

*О сколько нам открытий чудных
Готовит просвещенья дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений парадоксов друг
И случай, бог изобретений*
А. С. Пушкин

Ю.В. Шабатура В.В. Присяжнюк

**ОСНОВИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ
РОБОТИ**

**Сучасні інформаційні технології
в методах аналізу проблем і
пошуках рішень творчих задач**



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

Ю. В. Шабатура, В. В. Присяжнюк

**ОСНОВИ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ
СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В МЕТОДАХ АНАЛІЗУ ПРОБЛЕМ І
ПОШУКАХ РІШЕНЬ ТВОРЧИХ ЗАДАЧ**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 001.8.07
ББК 30с
Ш12

Рецензенти:

Р. Н. Кветний, доктор технічних наук, професор

М. В. Кіндрачук, доктор технічних наук, професор

Я. І. Соколовський, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 28.10.2010 р.)

Шабатура, Ю. В.

Ш12 Основи науково-дослідної роботи. Сучасні інформаційні технології в методах аналізу проблем і пошуках рішень творчих задач : навчальний посібник / Ю. В Шабатура, В. В. Присяжнюк – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 100 с.

В посібнику розглянуто основні методи і форми наукового пізнання, сучасні інтелектуальні методи і комп'ютеризовані засоби творчого пошуку і розвитку рішень технічних проблем і задач.

Метою даного посібника є подання чітких і систематизованих знань про принципи, методи і стратегії пошуку нових ідей і технічних рішень наукових проблем і практичних задач. У ньому приведені приклади застосування різних методів і науково-технічних ефектів для вирішення технічних проблем і задач.

Навчальний посібник буде корисним для студентів, аспірантів та молодих науковців, які прагнуть сказати своє вагомe слово в науці і техніці.

УДК 001.8.07

ББК 30с

© Ю. Шабатура, В. Присяжнюк, 2011

ЗМІСТ

Передмова.....	5
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ І ФОРМИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....	7
1.1 Методи емпіричного дослідження.....	8
1.2 Методи емпіричного і теоретичного рівня наукового дослідження.....	10
1.3 Наукове пізнання з використанням фізичних моделей і приладів.....	12
1.4 Методи теоретичного дослідження в науковому пізнанні...	13
РОЗДІЛ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ТВОРЧОГО ПОШУКУ І РОЗВИТКУ РІШЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ.....	15
2.1 Передумови виникнення і розвитку методів і стратегій пошуку нових ідей і рішень технічних проблем і задач.....	15
2.2 Класифікація методів і стратегій пошуку оптимальних рішень.....	16
2.3 Антологія випадковості.....	21
2.4 Метод мозкового штурму в класичному варіанті.....	22
2.4.1 Основні положення методу мозкового штурму.....	24
2.4.2 Процедура генерації ідей.....	24
2.4.3 Процедура аналізу ідей.....	27
2.5 Метод „Дельфі”.....	29
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ МЕТОДУ МОЗКОВОГО ШТУРМУ.....	31
3.1 Загальні умови прийняття рішення про застосування методу мозкового штурму.....	33
3.2 Підготовка учасників мозкового штурму.....	33
РОЗДІЛ 4. СИНЕКТИКА. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	36
4.1 Оператори синектики.....	37
4.2 Формування синектичних груп.....	40
4.3 Навчання і підготовка синектичної групи.....	42
РОЗДІЛ 5. ЗАСТОСУВАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ЕФЕКТІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ.....	43
5.1 Форми запису ефектів.....	46
5.2 Використання графу ефекту для розробки принципів дії нових технічних систем.....	46
5.3 Приклади практичного використання різних видів ефектів.....	49
РОЗДІЛ 6. ПАРАМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ПРОТИРІЧ В ТЕХНІЦІ.....	59
6.1 Постановка пошукової задачі параметричного методу.....	59

6.2 Фізичне протиріччя.....	64
6.3 Способи усунення фізичного протиріччя.....	66
6.4 Побудова математичних моделей технічних систем.....	68
РОЗДІЛ 7. ЗАСТОСУВАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ПРИЙОМІВ В ПРОЦЕСІ ПОШУКУ РІШЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ.....	73
7.1 Практичні рекомендації до використання винахідницьких прийомів.....	79
7.2 Застосування стандартних підходів до пошуку рішень технічних проблем і задач.....	80
РОЗДІЛ 8. ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОВЕДЕННІ НАУКОВИХ ПОШУКІВ.....	83
8.1 Математичні моделі функціонування системи EUREKA.....	85
8.2 Математичні моделі критеріїв оцінки ефективності отриманих рішень.....	87
8.3 Функціональна та програмна структури системи.....	88
8.4 Інтерфейс системи та методика роботи в ній.....	90
Висновки.....	95
Література.....	97
Українсько-англійський словник.....	99

ПЕРЕДМОВА

Ідея написати книгу, яка допоможе сучасному студенту, курсанту, магістру або молодому науковцю оволодіти мистецтвом пошуку оптимальних рішень проблем і задач, яких з розвитком науки і техніки сьогодні стає дедалі більше, виникла вже досить давно. Пов'язана вона з гострою необхідністю систематизованого подання методів і стратегій пошуку нових ідей і рішень в поєднанні з можливостями сучасних інформаційних технологій, якими повинен оволодіти сучасний фахівець. Тільки у цьому випадку стає можливим по-справжньому ефективний науковий пошук з мінімальними витратами часу. Адже саме час є тим єдиним критерієм, який дозволяє оцінити сукупність всіх затрат і ефективність прийнятих рішень в остаточному підсумку.

Без будь-якого перебільшення можна вважати, що вся історія людської цивілізації – це історія винаходів. Саме світовий патентний фонд характеризує рівень сучасної цивілізації, оскільки саме у винаходах сконцентровані найбільш прогресивні, передові, практично корисні знання.

Одним з ключових моментів, які сприяли виникненню нової науково-технічної революції, є значне прискорення обміну науково-технічною інформацією. Найбільшим досягненням, яке дозволило отримати принципово нові можливості у цій галузі, стало використання інформаційних ресурсів глобальної комп'ютерної мережі Інтернет. Сьогодні можна з цілковитою впевненістю констатувати виникнення нових інформаційних технологій наукової творчості.

Використання методів, стратегій і авторських спеціалізованих програмних систем інтегрованих в Інтернет при викладанні дисципліни „Основи науково-дослідної роботи студентів” та інших споріднених з нею дисциплін показали не тільки їх високу ефективність при розв'язанні практичних задач, але і що напевне найважливіше, дозволили багатьом студентам усвідомити що і вони здатні генерувати нові ідеї та знаходити нові й по-справжньому несподівані і революційні рішення.

Ключовою метою даного посібника є подання чітких і систематизованих знань про принципи, методи і стратегії пошуку нових ідей та технічних рішень наукових проблем і практичних задач.

Головне завдання посібника спрямоване на ознайомлення і оволодіння читачем технологією правильного використання методів і стратегій пошуку рішень в поєднанні з можливостями сучасних інформаційних технологій для розв'язання технічних проблем і задач у будь-якій предметній області фахової діяльності.

ВСТУП

Фундаментальною прикметою стану розвитку світового суспільства на зламі століть є революційне прискорення науково-технічного прогресу. Сьогодні ми стали свідками того, як протягом життя одного покоління відбувається повна, а в деяких випадках і багаторазова зміна технологій і технічних пристроїв. Яскравим прикладом останніх є зміни засобів зв'язку, пересування, запису і відтворення інформації, побутової техніки і т. д. Зрозуміло, що в основі таких перетворень лежить втілення нових ідей і технічних рішень, які були запропоновані як винаходи і захищені відповідними патентами.

Як відомо [1] наука – це система накопичених знань і діяльність людей, яка направлена на отримання інформації про властивості і закономірності розвитку матеріальних об'єктів і явищ природи, на її засвоєння, переробку, подальшу систематизацію, більш поглиблене пізнання і використання в практиці із перетворення матеріальної і соціальної дійсності. Об'єктами наукових досліджень можуть бути суспільство і природа, сонячна система і всесвіт, техніка і виробництво. З іншого боку термін „Наука” відображає багатопланову діяльність людей, процес пізнання реальної дійсності і абстрактного мислення. Цікаво, але в XVIII – XIX століттях цим терміном визначали будь-яке ремесло: уміння, вчення, навички. Техніка є результатом, синтезом завершених наукових досліджень, матеріалізацією наукових ідей. Разом з тим, техніка є сукупністю знарядь і засобів праці та способів їх використання людиною на основі пізнання закономірностей розвитку природи для того, щоб здійснювати процес виробництва матеріальних благ. Сьогодні техніка є необхідною проміжною ланкою між науковим продуктом і виробництвом, тому без безперервного процесу створення нової техніки неможливий науково-технічний процес.

Система накопичених знань створює потенційну базу розвитку науки і використовується на практиці у міру необхідності. В даний час існує чимало ідей і теорій, які створюють наукове багатство, яке стимулює прискорення процесу перетворення науки в безпосередню виробничу силу. Очевидно, що в майбутньому праця людини стане експериментальною наукою, матеріально-творчою і предметно-втіленою. Тому підготовка сучасних фахівців повинна обов'язково включати в себе методи і принципи наукового дослідження і наукового пізнання.

Стратегічною задачею вищих учбових закладів у сьогоднішніх умовах є формування у випускників уміння пошуку нових ідей і наукового матеріалу, здатності приймати рішення в умовах потужного потоку науково-технічної інформації. Основним призначенням посібника і є методична допомога у вирішенні даної задачі.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ І ФОРМИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Науковий метод – це система регулятивних принципів практичної або теоретичної діяльності людини в процесі пізнання. Завдяки використанню різних наукових методів досягається висока ефективність наукової діяльності людей [2, 3].

Використання конкретного наукового метода визначається характером досліджуваного явища або об'єкта та засобів пізнання. Однак часто відбувається взаємопроникнення методів. Наприклад, математичні методи проникають в медицину, лінгвістику, економіку і т. д., методи кібернетики використовуються в медицині і т. д.

Засоби пізнання є матеріальними системами, які можуть заміщати об'єкт дослідження (при виконанні моделювання) або підсилювати можливості людини як розумної істоти, яка може: відчувати (мікрофон, телескоп, мікроскоп і т. д.); мислити (калькулятор, комп'ютер, комп'ютерна мережа); діяти (механізми, двигуни, турбіни, лазери і т. д.).

З філософської точки зору методи пізнання поділяються на узагальнені і загальні.

Узагальненим методом наукового пізнання є діалектика, яка визначає позиції дослідника, слугує основою відображення об'єкта, інтерпретації суб'єкта, процесу і результату пізнання. Даний метод працює у всіх областях науки і на всіх етапах дослідження. Послідовність процедур даного метода відображається так: чуттєве сприйняття – абстрактне мислення – досвід.

Намагаючись збільшити ефективність застосування діалектики людина на кожному етапі пізнання може збільшити свої можливості за допомогою засобів пізнання.

Загальні методи є менш інтегральними і мають звужену сферу використання. До таких методів відносять: ідеалізацію, формалізацію, аксіоматизацію (використовуються тільки на теоретичному рівні пізнання); спостереження і експерименти (використовуються в технічних науках та обмежено в математиці).

У науковому дослідженні доцільно виділити два рівня пізнання:
– емпіричний (відбувається процес накопичення фактів);
– теоретичний (відбувається узагальнення або синтез нового знання).

Згідно з виконаним аналізом усі методи наукового пізнання можна поділити на три групи:

- а) методи емпіричних досліджень; включають в себе:
 - спостереження;
 - порівняння;
 - експеримент;

б) методи, які використовуються на емпіричному і теоретичному рівнях та включають в себе:

- абстрагування;
- аналіз і синтез;
- індукцію і дедукцію;
- моделювання і використання приладів;

в) методи теоретичного дослідження, які включають в себе:

- ідеалізацію;
- формалізацію;
- аксіоматизацію.

1.1 Методи емпіричного дослідження

Наукове пізнання на основі емпіричного дослідження завжди повинно починатися зі спостереження об'єкта дослідження.

Спостереження – це систематичне і цілеспрямоване сприйняття об'єкта дослідження. Воно може здійснюватися шляхом безпосереднього спостереження за об'єктом за допомогою власних органів відчуття або за допомогою реєстрації показів різних приладів і сигналів сенсорів. Прогрес методу спостереження в сучасних умовах пов'язаний виключно з прогресом засобів спостереження, підвищенням їх чутливості, розширенням їх діапазонів вимірювань, збільшенням їх селективності, завадостійкості тощо.

Наукове спостереження повинно відповідати певним вимогам. А саме бути: цілеспрямованим, планомірним, предметним, систематичним, мати єдність умов середовища або враховувати їх зміни.

Спостереження як метод емпіричного дослідження дозволяє отримати першу інформацію про якісне і кількісне значення сукупності емпіричних тверджень. В свою чергу сукупність емпіричної інформації, подана на певному абстрактному рівні, дає первинну модельну схематизацію реальних об'єктів і є також об'єктом дослідження.

Таким чином спостережливість є однією з найважливіших рис дослідника. Разом з тим, потрібно пам'ятати, що просто спостереження без узагальнень нічого не дають. Проводячи узагальнення потрібно робити висновки.

Важливе значення в емпіричному дослідженні належить методу порівняння. Порівняння – це оцінка схожості або відмінності предметів і явищ дійсності, знаходження спільного, яке притаманне двом або кільком об'єктам.

Метод порівняння повинен задовольняти такі вимоги: порівнюються тільки такі явища, між якими існує схожість об'єктивної сутності; порівняння повинно здійснюватися за найбільш важливими суттєвими ознаками, оскільки заглиблення в несуттєві ознаки може призводити до помилкових висновків.

Різні об'єкти можуть порівнюватися безпосередньо, опосередковано або через допоміжний об'єкт. Схематично це показано на рисунку 1, а) і б).

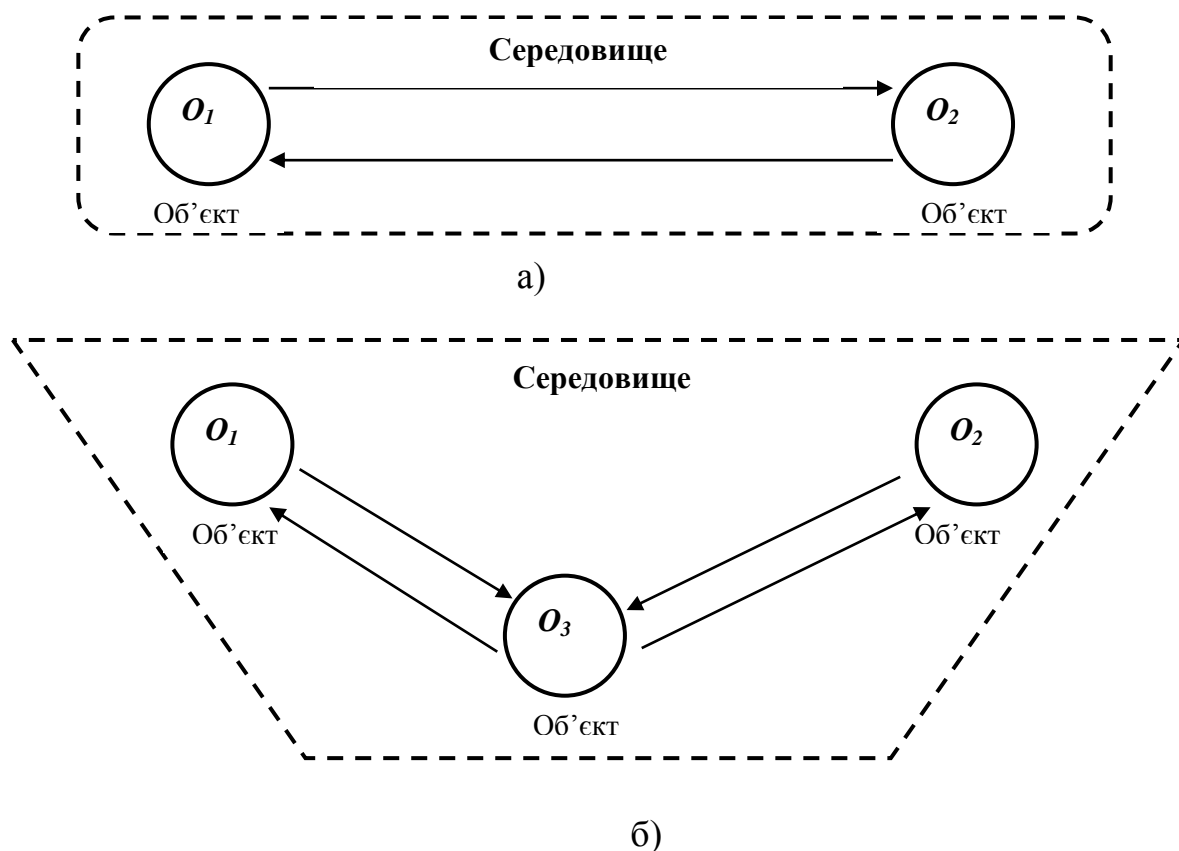


Рисунок 1 – Безпосереднє порівнювання об'єктів O_1 і O_2 (а), опосередковане порівнювання об'єктів O_1 і O_2 через об'єкт O_3 (б)

Порівнювання об'єктів з еталоном дозволяє отримати кількісні характеристики. Таку процедуру порівняння називають вимірюванням.

Інформація, яка отримується про об'єкт дослідження методом безпосереднього порівняння називається первинною інформацією, а інформація, яка отримується шляхом обробки первинної інформації, називається вторинною інформацією.

Важливим елементом обробки інформації є прийняття рішення за аналогією. Суть цієї процедури полягає в такому: якщо при дослідженні виявилось, що об'єкт дослідження O_1 має ознаки $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n, X_{n+1}$; а об'єкт дослідження O_2 має ознаки $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$; висновок – очевидно об'єкт дослідження O_2 має ознаку X_{n+1} .

Прийняття рішення за аналогією може супроводжуватися помилками: помилкою 1-го роду, яка полягає в прийнятті рішення про те, що об'єкт дослідження O_2 не має ознаки X_{n+1} в той час, коли ця ознака насправді у нього є; помилкою 2-го роду, яка полягає в прийнятті рішення про те, що об'єкт дослідження O_2 має ознаку X_{n+1} в той час, коли цієї ознаки насправді у нього немає.

Збільшити ймовірність отримання достовірної інформації можна шляхом: збільшення числа схожих ознак, вибору найбільш суттєвих ознак, вибору ознак, які мають взаємний зв'язок, врахування не тільки подібності, а і відмінностей.

Найбільш потужним засобом пізнання є вимірювання, оскільки в ньому використовується принцип кількісної оцінки. Вимірювання – це експериментальне визначення числового значення фізичної величини при її порівнянні з одиницею вимірювання цієї величини (еталоном) в результаті взаємодії об'єкта вимірювання, засобів вимірювань, методу вимірювань, людини–спостерігача і середовища.

Вимірювання дозволяє отримувати з певною точністю кількісно визначені відомості про об'єктивну реальність, приводить до відкриття нових закономірностей і розширення нашого знання про навколишній світ.

Надзвичайно дієвим методом експериментальних досліджень є науковий експеримент [4]. Експеримент – це такий метод дослідження об'єкта, коли дослідник активно і цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних або природних умов, які необхідні для виявлення відповідних властивостей об'єкта. Експеримент передбачає використання спостереження, порівняння і вимірювання.

На відміну від спостереження в експерименті передбачається:

- можливість вивчення явища в виділеному вигляді, без впливу завад;

- можливість вивчення явища в спеціальних, експериментальних умовах (надвисокі і наднизькі температури, тиски і т. д.);

- можливість повторення довільне число разів.

Метою наукового експерименту є:

- виявлення у об'єкта дослідження нових властивостей;

- перевірка правильності теоретичних гіпотез;

- демонстрація нових явищ.

Розрізняють експерименти натурні, природні і модельні. В останніх у експериментаторів є можливість дослідити вплив на об'єкт дослідження більш широкого діапазону умов середовища.

Повноцінні наукові дослідження завжди повинні містити взаємопов'язані теоретичні і експериментальні дослідження.

1.2 Методи емпіричного і теоретичного рівня наукового дослідження

Характерним методом даного рівня наукових досліджень є метод абстрагування. Абстрагування – це уявне відволікання від несуттєвих властивостей, зв'язків і відношень об'єктів та виділення декількох важливих для дослідника сторін.

В абстрагуванні виділяють два етапи. На першому етапі відділяють найбільш важливе в явищі від несуттєвих факторів, які мають незначний

вплив. На другому етапі абстрагування реальний об'єкт заміщують його моделлю.

Розрізняють такі види абстрагування:

- ототожнення;
- ізолювання;
- конструктивізм, який полягає у відволіканні від невизначеності об'єктів дослідження;
- абстракція в напрямку актуальної безкінечності, абстракція математики і логіки, тобто відволікання від незавершеності процесу утворення безкінечної множини або від неможливості його подання повним списком усіх елементів;
- абстракція потенційної можливості створення – відволікання від реальних меж людських і технічних можливостей, які зумовлені їх обмеженістю в просторі і в часі.

Абстрагування може застосовуватися до реальних і до абстрактних об'єктів. Воно може виступати як специфічний метод дослідження, як елемент таких методів як: вимірювання, експеримент, аналіз і моделювання.

На практиці використовують такі форми подання абстракції:

- лінгвістична (мова людини, мова програмування і т. д.);
- графічна (малюнок, креслення, фотографія і т. д.);
- графо-алгебраїчна (граф-схеми, логіко-алгебраїчні конструкції);
- динамічна (інтегральні і диференціальні рівняння, рівняння математичної фізики і т. д.);
- імовірнісна (теорія імовірності, надійності, масового обслуговування і т. д.);
- інформаційна (теорія кодування, інформації і т. д.);
- евристична (теорія прийняття рішень, експериментальних оцінок).

Залежно від об'єкта дослідження використовують одну або одразу кілька форм абстрагування.

Надзвичайно важливим методом наукового пізнання є науковий аналіз, який передбачає розчленування об'єкта дослідження на складові частини. Зокрема в теорії систем аналіз сприймається як оцінка показників якості системи в цілому і її окремих структурних елементів.

