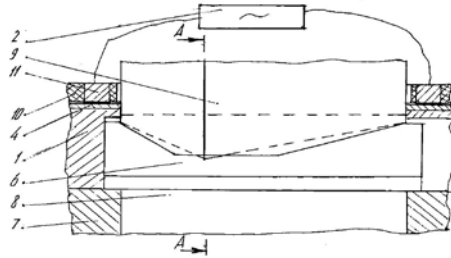


Рис. 1

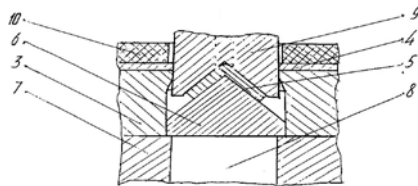


Рис. 2

Штамп сумщеної дії 1 містить вирубну матрицю 3, на яку кладуть початкову заготовку 4, з якої отримують зігнуту деталь 5 V-подібної форми. Вирубна матриця 3 встановлена, як і жорстке оправлення 6 на нижній плиті 7 штампу 1. У нижній плиті 7 є отвір 8 для видалення деталі 5 на провал. На верхній плиті штампу 1 (умовно не показана) закріплені пуансон - матриця

9 і виконаний з не електропровідного матеріалу притиск-знімач 10. З протилежних сторін в площині симетрії пуансон - матриці 9 в притиску-знімачі 10 встановлені струмопідвідні контакти 11. Спосіб здійснюється таким чином. У початковий період ходу повзуна преса вниз відбувається притиснення притиску-знімача 10 до заготовки 4 і у цей момент регулятором 2 включається імпульс струму, що подається на струмопідвідні контакти 11, встановлені в притиску-знімачі 10. По заготовці протікає струм і вона починає нагріватися. У цей же період часу відбувається надрізка в смузі заготовки 4 найбільш віддалених від осі вигину (периферійних) ділянок деталі. При подальшому ході повзуна преса вниз пуансон - матриця 9 поступово вирубує деталь 5 по периметру розгортки. Одночасно з вирубкою відбуватиметься згинання раніше вирубаних ділянок деталі. При цьому січення заготовки перпендикулярне електричним силовим лініям і буде постійно зменшуватись. Потужність і сила струму, що пропускається по заготовці, постійні і тому щільність струму в заготовці постійно збільшуватиметься. Це сприяє підвищенню температури нагріву ділянок заготовки, що випробовують максимальну деформацію при згинанні і калібруванні. Все це забезпечує диференційований нагрів вирубуваної частини в заготовці 4. Кінцева вирубка відбувається в ділянках над віссю згину і лінія осі згину нагрівається максимально. Після закінчення вирубки імпульс струму припиняється. Розігріта, зігнута заготовка калібрується за формою деталі на жорсткій оправці 6 (рисунок 2). При русі повзуна вгору



Техніко-економічна  
ефективність  
винаходу

жорстка оправка переміщається горизонтально, відкриваючи отвір 8, в нижній плиті 7 штампу 1, через який деталь 5 віддаляється на провал. Після цього оправка 6 повертається в робочу зону і цикл повторюється.

Використання пропонованого винаходу забезпечить запобігання утворення тріщин, тобто підвищить стійкість пуансон - матриці при виконанні суміжних операцій вирубки, згину і калібрування деталі V-подібної форми за рахунок пропускання імпульсу струму і виконання вказаних операцій на диференційовано нагрітій заготовці

Формула винаходу

#### **Формула винаходу**

1 Спосіб виготовлення зігнутих деталей що включає вирубку заготовки по контуру одночасну з вирубкою згину і в кінці згинання калібрування на жорсткій оправі що відрізняється тим, що одночасно з вирубкою і згинанням вздовж осі згинання по заготовці пропускають імпульс струму.

2 Пристрій по сп.1, що включає закріплені на верхній плиті штампу пуансон - матрицю і притиск-знімач, відрізняється тим що притиск-знімач виконаний з не електропровідного матеріалу і в нім з протилежних сторін в площині симетрії пуансон - матриці встановлені струмопідвідні контакти.

Реферат  
Назва винаходу

#### **Реферат**

Спосіб виготовлення зігнутих деталей і пристрій для його здійснення

Область до якої  
відноситься винахід

Винахід відноситься до обробки металів тиском, до листового штампування.

Технічний результат

Технічний результат винаходу - запобігання утворенню тріщин пуансон - матриці за рахунок зниження зусилля деформації

Короткий виклад суті винаходу

Поставлене завдання досягається так, що одночасно з операціями вирубки і згину, по заготівці пропускають імпульс струму через встановлені в притиску-знімачі виконаному з не електропровідного матеріалу струмопідвідні контакти.

### **Об'єкт винаходу – додатковий винахід**

Додатковий винахід є удосконаленням іншого (основного), на який раніше був виданий охоронний документ (патент або авторське свідоцтво). Додатковий винахід не може бути використаний без основного винаходу. У описі додаткового винаходу виключається розділ "характеристика аналогів", а прототипом є основний винахід.

У додатковому винаході розглядаються приватні рішення іншого (основного) винаходу. Додаткові винаходи можна розглядати як залежний пункт багатоланкової формули основного винаходу. Для довідки приведений опис основного винаходу. Інструмент для пробивання багатогранних отворів

Винахід відноситься до обробки металів тиском, зокрема до штампувального інструменту для отримання отворів з фасками в листових заготовках і може бути використано в машинобудуванні.

Мета винаходу - підвищення якості виробу шляхом підвищення точності отримання отвору за рахунок запобігання утворенню задирок і напливів по периметру пробитого отвору.

На рисунку 1 зображений інструмент в процесі пробивки отвору, на рисунку 2 - те ж при отриманні фаски.

Інструмент містить пуансон 1 з пробивною 2 і фаско утворюючою 3 частинами, матрицю 4 і знімач 5.

Формоутворювальна частина виконана з кишнями 6 на кожній парі суміжних граней, що повідомляють один з іншим в зоні загального ребра граней, при цьому ріжучі кромки 7 кишень 6 виконані з нахилом до горизонтальної площини. Заготовка 8 поміщається на матрицю 4. Інструмент працює таким чином.