На противагу методу аналізу в науковому пізнанні використовується і метод синтезу. Він дозволяє здійснювати з'єднання знань окремих частин або сторін проявів об'єкта пізнання в концентроване, об'єднане знання про об'єкт в цілому.

Аналіз і синтез є діалектично взаємопов'язаними методами пізнання. Вони відображають нерозривну єдність протилежностей і можуть проявлятися у різних формах. Наприклад, в теорії систем під синтезом розуміють визначення структури, принципової схеми і технічної реалізації системи.

Аналіз і синтез можуть виражатися в таких формах:

- прямий або емпіричний, коли досліджують безпосередньо об'єкт;
- обернений або елементарно-теоретичний; базується на теоріях наслідково-причинного зв'язку різних явищ, дій або їх закономірностей;
- структурно-генетичний; потребує виділення в складному явищі елементів, які відображають основні сторони суті об'єкта дослідження.

Окремим методом наукового пізнання є дедукція. Дедукцією називають висновок або рішення, яке приймається для конкретного елемента множини на основі знання загальних властивостей всієї множини. Дедукція ґрунтується на використанні загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ. Тобто здійснюється перехід від загального до конкретного

Протилежним за напрямком отримання рішень є метод індукції. Індукція як метод пізнання ґрунтується на знаннях властивостей окремих елементів множини, на основі чого виконується висновок про властивості множини в цілому. Тобто, тут виконується перехід від конкретного до загального.

В науковому пізнанні індукція і дедукція є взаємопов'язаними методами. Метод індукції дозволяє встановити п'ять принципів причинно-наслідкового зв'язку:

1. Принцип одиничної схожості. Якщо два і більше явища мають спільною лише одну властивість, а усі інші властивості у них різні, то логічним буде висновок про те, що ця властивість є причиною даного явища;

2. Принцип одиничної відмінності. Якщо випадок, коли явище відбувається, і випадки, коли воно не відбувається, у всьому схожі, а відмінні лише в одній властивості, то ця властивість є причиною виникнення явища;

3. З'єднувальний принцип схожості і відмінності;

4. Принцип супутніх змін. Якщо виникнення або зміна одного явища завжди викликає певну зміну іншого, то ці явища знаходяться в причинному зв'язку одне з одним;

5. Принцип залишків. Якщо складне явище викликається складною причиною, яка складається з сукупності певних обставин, причому деякі з цих обставин є причиною частини явищ, то залишок даного явища викликається обставинами, що залишаються.

1.3 Наукове пізнання з використанням фізичних моделей і приладів

Історично першою схемою процесу пізнання була класична схема, яка передбачала безпосередній зв'язок суб'єкта пізнання (людини) і об'єкта пізнання. З часом встановилася опосередкована схема процесу пізнання, у якій передбачався взаємозв'язок трьох об'єктів: суб'єкта

пізнання, засобів пізнання (приладів) і об'єкта пізнання. Класична і опосередкована схема пізнання показані на рисунку 1, а) і б), відповідно.

Будь-які замітники об'єкта дослідження називаються моделями. Модель – це природний або штучний замітник об'єкта, який має спільні з досліджуваним об'єктом властивості. Сам процес дослідження і розробки моделі називається моделюванням.

Фізичні моделі – це такі матеріальні системи, які мають суттєву схожість з оригіналом при несуттєвих відмінностях. Тобто фізичні моделі є матеріальними системами, які заміщають об'єкт пізнання і використовуються як джерело інформації про нього. Тому в практиці наукових досліджень замість реальних об'єктів пізнання часто використовують їх різноманітні моделі.

Наукове пізнання шляхом застосування фізичного моделювання передбачає виконання такої послідовності процедур: постановка задачі, створення і вибір моделі, дослідження моделі, перенесення отриманих наукових знань з моделі на оригінал.

В цілому моделювання поділяють на – фізичне з збереженням фізичної природи явищ, – теоретичне (математичне) і змішане.

1.4 Методи теоретичного дослідження в науковому пізнанні

Моделювання є основним методом теоретичного дослідження [5]. На першому етапі теоретичного дослідження будується новий, або розширюється існуючий базис, тобто описується ідеальний об'єкт – модель дійсності. На другому етапі проводиться уявне або математичне імітаційне моделювання для вивчення закономірностей функціонування і розвитку моделі, доведення адекватності поведінки моделі і реального об'єкту. На третьому етапі теорія або виявлені закономірності використовуються для конструювання, проектування та використання отриманих знань на практиці. Модель потрібно створювати з врахуванням наступних основних методичних принципів:

- системності – об'єкт моделювання розглядається як система; необхідний набір елементів і її структура визначаються з врахуванням мети моделювання;

- природної специфічності – при створенні моделі об'єкта враховується специфіка його природи, фізичні процеси взаємодії між елементами;

- оптимізації – складність моделі повинна забезпечити задану достовірність і точність прогнозу на визначений період.

В рамках теоретичних досліджень використовуються методи ідеалізації, формалізації, аксіоматики.

Метою ідеалізації є уявне конструювання об'єктів, які не можуть в дійсності існувати (абсолютно чорне тіло, абсолютно тверде тіло і т. д.). За допомогою ідеалізації теоретично досягається можливість позбавлення

об'єктів дослідження деяких властивостей і одночасного наділення їх іншими, часом нереальними і абсолютно гіпотетичними властивостями.

Будь-яка ідеалізація може використовуватися лише у чітко визначених межах з критичною оцінкою можливих результатів і їх застосування на практиці.

Формалізація використовується як метод теоретичного дослідження об'єктів шляхом відображення їх структури за допомогою символів при використанні формальних мов (мова математики, хімії, фізики і т. д.).

У порівнянні з іншими методами теоретичного дослідження формалізація має ряд беззаперечних переваг:

- лаконічність і чіткість представлення об'єктів і їх властивостей;
- забезпечення єдності підходів до вирішення різних проблем;
- однозначність інтерпретації символіки;
- можливість створювати символічні моделі і вивчати реальні об'єкти і їх властивості на отриманих моделях.

Аксиоматичний метод передбачає створення теорій на основі прийняття ряду тверджень (аксіом) без доведення. Причому в створених аксиоматичних теоріях нові знання отримуються шляхом доведення, на основі прийнятих аксіом, за визначеними логічними правилами.

Контрольні запитання:

1. Сформулюйте узагальнене визначення науки?
2. Які особливості має науковий метод пізнання?
3. Наведіть класифікацію загальних методів пізнання.
4. Які групи методів можна виділити у загальному методі наукового пізнання?
5. Які особливості притаманні науковому спостереженню?
6. Що таке порівняння? Які методи порівняння ви знаєте?
7. Що таке первинна та вторинна інформація в емпіричному дослідженні?
8. Дайте визначення вимірювання.
9. Експеримент, мета наукового експерименту.
10. Абстрагування як метод наукового пізнання, види абстрагування.
11. Які форми представлення абстрагування вам відомі?
12. Метод аналізу і синтезу в науковому пізнанні.
13. Поясніть суть дедукція і індукція. Наведіть приклади їх застосування.
14. Модель та її види, фізична модель, математична модель у науковому пізнанні.
15. Методичні принципи створення моделей.
16. Формалізація та ідеалізація як форми теоретичного наукового пізнання.

РОЗДІЛ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ТВОРЧОГО ПОШУКУ І РОЗВИТКУ РІШЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ

2.1 Передумови виникнення і розвитку методів і стратегій пошуку нових ідей і рішень технічних проблем і задач

Однією з найбільш складних задач вищої школи є не тільки підготовка висококваліфікованих і всебічно розвинутих фахівців, але і виховання творчих особистостей, здатних продукувати нові ідеї, мати стійке прагнення до прогресивних змін у всіх сферах своєї діяльності. Тому питання: „Як навчити студента створювати нові ідеї, робити винаходи та відкриття?“, було є і залишається надзвичайно актуальним і важливим.

Основні підходи до вирішення цієї і споріднених з нею задач неодноразово розглядалися в ряді публікацій [6-8]. А враховуючи те, що пошуки нових знань тісно пов'язані з маловивченим явищем людської психіки, яке відоме під назвою „інтуїція“, тому в першу чергу доцільно розглянути методи і стратегії пошуку, які базуються на використанні особливостей інтуїції людини. Для цього потрібно з'ясувати передумови виникнення методів пошуку нових технічних ідей.

Методи пошуку нових технічних ідей і рішень виникли, як інструменти, які забезпечують високу ефективність праці при виконанні особливої форми виробничої діяльності, яка пов'язана з удосконалення техніки і технології. Ідеї утвердились як товар в 19 столітті. Це пов'язують з початком періоду становлення промисловості, широкого розповсюдження машин, фабричного виробництва практично у всіх галузях людської діяльності. Саме тоді виробники вперше зіткнулись з гострою конкуренцією в самій техніці. З'явилась можливість зняти обмеження, пов'язані з процесом інтенсифікації праці людей. Кожне вдосконалення в технічній сфері дозволяло суттєво змінювати продуктивність і собівартість продукції. Парадоксальна фраза Р. Бекона „Знання – сила“ набула реального змісту для багатьох людей. Збільшення попиту на нові машини, постійне прагнення збільшити їх ефективність і розширити їх можливості привело до створення нової області виробництва, яку можна назвати галуззю по створенню ідей.

Необхідність такого виділення пояснюється суттєвим збільшенням кількості людей, час і праця яких були цілком присвячені розробці і створенню нового.

Виникнення інституту винахідників – це не просто епізод, а фіксація осмислення нових цінностей суспільства.

Загострення конкурентної боротьби в умовах промислової кризи змушувало промислові компанії все більш інтенсивно здійснювати пошук нових ідей за двома напрямками: як в області удосконалення засобів

виробництва, так і в області створення нових товарів. Методичний підхід до вирішення задач, досі унікальний і до того ж мало досліджений, який застосовувався вибірково, почав приносити прибуток. Виготовлення нової техніки потребувало її розробки в ще більших розмірах і це стимулювало розробку і вдосконалення методик пошуку нових ідей.

Більший вклад в розробку методичного забезпечення процесів пошуку нових ідей було внесено на початку ХХ століття. В цей час з'явилися методи, які призначались для різних аспектів творчої діяльності.

Процеси пошуку нових ідей і розв'язання творчих задач набули характерних рис мануфактурного виробництва:

1. Процес обробки і отримання кінцевого продукту складається із ряду відносно ізольованих один від одного послідовних етапів;

2. Кожен етап обробки виконує окремий працівник або працівники, спеціально підібрані і максимально підходящі для цього по фізичним і розумовим якостям;

3. Процес навчання різко спрощується, так як зводиться до вивчення однієї операції;

4. Виконання етапів і операцій виконується за допомогою спеціалізованих інструментів;

5. З'являється необхідність в системі керування, яка визначає загальну мету роботи, ступінь деталізації, контроль виконання операцій і їх якість.

Характерним прикладом промислово-дослідницьких лабораторій того часу можна назвати лабораторію Т. Едісона. Вона була створена в м. Менло-Парк (США). За 6 років активної роботи лабораторії тут було винайдено і запатентовано понад 300 винаходів. Ще більше вдосконалив систему „виробництва патентів” А. Белл. З 1879 по 1900 рік співробітниками його компанії було отримано більше 3000 патентів. Це означає, що в середньому тут створювався новий винахід за кожних 2,5 дні. І так відбувалося на протязі 12 років.

2.2 Класифікація методів і стратегій пошуку оптимальних рішень

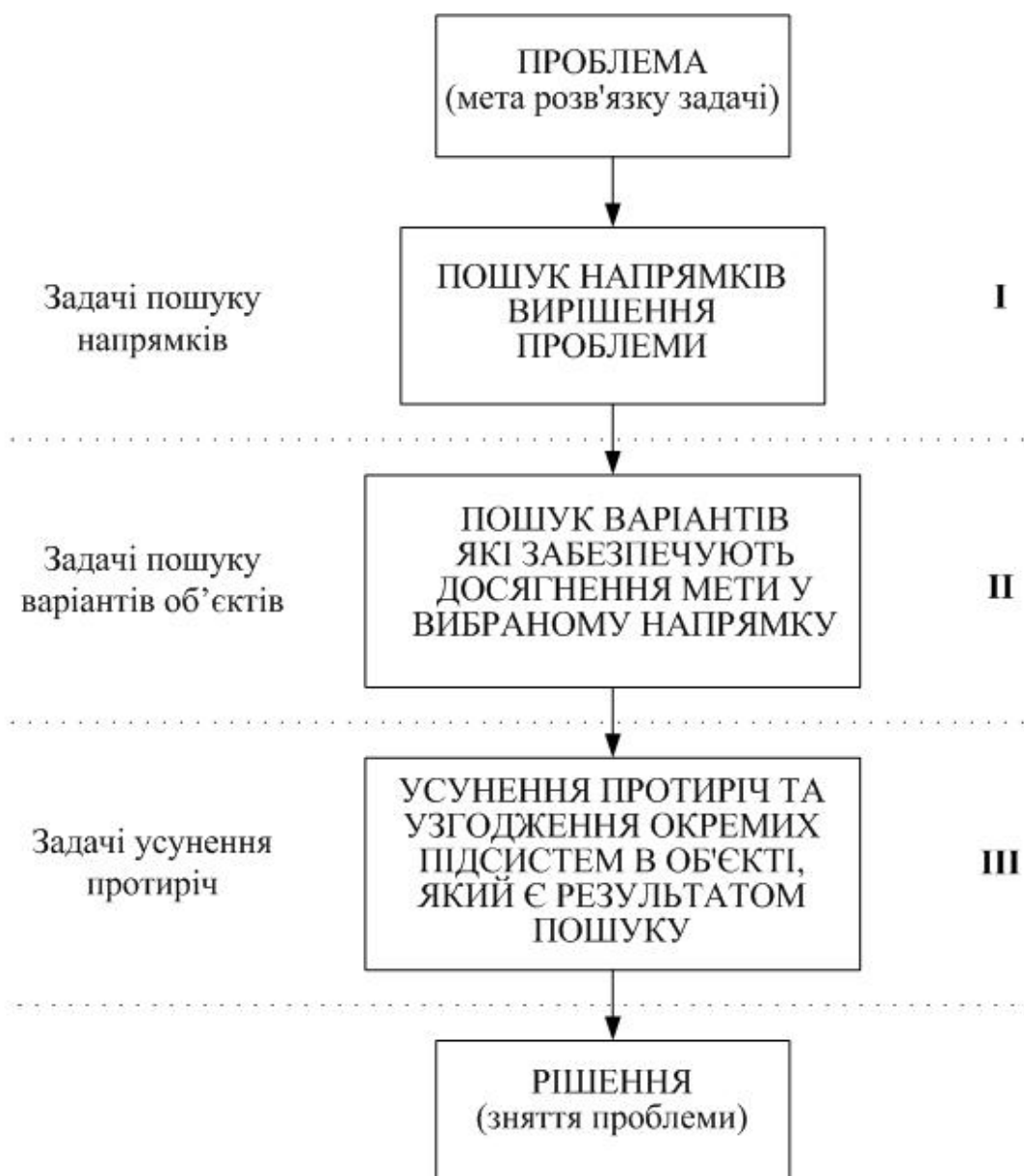
Як відомо наука починається з класифікації. Тому для розуміння особливостей наукового підходу в організації творчої діяльності найважливішим є питання про зміст етапів і операцій, на які потрібно розділити процедуру творчого пошуку.

Розглянемо таке питання як класифікація творчих задач.

Відомо [6], і це вважається загальноприйнятим, що рішення творчої задачі не може бути отримано шляхом логічного висновку із раніше відомих посилань. Це означає, що кожне, по справжньому нове рішення є унікальним і неповторним. Тоді виникає питання: „Кому і навіщо потрібно класифікувати ці об'єкти?” Така необхідність виникла при застосуванні

методів пошуку рішень. Ціле направлене застосування методів до якогось певного типу задач дозволяє найбільш ефективно організувати творчий процес пошуку і процес навчання.

На сьогоднішній день науці не відомі чіткі логічні алгоритми, які за своїм визначенням, як послідовність виконуваних операцій, дозволяли б з абсолютною гарантією отримувати рішення творчих задач. Всі алгоритми, які застосовуються в процесах пошуку творчих рішень є слабо структурованими і носять евристичний характер [9]. Разом з тим у них завжди передбачається проходження певних етапів на шляху вирішення проблеми, тобто знайдення потрібного рішення. Послідовність етапів на шляху зняття проблеми, та типи задач, які потрібно вирішувати на цих етапах показані на рисунку 2.



Рисунк 2 – Послідовність етапів зняття проблеми і типи задач, що їм відповідають

Найбільш корисною для практики є схема, в рамках якої всі типи задач співставляються з етапами загального руху від проблеми до їх вирішення.

За видами задач доцільно виділити такі основні етапи зняття проблеми:

1. Задачі пошуку напрямків;
2. Задачі пошуку варіантів об'єктів;
3. Задачі усунення протиріч.

Як правило проблему визначають як факт виникнення протиріччя між потребами і можливостями їх задоволення. Іншими словами, проблема – це відсутність можливості в задоволенні потреб. У якості етапів зняття проблеми виділені процедури пошуку напрямків, ресурсів і усунення конфліктів.

Кожний етап включає в себе синтез можливостей (розширення пошукового поля) і аналіз та відбір варіантів (звуження пошукового поля).

Пошук напрямків вирішення проблеми проводиться на початковому етапі, в момент, коли ще відсутні дані про можливі шляхи і засоби вирішення, тобто в умовах нульової або недостатньої інформації. Така ситуація може виникати як об'єктивна (принципово нова для людства мета, або комплекс обставин), так і як суб'єктивна (відсутність інформації достатньої для прийняття рішення у конкретної особи або групи людей). Причому суб'єктивна недостатність інформації є досить розповсюдженим явищем. Щорічно на перевідкриття вже відомого у світі витрачаються величезні кошти, тому розвиток і використання баз даних технічних рішень, які доступні через мережу Інтернет, а також інформатизація суспільства в цілому є надзвичайно важливою задачею.

Після виявлення спектру напрямів вибирається один, який визначається як найбільш перспективний для конкретних умов.

На наступному етапі проводиться пошук конкретного технічного засобу, який призначений для реалізації бажаної функції. Особливості пошуку тут є дещо іншими, оскільки узагальнена функціональна схема об'єкта вже відома або може бути побудована на основі доступної інформації. Основний акцент на цьому етапі приділяється виявленню можливостей і обмежень.

На третьому етапі, в рамках вже з'ясованої конфігурації об'єкта виконується гармонізація взаємного впливу його елементів і зовнішнього середовища. При цьому відбувається усунення протиріч і оптимізація параметрів.

Розглянемо схеми рішення творчих задач у відповідності із запропонованою класифікацією. При цьому стає очевидно, що кожна із трьох схем тяжіє до певного етапу. Особливості задач забезпечують можливості для розкриття стратегії творчого пошуку.

Стратегія інтуїтивного пошуку.

Послідовне висунення і перевірка ідей, гіпотез без доказу коректності кожної висунутої ідеї.

Стратегія систематичного пошуку.

Формування і визначення всіх можливостей в рамках даної ситуації. Послідовна перевірка з метою відсіювання неефективних, помилкових варіантів і їх комбінацій.

Стратегія упорядкованого, направленою пошуку.

Логічний аналіз причин, які породжують негативні явища з метою виявлення ефективного рішення.

Розглянуті види стратегій є узагальненими. Це зумовлено тим, що задачі, які відносять до категорії творчих є здебільшого дуже складними. Під час їх вирішення потрібно вирішувати багато протиріч і враховувати чимало різних обмежень. В кінцевому варіанті потрібно дати чіткі і однозначні відповіді на питання: „Що робити, за допомогою чого і яким чином?”

В даний час відома досить велика кількість методів, які базуються на кожній з виділених стратегій [9]. Групування найбільш відомих методів по стратегіям пошуку для окремих етапів зняття проблеми показано на рисунку 3.

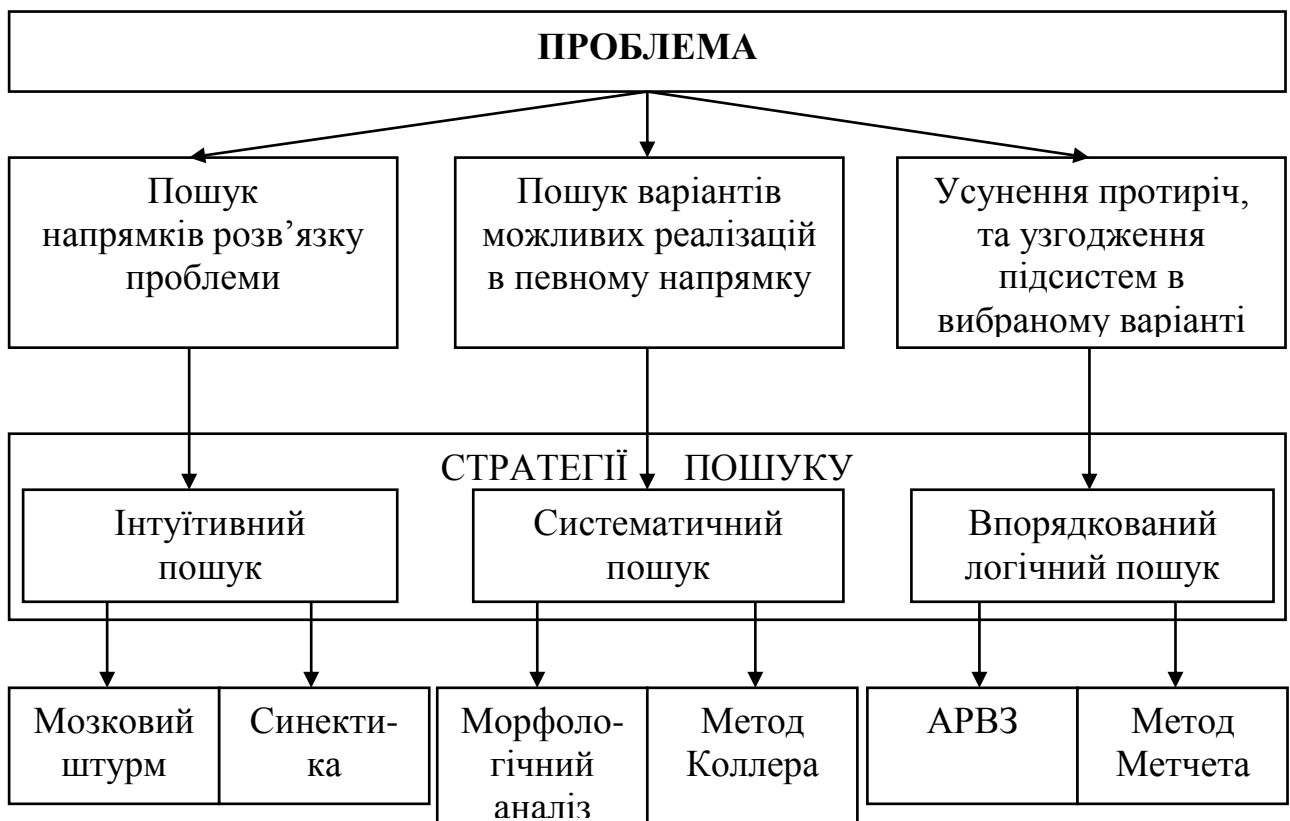


Рисунок 3 – Групування методів по стратегіям пошуку

Практика використання показала, що кожен з наведених методів забезпечує максимальну результативність пошуку саме на тих етапах, як це показано на рисунку 3. Проте в дійсності справжня творчість в

принципі неможлива без інтуїції, а разом з нею завжди залишається місце випадковості.

Практика показує, що для успішного вирішення кожного типу задач потрібно виникнення деякої особливої „суміші” із раціональної розумової і творчої складової людського мислення. Чим менше інформації доступно на початковому етапі, тим більша потреба в інтуїції. І навпаки, чим більше початкової інформації, тим більше повинна бути задіяна раціональна розумова складова.

Графічна модель взаємного співвідношення стратегій пошуку подана на рисунку 4.

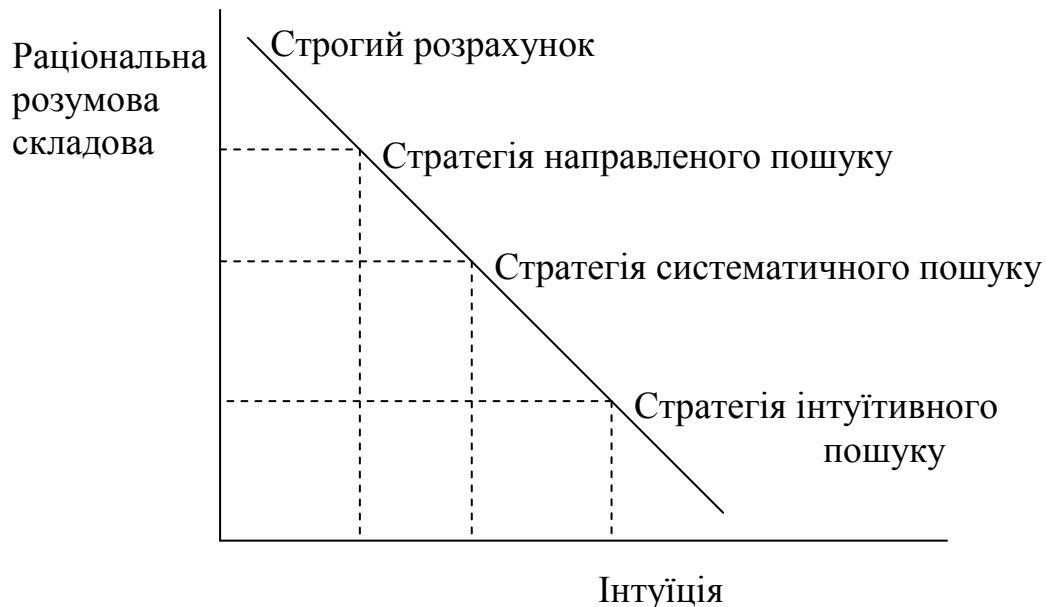


Рисунок 4 – Модель взаємного співвідношення стратегій пошуку

Незважаючи на те, що розглянуті схеми творчого пошуку були розроблені ще на початку 20-го століття і зовні виглядають досить найвними, вони показують універсальність і системність людського мислення.

В даному розділі ми зупинимось на методах, які використовують стратегію інтуїтивного пошуку. Поширена у деяких інформаційних джерелах думка про те, що інтуїтивний пошук є вчорашнім днем, що його потрібно замінити методами, які базуються на логічних висновках і використанні вже отриманої інформації. Без сумніву, розв'язування задач другого та третього етапів потребують застосування логіки і системного підходу. Без сумніву, широка та добре систематизована інформація дозволяє звести до цих етапів ряд задач, які без цього довелось би розв'язувати з нуля. А виявлення подібностей в задачах дозволяє вирішувати чимало задач за аналогією. Однак потрібно чітко зрозуміти, що не є правильною констатація неможливості творити без інтуїції, а правильним є неможливість вирішувати певні задачі без творчості. А разом

із творчістю завжди залишається і інтуїція, і випадковість. Закономірності використання інтуїції у творчому пошуку і будуть розглянуті далі.

2.3 Антологія випадковості

„Якщо не грішити проти здорового глузду,
неможливо взагалі ні до чого прийти.”

Альберт Ейнштейн

Поза всяким сумнівом є те, що ідеалізувати випадкову поведінку не варто. Розум – це великий дар і відмовлятися від нього у жодному випадку не потрібно. Однак намагатися вирішити всі задачі тільки за рахунок усвідомленої поведінки, за рахунок тверезого раціонального розрахунку, як правило, не вдається.

Працюючи над вдосконаленням власного розумового апарату, корисно пам'ятати, що він включає в себе дві складові: свідому і несвідому.

Розглянемо приклади, коли випадкова поведінка приводила до вирішення задачі, в той час, коли раціональний логічний підхід виявлявся неефективним.

Чому потрібна випадкова поведінка? Очевидно тому, що наші знання не є нескінченно невичерпними. Виникнення нових задач, зіткнення з новими умовами часто ставить людину перед нездоланими з логічної точки зору труднощами.

Відомо, що ніяка підготовка не дозволить людині завжди усвідомлено і цілком логічно поводитись у всіх ситуаціях.

Цікавий приклад зі своєї практики наводить відомий американський фахівець в галузі прийняття рішень Гордон Сью: „Якщо помістити в пусту пляшку десяток бджіл і стільки ж мух, і при цьому пляшку покласти горизонтально, дном до освітленого вікна, то ви побачите, що бджоли будуть настійливо намагатися знайти вихід через освітлене скло дна, поки не загинуть від виснаження. В той час, як усі мухи вже через кілька хвилин вилетять через горловину пляшки у протилежному кінці.

Тут очевидно, що саме їх (бджіл) любов до світла, саме їх інтелект є причиною їх смерті в експерименті.

Вони, очевидно, уявляють собі, що вихід із будь-якої неволі повинен бути там, де світло найбільш яскраве, а тому вони діють відповідним чином і уперто дотримуються логічної поведінки. Для них скло є надприродною загадкою, яку вони ніколи не зустрічали у природі, вони не мають ніяких навичок обходження з цією несподівано непроникною атмосферою, і чим вищий їх інтелект, тим більш недопустимою, більш недосяжною буде здаватися їм ця перешкода.

Дурні мухи, не переймаючись ні логікою поведінки, ні загадкою скла, не звертаючи уваги на поклик світла, судорожно мечуться вперед й назад і знаходять спасіння там, де мудріший загине.”

Цей приклад показує нам, що раніше створена система правил не завжди спрацьовує, що до досягнення мети може привести не тільки той шлях, який відомий і перевірений. Він показує, що пристосування до дійсно нового неможливе без механізмів ведення випадковості в діяльності щодо його освоєння.

Природно, що розум людини дозволяє після спостереження якого-небудь процесу, який виявився абсолютно новим і непередбаченим, провести аналіз і розробити певні рекомендації на випадок повторення схожої ситуації. А в ситуаціях, які багаторазово повторюються, правила поведінки просто необхідно знаходити. Однак можливо і протилежне, коли буде повторюватися сама непередбачуваність, сама новизна. Чи здатна людина в цьому випадку напрацювати особливі норми поведінки?

Відмова від чіткого плану завжди змушує здійснювати надлишкові дії, які одного разу можуть стати початком необхідного шляху.

Звернемось до Д. Р. Кіплінга: „Глаза у Рикки-Тикки опять стали красные, и он, приплясывая, подбежал к Карайту той особенной нервной походкой враскачку, которую унаследовал от своих прародителей. Походка забавная, но очень удобная, потому что дает вам возможность сделать прыжок под каким угодно углом. А когда имеешь дело со змеями, это важнее всего”.

У цьому простому прикладі з художнього твору автор чудово підтвердив уже сформульоване правило. Вихід із ситуації з нечіткими умовами потребує надлишкової поведінки. Мова йде про значення важливої складової інтелекту – здатність схоплювати інтуїтивні сигнали свого мозку, діяти за інтуїцією. Таким чином можна поширити отримане правило поведінки і на творче мислення, яке є комплексним процесом і обмеження його тільки усвідомленою складовою буде настільки ж штучним і нерозумним, як і обмеження процесів пошуку нового тільки випадковим підходом.

2.4 Метод мозкового штурму в класичному варіанті

„Ми закрили двері, щоб туди не ввійшло помилкове судження, але як тепер туди ввійти істині ?”

Рабіндранат Тагор

Метод мозкового штурму з'явився у США в кінці 30-х років минулого століття, а остаточно сформувався і став відомим широкому колу спеціалістів з виходом в 1953 році книги А. Осборна „Керування уявою”, в якій було розкрито принципи і процедури організації творчого мислення за даним методом [10]. Метод запропонований А. Осборном отримав назву „brain-storming” („мозковий штурм”).

Осборн більш детально розглянув загальновідому ситуацію, яку більшість із нас не сприймають як проблему. Не зважаючи на високий

інтелектуальний потенціал працівників багатьох підприємств і організацій, на багатьох з них існують важливі і актуальні задачі, які не розв'язуються протягом довгого часу. Чи винувата в цьому лише відсутність матеріальних стимулів, про які постійно говориться в останній час? Навряд чи можна вважати це єдиною причиною.

Якщо дотримуватися тактики А. Осборна, то сьогодні логічно поставити злободенне для всіх питання: „Чому ж так мало використовується творчий потенціал громадян країни для вирішення нагальних проблем, які стоять перед нею? Адже творчу спроможність має кожна людина. Відповідь була знайдена Осборном при детальному аналізі процедури включення „новачка” в процес вирішення проблем. Як правило, проблеми формулюються спеціалістами професійною мовою з залученням спеціальних термінів, на базі знань глибинних ефектів. Досконально розібратись в такій проблемі для того, щоб фахово підтримати її розгляд, не просто. До того ж ідеї, які висловлюють непрофесіонали, як правило, формулюються без додержання особливих термінів, досить часто в некоректній, нестрогій формі. Все це призводить до негативної реакції професіоналів, виникнення хвилі критики не стільки на нову ідею, скільки на форму її вираження. Судження про некомпетентність дуже швидко перероджується у висновки про відсутність творчого потенціалу, а потім і про неможливість використання конкретної людини для творчої роботи у даному напрямі.

Отже, для того, щоб ідеї були правильно сприйняті спеціалістами, вони повинні бути оформленими „за всіма правилами”, – це сьогодні є широко розповсюдженим судженням.

Осборн запропонував таку послідовність дій при пошуку розв'язання проблем:

1. Продумайте всі аспекти проблеми. Найбільш важливі із них досить часто бувають настільки складними, що для їх виявлення потрібно застосувати свою уяву;

2. Підберіть підпроблеми для „атаки”. Зверніться до списку можливих аспектів проблеми, ретельно їх проаналізуйте і виділіть кілька цілей;

3. Продумайте, які дані можуть знадобитися. Ми сформулювали проблему, тепер потрібна цілком визначена інформація. Але спочатку трохи пофантазуємо, щоб придумати можливі види засобів, які можуть допомогти якнайкраще;

4. Відберіть найбільш придатні джерела інформації. Після вирішення питання про види необхідної інформації потрібно перейти до прийняття рішення про те, які із джерел необхідно дослідити в першу чергу;

5. Придумайте всі можливі ідеї – „ключі” до проблеми. Ця частина процесу творчого мислення, без сумніву, потребує повної свободи уяви,

яка не супроводжується і не переривається критикою раціонального мислення;

6. Відберіть ідеї, які найімовірніше приведуть до розв'язання. В основному цей процес пов'язаний з логічним мисленням. Акцент тут повинен робитися на порівняльний аналіз;

7. Придумайте всі можливі шляхи для перевірки. Тут знову необхідно застосувати своє творче мислення. Досить часто вдається знайти абсолютно нові способи перевірки;

8. Відберіть основні способи перевірки, тільки ті, які здаються найбільш переконливими;

9. Уявіть собі всі можливі області застосування. Навіть якщо вибране кінцеве рішення підтверджено експериментально, ми повинні мати уявлення про те, що може відбутися в результаті його використання в різних галузях. Наприклад, кожна воєнна стратегія остаточно формується на підставі уяви про те, що може зробити у відповідь ворожа сторона;

10. Сформууйте кінцеву відповідь.

Така послідовність чергування творчих і синтезуючих, аналітичних і раціональних етапів та суджень у пошуковому полі притаманна всім розвинутим методам пошуку. Широко відомою стала більш коротка послідовність етапів, яка описана в [7] і складає суть методу мозкового штурму.

2.4.1 Основні положення методу мозкового штурму

Структурно метод досить простий. Він передбачає послідовне проходження двох періодів у процедурі розв'язування задач: на першому проходить висунення ідей, а на другому вони конкретизуються та розвиваються.

Отже метод включає в себе два основних етапи:

- етап висунення (генерації) ідей;
- етап аналізу висунених ідей.

Робота в рамках цих етапів повинна виконуватись при виконанні ряду основних правил. На етапі генерації їх три:

1. Заборона критики;
2. Заборона обґрунтування висунутих ідей;
3. Заохочення всіх висунутих ідей, включаючи нереальні і абсолютно фантастичні.

На етапі аналізу основним правилом є виявлення раціональної основи в кожній ідеї, яка аналізується.

2.4.2 Процедура генерації ідей

Для участі в етапі генерації доцільно залучати людей, які відрізняються гарними творчими здібностями, швидким мисленням, легко

і швидко вникають у суть нових ситуацій, мають високу гнучкість у можливості швидко переключити увагу з одного аспекту діяльності на інший. Такі особистості зручно умовно називати „генераторами”.

Для „генераторів” важливим є вміння працювати з уже відомим матеріалом, постійно змінюючи систему критеріїв його оцінки, відмовляючись від традиційних підходів.

„Генератор” завжди повинен бути оптимістом, який налаштований на те, що найкраща ідея ще попереду.

... Відкриємо двері і непомітно зайдемо до кімнати, де проходить етап генерації. Ми побачимо, що учасники розміщені за великим круглим столом.

Виділяється тільки ведучий – навпроти його крісла стоїть годинник – таймер. „Генератори” вільно розмістились в кріслах. Ідеї висуваються у випадковій послідовності, лише зрідка ведучий організовує порядок їх висунення. Обстановка нагадує дружню розмову, однак помітно, що темп висловлення досить високий. В середньому за хвилину висувається 4-5 ідей-пропозицій. Звичайно, всі висловлювання достатньо лаконічні, часто це незакінчені фрази, інколи одне слово. Так працює група „генераторів”, яка спеціалізується на розв’язуванні задач методом мозкового штурму.

Непомітно пролітають тридцять хвилин, етап генерації закінчено. За цей час висувається кілька десятків ідей. Але що відбувається всередині цього процесу, зовні такого легкого і зрозумілого? Які механізми задіяні, які операції здійснюються? Розглянемо ці питання більш детально.

Для того, щоб зрозуміти все, що відбувається, розглянемо, що відбувається в той момент, коли усвідомлюється неможливість розв’язання поставлених задач відомими підходами.

Загальновідомо, що всі живі організми реагують на зміну зовнішнього середовища, намагаючись при цьому опинитися у вигідному для себе становищі. Так робить і людина. Однак спеціалізація, яка виникла у зв’язку зі збільшенням кількості технічних засобів, не дозволяє знаходити кожній людині абсолютно правильні варіанти вирішення конкретної проблеми. При цьому зауважимо, що кожен зі спеціалістів володіє досить вузьким колом засобів. І кожен зі спеціалістів повинен бути саме там, і саме в той момент, де і коли потрібно застосувати його знання.

Отже спеціаліст – це людина, яка знає, якими засобами можна досягнути задоволення тієї чи іншої потреби. А що таке творча, пошукова задача? Це коли спеціаліст повинен задовольнити потребу, але у нього немає для цього засобів. При цьому можливі дві ситуації:

а) спеціаліст діє у вірному напрямку. Використовувані ним засоби в цілому правильні, але недостатні. Для того, щоб розв’язати задачу необхідно розвивати її далі, застосовувати арсенал відомих в даній області засобів, і можливо зробити нові відкриття і винаходи;

б) спеціаліст використовує звичні йому засоби, які не дають потрібного ефекту, однак він не знає про наявність інших більш

ефективних в даному випадку засобів, які знайомі спеціалістам іншого профілю. У цьому випадку задачу такому фахівцеві навряд чи вдасться вирішити і тільки за щасливого збігу обставин вона може бути вирішеною.

Метою мозкового штурму і є пошук якомога ширшого спектру напрямків розв'язку задачі і вибір серед них оптимального.

Саме недостатність знань викликає ситуацію „неповної орієнтації” спеціаліста, який шукає розв'язання задачі. „Неповна орієнтація” спричиняє утруднення в застосуванні логічних засобів. Зрозуміло прагнення спеціалістів побачити і зрозуміти закономірності розв'язання творчих задач, для того, щоб користуватися ними при виникненні подібних ситуацій. Тому намагання відобразити механізм пошуку таких закономірностей і лежить в основі робіт зі створення цілого ряду методів пошуку рішень творчих задач.

Сьогодні є цілком очевидним той факт, що повна система закономірностей у розв'язку творчих задач ще не побудована і навряд чи буде побудована коли-небудь, це є зрозумілим з самого означення творчості. Розв'язання таких задач не може відбуватися без „евристичних стрибків”, „розривів в логіці” і інших означень застосування інтуїтивної, алогічної роботи.

І теоретичні, і експериментальні дослідження показують, що при розв'язанні досить складних творчих задач „повна орієнтація” є просто неможливою, і єдиний спосіб розв'язування задачі – діяти на основі „неповної орієнтації”.

Доцільно виділити два види „неповної орієнтації”:

– випадки, коли така орієнтація є лише результатом дій за безпосереднім враженням. Вони в принципі можуть бути замінені повною орієнтацією;

– випадки, коли складність ситуації і обмеження розроблених наукою понять і методів не дозволяють скласти повністю орієнтовану основу дій навіть при найдосконалішому навчанні.

В результаті багатьох досліджень [11] було виявлено і принципові недоліки методу. Їх аналіз дозволив виділити два основних.

1. Відсутність чітких правил роботи – „безтолковість” пошуку підноситься як принцип, недоліки якого компенсуються кількісним фактором – задачу штурмують „гуртом”.

2. Відсутність критеріїв, які дозволяють оцінити рівень висунутих ідей. Це часто призводить до „проскакування” по-справжньому цінних ідей, що в результаті призводить до розвитку хибних напрямків.

Суттєвим є положення про те, що мозковий штурм, а тим більше етап генерації ідей, є не методом вирішення проблем, а методом пошуку альтернативних напрямків розв'язання проблем. Подібний пошук проводиться на початковому етапі вирішення, в момент, коли немає даних про можливі шляхи і засоби розв'язання, тобто в умовах нульової або недостатньої інформації.

Отже мозковий штурм – це перш за все метод, який забезпечує підтримку на початковому етапі розв’язання проблеми, на етапі, який характеризується відсутністю або недостатньою кількістю інформації. У таких випадках застосування механізмів логічного підходу є досить складним. Також можна підкреслити, що некерованість, хаотичність „безтолковість” пошуку за даним методом є його перевагою, яка дозволяє отримувати цінні результати в умовах відсутності інформації.

В загальному випадку процес генерації ідей складається з двох важливих складових:

- висунення ідей, які показують нові напрями вирішення проблеми;
- висунення ідей, які розвивають вже запропоновані напрями.

Ідеї, які висуваються на етапі генерації, оформляються в спеціальному протоколі, де відбувається їх первинна розшифровка. Вона полягає у розширеному описанні висловлювань учасників, наданні їм правильної завершеної форми. На цьому етапі генерації закінчується.

2.4.3 Процедура аналізу ідей

До учасників етапу аналізу ідей можна висунути широкий спектр вимог. Природно, що вони повинні бути інтелектуалами, володіти логічним, упорядкованим мисленням, при цьому логіка у „аналітиків” повинна гармонійно поєднуватися з терпимістю в сприйнятті нових підходів. Важливо, щоб „аналітики” не мали почуття ревності до чужих ідей. Ці люди повинні володіти почуттям підвищеної відповідальності за доручену справу. Вони, без сумніву, повинні бути оптимістами, але їх оптимізм повинен ґрунтуватися на припущенні, що найкраща ідея – це та, яка розглядається в даний момент. Задача „аналітика” – знайти раціональне зерно у будь-якій, навіть найабсурднішій ідеї, раціональне зерно.

Основні принципи, на яких базується робота аналітика, – це узагальнення і конкретизація. Тому найважливішою рисою, за якою потрібно виконувати відбір до цієї групи, є наявність творчих здібностей в учасників. По суті назва даного етапу маскує той факт, що, як і на етапі генерації, на етапі аналізу ми маємо справу з широкомасштабним висуненням нових ідей. Різниця полягає лише в тому, що на етапі генерації висунення нових ідей здійснюється на основі інтуїтивного пошуку, в той час як на етапі аналізу відбувається усвідомлене висунення пропозицій, які розвивають і конкретизують раніше запропоновані ідеї.

Зауважимо ще одну дуже важливу якість, яка необхідна „аналітику” – це витримка і вміння розподіляти свої сили на тривалий термін. Адже якщо роботу „генератора” можна порівняти зі спринтером, який вкладає всі свої сили в короткий ривок, то „аналітик” – це, без сумніву, стаєр. Етап аналізу протікає протягом тривалого часу, розтягуючись інколи на декілька днів. Протягом всього цього часу відбувається виконання

замкненої послідовності операцій, які повторюються під час аналізування ідей, що запропоновані на етапі генерації.