При русі пуансона 1 вниз в заготівці 8 пробивається отвір як при звичайній пробивці. Причому за рахунок опуклості торця пуансона 1 пробитий отвір виходить неоднаковим по січенню, а саме розширюється до основи. При наступному опусканні пуансона 1 вниз відбувається формування фаски і калібрування отвору по периметру калібруючої частини. При цьому деяка частина матеріалу заготовки затікає в кишні 6 унаслідок радіальної течії в процесі формування фаски. При ході пуансона 1 вгору заготовка 8 спирається в знімача 5, а ріжучі кромки 7 кишень 6 зрізують матеріал, що затік. Зріз матеріалу відбувається не різко, а поступово, унаслідок того, що ріжучі кромки 7 виконані з нахилом до горизонтальної площини.

Використання інструменту з кишнями на діаметрально розташованих ребрах робочих поверхонь формуювальних частинах пуансона дозволяє підвищити якість отриманого отвору за рахунок запобігання утворенню задирок, які зрізуються при ході пуансона вгору.

### Формула винаходу

Інструмент для пробивки гранованих отворів з фасками, що містить пуансон з пробивною і примикає до неї фаско утворюючими частинами, а також матрицю м знімач, що відрізняється тим, що з метою підвищення якості виробів шляхом підвищення точності отримуваних отворів за рахунок запобігання утворенню задирок і напливів по периметру пробитого отвору на кожній парі суміжних граней виконані ті, що повідомляються один з іншим в зоні загального ребра граней кишні, стінки яких утворюють з площинами граней ріжучі кромки, при цьому нижня межа виходу кишень на ребро розташовано нижче за верхню площину матриці, а верхня межа - вище за цю площину при нижньому крайньому положенні пуансона.

### Приклад складання опису додаткового винаходу

Розділ опису	Зміст опису
Клас МПК	В 21 D 28/16, 37/00
Назва винаходу	<b>Пристрій для пробивання гранованих отворів</b>
Область техніки до якої відноситься винахід	Винахід відноситься до обробки металів тиском, зокрема до оснащення для деформації листового матеріалу, і є вдосконаленням винаходу по авт. св. № 1382540
Характеристика прототипу (основного винаходу)	Відомий інструмент для пробивки гранованих отворів з фасками, що містить пуансон, і примикає до неї фаско утворюючими частинами, а також матрицю і знімач (А.с. № 1382540, В 21 D 28/16, 1988, БИ №11). На кожній парі суміжних граней пуансона виконані ті, що повідомляються один з іншим в зоні загального ребра граней кишні, стінки які утворюють з площинами граней ріжучі кромки
Критика прототипу (основного винаходу)	Недоліком вказаного рішення є значне зусилля обробки внаслідок скрутного затікання металу в зазор між пуансоном і матрицею, а також при зрізанні значного об'єму металу ріжучими кромками пуансона при зворотному ході повзуна преса
Технічне рішення винаходу	Технічним вирішенням пропонованого винаходу є зниження зусилля обробки

Суть винаходу

Перелік графічних зображень

Техніко-економічна  
ефективність

Формула винаходу

Реферат

Назва винаходу

Область до якої

відноситься винахід

Поставлене завдання досягається так, що отвір матриці виконаний круглим в плані

На рисунку 1 зображений пристрій для отримання гранованих отворів; на рисунку 2 - вигляд А рисунку 1. Пристрій складається з пуансона 1, що має пробивну 2 і фаску утворюючу 3 ступені матриці 4 і знімача 5. Ступінь 2 виконано гранованою і оснащено кишнями 6 з ріжучими кромками 7. Отвір матриці 4 в плані виконано круглим. Торець ступеня 2 може бути загостреним або плоским. На рисунку 1 показана також заготовка 8. Пристрій працює таким чином.

При русі пуансона 1 вниз він своїм ступенем 2 пробиває отвір, який у верхній області має форму ступеня 2, а в нижній області - форму отвору матриці 4. Між цими областями розташована поверхня складної форми. Отримання такого отвору сприяє зменшенню металу, що витісняється, при формуванні фаски і знижує зусилля формування.

При подальшому переміщенні пуансона 1 він своїм ступенем 3 формує фаску, при цьому частина металу витісняється в кишні 6. При зворотному ході пуансона 1 ця частина металу зрізується ріжучими кромками 7.

Використання запропонованого винаходу дозволило поліпшити умови обробки і понизити її зусилля

#### **Формула винаходу**

Пристрій для пробивки гранованих отворів по А.с. № 1382540, відрізняється тим, що, з метою зниження зусилля обробки, робочий отвір матриці виконано круглим в плані.

Реферат

Пристрій для пробивки гранованих отворів

Винахід відноситься до обробки металів тиском, зокрема до оснащення для

обробки листового матеріалу.

Технічний результат

Короткий виклад суті винаходу

Технічним вирішенням пропонованого винаходу є зниження зусилля обробки

Пристрій містить пуансон 1 з пробивним ступенем 2 і фаско утворюючої 3 матрицю 4 з круглим робочим отвором і знімач 5. На ступені 2 виконані кишені 6 з ріжучими кромками 7. При пробивці в заготовці 8 утворюється отвір квадратний у верхній частині і круглий в нижній частині заготовки. При подальшому переміщенні пуансона 1 ступінь 3 формує фаску. При зворотному ході витиснений в кишені 6 метал зрізується ріжучими кромками 7.