Послідовність операцій під час аналізування ідей показана на рисунку 5.

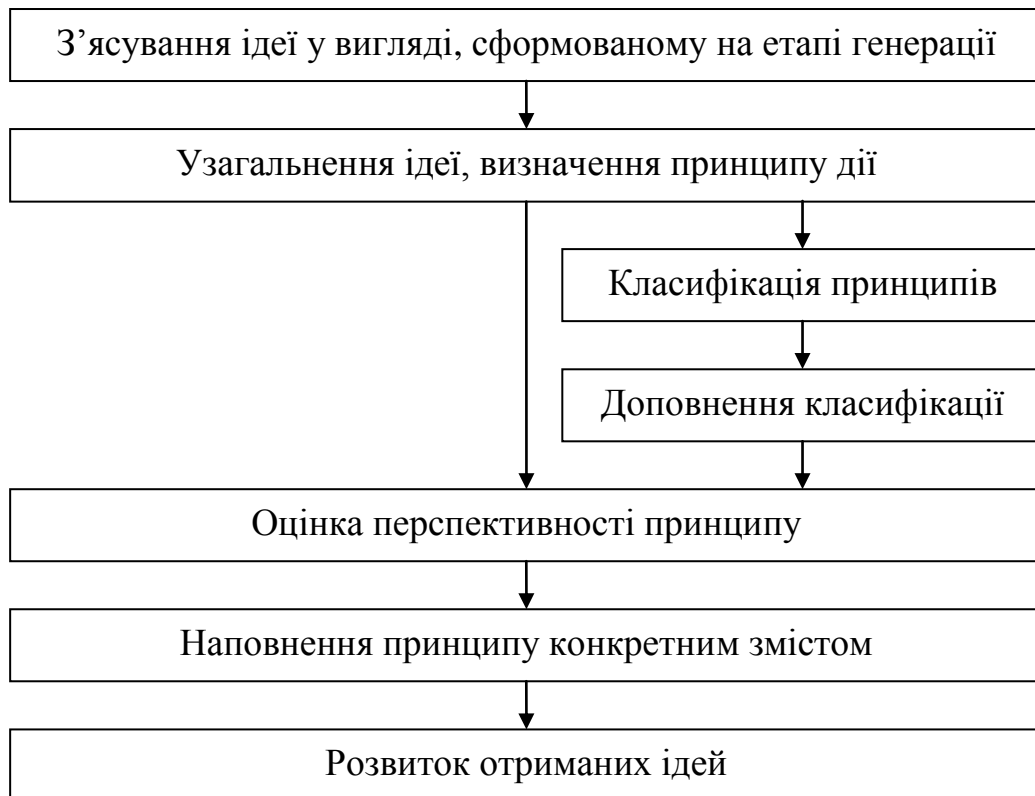


Рисунок 5 – Послідовність операцій на етапі аналізу ідей

Узагальнення ідеї здійснюється для того, щоб звільнити пропозиції від зовнішніх, відволікаючих, різного роду емоціональних моментів, шляхом заміни їх на нейтральні конструкції. Тренування такого уміння є дуже важливим для аналітиків, оскільки дозволяє спокійно і конструктивно розглядати будь-які пропозиції і висловлювання. Виявлення раціональної основи забезпечує порівняння між собою не „оболонок”, не зовнішнього вираження форми, а внутрішнього змісту пропозицій, дозволяє виконувати їх класифікацію. В процесі класифікації досить часто відбувається доповнення системи принципів, які були запропоновані на етапі генерації.

Кожний із висунутих принципів оцінюється на перспективність, доцільність реалізації з врахуванням існуючих в даній системі обмежень. Принципи, які пройшли цей етап відбору, розвиваються „аналітиками”, тобто відбувається процес їх конкретизації. Цей процес допускає наповнення абстрактної ідеї галузевим, специфічним змістом, і усунення виникаючих труднощів.

На практиці етап аналізу може відбуватись комбіновано: частково під час збору всієї групи, частково на робочих місцях аналітиків. В цій ситуації ведучий виконує додаткову комунікаційну роль. Для узгодження діяльності аналітиків доцільно застосовувати метод „Дельфі” [6].

2.5 Метод „Дельфі”

Метою методу „Дельфі” є отримання узгодженої інформації з високим ступенем вірогідності від групи експертів, тобто підвищення вірогідності колективних експертних оцінок.

Метод був розроблений співробітниками американської фірми „Ренд корпорейшен” О. Холмером, Т. Гордоном та іншими. При розробці методу була зроблена спроба усунути протиріччя, які виникають під час організації роботи групи експертів. Так, було з’ясовано, що якщо опитувати експертів незалежно один від одного, то можливі відхилення їх оцінок у дуже великих межах, а якщо дозволити експертам взаємодіяти, обмінюватись думками в процесі роботи, то це може привести до появи оцінок, нав’язаних авторитетом колег.

В методі „Дельфі” здійснюється процедура, яка забезпечує обмін інформацією про аргументацію і відповіді, без безпосередньої взаємодії експертів один з одним. Прямі дискусії експертів замінюються індивідуальними опитуваннями, які здійснюються за чітко визначеною програмою в декілька етапів. Метод „Дельфі” дозволяє зменшити вплив притаманного експертам конформізму, пов’язаного з побоюванням суперечки з авторитетними колегами, усунення можливих конфліктних ситуацій, атмосфери емоційного дискомфорту. Вважається, що метод „Дельфі” найбільш придатний у тих випадках, коли до роботи залучаються експерти, які компетентні не з всієї проблеми, а з її різних складових.

Питання формулюється таким чином, що відповіді на них обов’язково повинні подаватися в кількісній формі. Зібрані відповіді піддають статистичній обробці. Отримані узагальнені відповіді розсилають кожному експерту з проханням переглянути і уточнити свої висновки, якщо він вважатиме це потрібним. Ця процедура повинна повторюватись кілька разів.

Опитування експертів проводиться за такими етапами:

1. Уточнення об’єкта опитування (модель об’єкта, список параметрів моделі, формулювання питань, склад групи експертів) і отримання нових думок, рекомендацій, шляхів нових підходів до вирішуваної проблеми. На даному етапі використовуються запитання відкритого типу (якісні оцінки). Мета даного етапу – зібрати всю об’єктивну інформацію про досліджуваний об’єкт, процес або ситуації і виділити найбільш суттєві характеристики і обмеження;

2. Імовірнісна оцінка робочої моделі, її характеристика, фактори, які впливають на неї і т. д. На цьому етапі, як правило, отримують від

експерта всю інформацію, необхідну для вироблення рішень, але ця інформація часто не може бути використана через неузгодженості експертних оцінок;

3. Узгодження оцінок експертів. На відміну від попередніх цей етап може повторюватись декілька разів, доки не буде досягнуто достатньо узгоджених думок у групі експертів.

Після завершення кожного етапу проводиться статистичне оброблення і аналіз результатів опитування. Відповіді групуються за ознаками, проводиться впорядкування отриманих оцінок. Потім обчислюється медіана і розмах – величина, яка показує на числовій шкалі відстань, в межах якої беруться оцінки. Цей інтервал містить 50% всіх оцінок; він не включає в себе 25% самих високих і 25% самих низьких оцінок.

Перед кожним наступним етапом експертів інформують про результати попереднього етапу, а якщо їх оцінки виходять за величину прийнятого розмаху, то їм пропонують обґрунтувати свою думку.

Результати опитування обробляються і знову доводяться до відома всіх експертів з пропозицією перегляду оцінок. Практика застосування методу показує, що, як правило, достатньо трьох етапів для отримання добре узгоджених оцінок експертів.

Контрольні запитання

1. Наведіть класифікацію творчих задач.
2. Які основні етапи можна виділити у процесі вирішення проблеми?
3. Розкрийте суть стратегії інтуїтивного пошуку.
4. Розкрийте суть стратегії систематичного пошуку.
5. Розкрийте суть стратегії упорядкованого, направленого пошуку.
6. Що означає антологія випадковості?
7. Історія виникнення та розвитку методу мозкового штурму.
8. Яка послідовність дій запропонована А. Осборном у методі мозкового штурму?
9. Які основні етапи передбачені у методі мозкового штурму?
10. Що таке „неповна орієнтація” спеціаліста та її види?
11. Поясніть особливості процесу генерації ідей та його складові у методі мозкового штурму.
12. Які задачі та функції передбачені для „аналітиків” у методі мозкового штурму?
13. Яка послідовність операцій на етапі аналізу ідей?
14. Поясніть суть методу „Дельфі”.
15. Розкрийте особливості процедури опитування експертів у методі „Дельфі”.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ МЕТОДУ МОЗКОВОГО ШТУРМУ

Для успішного застосування методу мозкового штурму обов'язково потрібен ведучий. Його роль при проведенні мозкового штурму багатозначна і складна. А. Осборн пропонував вибирати ведучих серед людей з високою творчою активністю, яка поєднується з доброзичливістю відносно ідей інших людей. Крім того, ведучий повинен користуватись авторитетом серед тих, з ким він має працювати. На довершення потрібно додати, що ведучий має сумішати в собі ті позитивні якості, які просто необхідні для роботи як „аналітика”, так і „генератора”.

На практиці було з'ясовано, що найважливішими його якостями має бути швидкість реакції, багатство асоціативних зв'язків, легкість генерування ідей у поєднанні з добрими аналітичними можливостями, тверезий раціональний розум.

Підбір людей, які володіють такими якостями, є складним і не завжди приводить до отримання „ідеального” ведучого. Повноцінна підготовка ведучого потребує досить багато часу. В цілому ведучий має виконувати такі процедури:

- приймати рішення про доцільність застосування методу мозкового штурму для пошуку розв'язання конкретних задач;
- проводити відбір учасників;
- навчати учасників необхідними правилами роботи;
- формувати проблему з урахуванням кваліфікації і особистих якостей учасників етапу генерації ідей;
- організаційно забезпечити діяльність учасників під час етапів генерації і аналізу ідей;
- проводити класифікацію і оцінку ідей;
- проводити аналіз результатів штурму, використовувати їх для самовдосконалення.

Найважливіша частина роботи ведучого – формування групи учасників мозкового штурму. Успіх роботи залежить в першу чергу від результату цього відбору. Стандартним шляхом організації оптимальної групи є відбір людей на основі їх психологічного тестування. Існує багато тестів, які призначені для виконання даної задачі, але ні один із них не претендує на повноту і достовірність.

Виділяють чотири найбільш важливих для учасників етапу генерації фактора, які впливають на результативність здійснення творчого процесу:

1. Оригінальність – здатність продукувати оригінальні асоціації, незвичайні відповіді;
2. Семантична гнучкість – здатність виділити функції об'єкта і запропонувати його нове використання;

3. Образна адаптивна гнучкість – можливість змінювати форму стимулу так, щоб побачити нові можливості;

4. Семантична спонтанна гнучкість – можливість продукувати різноманітні ідеї в відносно обмеженій ситуації.

В даний час використовується багато тестів, які дозволяють визначити рівень відповідності потенційних претендентів на участь у мозковому штурмі даним факторам.

Розглянемо приклади таких тестів.

Тест на оригінальність.

Пропонується деякий текст (3-6 рядків), досліджуваний має запропонувати якомога більше назв до нього.

Приклад.

До імператора Наполеона прийшла мати одного солдата, засудженого на смерть, і просила про помилування.

„Він засуджений по-справедливості”, – суворо сказав імператор.

„Я прийшла просити не справедливості, а милосердя”.

„Ваш син не заслуговує милосердя”.

„Государю, – тихо промовила мати, – милосердя не заслуговується, його виявляють...”

Ці слова глибоко зворушили серце Наполеона, і злочинець був прощений.

Тест на семантичну гнучкість.

Пропонується ряд об’єктів, за допомогою кожного необхідно вирішити поставлену задачу.

Приклад.

Завдання – розпалити вогонь у поході. Доступні такі об’єкти:

а) авторучка;

б) калькулятор;

в) наручний годинник;

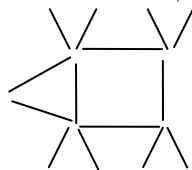
г) лампочка;

д) кулька.

Тест на образну адаптивну гнучкість.

Приклад:

„Сірникова” корова. Необхідно за допомогою переміщення мінімального числа сірників заставити її дивитися у протилежну сторону.



Тест на семантичну спонтанну гнучкість.

Досліджувані повинні запропонувати всі можливі способи застосування будь-яких предметів (наприклад, використання аерозольних балончиків, прищіпки, канцелярського клею і под.)

Для відбору „аналітиків” пропонується дещо інший підхід, який передбачає оцінку здатності до загостреного сприйняття недоліків, прогалин, відсутніх елементів, дисгармонії. Тут творчі можливості оцінюються за такими показниками, як швидкість, гнучкість мислення, прагнення до вдосконалення.

3.1 Загальні умови прийняття рішення про застосування методу мозкового штурму

Рішення про застосування методу приймають з урахуванням двох складових: класу задачі і наявності спеціалістів, які кваліфіковано підготовлені для використання даного методу пошуку.

Універсальність методу обернено пропорційна його ефективності. Тому недоцільно застосовувати мозковий штурм для розв'язання задач пошуку оптимальної конфігурації об'єкта або усунення конкретних протиріч розвитку технічних систем.

Основною галуззю застосування методу мозкового штурму є пошук рішень в недостатньо досліджених областях знань, пошук нових напрямків вирішення проблеми. Метод рекомендується використовувати також для пошуку нових сфер застосування уже існуючих пристроїв або матеріалів, а також з метою виявлення недоліків уже створених пристроїв. Разом з тим, в цілому, мозковий штурм може застосовуватись для розв'язання широкого кола задач.

3.2 Підготовка учасників мозкового штурму

В підготовці учасників розрізняють інструктаж і навчання учасників мозкового штурму. Інструктаж проводять перед етапами, при цьому учасникам пояснюють їх задачу, обмеження, наводять приклади вдалої і невдалої діяльності.

У загальній підготовці навчання передбачає ознайомлення з передумовами та історією виникнення мозкового штурму, його теоретичними положеннями. Для практичної підготовки доцільно проводити два мозкових штурми, на початку і в кінці навчання. Поділ аудиторії на „генераторів” і „аналітиків” не проводиться. Тему штурму доцільно брати з області, не пов'язаної з практичною діяльністю слухачів. Це дозволяє зняти психологічні бар'єри і тим самим істотно зменшити почуття відповідальності за ідеї, висловлені на етапі генерації. На етапі аналізу це дозволяє обмежитись поверхневим розглядом кожної ідеї, а отже істотно зменшити витрати часу на аналізування.

Перед формування проблеми її потрібно попередньо опрацювати і подати у формі, найбільш зручній для сприйняття спеціалістами, які беруть участь у проведенні мозкового штурму.

Застосовують такі види формування проблеми:

- в тому вигляді, як вона подана;
- у вигляді проблеми-аналога (наприклад, із однієї області техніки);
- в загальному вигляді;
- на рівні фізичних взаємодій елементів системи.

Потрібно пам'ятати, що будь-яка проблема може бути сформульована з різним ступенем конкретності. На кожному рівні вона може формуватись як проблема із різних областей техніки. Структурна схеми варіантів формування проблем подана на рисунку 6.



Рисунок 6 – Варіанти формування проблеми на різних рівнях

В таблиці 1 подано види формулювань проблем, які застосовуються з урахуванням конкретних умов і особливостей учасників штурму.

Психологічні якості „генераторів” характеризуються їх умінням генерувати нові ідеї при різному рівні суб’єктивних перешкод. За цією ознакою їх поділяють на активних, тіньових і інертних генераторів.

Активний генератор – людина, яка активно генерує ідеї для запропонованої теми за присутності третіх осіб і навіть при наявності критики.

Тіньовий генератор – людина, яка активно генерує ідеї за умови індивідуальної роботи.

Таблиця 1 – Формулювання проблеми залежно від умов і особливостей учасників мозкового штурму

Психологічні особливості	Професіоналізм	Рівень опрацювання	Формулювання проблеми
Активні генератори	Спеціалісти в даній галузі	Нова проблема	Проблема в початковому формулюванні
		Початкове опрацювання проблеми	Проблема – аналог, антипроблема
		Нерозв’язана проблема	Формулювання в узагальненому виді
	Спеціалісти в іншій галузі	Нова проблема	Фізичний рівень
	Дилетанти (студенти, школярі і т. д.)	Нова проблема	Формулювання в узагальненому виді
Тіньові генератори	Спеціалісти в даній галузі		Формулювання в узагальненому виді
Інертні генератори	Спеціалісти в даній галузі		Проблема – аналог

Інертний генератор – людина, яка налаштована на творчість, але яка, разом з тим, не має досвіду генерації ідей і не претендує на лідерство.

В процесі безпосередньої підготовки до проведення мозкового штурму ведучий повинен опрацювати різні варіанти формулювання проблеми і послідовно вводити їх у процесі генерації і аналізу.

Контрольні запитання

1. Ведучий процесу мозкового штурму. Функції ведучого.
2. Фактори, які впливають на результативність творчого процесу при використанні мозкового штурму.
3. Область застосування методу мозкового штурму.
4. Класифікація формування проблем.
5. Характеристики активних, тіньових і інертних генераторів.

РОЗДІЛ 4. СИНЕКТИКА. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Створення методу мозкового штурму було не єдиною спробою вирішити задачу підвищення творчої спроможності людей.

В 1961 р. в США вийшла книга Уільяма Гордона „Синектика: розвиток творчої уяви”. Книга відкрила нову главу в історії створення методів пошуку нових ідей [12].

Слово „синектика” походить з грецького і означає з’єднання в єдине ціле різних, а інколи навіть несумісних елементів.

Ідеї синектики полягають в з’єднанні окремих творчих особистостей у єдину групу для спільної постановки і розв’язання конкретних задач. Метод включає практичний підхід до прийняття свідомих рішень і використання механізмів підсвідомості, які проявляються у людини в момент творчої активності.

Загальною метою метода є підвищення ймовірності досягнення успіху при постановці і розв’язанні творчих задач. Даний метод спростовує традиційну точку зору, згідно з якою вважається лідируючою індивідуальна геніальність. Однак такий підхід вимагає методів об’єктивного контролю і вимірювання творчості, що поки що є неможливим. Оскільки ніхто не може сьогодні дати чіткої відповіді на питання: „Як виявити і виміряти ту таємничу субстанцію, яку ми називаємо творчістю?”

Метод пропонує враховувати дуалізм сучасних поглядів на природу творчості. З одної сторони вона сприймається як неусвідомлювана глибина хаосу і унікальності кожної особистості, з іншого боку – вона потребує системи навчання, вимірювання і контролю. Спроби об’єднати такі погляди привели до ідеї „групового мислення”, яка і стала суттю синектики.

„Синектори” об’єднуються в групи, від них вимагається висловлювати свої думки і почуття, які виникають під час розгляду проблеми. Це дозволяє винести елементи надскладного процесу індивідуальної творчості на загальний розгляд, після чого вони порівнюються з іншими і аналізуються.

Ключовим моментом синектики, який відрізняє її від методу мозкового штурму, є сам підхід до процесу пошуку рішення проблеми.

В синектиці результати рішення проблеми раціональні, хоча сам процес, який приводить до рішення, є нераціональним. В групі „синекторів” важливою є відмова від стандартних підходів, спроби кожного учасника взяти на себе найбільшу частину труднощів. Вважається, що витонченість рішень, які запропоновані групою, є функцією від притаманного учасникам різноманіття знань, інтересів, емоціональних особливостей. Причому саме рівень емоціональності є важливим критерієм для відбору учасників.

Відбір групи „генераторів” для проведення мозкового штурму проводиться шляхом відбору активних творчих особистостей, які володіють різного роду знаннями. Їх емоціональні типи не враховуються. В синектиці, навпаки, скоріше буде вибрано дві людини з однаковим багажем знань, якщо при цьому у них будуть значні відмінності в емоціональному статусі.

Відхід від спеціалізації, включення в групу професіоналів з різних областей знань дозволяє працювати над проблемою з самих різних точок зору. А враховуючи те, що створити групу, компетентну у всіх галузях науки і техніки, є практично неможливим, часто до складу такої групи додатково включається експерт з потрібної області знання. Залежно від ситуації він дає необхідні пояснення, або виявляє і показує слабкі сторони висловлених пропозицій.

Найважливішим елементом синектичного процесу є практична реалізація отриманих в процесі роботи ідей. Синектори повинні брати участь у практичній роботі із впровадження отриманих рішень. Це вважається життєво необхідним процесом для підтримання їх в хорошій формі. Без практики процес мислення замикається на абстракціях, а вони ведуть до ще більших абстракцій і невизначеності.

4.1 Оператори синектики

Синектика визначає творчий процес як розумову активність в ситуаціях постановки і розв’язання проблем, де результатом є художнє або технічне відкриття чи винахід. Оператори синектики визначають як конкретні психологічні фактори, які підтримують і стимулюють весь творчий процес. Їх потрібно відрізнити від психічних станів – таких, як емпатія, захопленість, гра і т. п. Психологічні стани є основою творчого процесу, але ними не можна керувати.

Оператори синектики, завдяки механізму своєї дії, призначені для спонукання і активізації цих складних психічних станів. Адже в процесі розв’язання задачі немає сенсу пробувати переконати себе бути більш творчим, захопленим або допускати очевидні невідповідності. Для цього необхідно дати засоби, які дозволяють досягнути бажаного.

В цілому, синектичний процес включає в себе два базових процеси:

- перетворення незнайомого в знайоме;
- перетворення знайомого в незнайоме.

Розглянемо детальніше кожен із цих процесів.

Перетворення незнайомого в знайоме

Перше, що робить людина перед якою стоїть певна проблема – намагається її зрозуміти. Це дуже важливий етап роботи, він дозволяє людині звести дану ситуацію до вже випробуваних, і відомих. Людський розум досить консервативний, і тому будь-яка незрозуміла річ або поняття

він сприймає з точки зору особистої загрози. Тому потрібний аналіз, який може „проковтнути” цю незрозумілість, підвести під неї уже відому базу і дати пояснення в рамках звичної моделі. Для початку повинні бути вказані конкретні пропозиції, хоча в подальшій роботі розуміння проблеми буде змінюватися.

Процес перетворення невідомого в відоме передбачає велику кількість рішень, але потребує новизни. Останнє досягається завдяки використанню нової точки зору на проблему. Більшість із проблем не є принципово новими, тому є сенс зробити їх новими і тим самим створити потенціал для виходу на нове розв’язання.

Перетворення знайомого в незнайоме

Перетворити знайоме в незнайоме – значить спотворити, перевернути, змінити звичний погляд і реакцію на об’єкти і явища. Відомо, що кожна людина бачить один і той же об’єкт по-різному, часто з несподіваних для інших сторін. Наполягати на розгляді відомого як невідомого є одним із основних прийомів синектики. Синектика пропонує 4 механізми перетворення відомого в невідоме:

1. Особиста аналогія;
2. Пряма аналогія;
3. Символічна аналогія;
4. Фантастична аналогія.

Застосування таких механізмів на практиці дозволяє суттєво збільшити творчу активність, причому це є результатом усвідомлених зусиль.

Особиста аналогія

Особиста ідентифікація з елементами проблеми звільняє людину від механічного, зовнішнього її аналізу. Тут добре видно, що зробити проблему незнайомою – означає побачити нові аспекти, границі, які не сприймалися до цього.

Уявити себе об’єктом за суттю – означає не просто назвати себе якоюсь частиною технічної системи. Це значить настільки уявити себе втіленим у формі певної частини системи, що повністю відчувати всі можливі труднощі і неузгодженості в роботі системи. Процес такого втілення є досить складним і тривалим.

Пряма аналогія

Даний механізм забезпечує процес порівняння паралельно існуючих в різних областях знань, факторів і технологій. Він потребує від людини активізації її пам’яті, включення механізмів аналогії і виявлення в особистому життєвому досвіді або в спостереженнях життя природи, схожого з тим, що потрібно створити.

Робота із залученням оператора прямої аналогії відбувається таким чином.

Широко відома ефективність переносу ідей із біології, ботаніки в інженерну практику. Так, наприклад, пристрій для переміщення в ґрунті

було створено інженерами на основі детального вивчення принципу руху корабельного черв'яка.

Фактично застосування прямої аналогії – це вільний асоціативний пошук у величезному зовнішньому світі, який базується на застосуванні схожих, але використовуваних у різних областях життя функцій і процедур.

Успішне використання механізму прямої аналогії забезпечується різноманітністю професій і життєвого досвіду членів групи.

Символічна аналогія

Даний механізм відрізняється від механізмів попередніх аналогій тим, що тут для опису проблеми використовуються об'єктивні, без віднесення до особистості образи. Фактично, синектор формує на цій стадії максимально стиснений, образний і при цьому суперечливий, з великим емоційним і евристичним наповненням погляд на проблему.

Метою символічної аналогії є пошук у звичному парадоксів, невідомого і різного роду протиріч. Взагалі символічна аналогія – це означення предмета за допомогою словосполучення, що складається із двох слів. Таке означення повинно показувати предмет з несподіваної і цікавої сторони. Досягається це тим, що кожне із слів є характеристикою предмета, а в цілому вони створюють протиріччя.

Синектори стверджують, що символічна аналогія – це цілком незалежний інструмент для того, щоб побачити „незвичайне в звичайному”.

Здавна такий підхід використовувався для проблематизації при навчанні. Так, наприклад, англійський монах і вчений Алкуїн (VIII ст. н. е.), запрошений навчати Піпіна – сина Карла Великого, будував навчання в діалоговому режимі. Піпін задавав питання, Алкуїн відповідав. Його відповіді нагадують символічні аналогії – вони короткі, і при цьому дуже виразні:

- Що таке туман?
- Ніч вдень.
- Що таке твердість?
- Вимушена цілісність.
- Що таке сон?
- Образ смерті.

і т. д.

Фантастична аналогія

Справжній винахідник час від часу повинен собі дозволяти нічим не обмежену свободу творчості. При цьому він може уявити таке вирішення проблеми, при якому можна не рахуватися з нормами фізичних законів об'єктивного світу (свідомий самообман).

Суть фантастичної аналогії якраз і полягає у тому, щоб скористатись для розв'язання задачі казковими засобами (наприклад, чарівною паличкою), визначивши при цьому кінцевий результат і його

мету. Таким чином в синектиці реалізується оператор побудови функціональної моделі бажаного рішення. Ще одним напрямком, в рамках якого розвивається апарат фантастичних аналогій, є запереченням фізичних законів, які заважають підійти до розв'язання або створюють відчуття звичності, легкості задачі, що розв'язується.

Отже синектика є новим і дуже дієвим засобом для постановки задач.

Власне знаходження розв'язку є наслідком широко відомого положення про те, що правильна постановка задачі вже є половиною її розв'язку. У цьому відношенні особливо показовим є один із девізів синектики: „Правильно сформульовані задачі обов'язково розв'язуються”.

4.2 Формування синектичних груп

Правильно сформована синектична група, яка працює над вирішенням проблеми, – це складний і тонкий механізм, який складається довгий час і потребує специфічної підготовки як від слухачів, так і від викладачів.

Процес формування синектичної групи складається з трьох основних фаз:

1. Відбір членів групи;
2. Навчання, тренування групи;
3. Вживлення групи в реальне середовище.

Відбір членів групи.

Основою відбору є розмова з людьми. З кожним від шести до десяти годин. При цьому відбувається первинний, а потім і кінцевий відбір.

Критерії первинного відбору.

1. Навчання.

Люди повинні бути відібрані таким чином, щоб їх освіта відповідала орієнтації компанії: дослідження, інженерна справа, маркетинг.

2. Рівень енергії.

Кандидати повинні мати високий рівень енергії. При цьому важливо не сплутати енергійних і активних людей з особистостями, які мають чітко виражену маніакальну поведінку.

3. Вікові вимоги.

Враховуючи потребу в значних енергетичних витратах кандидатам повинно бути не менше 25 і не більше 40 років.

4. Адміністративний потенціал.

Здатність до узагальнення є основою синектики, тому вона повинна бути у хороших адміністраторів.

5. Підприємництво.

Робота на промисловому підприємстві обов'язково вимагатиме від групи підприємливості. Тому члени групи повинні бути відібрані і з урахуванням того, як вони беруть на себе відповідальність за долю підприємства, за успіх чи провал проекту.

6. Професія.

Члени групи повинні мати велику кількість різноманітних професій. Тому при відборі, при інших рівних умовах, перевага надається кандидатам з більшим життєвим досвідом.

7. Освіта.

Важливим критерієм відбору є рівень освіти кандидата. При цьому потрібно враховувати здатність до навчання, розширення власних знань.

8. Особливий індивід.

В окремих випадках потрібно брати до уваги нахил до індивідуальної роботи, глибока інтровертованість або підвищену критичність до чужого висловлювання.

Перерахована сукупність критеріїв застосовується для вирішення питання про можливість зарахування претендентів в групу для навчання.

Критерії кінцевого відбору.

1. Метафорична здатність.

В процесі співбесіди уважно слідкують за мовою досліджуваного. Вона перевіряється на кількість метафор і аналогій, багаж словникового запасу, чистоту мови.

2. Відношення підтримки.

В групі синекторів відбирають людей, які реалізують себе найбільш самостійно і при цьому щодо інших проявляють активну позицію підтримки.

3. Ризик.

Ризик займає не останнє місце в творчій активності. Тому при відборі кандидата важливо з'ясувати, чи подобається йому ризикувати, чи буде він ризикувати, якщо це буде єдиним способом довести до кінця розпочате діло?

4. Емоціональна зрілість.

Психологи помітили, що творчим особистостям завжди притаманна схожа до дитячої безпосередність у сприйнятті навколишнього світу. Тому, під час відбору шукають людей здатних інтегрувати таку безпосередність в конструктивних діях.

5. Здатність до узагальнення.

Дуже важливим для творчості є вміння швидко знаходити і виділяти головне, створювати яскраве і чітке узагальнення і при цьому діяти відштовхуючись від свого узагальнення.

6. Обов'язковість.

Кандидат повинен ідентифікувати себе з продуктом винаходу і бути готовим перебороти в собі жаль втрати в разі невдачі.

7. Антикомфортна орієнтація.

Робота в групі повинна відбуватися без врахування соціального статусу учасників. Важливо розвинути новий, внутрішній статус, який базується на незалежності і вкладі в загальну справу.

8. Додатковий аспект.

Зрозуміло, що жоден кандидат не може за всіма критеріями отримати максимально високу оцінку, але група в цілому повинна мати максимум за всіма важливими характеристиками.

4.3 Навчання і підготовка синектичної групи

Повний час підготовки групи складає 12 місяців. Вона складається із очних і заочних сесій. Очні сесії відбуваються в навчальному центрі і тривають тиждень. Весь інший час слухачі проводять у своїх фірмах, розв'язуючи учбові і реальні задачі. Важливою складовою перших циклів навчання є формування впевненості в значенні методу. Подібна впевненість потрібна як слухачам, так і керівництву фірми, яка фінансує навчання. З цією метою перед початком занять керівництво фірми складає список з 5-10 важливих проблем, причому це можуть бути не лише технічні, а й організаційні. Вдалі рішення цих проблем дадуть найкраще підтвердження того, що діяльність синектичної групи більш продуктивна і ефективна, ніж звичайна робота. Однак важливим є визнання ефективності методу самими учасниками. Це стане можливим через особисту оцінку цінності і оригінальності рішень, отриманих в синектичній групі, відносно рішень, отриманих під час звичайного режиму роботи.

До кінця першого місяця навчання закінчується остаточний відбір в групу. З другого по четвертий місяці слухачі займаються вивченням механізмів синектики і розв'язанням реальних задач, які поставлені керівництвом фірми. Протягом п'ятого і шостого місяців відбуваються попередні дослідження з отриманих ідей. Останні шість місяців навчання слухачі продовжують вивчення теорії синектики, розв'язують реальні задачі, визначають лінію поведінки, статус і організаційний стан групи в процесі штатної роботи на фірмі.

Вважається, що група не може довгий час працювати без поповнення новими силами. Це пов'язано з необхідністю створення особливого інноваційного середовища, в якому значно легше творити.

Вживлення групи в реальне середовище

Робота групи над реальними проектами може здійснюватись як в рамках своєї фірми, так і на замовлення іншої організації. В обох випадках при проведенні такої роботи виникають специфічні складнощі.

Синектичні групи на фірмах окрім своєї прямої роботи можуть займатися виявом позитивних і негативних змін всередині фірми на всіх рівнях.

Сьогодні робота з використання творчого потенціалу людини йде повним ходом. Вся історія розвитку синектичних груп показує реальність виховання відповідної культури творчого мислення, що підвищує можливість успіху в ситуаціях постановки і розв'язання важливих проблем.

Контрольні запитання

1. Розкрийте суть методу синектики.
2. Що є метою застосування методу синектики?
3. Які базові процеси можна виділити у синектиці?
4. Які види аналогій використовуються у синектиці?
5. Які фази можна виділити у процесі формування синектичних груп?
6. Розкрийте особливості навчання синектичної групи.
7. Які особливості навчання і підготовки синектичної групи?

РОЗДІЛ 5. ЗАСТОСУВАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ЕФЕКТІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ

Більшість технічних проблем, які виникають в наш час, вирішуються за допомогою вже існуючих удосконалених приладів і технологій. Але існують і такі технічні системи, вдосконалення характеристик яких не виправдовує сподівань, в такому випадку розробку приладів та технологій розпочинають з нуля. Проектування в таких умовах зазвичай прийнято називати безпрототипними. Крім того, у техніці часто зустрічаються ситуації, коли потрібно отримати корисну функцію, але ресурсів для цього немає. Єдиний вихід з такої ситуації – більш активно використовувати те, що є або легко доступно.

За допомогою методологічного підходу проектну діяльність можна подати як процес розв'язку технічних проблем та задач. Тому ціленаправлена розробка принципово нових технічних систем потребує вирішення поставленої задачі за допомогою нових удосконалених методів. Перш ніж розпочинати пошук цих методів, потрібно уточнити умови, поставлені перед проблемою чи задачею, для знаходження великої кількості однофункціональних систем.

Задачами формування принципів дії називають задачі, в яких потрібно знайти лише варіанти дії проектованої системи [12]. В даному випадку під принципом дії системи розуміється сукупність фізичних, хімічних та інших ефектів, які приводять до виконання функції.

За допомогою методів, які дозволяють використовувати значну базу знань, можна знайти розв'язок задачі формування принципів

функціонування системи, елементами якої є різноманітні ефекти. Дійсно, при виконанні цієї умови шукані принципи дії можна отримати за допомогою комбінації найпростіших ефектів. Разом з тим, потрібно зазначити, що формування сукупностей ефектів повинні бути узгоджені між собою та з умовою поставленої задачі. В основі такого підходу лежить комбінований метод, який передбачає використання масиву ефектів, а його алгоритм являє собою комбінацію ефектів.

Застосування науково-технічних ефектів є дієвим методом, який пропонує пошук рішень серед уже існуючих знань, які здобуті у фундаментальних та природничих науках. Однак просте використання великої кількості різноманітних довідників і баз даних, які за логікою мають допомогти в досягненні поставленої мети, оскільки відображають сучасний стан розвитку науки, проте не завжди спрямований пошук теоретично нового методу або технології на практиці завершується успіхом.

Під науково-технічним ефектом будемо розуміти спосіб отримання корисної функції за рахунок певних ресурсів на основі фізичного, хімічного або геометричного ефекту.

На основі застосування ефектів можна сформулювати багато функцій. З метою більшої зручності користування їх доцільно поділити на чотири групи: дії з об'єктами; зміна параметрів; вимірювання, виявлення; перетворення енергії і полів.

У першу групу включені функції дії з матеріальними об'єктами (пересування, поділ, орієнтування і т. д.). У другій групі містяться функції зміни фізичних властивостей і параметрів технічних систем (густини, тиску, швидкості і т. д.). Окремою групою виділені функції, пов'язані з вимірюванням або виявленням. Так зроблено у зв'язку з тим, що подібні задачі мають певну специфіку. Четверта група об'єднує функції перетворення енергії і полів у технічних системах (концентрація, структурування і т. д.).

Під ресурсами будемо розуміти будь-яке поле, речовину або їх поєднання, які входять до технічної системи або доступні для введення в неї. Всі ресурси узагальнено поділяють на матеріальні і польові (табл. 2).

Загальне поняття „ефект” широко використовується в наш час як у науковій літературі, так і в технічній. Більшість дослідників-науковців зупиняються на думці, що ефект – це прояв взаємозв'язку між двома явищами або процесами, які реалізуються в певних умовах [2]. Зазвичай прийнято називати перше явище причиною ефекту, а друге – його наслідком. За цим визначенням можна подати загальну форму опису ефектів:

$$A1 \rightarrow A2(U_{1,2}),$$

де A_1 , A_2 , $U_{1,2}$ – відповідно являються причиною, наслідком та умовою здійснення ефектів.

Таблиця 2

Ресурси	
Матеріальні	Польові
в'язка речовина	акустичне поле
газ	тиск рідини (газу)
границя двох речовин	магнітне поле
рідина	змінне механічне поле
липка речовина	потік рідини (газу)
поверхня твердого тіла	потік частинок
пористе тіло	сила взаємодії молекул
сипуче тіло	сила тяжіння
тверде тіло	теплове поле
еластичне тіло	хімічне поле
	електричний розряд
	електричне поле
	електромагнітне поле

Цей вираз можна прочитати так: A_1 приводить до A_2 , за умови, що виконується $U_{1,2}$. Якщо перші два поняття не потребують детального осмислення, оскільки в нашому випадку будь-яке явище можна розглядати як зміну в часі значень параметрів того чи іншого матеріального об'єкта, то зміни значень параметрів P можна поділити на кілька типів: збільшення $dP/d\tau > 0$; зменшення $dP/d\tau < 0$; незмінне значення $dP/d\tau = 0$.

Якщо для опису явищ можна використовувати функціональну залежність параметрів від часу, то критерієм, за якими оцінюється тип параметрів, є їх похідна за часом $dP/d\tau$.

Для знаходження загального вигляду опису умови спробуємо використати більш просту та традиційну форму опису ефектів.

У науково-технічних дисциплінах знання такого вигляду прийнято формалізовано подавати як математичну функцію, із використанням графічних та словесних пояснень.

Підставляючи у наведене вище рівняння позначення інших причин, наслідків та умов можна отримати рівняння формалізованої моделі будь-якого конкретного ефекту.

Для прикладу розглянемо формалізовану модель внутрішнього фотоефекту. Її можна відобразити таким рівнянням:

$$IU \rightarrow RX (U + X, FU),$$

де I – збільшення інтенсивності;

U – електромагнітне випромінювання;

R – збільшення електропровідності;

X – діелектрик.

Наведена формалізована модель є компактним відображенням суті внутрішнього фотоефекту. Її потрібно розуміти наступним чином:

збільшення інтенсивності I електромагнітного випромінювання U приводить до збільшення електропровідності R діелектрика X . За умови, якщо:

- електромагнітне випромінювання діє на діелектрик $U+X$;
- частота F електромагнітного випромінювання U збільшується або є постійною FU .

Отже формалізована модель внутрішнього фотоефекту, незважаючи на свою компактність, повністю розкриває взаємозв'язок причин, наслідків і умов, при яких відбувається явище даного ефекту.

Проведення цього дослідження дозволяє визначити загальну для всіх ефектів форму опису. Мову опису ефектів утворюють терміни, поєднані з формулою ефектів, у якій сукупність термінів виконує роль алфавіту, а формула ефекту визначає його граматику. За допомогою цієї мови можна описувати не тільки причини виникнення зв'язків між об'єктами, також і їх найбільш загальні геометричні та конструктивні характеристики.

5.1 Форми запису ефектів

Виявляється, що опис ефектів надає їх сукупності взагалі нові властивості, можливість поєднувати наслідки одних ефектів із причинами виникнення інших. Подібна властивість дозволяє поєднати між собою вже існуючі та відомі ефекти в одну цілісну множину, яку доцільно називати масивом ефектів. Невід'ємною частиною масиву ефекту є граф ефекту. Графом називають діаграму, яка складається з вузлів та віток, які з'єднані між собою. Для відображення ефектів використовуються такі види графів: орієнтований; зв'язний граф.

Граф, у якому подається тільки один ланцюг, називається деревом. Будь-яке дерево можна привести до впорядкованого вигляду. Рівнями у впорядкованому дереві є цифри. Головною ознакою впорядкованого дерева є те, що всі його вершини розподілені на рівні, і на певному рівні завжди розташована одна вершина, яка називається коренем дерева. Графом ефектів називають будь-який масив ефектів, поданий у формі графу.

5.2 Використання графу ефекту для розробки принципів дії нових технічних систем

Функцію будь-якої проектованої технічної системи можна визначити через деяку зміну параметрів об'єктів. Наприклад, функцію кімнатного електрообігрівача можна визначити відповідно як „підвищення температури повітря за рахунок використання електричного струму”.

З іншого боку, кожна вершина графу – це причина або наслідок якого-небудь ефекту, яка такі теж визначаються через зміну параметрів об'єкта.

Ця обставина дозволяє відобразити умови задач, які формують принципи дії графів ефектів. Для цього потрібно зафіксувати дві його вершини, одна з яких відповідає середовищу, а інша – цілі функціонування проектованої системи. Тоді шукані принципи дії будуть складатися з ефектів, які утворюють ціль і які поєднують відповідно першу вершину з другою.

За допомогою графів можна також розв'язувати задачі формування принципів дії. При цьому потрібно враховувати дві важливі обставини.

По-перше, задача, яку ми розглядаємо, може бути розв'язана двома способами: „прямим” та „оберненим”. При використанні першого з них шуканий принцип дії формується від „середовища функціонування” до „цілі функціонування”, а при використанні другого способу – навпаки.

По-друге, для того, щоб зменшити кількість кроків в процесі розв'язування подібних задач, результат маніпулювання переліком груп ефектів спочатку оформлюється у вигляді висхідного та низхідного дерева ефектів. Відповідно до розглянутого вище, сукупність операцій комбінованого методу буде визначатися блок-схемою, яка відображатиме прямий спосіб розв'язання задачі формування принципів дії (рис. 7), або обернений спосіб розв'язання задачі формування принципів дії (рис. 8).



Рисунок 7 – Прямий спосіб розв'язання задачі формування принципів дії



Рисунок 8 – Обернений спосіб розв'язання задачі формування принципів дії

У поданих на рисунках блок-схемах використані такі позначення:

1÷5 – групи операцій комбінованого методу;

к – крок розв'язування задачі формування принципів дії;

Ск – компонента «середовище функціонування проектованої системи» при $k=1$ або наслідки ефектів, знайдених на кроці $(k-1)$, при $k>1$;

Цк – компонента «ціль функціонування проектованої системи» при $k=1$ або причини ефектів, знайдених на кроці $(k-1)$, при $k>1$;

{Гп}, {Гс} – відповідно перелік груп однопричинних та однонаслідкових ефектів;

Гпк, Гск – відповідно групи однопричинних та однонаслідкових ефектів;

D – дерево ефектів;

i – максимально допустиме число рівнів в дереві ефектів;

Ц, С – відповідно ціль та середовище функціонування проектованої системи;

{ПД} – варіанти принципу дії проектованої системи.

Таким чином, можна констатувати, що ефективність такого методу в першу чергу залежить від числа ефектів, які утворюють його базу знань. Чим більша база знань, тим більше коло практичних задач, які можна розв'язати за його допомогою. Причому, кожний отриманий розв'язок буде містити ширший спектр варіантів початкового принципу дії. Звичайно, шлях вдосконалення комбінованого методу в рамках поданої концепції має свої межі. Із зростанням його бази даних ефективність

використання „ручного” алгоритму формування принципів дії зменшується. Як показують попередні дослідження, вже при маніпулюванні масивом, який складається всього з 1000 ефектів, отримується настільки багаторівневе дерево, що у людини при його аналізуванні виникають суттєві труднощі. Враховуючи, що база даних комбінованого методу може складатися з десятків, а можливо і з сотень тисяч ефектів, то неважко прийти до висновку про необхідність автоматизації процесу формування принципів дії.

5.3 Приклади практичного використання різних видів ефектів

Розглянемо більш детально приклади використання таких ефектів: ефект Тіндаля; електричний струм у вакуумі; генератор Ван де Граафа; ефект Шпольського; електрогідравлічний ефект.