Інструмент для отримання гранованих отворів

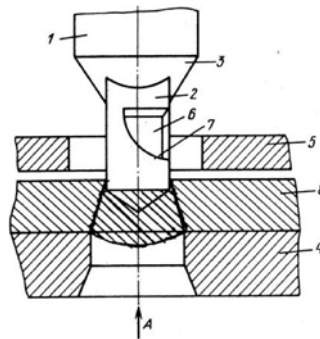


Рис. 1

А

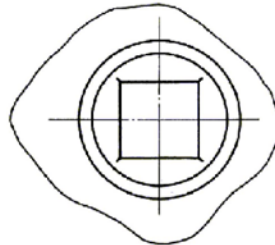


Рис. 2

## Глосарій

### А

<b>Абстрагування</b>	Мислене відволікання від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень предметів і виділення кількох сторін, які цікавлять дослідника.
<b>Аксиома</b>	Положення, яке береться як вихідне, яке не доводиться у даній теорії, і з якого виводяться всі інші пропозиції та висновки теорії згідно раніше фіксованих правил. <b>А.</b> очевидні без доведень. У сучасній логіці і методології науки постулат і <b>А.</b> як правило використовуються як еквівалентні.
<b>Аксиоматичний метод</b>	Спосіб спостереження наукової теорії, при якому деякі твердження (аксіоми) приймаються без доказів і використовуються для отримання інших знань за певними логічними правилами.
<b>Аналіз</b>	Метод пізнання за допомогою розчленування або розкладання предметів дослідження (об'єктів, властивостей тощо) на складові частини.
<b>Аналогія</b>	Досягнення знань про предмети і явища на основі їхньої подібності з іншими.
<b>Анотація</b>	Коротка характеристика тексту з точки зору змісту, призначення, форми та інших особливостей
<b>Асоціація</b>	Зв'язок, який виникає при певних умовах між двома і більше психічними утвореннями (відчуттями, сприйняттями, ідеями тощо)
<b>Автореферат</b>	Короткий виклад дисертантом свого наукового дослідження, це стислий рукопис дисертації.
<b>Академік</b>	Дійсний член академії як корпорації вчених, обраний її загальними зборами.
<b>Актуальність теми</b>	Важливість, суттєве значення, відповідність теми дослідження сучасним потребам певної галузі науки та перспективам її розвитку, практичним завданням відповідної сфери діяльності.
<b>Алгоритм</b>	Упорядкована сукупність точних приписів чи правил, за якими можна розв'язувати однотипні завдання
<b>Алгоритмізація</b>	Моделювання задачі для розв'язання науково-дослідних

	процедур у точному загальноприйнятому режимі, що передбачає процес перетворення вихідних даних у пошуковий результат.
<b>Алгоритмічна мова</b>	Набір символів і система правил утворення та тлумачення конструкцій із цих символів для складання алгоритмів розв'язання задач ЕОМ, що досліджуються.
<b>Алфавітний каталог</b>	Каталог, який будується в чіткій послідовності букв алфавіту.
<b>Апостеріорі та апріорі</b>	Філософські категорії, за допомогою яких позначають знання, набуті з досвіду (від лат. А posteriori) і знання, що передують досвіду (від лат. А priori). Таке розмежування насправді відносне, оскільки будь-яке знання так чи інакше пов'язане з досвідом і практикою.
<b>Апробація наукового дослідження</b>	Колективне обговорення виконаного дослідження на науково-технічних радах, його рецензування й експертиза, оприлюднення кінцевих результатів у спеціальних журналах, реферативних збірниках, а також у виступах дослідників з повідомленням і повідомленнями на науково-практичних конференціях, симпозіумах, семінарах.
<b>Аргумент</b>	Положення, яке використовується для доведення істинності тези.
<b>Аргументування</b>	Логічний процес, суть якого – довести істинність власних суджень (тезу доказу) за допомогою інших суджень (аргументів, доказів).
<b>Архівні довідники</b>	Видання, що розкривають склад, зміст і місцезнаходження документальних матеріалів.

### **Б**

<b>Базис теорії</b>	Аксиоми і первинні поняття.
<b>Бакалавр</b>	Перший науковий ступінь, який присуджується випускникам коледжу, інституту, університету за результатами кваліфікаційної роботи.
<b>Бібліографія</b>	Галузь знання про методи та способи складання покажчиків, списків, оглядів друкованих творів.
<b>Брошури</b>	Твори друку обсягом від 5 до 48 сторінок.

### **В**

<b>Верифікація</b>	Емпіричне підтвердження істинності наукових тверджень шляхом емпіричної їх перевірки.
<b>Визначення</b>	Логічний прийом, що дає змогу передати відмінність ознак і результатів дослідження за допомогою мовних засобів.
<b>Вимірювання</b>	Визначення показника фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Результат <b>В.</b> показує, у скільки разів отримане значення відрізняється від того, яке прийняте за еталон.
<b>Винахід (корисна модель)</b>	Результат творчої діяльності людини у будь-якій галузі технології.
<b>Винахідницька робота</b>	Творча науково-технічна діяльність, що пов'язана з установленням невідомих раніше ознак, властивостей, характеристик існування матеріальних об'єктів та спрямована на покращення добробуту людей, умов їхньої праці та відпочинку.
<b>Висловлювання</b>	Думка, виражена розповідним реченням, яка може бути істинною або помилковою.
<b>Висновок</b>	Процес мислення, який складає послідовність двох чи декількох суджень, у результаті яких виводиться нове судження.
<b>Відкриття</b>	встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, що вносять корінні зміни в рівень пізнання. Це визначення не стосується <b>В.</b> географічних, археологічних, палеонтологічних, відкриттів у галузі суспільних наук.
<b>Відчуття</b>	відображення мозком людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, які діють на її органи чуттів.

### ***Г***

<b>Гіпотеза</b>	Припущення про причину, яка викликає даний наслідок. Якщо Г. погоджується з фактами, то в науці її називають теорією або законом.
<b>Гіпотетико-дедуктивний метод</b>	Спосіб міркування, оснований на дедукції наслідків із гіпотез.
<b>Гносеологія</b>	Визначає теорію як узагальнення результатів



(теорія пізнання)	багатвікової історії, у процесі якої предметно-практична і духовна діяльність людини розширювала горизонт пізнання явищ у природі, суспільстві і мисленні. Г. встановлює, у результаті якого процесу з'явилась дана теорія і мету цієї теорії.
<b>Графік виконання роботи</b>	План роботи з точними показниками терміну завершення робіт з кожного етапу, впровадження результатів осіб, що відповідають за дотримання цих термінів.

### Д

<b>Дата пріоритету</b>	Дата подання заявки до Установи чи до відповідного органу держави – учасниці Паризької конвенції з охорони промислової власності, за якою заявлено пріоритет.
<b>Дедукція</b>	Спосіб дослідження, за якого частинні положення виводяться із загальних. Недоліком є обмеження, що впливають із загальних закономірностей, на основі яких досліджується частинний випадок.
<b>Деклараційний патент на винахід</b>	Різновид патенту, що видається за результатами формальної експертизи та експертизи на локальну новизну заявки на винахід.
<b>Депоновані твори</b>	Наукові роботи, виконані індивідуально або в співавторстві, опубліковані в реферативних журналах і розраховані на обмежене коло користувачів.
<b>Дипломна робота</b>	Кваліфікаційне навчально-наукове дослідження студента, яке виконується на завершальному етапі навчання у вищому навчальному закладі.
<b>Дисертація</b>	Важлива кваліфікаційна науково-дослідна праця, виконана особисто у вигляді рукопису, призначеного для прилюдного захисту та одержання наукового ступеня.
<b>Диз'юнкція</b>	Логічна операція, за допомогою якої із двох чи більше суджень вибудовується нове судження шляхом оператора диз'юнкції, якому відповідає сполучник «або».
<b>Дискусія</b>	Публічне обговорення якогось спірного питання, проблеми.
<b>Дискурсив</b>	Міркування, аргумент, який спирається на розум і логічне міркування. В теорії пізнання протиставляється інтуїції.