Ефект Тіндаля – виникнення конуса, який світиться на темному фоні при розсіюванні світла в мутному середовищі з розмірами часток на порядок меншими, ніж довжина хвилі світла.

Ефект Тіндаля (англійський фізик Тіндаль Джон (1820—1893)), проявляється візуально через світіння оптично неоднорідного середовища внаслідок розсіювання світла, яке проходить через нього. Він обумовлений дифракцією світла на окремих частках або на елементах структурної неоднорідності середовища, розмір яких набагато менший за довжину хвилі світла, що розсіюється. Цей ефект є характерним для колоїдних систем (наприклад, гідрозолі, тютюновий дим) з низькою концентрацією часток дисперсної фази, які мають показник заломлення, відмінний від показника заломлення дисперсійного середовища. Як правило, він спостерігається у вигляді світлого конуса на темному фоні (конус Тіндаля) при пропусканні через середовище сфокусованого світлового пучка. Короткохвильова складова білого (немонохроматичного) світла розсіюється колоїдними частками сильніше за довгохвильову, тому утворений ним конус Тіндаля, наприклад, в непоглинальній золі має блакитний відтінок.

Ефект Тіндаля спостерігається неозброєним оком як рівномірне світіння деякої частини об'єму колоїдної системи, що розсіює світло. Світло виходить від окремих точок – дифракційних плям, які добре помітні під оптичним мікроскопом при досить сильному освітленні розведеної золи. Інтенсивність розсіяного в певному напрямку світла (при постійних параметрах падаючого світла) залежить від числа часток і їхнього розміру.

Застосування ефекту Тіндаля в науці і техніці.

У наукових дослідженнях і в промисловій практиці широко використовуються засновані на ефекті Тіндаля методи виявлення, визначення розміру і концентрації колоїдних часток (ультрамікроскопія, нефелометрія).

Для прикладу розглянемо ультрамікроскоп. Ультрамікроскоп – це оптичний прилад, призначений для виявлення дрібних (колоїдних) часток, розміри яких роблять їх недосяжними для виявлення звичайним світловим мікроскопом. Можливість виявлення таких часток за допомогою ультрамікроскопа зумовлена дифракцією світла. При сильному боковому освітленні кожна частка в ультрамікроскопі спостерігається як яскрава точка (світла дифракційна пляма) на темному фоні. Внаслідок дифракції на дрібних частках розсіюється дуже мало світла, тому в ультрамікроскопі застосовують, як правило, сильні джерела світла. За дифракційними плямами не можна визначити дійсні розміри, форму і структуру часток, тому ультрамікроскоп не дає оптичних зображень досліджуваних об'єктів. Однак, за допомогою ультрамікроскопа можна встановити наявність і концентрацію часток, вивчити їхній рух, а також розрахувати середній розмір часток, якщо відомі їхня вагова концентрація і щільність.

На рисунку 9 подана схема щілинного ультрамікроскопа, у якому досліджувана система нерухома.

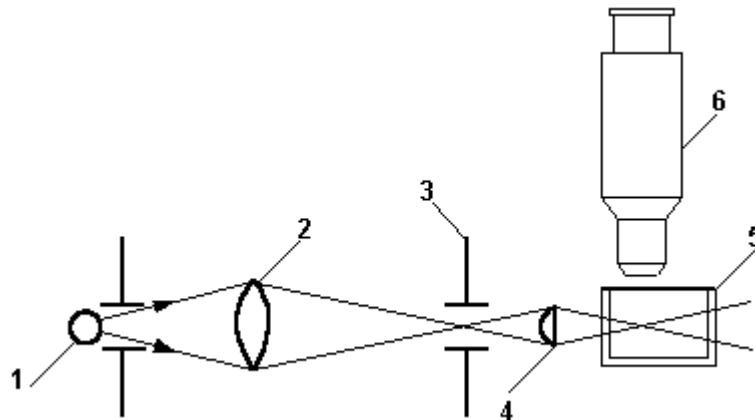


Рисунок 9 – Принципова схема щілинного ультрамікроскопа:
 1 – джерело світла; 2, 4 – лінзи; 3 – діафрагма (щілина);
 5 – контейнер з досліджуваним середовищем; 6 – бінокляр

У потоковому ультрамікроскопі досліджувані частки є рухомими. Схема потокового ультрамікроскопа показана на рисунку 10. Він дозволяє проводити дослідження не на окремих зразках середовища, а безпосередньо при русі потоку середовища. Суттєвою відмінністю є використання в його схемі поляризатора 7.

Як видно з схеми потокового ультрамікроскопа, при перетині дисперсними частинками зони освітлення вони реєструються як яскраві спалахи візуально або за допомогою фотометричного пристрою.

Сучасний потоковий ультрамікроскоп з лазерним джерелом світла й оптико-електронною системою реєстрації частинок дозволяє визначати концентрацію частинок в аерозолях у межах від 1 до 10^9 частинок у 1 дм^3 , а також знаходити функції розподілу частинок за розмірами.

Ультрамiкроскопи застосовують при дослiдженнi дисперсних систем, для контролю чистоти атмосферного повітря, води, ступеня забруднення оптично прозорих середовищ стороннiми вклученнями.

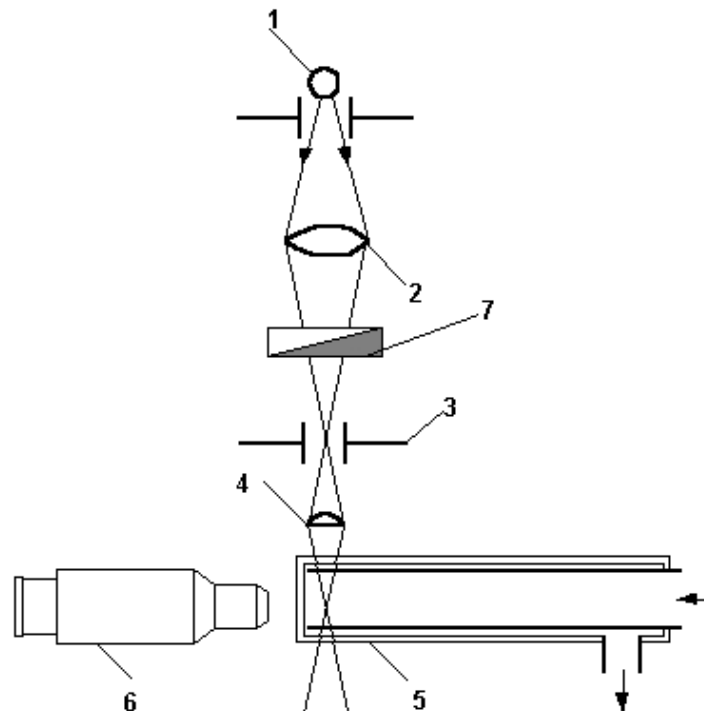


Рисунок 10 – Принципова схема потокового ультрамiкроскопа

Ефект виникнення електричного струму у вакуумi вiдомий досить давно i часто знаходить своє використання в науцi i технiцi.

Електричний струм у вакуумi – це рух заряджених вiльних частинок, якi отриманi у результатi емісії, i рухаються у вакуумi під дією електричного поля.

Необхiдною умовою для одержання електричного струму у вакуумi є наявнiсть вiльних носiїв заряду. Отримати їх можна за рахунок явища випуска електронiв металами – електронної емісії.

Як вiдомо, при звичайних температурах електрони утримуються всерединi металу, незважаючи на те, що вони підтримують тепловий рух. Отже, поблизу поверхнi металу iснують сили, якi дiють на електрони i не дають їм покинути поверхню металу. Це сили, якi виникають внаслідок притягування мiж електронами i позитивними йонами кристалiчних ґраток. У результатi в поверхневому шарi металiв з'являється електричне поле. Тому електрон для виходу за межi металу повинен отримати рiвень енергiї E , який перевищуватиме такий потенцiальний бар'єр $e\Delta\phi$. □ □

Розподiл потенцiальної енергiї електрона U для обмеженого об'єму металу показано на рисунку 11.

На цiй дiаграмi використанi такi позначення: W_0 – рiвень енергiї електрона поза металом, F – рiвень Фермi (значення енергiї, нижче якої всi енергетичнi рiвнi системи частинок (фермiонiв) при абсолютному нулi

температури будуть зайняті), E_c – найменша енергія електронів провідності (дно зони провідності).

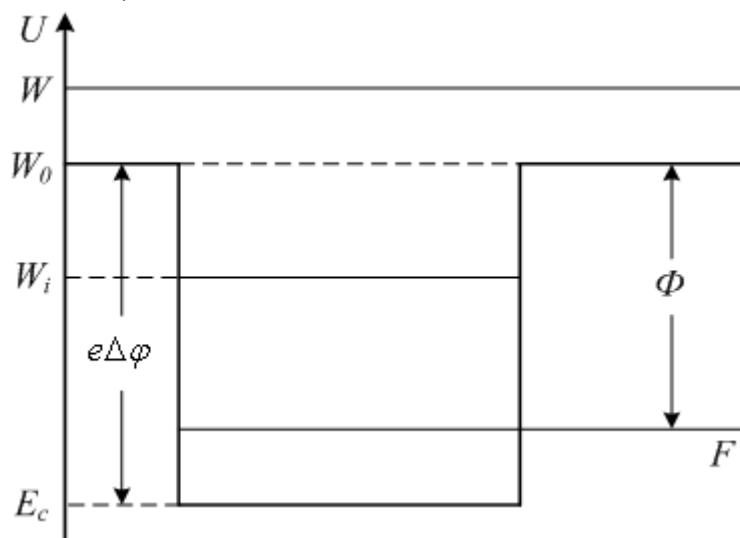


Рисунок 11 – Діаграма потенціальної енергії електрона U в обмеженому об'ємі металу

Розподіл має вигляд потенціальної ями, її глибина $e\Delta\varphi=W_0-E_c$ (електронна спорідненість); $\Phi=W_0-F$ – термоелектронна робота виходу (термоемісія).

Умова виходу електрона з металу: $W\geq W_0$, де W – повна енергія електрона всередині металу.

При кімнатних температурах ця умова виконується лише для незначної частини електронів, отже, для збільшення числа електронів, що залишають метал, необхідно виконати певну роботу.

Електронну емісію отримують: при нагріванні металу – термоелектронна емісія; при бомбардуванні електронами або іонами – вторинна емісія; при освітленні – фотоемісія.

Розглянемо термоелектронну емісію.

Якщо випущені розпеченим металом електрони прискорити електричним полем, то вони створять струм. Такий електронний струм може бути отриманий у вакуумі, де зіткнення з молекулами й атомами не заважають рухові електронів.

Схема для спостереження термоелектронної емісії показана на рисунку 12.

У показаній на рисунку 12 схемі електричне коло утворюється вакуумною електронною лампою – діодом D , катод якого підігрівається від окремого джерела і одночасно з'єднаний з негативним полюсом батареї B , а анод – з її позитивним полюсом. Міліамперметр mA призначений для вимірювання сили струму через діод D . Вольтметр V призначений для вимірювання напруги між катодом і анодом. При холодному катоді струму в колі немає, тому що сильно розряджений газ (вакуум) всередині

діода не містить заряджених частинок. Якщо катод розжарити за допомогою додаткового джерела, то міліамперметр зареєструє появу струму.

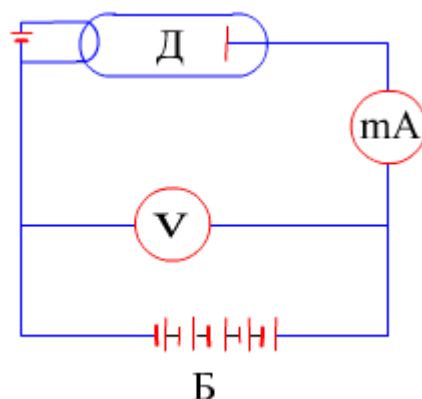


Рисунок 12 – Електрична схема для спостереження термоелектронної емісії

При постійній температурі катода сила термоелектронного струму в діоді зростає зі збільшенням різниці потенціалів між анодом і катодом. Цю залежність називають вольт-амперною характеристикою. Її типовий вигляд при різних температурах катода показано на рисунку 13.

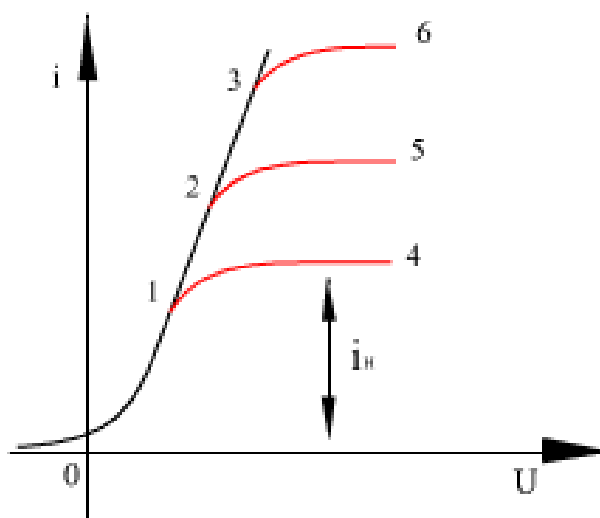


Рисунок 13 – Вольт-амперна характеристика діода при різних температурах катода

Показана залежність не виражається законом, аналогічним закону Ома, за яким сила струму пропорційна різниці потенціалів, вона має більш складний характер. При збільшенні позитивного потенціалу анода сила струму зростає відповідно до кривої 0-1, при подальшому зростанні анодної напруги сила струму досягає деякого максимального значення I_n , яке прийнято називати струмом насичення діода, і майже перестає залежати від анодної напруги (ділянка кривої 1-4).

При нульовій різниці потенціалів сила струму через діод (при достатній відстані між електродами) теж дорівнює нулю, тому що електрони, які залишили катод, утворюють поблизу нього електронна хмарку, що створює електричне поле, яке в свою чергу перешкоджає вильоту електронів. Емісія електронів припиняється. Настає динамічна рівновага – скільки електронів залишає метал, стільки ж у нього і повертається під дією поля електронної хмарки. При збільшенні анодної напруги концентрація електронів у хмарці зменшується, відповідно зменшується і її гальмівна дія, анодний струм збільшується.

Наближена залежність сили струму діода i від анодної напруги U має вигляд:

$$i = \alpha \sqrt{U^3} = \alpha U^{3/2},$$

де α – коефіцієнт, що залежить від форми і розташування електродів.

Це рівняння описує криву 0-1-2-3 і відоме під назвою “закон Ленгмюра-Чайльда-Богуславського” або “закон трьох других”.

Коли потенціал анода стає настільки великим, що всі електрони, які залишають катод, попадають на анод, струм досягає максимального значення і перестає залежати від анодної напруги.

При збільшенні температури катода вольт-амперна характеристика зображається кривими 0-1-2-5, 0-1-2-3-6 і т. д., тобто при різних температурах різними виявляються значення струму насичення i_n , які збільшуються зі зростанням температури. Одночасно збільшується анодна напруга, при якій встановлюється струм насичення.

Електричні струми у вакуумі мають найширшу область застосування. Це усі без винятку радіолампи, прискорювачі заряджених частинок, мас-спектрометри, вакуумні генератори НВЧ, такі як магнетрони, лампи біжучої хвилі і под.

Генератор Ван де Граафа – електростатичний високовольтний генератор, який було винайдено у 1931 році американським фізиком Робертом Ван де Граафом (1901-67) у Массачусетському технологічному інституті. Він і в наш час широко використовується для прискорення заряджених частинок (електронів, протонів, іонів і т. д.).

Конструктивно генератор Ван де Граафа складається з великого порожнистого металевого електрода, що має вигляд півсферичного купола, встановленого на високовольтній ізолюваній колоні. У область електрода заходить верхній кінець стрічкового транспортера електричних зарядів, що являє собою нескінченний гумовий ремінь на текстильній основі, натягнутий на два металевих шківів, який рухається зі швидкістю 20-40 м/сек. Нижній шків, встановлений на металевій плиті, обертається електродвигуном. Верхній шків розміщується під високовольтним електродом-куполлом і знаходиться під повною напругою машини. Там же знаходиться система живлення джерела іонів і саме джерело. Нижній кінець стрічки проходить повз електрод підтримуваний звичайним

високовольтним джерелом під високою, щодо землі, напругою до 100 кВ. В результаті розрядження електрони зі стрічки переносяться на електрод.

Позитивний заряд стрічки, що піднімається транспортером, компенсується вгорі електронами купола, що одержує позитивний заряд. Максимально досяжний потенціал обмежується ізолювальними властивостями колони і повітря навколо неї. Чим більшим є електрод, тим вищий потенціал він може втримати. Якщо установка герметично закрита і внутрішній простір наповнений сухим стиснутим газом, то розміри електрода для даного потенціалу можуть бути зменшені. Заряджені частинки прискорюються в спеціальній трубці, розташованій між високовольтним електродом і «землею» або між електродами, якщо їх два.

За допомогою генератора Ван де Граафа може бути отриманий потенціал порядку $1 \cdot 10^7$ В, що дозволяє прискорювати електрони, протони і дейтрони до енергії 10 МВ, а альфа-частинки, які несуть подвійний заряд – до 20 МВ. Енергію заряджених частинок на виході генератора можна легко контролювати з великою точністю, що робить можливими точні вимірювання. Струм пучка протонів у постійному режимі до 50 мкА, а в імпульсному режимі може бути доведений до 5 мА.

Проникаюча дія пучка генератора Ван де Граафа значно менша, ніж у лінійних прискорювачів і циклотронів, тому він використовується практично всіма лабораторіями ядерної фізики, які працюють з частинками низьких і середніх енергій. Застосовується він і для проведення ядерних реакцій.

Ефект Шпольського – це явище виникнення квазілінійчастих електронно-коливальних спектрів складних органічних сполук у спеціально підібраних розчинниках при низьких температурах. Був відкритий у 1952 р. радянським фізиком Шпольським Едуардом Володимировичем (23.09.1892 – 21.08.1975).

У звичайних умовах спектри складних органічних сполук виглядають як суцільні широкі смуги. Отримати інформацію про будову молекул і їхній склад з цих спектрів важко або взагалі неможливо. Ефект Шпольського дозволяє реєструвати спектри, які складаються з вузьких спектральних ліній, що дає можливість вивчити ці важливі об'єкти. Для спостереження ефекту Шпольського спеціально підбирають хімічно нейтральний стосовно досліджуваних молекул розчинник. Крім того, розчинник повинний бути оптично прозорим в області поглинання і випромінювання досліджуваних молекул (такі властивості має, наприклад, рідкий n-парафін). Досліджувану речовину розчиняють у ньому в малих концентраціях (10^{-5} - 10^{-7} г/см³), потім розчин охолоджують до температури нижче точки кристалізації розчинника (у випадку n-парафіна – до -196°C або нижче). У цих умовах досліджувані молекули ізольовані одна від одної і жорстко закріплені в розчиннику. Внаслідок чого їхні електронно-коливальні спектри випромінювання і поглинання складаються не із широких смуг, як у звичайних умовах, а із серій вузьких спектральних

ліній, які нагадують атомні спектри (їх називають квазілінійчастими спектрами) і мають добре виражену індивідуальність.

Типові спектри поглинання і флуоресценції в ефекті Шпольського показані на рисунку 14.

Ефект Шпольського широко використовується для ідентифікації молекул складних органічних сполук у різних сумішах.

Квазілінійчасті спектри мають добре виражену структуру, що дозволяє визначити частоти коливань молекул не тільки в основному, але й у збуджених станах. З їхньою допомогою досліджують структуру складних органічних сполук, фізичні і хімічні властивості вільних складних органічних радикалів, процеси фотохімії органічних сполук, вивчають як життєво важливі сполуки (хлорофіл і його аналоги), так і канцерогенні сполуки, індивідуальні органічні сполуки земної кори, з метою вивчення утворення в ній вуглеводнів і розробки нових методів пошуку родовищ нафти й інших корисних копалин. Спектральний аналіз сумішей на основі ефекту Шпольського дозволяє визначати одночасно кілька індивідуальних сполук у суміші і має дуже високу абсолютну чутливість.

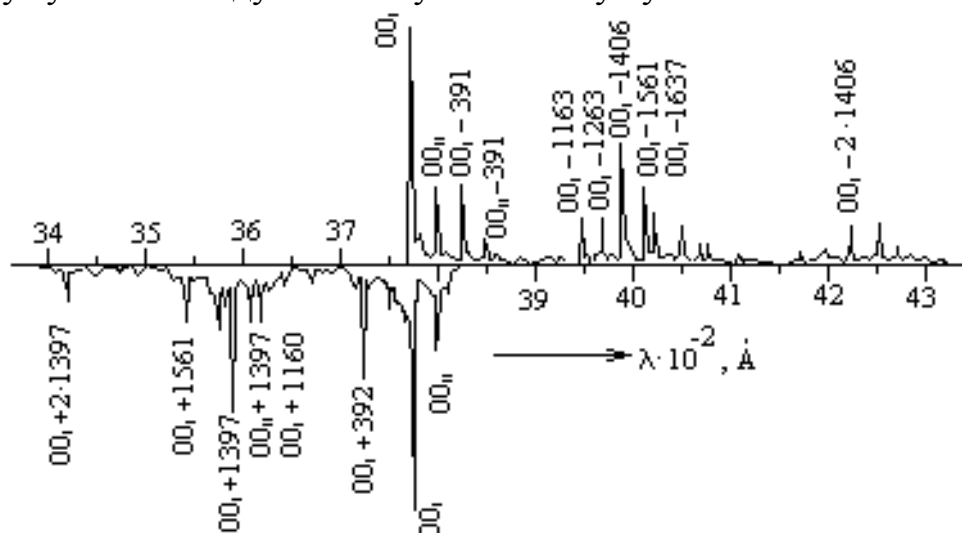


Рисунок 14 – Спектри поглинання (ліворуч) і флуоресценції антрацену в н-гексані (фотоелектрична реєстрація)

Електрогідравлічний ефект – його суть полягає у тому, що навколо зони спеціально сформованого імпульсного електричного розряду всередині об’єму рідини, що знаходиться у відкритій або закритій посудині, виникають надвисокі гідравлічні тиски, здатні виконати механічну роботу.

У процесі гідравлічного ефекту відбувається миттєве (10-100 мкс) виділення енергії, накопиченої, наприклад, у конденсаторній батареї за допомогою імпульсного розряду в рідині. При розряді утворюється плазмовий канал з температурою $15-30 \cdot 10^3 \text{ K}$. У цьому каналі, що має невеликий поперечний переріз, відбувається інтенсивний локальний розігрів рідини. При цьому в ньому концентрується енергія перегрітого

іонізованого газу і пари. Швидке розширення каналу розряду у вигляді паро-газової порожнини під дією внутрішнього тиску створює в навколишньому нестисливому середовищі (рідині) хвилі поширення імпульсів тиску. При інтенсивному виділенні енергії в каналі швидкість його розширення може перевищити швидкість звуку в рідині, тоді хвиля стиску перетворюється в ударну хвилю. Розширення порожнини продовжується доти, доки тиск у ній через інерцію розбіжного потоку рідини не стане меншим за тиск зовнішнього середовища. З цього моменту відбувається зворотний рух рідини, тиск газу в ній різко зростає і процес повторюється у вигляді декількох поступово згасаючих пульсацій.

Високовольтний імпульсний розряд у рідині може розглядатися в такій послідовності: електричний пробій і утворення каналу розряду; виділення енергії в каналі; поширення ударних, ультразвукових і звукових хвиль; розширення порожнини, що супроводжується генеруванням імпульсів тиску з утворенням розбіжного потоку рідини; пульсація порожнини в зоні розряду.

Амплітуда ударного тиску при електрогідравлічному ефекті в циліндричній ємності та швидкість поширення ударної хвилі визначаються за формулами:

$$\Delta p_{sh} = \rho V_0 V_{sh} ;$$

$$V_{sh} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\rho}{E_0} + \frac{\rho d}{E \delta}\right)}}$$

де V_{sh} – швидкість поширення ударної хвилі;

ρ – густина рідини;

E_0 – модуль об'ємного стиску рідини;

E – модуль пружності матеріалу;

d – внутрішній діаметр робочого об'єму;

δ – товщина стінки робочого об'єму;

V_0 – швидкість поширення звуку в рідині.

Прояв фізичного ефекту здійснюється тільки в електропровідній рідині практично у всіх геометричних формах, яких здатна набувати рідина.

Схема, яка пояснює спосіб і пристрій для створення ударних гідравлічних хвиль високовольтним імпульсним розрядом між пластинчастими нерухомо встановленими електродами, показана на рисунку 15.

Імпульсна напруга подається на занурені в рідину електроди. Між електродами виникає розряд, що породжує ударну гідроакустичну хвилю в рідині.

Унікальні можливості електрогідравлічного ефекту обумовили широке застосування його в багатьох областях народного господарства: у технології машинобудування і металообробці; у зварюванні і транспортних

пристроях; у гірській справі і промисловості будівельних матеріалів; у хімічній промисловості; в електротехніці; в силових енергетичних установках; у медицині.

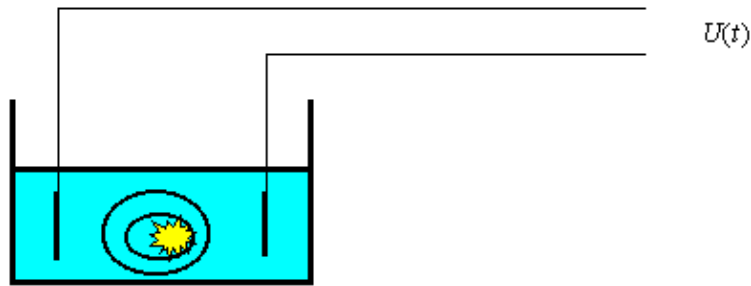


Рисунок 15 – Схема пристрою створення ударних гідравлічних хвиль іскровим розрядом у рідині

Використання електрогідравлічного ефекту дозволяє підвищити якість виробів, що в багатьох випадках пов'язано з забезпеченням гарантованого хімічного складу їх матеріалів. Цього вдається досягти методами порошкової металургії при використанні порошоків, частинки яких мають строго регламентовану форму і розміри. Використання механічних засобів подрібнення виявляється неефективним, оскільки пов'язано із зношуванням інструмента і додаванням його часток у порошок, що готується. Функцію інструмента при електрогідравлічному подрібненні виконує нейтральна рідина, найчастіше вода, яка легко вилучається з отриманої суміші.

Контрольні запитання

1. Що називається науково-технічним ефектом?
2. Що дає застосування науково-технічних ефектів в науці і техніці?
3. Назвіть види матеріальних ресурсів.
4. Які різновиди польових ресурсів ви можете назвати?
5. Дайте загальне визначення ефекту.
6. Застосування графів для визначення ефектів.
7. Використання графів для розв'язання задачі формування принципів дії.
8. Наведіть приклади науково-технічних ефектів і їх застосування.
9. Поясніть ефект Тіндалля.
10. Поясніть принцип роботи щілинного ультрамікроскопа.
11. Поясніть принцип роботи потокового ультрамікроскопа.
12. Які особливості ефекту виникнення електричного струму у вакуумі?
13. Розкрийте суть “закону Ленгмюра-Чайльда-Богуславського” або “закон трьох других”.
14. Принцип дії і застосування генератора Ван де Граафа.
15. Поясніть суть ефекту Шпольського.
16. Використання електрогідравлічного ефекту.

РОЗДІЛ 6. ПАРАМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ПРОТИРІЧ В ТЕХНІЦІ

Відомо, що більшість практичних задач потребує знаходження оригінальних рішень на рівні винаходів, які забезпечують задоволення суперечливих вимог.

В даному розділі розглядається ряд саме таких задач і методи їх розв'язання, на основі понять, введених Г. С. Альтшуллером і розроблених правил, які дозволяють виявляти і усувати фізичні протиріччя [6, 7].

Сукупність цих правил утворює ядро концепції параметричного методу, основною метою застосування якого є покращення характеристик відомих технічних систем довільного функціонального призначення [13].

Параметричний метод може з успіхом застосовуватися і в тих випадках, коли потрібно на основі використання відомих розробок знайти рішення, яке задовольняло б потреби нового технічного завдання, або коли потрібно значно підвищити якість продукції, яка випускається, не здійснюючи в ній принципових змін. В цілому, параметричний метод є незамінним при розв'язанні технічних проблем, у яких необхідно, в рамках відомого, створити суттєво нове.

Область застосування параметричного методу не обмежується технікою, він є загальносистемним методом. Саме тому його можна використовувати для усунення протиріч і конфліктів, які виникають в організаційних і соціальних системах.

6.1 Постановка пошукової задачі параметричного методу

Перш ніж розглядати універсальні методи, що застосовуються в сфері винахідництва, спочатку необхідно з'ясувати, що власне таке – винахідництво, яке місце воно займає серед різних стадій розробки проекту, результатом якого є нове і оригінальне матеріальне втілення.

Суть винахідницької діяльності однозначно визначається її результатом – винаходом. В свою чергу головне, що відрізняє винахід від інших проектно-конструкторських рішень, – його світова новизна.

Для того, щоб визначити, які методи можна застосувати на різних стадіях розробки, необхідно всю вхідну проектну інформацію подати у вигляді певної задачі, в подальшому такі задачі доцільно називати проектними. Необхідність такого підходу пов'язана з тим, що зміст будь-якого методу залежить від того, на розв'язок якої задачі він зорієнтований. Аналізуючи умови найрізноманітніших задач, в них завжди можна виділити дві частини: „ДАНО” – початкові дані і „ЗНАЙТИ” – шукані дані.

Зазвичай, відома певна технічна система, ряд характеристик якої потрібно покращити, (у винахідництві подібні системи прийнято називати прототипами).

Як вхідні дані проектної задачі є сенс вибирати саме опис прототипу (вхідної системи). Зрозуміло, що результатом проектування також має бути система, однак вона повинна задовольняти певні вимоги. Результат може бути визнаний позитивним лише в тому випадку, якщо знайдена система хоча б в кількісному плані буде „не гірша” вхідної, а в якісному – принаймні тотожна їй. Тому, щоб навчитися визначати умови проектної задачі, спочатку потрібно визначитися із поняттям „система”, приділяючи в першу чергу увагу її кількісним і якісним характеристикам.

У науково-технічній літературі міститься велика кількість означень системи. Загальної точки зору з приводу означення даного поняття сьогодні ще немає. За допомогою реляційного узагальнення пропонується універсальне означення системи, яке може використовуватися в найрізноманітніших галузях техніки і науки.

Система – це будь-який об’єкт, який характеризується властивостями і відношеннями між іншими об’єктами, що є його частинами.

Можна сказати, що властивості є „зовнішніми” характеристиками системи, а відношення – „внутрішніми”.

Зображення, яке відображає запропоноване поняття системи, показано на рисунку 16.

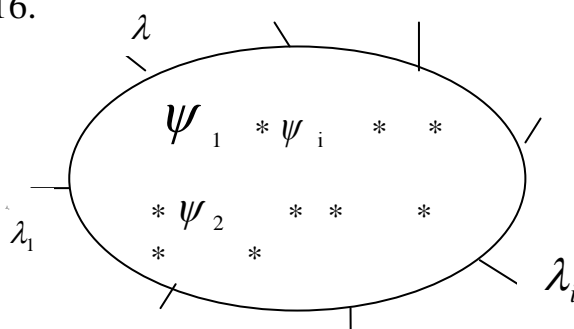


Рисунок 16 – Геометрична інтерпретація поняття системи

У наведених на рисунку позначеннях використано: λ_i – властивості системи; $\psi_1 \dots \psi_i$ – елементи системи; ** – відношення між елементами системи.

Поняття властивостей і відношення широко використовуються в техніці. Наприклад, габарит, вага, надійність, вартість – це властивості систем, а маса, швидкість, теплопровідність, в’язкість є властивостями їх елементів.

Практичний досвід створення систем дозволяє зробити висновок, що в кожній системі можна виділити велику кількість відношень різних видів. У своїй сукупності вони утворюють різні структури системи.

Будь-яка система допускає різні способи ділення на елементи – об’єкти або частини системи з однозначно виділеними властивостями. Просторові відношення між елементами технічних систем утворюють їх компоновку, яку зазвичай фіксують за допомогою креслень загального

вигляду. Дана структура характеризує систему з точки зору взаєморозташування її елементів і дозволяє визначати, яким чином вони можуть взаємодіяти між собою.

При описі режимів роботи системи широко використовуються часові відношення типу: „потім”, „після”, „через...секунд”, „в той же час”, „за...секунд до цього”, і под. Особливу роль в технічних системах відіграють причинні відношення і зв'язки. Саме визначення зв'язків між елементами системи є необхідною умовою для використання при її дослідженні математичних методів. Якщо об'єкти відносяться один до одного так, що наявність чи зміна одного обумовлює наявність чи зміну іншого, то таке відношення між об'єктами є зв'язком.

Сукупність зв'язків між елементами системи можуть утворювати різні види причинних структур. По-перше, це структури, у яких пов'язані властивості системи і властивості її елементів. Найбільш зручно такого роду структури описувати за допомогою сукупності функціональних залежностей, що утворюють математичну систему, яку називають математичною моделлю системи. В загальному випадку її можна подати у вигляді:

$$\begin{aligned} P_1 &= f_1(\{P_n\}_1) \\ &\dots\dots\dots, \\ P_m &= f_m(\{P_n\}_m) \end{aligned}$$

де $P_1 \dots P_m$ – показники системи;

$\{P_n\} = P_1, \dots, P_n$ – параметри елементів системи;

$f_1 \dots f_m$ – зв'язки у вигляді математичних функцій;

$$\begin{aligned} \varphi_1(\{P_n\}_1) &= 0 \\ &\dots\dots\dots, \\ \varphi_k(\{P_n\}_k^I) &= 0 \\ \varphi_{k+1}(\{P_n\}_{k+1}^I) &\geq 0 \\ \varphi_L(\{P_n\}_L^I) &\geq 0 \end{aligned}$$

де $\{P_n\}_1, \dots, \{P_n\}_m, \{P_n\}_1^I, \{P_n\}_L^I$ – підмножини множин параметрів;

$\varphi_1 \dots \varphi_k, \varphi_{k+1} \dots \varphi_L$ – функції, що визначають область допустимих значень параметрів елементів системи.

Потрібно зауважити, що на формування області допустимих значень параметрів впливають різні фактори. Це, по-перше, фізико-хімічні властивості речовин і матеріалів, які використовуються в проєктованих технічних системах. По-друге, допустимі відношення між параметрами елементів системи.

Іншим видом причинних структур, які часто використовуються, є функціональна структура системи. Вона подається у вигляді функціональної схеми, у якій об'єднані функції системи і її елементів.

Множину властивостей довільної системи можна розділити на дві незалежні групи. Першу з них утворюють властивості, які визначають

„межу” системи, що умовно відділяє її від інших систем. Зникнення навіть однієї з таких властивостей перетворює дану систему в іншу. Означені таким чином властивості в подальшому будемо називати якостями, а властивості іншої групи – показниками.

Введемо означення функції системи – це її властивість, яка визначається через дію, що виконує дана система у фіксованих умовах над зовнішнім, відносно неї, об’єктом.

Введене раніше означення проектної задачі доповнимо поняттям вхідних і вихідних даних. Вхідними даними вважається певна система, а вихідними даними – інша система, яка виконує ту саму функцію, що і вхідна, але при цьому вона має більше значення показника якості. Це означає, що процес розв’язку проектної задачі можна спростити, якщо поділити її на дві незалежні стадії:

– визначення множини систем, які виконують однакову із вхідною системою функцію;

– виділення із попередньо визначеної множини систем тих систем, які забезпечують максимальне значення показника якості.

Таким чином проектну задачу можна подати в вигляді сукупності двох самостійних задач: пошукової і задачі вибору.

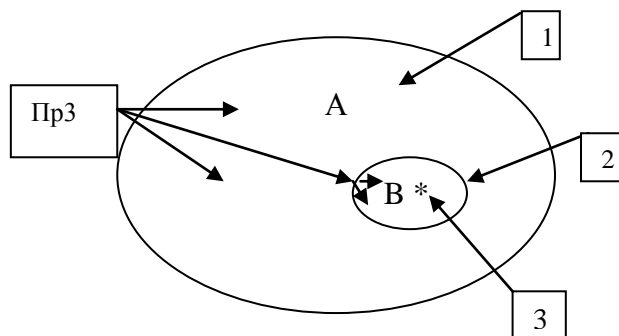


Рисунок 17 – Схематичне відображення процесу розв’язання пошукової задачі

На рисунку 17 прийняті такі позначення:

1 – множина всіх можливих систем; 2 – множина систем, які виконують однакову функцію з пошуковою; 3 – оптимальна система; ПрЗ – загальна постановка проектної задачі; А – простір процесу розв’язання проектної задачі; В – простір процесу розв’язання задачі вибору.

При розв’язуванні пошукової задачі використовуються відомі фізичні і технічні об’єкти з метою знайти таке їхнє поєднання, яке в певних умовах дозволяє виконати задану функцію.

Розв'язання задачі вибору допускає варіацію значень параметрів елементів знайденої раніше системи із метою знайти їх оптимальне співвідношення.

Розглянуті два типи задач мають різний ступінь методичного забезпечення і різне відношення до створення винаходів. На відміну від пошукової задачі, для розв'язання задачі вибору можна використати досконалий апарат математичного програмування. Однак, потрібно зауважити, що більшість винаходів з'являються саме в результаті розв'язування пошукових задач. Це пов'язано з тим, що системи, які відрізняються новими якісними співвідношеннями геометричних чи фізичних параметрів, рідко визнаються винаходами навіть у тому випадку, коли це дозволить отримати певний позитивний ефект.

Разом з тим, отримані в результаті розв'язку пошукових задач нові комбінації фізичних і технічних об'єктів можуть служити основою для створення принципово нових або для суттєвого покращення відомих систем.

Пошукова задача та задача вибору мають між собою багато спільного. Вони обидві відносяться до так званих змістовних задач – задач, умови яких сформульовані в рамках звичної з точки зору замовника термінології. Розв'язування таких задач допускає уточнення їх умов з метою побудови математичної моделі задачі. Загальною моделлю для цих задач може слугувати задача прийняття рішення. Вона передбачає визначення в деякій заданій множині альтернатив розв'язків такої підмножини, яка задовольняє прийнятий критерій.

Отже розв'язок першої задачі можна розглядати як вибір із усієї множини відомих систем таких, які задовольняють критерій однофункціональності з вхідною системою, а розв'язок другої задачі – як вибір із множини однофункціональних систем таких систем, які задовольняють критерій максимальності показника якості. Тому, розрізняючи ці задачі, необхідно бачити як їх відмінність, так і те, що їх об'єднує.

Наведемо приклади окремих типів пошукових задач і методи їх розв'язання, в яких необхідно знайти множину систем, однофункціональних із вхідною:

I тип задач. Дано – функція вхідної системи. Методи розв'язання – синтез фізичного принципу дії, використання енергетико-інформаційного методу;

II тип задач. Дано – функція і функціональна структура вхідної системи. Методи розв'язання – метод Коллера, морфологічний аналіз;

III тип задач. Дано – функція, функціональна структура і математична модель вхідної системи. Методи розв'язання – функціонально-вартісний аналіз.

6.2 Фізичне протиріччя

Поняття фізичного протиріччя займає центральне місце в концепції параметричного методу. Майже всі операції цього методу спрямовані на виявлення і усунення фізичних протиріч, які спостерігаються у вхідній системі.

Концепція параметричного методу як вхідної інформації передбачає використання математичної моделі системи, що в свою чергу дозволяє не тільки ввести чітке поняття фізичного протиріччя, визначити його різновиди, а й сформулювати правила його виявлення.

Розглянемо найпростіший випадок математичної моделі системи, яка описує лише два її показники, причому область зміни параметрів елементів системи ($\{P_n\}$) визначається одним інтервалом:

$$\Pi_1 = f_1(\{P_n\}_1) ; \Pi_2 = f_2(\{P_n\}_2),$$

де $\Pi_1 \dots \Pi_m$ – показники системи;

$\{P_n\} = P_1, \dots, P_n$ – параметри елементів системи;

$\{P_n\}_1, \dots, \{P_n\}_2$ – підмножини множини $\{P_n\}$;

P_{n1}, P_{n2} – межі зміни параметра P_n ; $n = 1, \dots, n$.

Причому:

$$P_{11} \leq P_1 \leq P_{12}$$

..... ,

$$P_{n1} \leq P_n \leq P_{n2}$$

Очевидно, що в загальному випадку множини $\{P_n\}_1, \{P_n\}_2$ перетинаються, тобто частина параметрів $\{P_n\}$ входить як до першої, так і до другої множини. Такі показники називаються загальними, а показники, до функцій яких вони входять – зв'язаними. Зв'язані показники мають властивість однозначно змінювати свої значення при зміні будь-якого загального для них параметра, незалежно від того, які значення мають останні параметри. Чисельно цю властивість можна дослідити за допомогою таких похідних:

$$\frac{\partial \Pi_1}{\partial P} = f_{1P}^1 ; \frac{\partial \Pi_2}{\partial P} = f_{2P}^1,$$

де P – загальний параметр, $P_1 \leq P \leq P_2$.

Визначені похідні на інтервалі зміни параметрів P_1 і P_2 можуть мати від'ємне, додатне або нульове значення. Крім того, усі показники систем поділяються на додатні і від'ємні. Враховуючи дані факти, можна отримати топологію пар зв'язаних показників за ступенем їх протиріччя.

Отже, серед них виділяють: суперечливі, несуперечливі, частково суперечливі.

Застосування часткових похідних f_{1P}^1 , f_{2P}^1 дозволяє найбільш просто встановити ступінь впливу на значення показника системи будь-якого одиничного параметра її елемента при фіксованих значеннях інших параметрів.

Властивості показників за ступенем їх суперечності можна добре продемонструвати геометрично шляхом демонстрування графіків функції f_1 та f_2 в одній системі координат.

Розглянемо випадок, коли обидва показники Π_1 і Π_2 – додатні. Якщо зобразити графіки функцій f_1 та f_2 в одній системі координат, то можна отримати три принципово різних варіанти їх взаємного положення:

- 1 – положення, яке відповідає суперечливому варіанту;
- 2 – положення, яке відповідає несуперечливому варіанту;
- 3 – положення, яке відповідає частково суперечливому варіанту.

Нехай $f_{1P}^1 < 0$, $f_{2P}^1 < 0$ для всіх P із інтервалу $P_1 \div P_2$. Тоді часткові похідні функції показників Π_1 і Π_2 можна визначити через відношення їх приростів:

$$\frac{\Delta\Pi_1}{\Delta P} \approx f_{1a}^1, \quad \frac{\Delta\Pi_2}{\Delta P} \approx f_{2a}^1$$

де $\Delta P = P^0 - P^*$; $a = (P^0 + P^*)/2$;

P^0 , P^* – вхідні значення параметра P із інтервалу $P_1 \div P_2$;

$\Delta\Pi_1$, $\Delta\Pi_2$ – відповідно приріст показників Π_1 і Π_2 при зміні параметра P від P^0 до P^* .

За означенням додатні показники потрібно збільшувати, а отже бажано збільшувати і будь-який їх додатний приріст:

$$\Psi(\Delta\Pi_1 > 0, \Delta\Pi_2 > 0),$$

якщо визначити за означенням $\Delta\Pi_1 \approx f_{10}^1 \Delta P$, $\Delta\Pi_2 \approx f_{20}^1 \Delta P$, тому

$$\Psi(f_{10}^1 \Delta P > 0, f_{20}^1 \Delta P > 0),$$

Враховуючи, що $f_{10}^1 > 0$, $f_{20}^1 < 0$, отримаємо:

$$\Psi(\Delta P > 0, \Delta P < 0) \text{ або } \Psi(\Delta P \geq 0),$$

оскільки вимога $\Delta P > 0$, $\Delta P < 0$ одночасно виконана бути не може, тому як компроміс береться нерівність $\Psi(\Delta P \geq 0)$. На підставі того, що $\Delta P = P^0 - P^*$, то $\Psi((P^0 - P^*) \geq 0)$ або $\Psi(P^0 \geq P^*)$.

Останній вираз можна відобразити через геометричну інтерпретацію, де A , B – інтервали бажаних значень параметра P .