<b>Діалектика</b>	Фундаментальний науковий принцип і метод пізнання багатопланової та суперечливої дійсності в усіх її проявах. Діалектичний підхід дає можливість обґрунтувати причинно-наслідкові зв'язки, процеси диференціації та інтеграції, постійну суперечність між сутністю та явищем, змістом і формою.
<b>Детермінізм</b>	Вчення про всеохоплюючий об'єктивний взаємозв'язок і причинну зумовленість явищ соціоприродного середовища.
<b>Доведення</b>	Процедура, за допомогою якої встановлюють істинність гіпотези чи будь-якого твердження.
<b>Догматизм</b>	Спосіб мислення, за яким певне вчення або положення вважають істиною, не враховуючи конкретних умов життя.
<b>Достовірність</b>	Достатня правильність, те, що не викликає сумнівів, доказ того, що названий результат (закон, закономірність, сукупність фактів та ін.) є істинним, правдивим.
<b>Доцент</b>	Вчене звання викладачів вищих навчальних закладів.

### *E*

<b>Евристика</b>	Сукупність прийомів і методів, які сприяють більш швидкому організованому і цілеспрямованому пошуку істини, хоча і не гарантують її безумовного знаходження.
<b>Експертиза на локальну новизну</b>	Складова частина кваліфікаційної експертизи, що встановлюється за виданими в Україні патентами на винаходи та поданими до Установи заявками на видачу патентів.
<b>Експлікація</b>	Уточнення понять і суджень за допомогою засобів символічної чи математичної логіки.
<b>Екстраполяція</b>	Процедура перенесення та поширення властивостей, відношень і закономірностей з однієї предметної галузі на іншу.
<b>Експеримент</b>	Одна з галузей людської практики, у якій підлягає перевірці істинність висунутих гіпотез або виявляються закономірності об'єктивного світу.
<b>Елімінування</b>	Виключення, вилучення факторів, які безпосередньо не

	впливають на економічний результат.
<b>Емпіричний</b>	Філософський напрям, що вважає чуттєвий досвід єдиним джерелом достовірності знань.
<b>Епістемологія</b>	Теорія пізнання, розділ філософії, у якому вивчаються закономірності й можливості пізнання, відношення знання до відчуттів, уявлень, понять об'єктивної реальності, досліджуються ступені й форми процесу пізнання, умови і критерії його достовірності й істинності.
<b>Еталон</b>	Засіб вимірювання, який забезпечує відтворення одиниці виміру.

### 3

<b>Закон</b>	Внутрішній суттєвий зв'язок явищ, який обумовлює їхній необхідний закономірний розвиток. <b>З.</b> виражає визначений стійкий зв'язок між явищами або властивостями матеріальних об'єктів.
<b>Закон виключення третього</b>	Закон класичної логіки, який стверджує, що із двох суджень (суперечливих) істинним є або саме висловлювання, або його заперечення. Третього не дано.
<b>Закон протилежності</b>	Закон логіки, який стверджує, що не можуть бути одночасно істинними два суперечливих висновки, один з яких щось стверджує, а другий те ж саме заперечує.
<b>Заявка</b>	Сукупність документів, необхідних для видачі Установою патенту на винахід чи деклараційного патенту на корисну модель.
<b>Знання</b>	Перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне їй відбиття у свідомості людини. Ідеальне відтворення у мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу. Функціями <b>З.</b> є узагальнення розрізнених уявлень про закономірності природи, суспільства та мислення; збереження в узагальнених уявленнях всього того, що може бути передане як стійка основа практичних дій.

### 1

<b>Ідеалізація</b>	Уявне конструювання об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні.
--------------------	--

<b>Ідея</b>	Інтуїтивне пояснення явищ (процесів) без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких робиться висновок.
<b>Імовірність характеру наукових досліджень</b>	Особливість наукового дослідження, яка впливає із великої кількості випадкових явищ, процесів і впливає на ефективність наукової праці.
<b>Імплікація</b>	Логічна операція, що об'єднує два судження в нове шляхом зв'язки, словесно виражається за допомогою граматичної конструкції "якщо..., то...".
<b>Індивідуальний план науковця</b>	Порядок виконання наукової роботи, складений кожним виконавцем на ту частину наукової діяльності, яка визначена йому в робочому плані.
<b>Індукція</b>	Метод пізнання, за яким здійснюється перехід від часткового (особливого) до загального. Індукція — протилежний дедукції метод пізнання.
<b>Інтелект</b>	Розум, здатність людини думати, мислити. Стосовно наукового працівника – плюс захопленість працею, готовність до самопожертви заради наукової істини.
<b>Інтерпретація</b>	Тлумачення, роз'яснення, розкриття змісту явища, яке сприяє його розумінню.
<b>Інтерфейс</b>	Сукупність апаратних і програмних засобів, призначених для обміну інформацією між ПЕОМ, обчислювальною системою і дослідником.
<b>Інтуїція</b>	Здатність осягати істини, не звертаючись до розгорнутого логічного міркування. В логіці та методології розглядається як догадка, що потребує перевірки.
<b>Ірраціональний</b>	Поняття чи судження, протилежне розумному, обґрунтованому фактами та логікою.

### ***К***

<b>Кандидат наук</b>	Перший науковий ступінь, який присуджується після захисту дисертації.
<b>Кафедра</b>	Основна навчально-наукова група, що здійснює навчальну, методичну і науково-дослідну роботу з однієї або кількох пов'язаних між собою

	спеціальностей, а також підготовку та підвищення кваліфікації кадрів.
<b>Кваліфікаційна експертиза (експертиза по суті)</b>	Експертиза, що встановлює відповідність винаходу умовам патентоздатності (новизні, винахідницькому рівню, промисловій придатності).
<b>Класифікатор</b>	Систематизоване зведення найменувань класифікаційних груп та їх позначень.
<b>Класифікація</b>	Процес розподілу заданої множини об'єктів обліку згідно з прийнятою системою розподілу на класифікаційні групи. Поділ різних явищ, предметів за певними ознаками з метою їх вивчення та наукового узагальнення.
<b>Книги</b>	Неперіодичні багатосторінкові твори друку обсягом понад 48 сторінок друкарського тексту.
<b>Колективність</b>	Принцип організації праці у науковій діяльності, який полягає у згуртуванні сил багатьох працівників, хоч безпосередній процес творчості має індивідуальний характер.
<b>Композиція наукової роботи</b>	Послідовність розташування її частин: основного тексту та довідково-супроводжувального апарату.
<b>Композиція наукової статті</b>	Побудова статті, яка ґрунтується на логічному розкритті наукової думки, мотивованому та дозованому розкритті фактів, поєднанні їх у певну систему.
<b>Конспект</b>	Короткий письмовий послідовний, логічно зв'язаний виклад змісту тексту, книги, статті, лекції тощо.
<b>Концепція</b>	Система поглядів, теоретичних положень, основних думок щодо об'єкта дослідження, які об'єднані певною головною ідеєю.
<b>Кон'юнкція</b>	Логічна операція утворення складного висловлювання із двох чи більше простих висловлювань за допомогою зв'язки, якій відповідає сполучник "і".
<b>Кооперування</b>	Принцип наукової організації науково-дослідного процесу, що ґрунтується на створенні ділянок і робочих місць для виконання однорідних за технологічним процесом операцій, на поєднанні зусиль спеціалізованих підрозділів, спрямованих на всебічне

	дослідження об'єкта підприємницької діяльності.
<b>Кореляція</b>	Співвідношення, відповідність, взаємозв'язок предметів або понять; у статистиці – залежність між явищами або величинами, що не має чіткого функціонального характеру.
<b>Корисна модель</b>	Нове й промислово придатне конструктивне виконання пристрою. Рішення технічної задачі, яке відрізняється відносною новизною, відноситься до будови і має суттєво виражені просторові форми (об'єм, компонування).
<b>Курсова робота</b>	Робота студента, виконана як підсумок навчання на певному курсі. Сприяє розвитку ініціативи і самостійності, передбачає систематизацію, закріплення та розширення теоретичних знань студента, оволодіння навичками самостійної теоретичної, експериментальної роботи, роботи з комп'ютерною технікою, користування літературними джерелами тощо.

***Л***

<b>Лінгвістичне забезпечення АСОІ</b>	Сукупність мовних засобів для спілкування людини з машиною у вирішенні завдань планування, контролю та аудиту, обліку й аналізу господарської діяльності.
<b>Ліцензія</b>	Дозвіл власника патенту (ліцензіара), що видається іншій особі (ліцензіату) для використання винаходу (корисної моделі) на певних умовах.
<b>Лінгвістичне забезпечення АСОІ</b>	Сукупність мовних засобів для спілкування людини з машиною у вирішенні завдань планування, контролю та аудиту, обліку й аналізу господарської діяльності.
<b>Логіка</b>	Розкриває структуру теорії та її співвідношення між закономірностями розвитку об'єктивної дійсності.

***М***

<b>Магістерська дипломна робота</b>	Самостійна науково-дослідна робота студента, основне завдання якої – продемонструвати рівень наукової кваліфікації, уміння самостійно вести науковий пошук і вирішувати конкретні наукові задачі; виконує кваліфікаційну функцію.
<b>Магістр</b>	Другий науковий ступінь, який присуджується

	випускникам інституту, університету, академії, інших до них прирівняних навчальних закладів за результатами захисту кваліфікаційної роботи.
<b>Метод</b>	Сукупність прийомів і операцій теоретичного пізнання і практичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретного завдання. Наукові методи ґрунтуються на певних принципах, теоріях і законах.
<b>Метафора</b>	Перенесення властивостей одного предмета (явища) на інший на основі їхніх спільних ознак.
<b>Метод</b>	Спосіб досягнення мети, програма побудови і практичного застосування теорії.
<b>Методологія</b>	Філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, використання принципів світогляду до процесу пізнання, духовної творчості і практики. <b>М.</b> визначає, що і як вивчається за допомогою теорії.
<b>Методологія наукового пізнання</b>	Вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності.
<b>Методика</b>	Система правил використання методів, прийомів та операцій у науковому дослідженні.
<b>Мислення</b>	Опосередковане і узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних відношень і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Основний інструмент <b>М.</b> – логічні роздуми людини, структурними елементами яких є поняття, судження, висновки.
<b>Міжнародна заявка</b>	заявка, подана згідно з Договором про міжнародну кооперацію.
<b>Міра</b>	тіло або пристрій, яке відтворює фізичні величини заданого розміру.
<b>Моделювання</b>	Метод пізнання явищ і процесів, що ґрунтується на заміні оригінала об'єкта дослідження моделлю.
<b>Модель</b>	Штучна система, що відображає з певною точністю основні властивості об'єкта-оригіналу, що вивчається. <b>М.</b> знаходиться в певній відповідності із об'єктом вивчення, може замінити його при дослідженні і

	дозволяє отримати інформацію про цей об'єкт.
<b>Монографія</b>	Наукова праця у вигляді книги, яка містить повне або поглиблене дослідження однієї проблеми чи теми, що належить одному або декільком авторам.

### ***Н***

<b>Наука</b>	Сфера людської діяльності, спрямована на вироблення і систематизацію нових знань про дійсність; одна з форм суспільної свідомості.
<b>Наукова діяльність</b>	Інтелектуальна творча діяльність, спрямована на здобуття та використання нових знань.
<b>Наукова доповідь</b>	Публічно виголошене повідомлення, розгорнутий виклад певної наукової проблеми (теми, питання).
<b>Наукова ідея</b>	Інтуїтивне пояснення явищ без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких робиться висновок. Свою специфічну матеріалізацію <b>Н. І.</b> знаходить в гіпотезі.
<b>Наукова концепція</b>	Система поглядів, теоретичних положень, основних думок щодо об'єкта дослідження, які об'єднані певною головною ідеєю.
<b>Наукова організація науково-дослідного процесу</b>	Упорядкованість, взаємодія окремих елементів науково-дослідного процесу, що перебувають у функціональній залежності з метою створення належних передумов для дослідження, управління ним і обслуговування його.
<b>Наукова проблема</b>	Протиріччя у пізнанні, яке характеризується невідповідністю між новими фактами (даними) і старими засобами їх пояснення.
<b>Наукова творчість</b>	Мислення в його найвищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, результатом якої є створення нового.
<b>Наукова стаття</b>	Один з основних видів публікацій, містить виклад проміжних або кінцевих результатів наукового дослідження.
<b>Наукова школа</b>	Неформальний творчий колектив дослідників різних поколінь, об'єднаних загальною програмою і стилем дослідницької роботи, які діють під керівництвом



	визнаного лідера.
<b>Наукове дослідження</b>	Цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають як система понять, законів і теорій або цілеспрямований процес виробництва нових знань, які розкривають нові явища у суспільстві та природі для використання їх у практичній діяльності людей.
<b>Науковець</b>	Це той, хто має відношення до науки, виробляє знання, є спеціалістом у певній галузі науки.
<b>Науковий експеримент</b>	Перевірка попередніх наукових результатів дослідження способом їх апробації у конкретних виробничих умовах або їх моделюванням у лабораторних умовах з використанням ПЕОМ.
<b>Науковий результат</b>	Нове знання, здобуте в процесі наукового дослідження та зафіксоване на носіях наукової інформації.
<b>Науковий факт</b>	Подія чи явище, яке є основою для висновку чи підтвердження; як складова наукового знання відображає об'єктивні властивості явищ та процесів. На основі наукових фактів визначаються закономірності явищ, вибудовуються теорії, виводяться закони.
<b>Наукознавство</b>	Вчення про загальні закономірності розвитку та функціонування науки як системи знань.

## О

<b>Об'єкт дослідження</b>	Процес або явище, що породжують проблемну ситуацію і обрані для вивчення.
<b>Опис</b>	Основний науково-довідковий посібник до матеріалів фонду, а також основний обліковий документ архіву.
<b>Оптимізація</b>	Знаходження оптимуму розглядуваної функції (математичної моделі системи, процесу) і відповідно знаходження оптимальних умов поведінки даної системи чи протікання даного процесу.

## П

<b>Парадигма</b>	Система творчих методологічних і ціннісних установок, прийнятих усіма членами наукового співтовариства за зразок вирішення наукових завдань.
<b>Парадокс</b>	(У широкому розумінні) твердження, яке різко

	розходиться із загальноприйнятим, встановленим твердженням, заперечення того, що уявляється «безумовно правильним». <b>П.</b> – (у вузькому розумінні) два протилежних твердження, для кожного з яких існують, як здається, переконливі аргументи. Міркування, в якому однаковою мірою доводяться істинність будь-якого твердження та його відхилення.
<b>Патент на винахід</b>	Охоронний документ, що засвідчує пріоритет, авторство та право власності.
<b>Пізнання</b>	Процес руху людської думки від незнання до знання, в основі якого лежить відображення об'єктивної дійсності у свідомості людини в процесі виробничої, наукової та суспільної діяльності.
<b>План</b>	Система взаємопов'язаних завдань, що визначають терміни, порядок і послідовність виконання програм, окремих робіт, операцій; порядок. Послідовність викладення матеріалу.
<b>Повідомлення</b>	Форма подання інформації.
<b>Поняття</b>	Форма мислення, що забезпечує пізнання сутності явищ (процесів), узагальнення їх ознак та взаємозв'язків. Думка, яка відображає суттєві та необхідні ознаки предмета або явища. <b>П.</b> можуть бути загальними, одиничними, абстрактними і конкретними, абсолютними і відносними.
<b>Поняття теорії</b>	Логічне узагальнення досвіду, суспільної практики, що відображають об'єктивні закономірності розвитку природи і суспільства.
<b>Порівняння</b>	Процес встановлення подібності або відмінності предметів та явищ дійсності, а також знаходження спільних, притаманних різним об'єктам рис.
<b>Постулат</b>	Твердження, попереднє припущення наукової теорії, що береться за вихідне і стає основою для теоретичних узагальнень.
<b>Пояснення</b>	Найважливіша функція науки, сутність якої полягає у розкритті мотивів та причин певних процесів, явищ, подій, підведенні фактів щодо них під загальні

	твердження (закони, теорії і принципи).
<b>Практика</b>	Суспільна, виробнича й наукова діяльність людини. <b>П.</b> є началом, вихідним пунктом і одночасно природним завершенням будь-якого процесу пізнання.
<b>Предмет дослідження</b>	Теоретичне відтворення об'єктивної дійсності, тих суттєвих зв'язків і відношень, які підлягають безпосередньому вивченню в науковому дослідженні, є головними і визначальними для даної наукової роботи.
<b>Принцип</b>	Вихідний пункт теорії; те, що становить основу певної сукупності знань. Правило, яке виникло в результаті суб'єктивно осмисленого досвіду людей. <b>П.</b> – найбільш абстрактне визначення ідеї (початкова форма систематизації знань).
<b>Пристрій</b>	Це виріб, який складається з елементів, що перебувають в функціонально-конструктивній єдності між собою.
<b>Проблема (наукова)</b>	(Грецьк. <i>Problema</i> – задача, завдання) – сукупність нових діалектично складних теоретичних або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методам науки і потребують вирішення за допомогою наукових досліджень. Наукові <b>П.</b> виникають не стихійно, а закономірно під дією об'єктивних законів у зв'язку з розвитком продуктивних сил і виробничих відносин. Вирішуються вони за допомогою наукових методів.
<b>Прогнозування</b>	Сукупність засобів і прийомів мислення, що дають змогу на основі аналізу ретроспективних даних вивести судження певної достовірності стосовно майбутнього розвитку об'єкта.
<b>□ програма наукового дослідження</b>	Наперед продуманий план наукової роботи, який визначає його завдання, загальний зміст і народногосподарське значення, задум, принцип вирішення, методика, обсяг робіт і терміни виконання.
<b>Промислова власність</b>	Результати розумової праці, які застосовуються у промисловості.
<b>Промисловий зразок</b>	Особливості зовнішнього вигляду промислового виробу, які виконані промисловим шляхом, надають

	виробу художніх (естетичних) якостей і володіють новизною або оригінальністю.
<b>Професор</b>	Найвище звання викладачів вузів і працівників наукових установ.
<b>Публікація</b>	Оприлюднення результатів наукового дослідження за допомогою преси, радіо або телебачення.

***P***

<b>Рахунок</b>	Знаходження числа, яке визначає кількісне співвідношення однотипних об'єктів або їх параметрів, що характеризують ті чи інші властивості.
<b>Рационалізаторська пропозиція</b>	Технічне рішення, що є новим і корисним для підприємства, організації або установи, в якому вона подана і передбачає створення або заміну конструкції виробів, технології виробництва, техніки або складу матеріалу. Основна вимога до <b>Р.П.</b> – наявність технічного рішення.
<b>Рациональний трудовий режим дослідника</b>	Принцип діяльності науковця, який ґрунтується на поєднанні психофізичних функцій людини розумової праці та трудових навичок у пізнавальній діяльності.
<b>Реалізація результатів дослідження</b>	Дослідне впровадження їх у практику за участю замовника теми.
<b>Релевантна інформація</b>	Інформація, яка раніше була в аналогах, тобто прототипі.
<b>Реферат</b>	Доповідь на певну тему, що передбачає огляд відповідних літературних та інших джерел; виклад змісту наукової роботи, книжки, статті. Короткий виклад змісту первинного документа (або його частини) з основними фактичними відомостями і висновками.
<b>Речовина</b>	Нове, штучно створене матеріальне утворення, що є сукупністю взаємопов'язаних елементів-інгредієнтів, виробництво або використання яких дає позитивний результат. До <b>Р.</b> відносять: індивідуальні сполуки (зокрема високомолекулярні), композиції (склади або суміші) і продукти ядерного перетворення.
<b>Рецензія</b>	Критичний огляд і оцінка, відгук на науковий твір.

<b>Робочий план науковця</b>	Порядок виконання наукової роботи, складений дослідником після робочого оволодіння темою.
<b>Розробка</b>	Цілеспрямований процес перетворення наукової і науково-технічної інформації у форму, придатну для освоєння в промисловості. <b>Р.</b> направлена на створення нової техніки, матеріалів, технології або вдосконалення існуючих.

### С

<b>Самоорганізація (психологія)</b>	Принцип організації праці у науковій діяльності, який передбачає комплекс заходів соціологічного і психофізіологічного характеру; вироблення таких рис, як зосередженості, уважності, аналітичності мислення з метою підвищення ефективності досліджень, в техніці – самоорганізація структури під впливом різних чинників може призводити до зміцнення поверхневих шарів деталей машин.
<b>Секретний винахід</b>	(Секретна корисна модель), що містить інформацію, віднесену до державної таємниці.
<b>Самостійна робота студента</b>	Навчальна діяльність, спрямована на вивчення і оволодіння матеріалом навчальної дисципліни без участі викладача.
<b>Синергетика</b>	Один з провідних напрямів сучасної науки, природничо-науковий аспект розвитку теорії нелінійних динамік у сучасній культурі або взаємовплив чинників, явищ, що сповільнює чи прискорює процес.
<b>Синтез</b>	Об'єднання раніше виділених чи уже існуючих елементів у єдине ціле. Такими елементами можуть бути частини предмета, ознаки, відношення.
<b>Системний підхід</b>	Комплексне дослідження великих і складних об'єктів (систем) як єдиного цілого з узгодженим функціонуванням усіх елементів і частин.
<b>Сканування</b>	Пошук і добування специфічної інформації в тексті.
<b>Службовий винахід (корисна модель)</b>	Винахід (корисна модель), створений працівником.
<b>Спосіб</b>	Це новий процес взаємопов'язаних дій над матеріальними об'єктами і за допомогою цих об'єктів,

	який характеризується суттєвими відмінностями і дає позитивний результат.
<b>Спостереження</b>	Систематичне цілеспрямоване вивчення об'єктів дослідження без втручання в їх буття, форма довільного сприйняття предметів і явищ навколишнього світу.
<b>Сприйняття</b>	Відображення мозком людини предметів або явищ в цілому, причому таких, які діють на органи чуття в даний момент часу.
<b>Спростування</b>	Повідомлення в якому доводиться неправильність, помилковість, хибність чого-небудь, чиїхось тверджень, переконань.
<b>Статистичні матеріали</b>	Відомості про розвиток народного господарства, подані у вигляді таблиць, узагальнених у щорічних статистичних збірниках, що видаються Мінстатом України.
<b>Структура</b>	Сукупність зв'язків і відносин між елементами системи.
<b>Суб'єкти наукової діяльності</b>	Вчені, наукові працівники, науково-педагогічні працівники, а також наукові установи та організації, вищі навчальні заклади.
<b>Судження</b>	Думка, в якій за допомогою взаємопов'язаних понять стверджується або заперечується будь-що. Судження про предмет або явище можна отримати або через безпосереднє спостереження фактів, або опосередковано – за допомогою умовиводу.
<b>Сутність</b>	Головне, основне, визначальне у предметі.

### Т

<b>Творчість</b>	Мислення у його найвищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, яка породжує дещо якісно нове.
<b>Теза</b>	Твердження, яке підлягає доведенню.
<b>Тези доповідей</b>	Коротко сформульовані основні положення доповіді, лекції, повідомлення тощо.
<b>Тема</b>	(Грецьк. <i>thema</i> – основна думка, завдання, положення, яке необхідно розвинути) – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань наукового дослідження. Наукове завдання, що належить до

	конкретної галузі наукового дослідження.
<b>Теорія</b>	(Грецьк. <i>theoria</i> – спостереження, розглядання, дослідження) – комплекс поглядів, уявлень, ідей, які спрямовані на тлумачення досліджуваних явищ; узагальнення предметно-практичної діяльності людей, яка створює систему елементів, де визначальному елементу субординаційно підпорядковані всі інші, що пояснюють виникнення, взаємозв'язки, сутність і закономірність розвитку об'єкта дослідження. Функціями наукової теорії є: пояснювальна, передрікальна (прогнозуюча), фактична, систематична (спадкоємність, передача знань) і методологічна.
<b>Теореми</b>	Знання, істинність яких необхідно довести дослідженням.
<b>Технічні науки</b>	Специфічна система знання про цілеспрямоване перетворення природних тіл і процесів у технічні об'єкти, про методи конструктивно-технічної діяльності, а також про способи функціонування технічних об'єктів у процесі виробництва
<b>Товарний знак</b>	Позначення, що розміщуються на товарах або використовуються під час реклами і які відрізняють дані товари від аналогічних товарів інших підприємств.

## У

<b>Узагальнення</b>	Логічний процес переходу від окремого до загального, засіб створення наукових понять, формулювання законів і теорій. Визначення загального поняття, у якому знаходить відображення головне, основне, що характеризує об'єкти даного класу.
<b>Узагальнення результатів дослідження</b>	Літературний виклад результатів дослідження у вигляді звіту про виконання НДР, дисертації, студентської науково-дослідної роботи та інших форм подання завершеної наукової продукції.
<b>Умовивід</b>	Розумова операція, за допомогою якої на основі вихідних, заданих суджень виводиться інше судження певним чином пов'язане з ними.
<b>Уявлення</b>	Вторинний образ предмета або явища, які в даний

	момент часу не діють на органи чуттів людини, але обов'язково діяли в минулому.
--	---

**Ф**

<b>Факт</b>	Дійсна подія, явище, реальність, дійсність.
<b>Фантазія</b>	З'єднання і перетворення різних уявлень в цілу картину нових образів.
<b>Формалізація</b>	Метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури у знаковій формі, наприклад за допомогою математичних та інших формул та забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів та їхніх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків.
<b>Формальна експертиза</b>	Експертиза за формальними ознаками, у ході якої встановлюється належність зазначеного у заявці об'єкта до переліку об'єктів, які можуть бути визнаними винаходами (корисними моделями) і відповідність заявки та її оформлення встановленим вимогам.
<b>Формування висновків і рекомендацій</b>	Попереднє узагальнення результатів доведення гіпотез, вибирання методів перевірки достовірності та обґрунтованості цих результатів.

**Ц**

<b>Цитата</b>	Буквально відтворені фрагменти чужої промови чи статті для підтвердження власного погляду або полеміки з цитованим автором.
---------------	---



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.
2. Гайдучок В.М., Затхей Б.І., Лінник М.К. Теорія і технологія наукових досліджень. Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2006. – 232 с.
3. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003. IDT) : ДСТУ ГОСТ 7.1 : 2006. – [Чинний від 2007.07.01]. – К.: Держстандарт України, б. р. – 58 с.
4. Кушнарєнко Н.М., Удалова В.К. Наукова обробка документів. Підручник. 3-тє вид. – К.: Вікар, 2006. – 331 с.
5. Як підготувати і захистити дисертацію на здобуття наукового ступеня : [метод. поради / авт.-упоряд. Л. А. Пономаренко]. – К.: Ред. „Бюл. Вищої атестаційної комісії України”, вид-во „Толока”, 2005.–80 с.
6. Етичний кодекс ученого України. Схвалено постановою загальних зборів НАН України від 15 квітня 2009 р. № 2 // Бюл. Вищої атестаційної комісії України. – 2011. – № 11. – С. 7–10.
7. Пилипчук М. І. Основи наукових досліджень : [підруч.] / М. І. Пилипчук, А. С. Григор'єв, В. В. Шостак. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
8. Методологія наукових досліджень у галузі: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Н.І. Бурау, В.С. Антонюк, Д.О. Півторак. – КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 58 с.
9. Мокін Б.І. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник/ Б.І. Мокін, О.Б. Мокін. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 180 с.
10. Самсонов В.В., Сільвестров А.М., Тачиніна О.М. Методологія наукових досліджень та приклади її використання: Навч. посібник. К.:НУХТ, 2022 – 385 с.
11. Соловійов С.М. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2007. – 175 с.
12. Стеценко Д.М., Чмир О.С. Методологія наукових досліджень: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2007. – 317 с.
13. Юринєць В. Є. Методологія наукових досліджень : навч. посібник / В.Є. Юринєць. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 178 с.
14. Єріна А.М. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. / А. М. Єріна, В. Б. Захожай, Д.Л. Єрін – К.: Центр навч. літ., 2004. – 212 с.
15. Академічна доброчесність: проблеми дотримання та пріоритети поширення серед молодих вчених: колективна монографія / за заг. ред. Н. Г. Сорокіної, А. Є. Артюхова, І. О. Дегтярьової. Дніпро: ДРІДУ НАДУ, 2017. 169 с.
16. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. Вид. офіц. [Уведено вперше;

- чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.
17. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. Вид. офіц. [На заміну ДСТУ 3008- 95; чинний від 2017-07-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.
  18. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г. Методологія і організація наукових досліджень. – К.: Центр учбової літератури, 2016. - 142 с.
  19. Закон України «Про наукову та науково-технічну діяльність». – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>
  20. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
  21. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)» від 23.03.2016 № 261, [Електронний ресурс].
  22. Закон України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 11.07.2001 № 2623-III, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2623-1>.
  23. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
Розділ 1. Загальні питання .....	5
Розділ 2. Види, етапи та методи наукового дослідження .....	10
Розділ 3. Інформаційне забезпечення наукових досліджень .....	20
Розділ 4. Методи теоретичних досліджень .....	28
Розділ 5. Математичний метод планування експериментів .....	44
Розділ 6. Статистичні зв'язки, кореляція та регресія .....	48
Розділ 7. Проведення дослідів та відображення їх результатів .....	52
Розділ 8. Застосування теорії випадкових функцій для обробки дослідних даних .....	59
Розділ 9. Винахідницька робота та її особливості .....	63
Розділ 10. Методи активізації пошуку нових технічних ідей .....	71
Практична робота № 1. Розробка схеми наукового дослідження та його первинна реалізація .....	81
Практична робота № 2. Аналіз інформаційного забезпечення при розв'язанні наукових задач .....	84
Практична робота №3. Призначення та основи експериментальних досліджень .....	88
Практична робота № 4. Складання планів повного факторного експерименту (ПФЕ) .....	95
Практична робота №5. Розрахунок математичної моделі по експериментальних значеннях і оцінка отриманої моделі на адекватність .....	99
Практична робота №6. Класифікація винаходів і їх патентний пошук .....	105
Практична робота №7. Аналіз опису винаходу .....	110
Практична робота №8. Структура формули винаходу і особливості ознак об'єкту винаходу і формули .....	113
Практична робота №9. Приклади складання опису винаходу .....	116
Глосарій .....	142
Список використаної літератури .....	161

**Основи наукових досліджень:** навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня галузь знань 13 Механічна інженерія О 75 спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / В.С. Пуць, О.О. Налобіна, В.Л. Мартинюк, Герасимчук О.П. Луцьк: Відділ іміджу та промоції Луцького НТУ, 2022. 164 с.

Комп'ютерний набір та верстка: Пуць В.С.

Підп. до друку ... .. 2022. Формат 60x84/16. Папір офс.  
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк.  
Тираж ... прим.

Відділ іміджу та промоції ЛНТУ

Друк – Відділ іміджу та промоції ЛНТУ  
43018 Луцьк, вул. Львівська, 75