Згідно з отриманим виразом найбільш бажаною є така ситуація, коли параметр P одночасно дорівнює двом будь-яким значенням із інтервалу A і B , в тому числі значенням P_1 і P_2 .

Отже правильним буде такий вираз:

$$\Psi(P^0=P_1, P^0=P_2).$$

Узагальнюючи отримані визначення відносно інших видів суперечності показників, можна отримати аналогічні висновки. Їх узагальнення дозволяє ввести поняття фізичного протиріччя і визначити форму його опису.

Фізичне протиріччя – це взаємовиключні вимоги, які висуваються до елемента системи та визначаються тим, що хоча б один із характерних для неї параметрів повинен одночасно мати два різних значення.

Такий параметр елемента системи будемо називати вузловим параметром, а сам елемент – вузловим елементом.

6.3 Способи усунення фізичного протиріччя

Якщо врахувати відомі способи змін і трансформацій вузлового елемента, то можна отримати майже 30 способів усунення фізичних протиріч (ФП). Однак серед цих теоретично можливих способів лише 18 мають самостійну цінність.

Розглянемо основні способи усунення ФП і приклади, які пояснюють їх практичне застосування. У наведених способах подаються два типи розв'язку: за принципами і технічний. Перший здійснюється шляхом підстановки в текст відповідних способів замість змінних типу: «вузловий елемент», «вузловий параметр», їх конкретних значень. Технічний розв'язок отримується на основі розв'язку за принципами за рахунок конкретизації значень ряду параметрів об'єкта з парними властивостями, які використовуються у вхідній системі або за рахунок уточнення умов функціонування вузлового елемента.

Для розгляду способів усунення фізичних протиріч виконаємо аналіз формули ФП: „Параметр P МАЄ БУТИ більший P_2 , ЩО ДОЗВОЛИТЬ збільшити показник L ; параметр P МАЄ БУТИ менший P_2 (але більший P_1), ЩО ДОЗВОЛИТЬ створити систему S ”.

Приклад 1. Замінити вузловий елемент системою, що складається з двох елементів, кожен із яких характеризується одним значенням параметра, вказаного у формулі фізичного протиріччя.

Відома силова конструкція 1, виготовлена із корозійного матеріалу, яка працює в агресивному середовищі 2. Вона характеризується такими показниками як тривалість експлуатації і вартість.

Якщо взяти як вузловий елемент (ВЕ) силову конструкцію, а як вузловий параметр (ВП) – тип матеріалу, з якого вона виготовлена, то можна сформулювати таке ФП: „Силовa конструкція має бути виготовлена із матеріалу типу K (корозійностійкий матеріал), що дозволить збільшити

тривалість її експлуатації; силова конструкція має бути виготовлена із матеріалу типу Д (некорозійностійкий матеріал), що дозволить зменшити її вартість”.

Усунення ФП

Принципове рішення: замінити силову конструкцію, виготовлену із корозійного матеріалу, на конструкцію 1, виготовлену з „дешевої” сталі, вона повинна мати корозійностійке покриття, наприклад, шар фарби 2.

Приклад 2. Замінити вузловий елемент системою, що складається з множини однакових елементів, кожен з яких характеризується одним значенням параметра, вказаного у формулі ФП, а система в цілому отримує інше значення параметра.

Для підведення електричного струму до металевої пластини 1, через діелектричну тканину 2, використовується електрошина 3, виконана у формі голки.

Ця система характеризується такими показниками як сила струму, що протікає по електрошині, і ступінь пошкодження діелектричної тканини.

Якщо взяти як ВЕ електрошину, а як ВП – площу контакту між нею і пластиною, то можна сформулювати таке ФП:

«Площа контакту має бути якомога більшою, це дозволить збільшити силу струму, що протікає по електрошині; площа контакту має бути якомога меншою, що дозволить зменшити ступінь пошкодження діелектричної тканини».

Усунення ФП

Принципове рішення: замінити одну електрошину іншою, яка складається із множини голок значно меншого діаметра.

Технічне рішення: загальна площа електричного контакту окремих голок із пластинкою може значно перевищувати аналогічну характеристику вхідної системи.

Приклад 3. Замінити вузловий елемент об’єктом, який на різних стадіях (фазах) життєвого циклу вхідної системи характеризується різними значеннями параметра, вказаного в формулі ФП.

Відома трансформована антенна система космічного базування, яка складається з сферичної полімерної оболонки 1, в матеріал якої імплантована металічна сітка 2.

При виведенні даної антени в космічний простір вона компактно укладена у формі рулону невеликого розміру. На орбіті у внутрішню частину оболонки подається газ, в результаті чого вона розгортається і набуває сферичної форми. Після чого газ із внутрішньої частини виходить і антена стає готовою до роботи. Однак, ця проста система має один недолік, який важко усунути – під дією «сонячного вітру» антена починає змінювати свою орбіту, яка з часом із кругової стає дуже еліптичною.

Якщо взяти як ВЕ оболонку, а як ВП – її наявність в системі, то можна сформулювати таке ФП:

«Оболонка повинна використовуватись в системі, що дозволить забезпечити її розкриття; оболонка не повинна використовуватись в системі, що дозволить уникнути впливу на антену «сонячного вітру».

Усунення ФП

Принципове рішення: замінити оболонку, стійку в умовах космічного простору, на оболонку, яка руйнується в умовах відкритого космосу за короткий час.

Технічне рішення: відзначену властивість має полімерна плівка, у якій під дією ультрафіолетового випромінювання сонця відбувається процес деполімеризації. Якщо оболонку трансформованої антени виготовляти з такої плівки, то вона в умовах відкритого космосу випарується за короткий час.

6.4 Побудова математичних моделей технічних систем

В даному підрозділі розглянемо ряд методичних рекомендацій, які допоможуть перетворювати вербальну і графічну інформацію про зв'язки між показниками вхідної системи і параметрами її елементів, яка повідомляється в тексті проблемної ситуації, у рівняння математичної моделі. Причому, потрібно зазначити, що отримані в результаті застосування даних рекомендацій моделі відображатимуть тільки якісну сторону відмічених вище зв'язків. На їх основі можна робити висновки лише про напрямок зміни (збільшення чи зменшення) показників системи при тій чи іншій зміні параметрів її елементів.

Виявити точний, кількісний взаємозв'язок між параметрами і показниками моделі такого типу не дозволяють, тому їх прийнято називати якісними. Однак, для параметричного методу такої «точності» математичної моделі, яка, як відомо, входить у вхідні дані пошукової задачі, як правило достатньо.

Як показують попередні дослідження, вміст евристичної процедури виявлення зв'язків між показниками вхідної системи і параметрами її елементів у вигляді математичної моделі в основному визначається ступенем повноти опису цих зв'язків.

Розглянемо випадок, коли відомі функціональні залежності між показниками системи і параметрами її елементів.

Нехай один із показників системи P_i , функція визначення якого має такий вигляд:

$$P_i = f_i(\{P_n\}_i), \quad (1)$$

де $\{P_n\}_i = P_1, \dots, P_k$.

Нехай деяка частина вхідних параметрів у свою чергу залежить від інших параметрів системи і може бути виражена через інші математичні функції. В подальшому такі параметри будемо називати залежними. Припустимо, що у виразі (1) перші j параметри є залежними, тоді :

$$\begin{aligned} P_1 &= f_1(\{P_n\}_{i1}), \\ P_j &= f_j(\{P_n\}_{ij}), \end{aligned} \quad (2)$$

де $\{P_n\}_{i1}, \dots, \{P_n\}_{ij}$ – підмножина множини всіх параметрів елементів системи.

Після підстановки останніх виразів у функцію показника Π_i , отримуємо:

$$\Pi_i = f_i(\{P_n\}_{i1}, \dots, \{P_n\}_{ij}, P_{j+1}, \dots, P_R). \quad (3)$$

Очевидно, що після перетворення серед змінних функції f_i знову можуть виявитися залежні параметри. Тоді замість них в функцію f_i потрібно підставити відповідні їм функціональні залежності. Операція підстановки повторюється до тих пір, поки в функції показника Π_i не залишаться лише незалежні параметри. Для того щоб визначити, чи є той чи інший параметр незалежним, можна використовувати ознаки, які будуть розглянуті нижче.

До незалежних параметрів відносяться:

1) параметри, які в межах розглядуваної ситуації неможливо визначити через функціональні залежності від інших параметрів елементів вхідної системи;

2) параметри, які характеризують елементи вхідної системи, заміна яких неможлива або небажана.

Крім відзначеного у більшості випадків до незалежних параметрів відносяться характеристики розмірів (довжина, ширина, товщина і т. п.), вага, маса, швидкість, а також фізико-хімічні властивості елементів вхідної системи.

Після того як подібні дії будуть проведені відносно функцій усіх показників вхідної системи, процедуру побудови її математичної моделі можна вважати завершеною. В подальшому такого роду процедури будемо об'єднувати методом підстановки. Розглянемо його застосування на конкретному прикладі.

Одним із показників якості фланцевого з'єднання трубопроводу є ступінь його герметичності (H), який одночасно визначається через масові витрати рідини, що просочується через нього у навколишнє середовище (G). Відповідно до наведених вище означень герметичності її початкова функція має такий вигляд:

$$H=G, \quad (4)$$

де $G=WS\rho$,

W – середня швидкість рідини в зазорі між ущільнювальним кільцем і поверхнею фланця;

S – середня площа поперечного перерізу;

ρ – густина рідини.

У більшості практичних режимів роботи подібних систем, якщо і здійснюється витік рідини в зазорі, то він є ламінарним. Оскільки рідина

практично не стискається, то її середню швидкість в зазорі можна визначити за допомогою такого виразу:

$$W = C \frac{\delta^2 \Delta P}{S \mu l},$$

де: δ – ефективна товщина зазору;

ΔP – різниця тиску рідини і навколишнього середовища;

μ – в'язкість рідини;

l – ширина ущільнювального кільця;

C – безрозмірна стала, що залежить від форми поперечного перерізу зазору;

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

де P_1 – тиск рідини,

P_2 – тиск навколишнього середовища.

Також потрібно врахувати, що в'язкість рідини значною мірою залежить від її температури:

$$\mu = \mu_0 \cdot \eta(T/T_0),$$

де μ_0 – в'язкість рідини при температурі T_0 ;

T – температура рідини;

$\eta(T/T_0)$ – деяка функція від змінної T .

Підставивши послідовно отримані вирази у початкову формулу отримаємо:

$$H = C \frac{\delta^2 (P_1 - P_2) \rho}{\mu_0 \eta \left(\frac{T}{T_0} \right) l}.$$

Враховуючи, що умови роботи фланцевого з'єднання, які визначаються зміною тиску і температурою рідини, зафіксовані і не змінюються, тому всі параметри, що входять до останнього виразу, можна вважати незалежними.

Особливістю розглянутої процедури побудови математичної моделі є «втрата» в результаті підстановок тих параметрів, які входять до початкової і проміжної функції показників вхідної системи. Наприклад, аналізуючи останній вираз для показника герметичність, неможливо з'ясувати, що геометричність фланцевого з'єднання залежить від таких параметрів як середня швидкість в зазорі (W) і середня площа його поперечного перерізу (S). Враховуючи ту важливу роль, яку відіграють ці параметри у процесі виявлення ФП, дану особливість методу підстановки потрібно відзначити як його недолік.

Проте, його легко усунути, якщо в кінцевому виразі зафіксувати результати всіх проміжних підстановок, наприклад, таким чином:

$$H = G \left\{ W \left\{ C \frac{\delta^2 \Delta P \{P_1 - P_2\}}{S l \mu \{ \mu_0 \eta (T/T_0) \}} \right\} S \rho \right\}, \quad (5)$$

де в фігурних дужках, справа від параметрів, вказані функціональні залежності, через які дані параметри можуть бути визначені.

Подібну форму запису функції в подальшому будемо називати розгорнутою. Причому, її легко перетворювати в запис традиційного вигляду. Для цього необхідно розкрити фігурні дужки і опустити ті змінні, що стоять перед ними. Наприклад, виключивши подібним чином із виразу (5) параметри G, W, μ і ΔP отримаємо вираз (4).

Використання в умовах пошукової задачі розгорнутої форми запису функцій показників вхідної системи в кінцевому результаті призводить до збільшення множини систем, які отримуються в результаті її розв'язку. Неважко довести, що в деяких випадках це дозволяє підвищити показник якості розв'язку відповідної проектної задачі.

Іншим, практично важливим способом опису відомостей про зв'язки між показниками вхідної системи і параметрами її елементів є тексти і графіки.

Наприклад, відомо, що число обертів теплового двигуна, який працює за принципом температурного розширення твердого тіла, залежить і від величини довжини робочого тіла.

Покажемо дане твердження у вигляді такої функціональної залежності:

$$N = f(P_1, \dots, P_{n-1}, \Delta L),$$

де N – число обертів двигуна;

P_1, \dots, P_{n-1} – деякі параметри елементів двигуна;

ΔL – величина максимальної зміни довжини робочого тіла даного двигуна.

Параметри P_1, \dots, P_k характеризують процес теплообміну робочого тіла з нагрівачем і холодильником, а також процес перетворення поступального руху в обертальний. Вважатимемо, що в нашому випадку рівень опису даних процесів в проблематичній ситуації не дозволяє точно визначити вид функціональної залежності величини N від змінних $P_1, \dots, P_{k-1}, \Delta L$. Однак, виходячи із фізичних міркувань, можна стверджувати: незалежно від того, які конкретні значення приймають параметри P_1, \dots, P_{k-1} збільшення (зменшення) величини довжини робочого тіла (ΔL) призводить до збільшення (зменшення) числа обертів двигуна (N). Дане твердження не дозволяє визначити певну залежність між величинами N і ΔL , однак з точки зору можливості застосування параметричного методу цієї «точності» цілком достатньо. Дійсно, даному ствердженню відповідає така нерівність:

$$\frac{\partial N}{\partial(\Delta L)} = \frac{\partial[f(P_1, \dots, P_{k-1}, \Delta L)]}{\partial(\Delta L)} > 0,$$

яка залишається справедливою при будь-яких допустимих значеннях змінних ($P_1, \dots, P_{k-1}, \Delta L$).

Останнє, що необхідно розглянути в цьому підрозділі, це те, як побудувати математичну модель вхідної системи в тому випадку, коли відомий лише перелік параметрів, від яких залежать її показники. Іншими словами, відомо лише те, що значення показника P_i змінюється при зміні значень параметрів P_1, \dots, P_k . В такому випадку очевидним є те, що для застосування параметричного методу такої «точності» опису функції показників вхідної системи недостатньо. Потрібно з'ясувати бодай якісний взаємозв'язок між показником P_i і параметрами P_1, \dots, P_k . Для цього можна скористатися методами теорії розмірності. Особливості такого підходу розглянемо нижче.

Теорія розмірності головним чином використовується для обробки результатів експериментів з метою отримання на їх основі початкових теоретичних уявлень про досліджуване фізичне явище. Для цього за допомогою відносно простих математичних способів аналізуються розмірності параметрів, що визначають дане явище.

Як відомо, різні фізичні величини пов'язані між собою відповідними співвідношеннями. Якщо деякі з таких величини прийняти за основні і встановити для них одиниці вимірів, то одиниці вимірювання решти будуть певним чином виражатися через одиниці вимірювання основних величин. Прийняті для основних величин одиниці вимірювання називаються основними або первинними, а решту одиниць вимірювання називають похідними. Фактично це означає, що в якості основних можуть бути вибрані різні групи величин, отже це дає підстави утворювати і вводити для розгляду різні системи одиниць вимірювання.

Для прикладу наведемо найбільш поширену міжнародну систему одиниць вимірювання (СІ). У ній як основні величини вимірювання взято: довжина (м), маса (кг), час (с), сила електричного струму (А), температура (К), сила світла (кд) і кількість речовини (моль).

Контрольні запитання

1. Розкрийте суть параметричного методу та особливості його застосування.
2. Який об'єкт називається прототипом?
3. Дайте означення системи.
4. Поясніть поняття властивостей і відношення елементів системи.
5. Проаналізуйте особливості формування області допустимих значень параметрів системи.
6. Дайте означення функції системи.
7. Пошукова задача та її особливості.
8. Фізичне протиріччя та способи його усунення.
9. Які параметри системи можна вважати незалежними?
10. Наведіть приклад розгорнутої форми запису функції системи.
11. Розкрийте особливості застосування теорії розмірності в параметричному методі.

РОЗДІЛ 7. ЗАСТОСУВАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ПРИЙОМІВ В ПРОЦЕСІ ПОШУКУ РІШЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАДАЧ

Практика створення винаходів засвідчує надзвичайну корисність застосування винахідницьких прийомів в процесі пошуку рішень технічних проблем і задач [14]. Винахідницькі прийоми являють собою підсумок узагальнення великої кількості винаходів з різних областей техніки. Нижче наведено перелік основних прийомів, які відображені конкретними принципами і діями.

1. Принцип подрібнення:

- а) розділити об'єкт на частини;
- б) зробити розбірним;
- в) збільшити ступінь подрібнення об'єкта.

Приклад. Патент США № 2859791. Пневматична шина, яка складається з дванадцяти незалежних секцій.

2. Принцип винесення.

Відділити від об'єкта «заважаючу» частину або відповідну властивість і, навпаки, виділити саме потрібну частину або властивість.

3. Принцип місцевої якості:

- а) перейти від однорідної структури об'єкта до неоднорідної ;
- б) різні частини об'єкта повинні мати різні функції;
- в) кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, які найбільше відповідають її роботі.

Приклад. А.С. № 280328. Сушіння зерна виконується по групах, які відрізняються розмірами для усунення розтріскування зерен.

4. Принцип асиметрії.

Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної.

Машини виконують, як правило симетричними. Багато задач легко розв'язати, якщо порушити симетрію.

Приклади:

- а) лещата зі зміщеними зубцями;
- б) фари автомобіля.

5. Принцип об'єднання:

- а) об'єднати однорідні і призначені для суміжних операцій об'єкти;
- б) об'єднати в часі однорідні або суміжні операції.

Приклад. А.С. № 235547. Роторний екскаватор з форсунками, які розігрівають ґрунт.

6. Принцип універсальності.

Об'єкт виконує кілька функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

Приклад.

Великотоннажні танкерні судна мають на борту власну нафтоперегонну установку.

7. Принцип „матрьошки”:

а) один об'єкт розташовується всередині іншого, який розміщується в третьому і т. д.

б) один об'єкт проходить через порожнину іншого.

8. Принцип антиваги:

а) компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншим об'єктом, який має підйомну силу;

б) компенсувати вагу об'єкта взаємодією з середовищем (за рахунок аеро-, гідродинамічних і інших сил).

9. Принцип попереднього напруження.

Завчасно надати об'єкту напруження, яке буде протилежним небажаним робочим напруженням.

Приклади.

Напружений бетон.

Додавання до сигналу помилки його похідної в корегуючих ланках автоматики.

10. Принцип попереднього виконання:

а) завчасно виконати потрібну зміну об'єкта (повністю або частково);

б) завчасно розставити об'єкти так, щоб вони могли вступати у взаємодію з найбільш придатного місця без затрат часу на їх доставку.

Приклад.

Крапля рідини, розміщена під запресованою кулькою, є найкращим інструментом видалення останнього при нагріванні.

11. Принцип «завчасно підкладеної подушки».

Компенсувати невисоку надійність об'єкта завчасно підготовленими аварійними засобами.

Приклади.

Магнітні матеріали в книгах для контролю в публічних бібліотеках США для боротьби з викраденням.

Патент США № 2879821. Жорсткий металевий диск в шині автомобіля.

12. Принцип еквіпотенціальності.

Змінити умови роботи таким чином, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.

13. Принцип «навпаки»:

- а) замість дії, яка диктується умовою задачі, виконати зворотню дію;
- б) зробити рухому частину об'єкта зовнішнього середовища нерухомою, а нерухому – рухомою;
- в) перевернути об'єкт «догори ногами».

14. Принцип сферичності:

- а) перейти від прямолінійної частини об'єкта до криволінійної, від плоских поверхонь до сферичних;
- б) використовувати кульки, ролики, спіралі;
- в) перейти до обертального руху, використовуючи центробіжну силу.

Приклад. Патент ФРГ № 1085073. Пристрій для зварювання труб в трубну решітку, у якому електродами є металеві кульки, які вільно перекочуються.

15. Принцип динамічності:

- а) характеристики об'єкта або зовнішнього середовища повинні змінюватися таким чином, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи;
- б) розділити об'єкт на частини, які здатні переміщуватися одна відносно іншої.

Приклад. А.С. 174748. Автомобіль з шарнірно з'єднаними секціями, які здатні повертатися за допомогою гідроциліндрів.

16. Принцип часткового або надлишкового рішення.

Якщо важко отримати стопроцентну бажану ефективність, то потрібно отримати «трішки менше» або «трішки більше». В такому випадку задача може суттєво спроститися.

Приклад. А.С. № 181897. Боротьба з градом за рахунок використання порожнистого реагента і доставки його не для всього скупчення хмар, а лише до її локальної частини.

17. Принцип переходу в інше вимірювання:

- а) труднощі, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єкта по лінії, усуваються, якщо об'єкт набуває можливості пересуватися в двох вимірах (тобто по площині). Відповідно задачі, пов'язані з рухом об'єктів в одній площині, усуваються при переході в простір трьох вимірів;
- б) застосувати багатопверхове компонування об'єкта замість одноповерхового;

- в) нахилити об'єкт або покласти його «на бік»;
- г) використати зворотню сторону наявної площини.

Приклад. А.С. № 150938. Напівпровідниковий діод, який відрізняється тим, що з метою збільшення потужності використовується профільований омичний контакт.

18. Використання механічних коливань:

- а) привести об'єкт в коливальний рух;
- б) якщо такий рух уже здійснюється, то збільшити його частоту (можливо навіть до ультразвукової);
- в) використовувати резонансну частоту;
- г) використовувати ультразвукові коливання в сукупності з електромагнітними полями.

19. Принцип періодичної дії:

- а) перейти від безперервної дії до періодичної (імпульсної);
- б) якщо дія періодична, то змінити її періодичність;
- в) використовувати паузи між імпульсами для виконання іншої дії.

20. Принцип безперервності корисної дії:

- а) виконувати роботу безперервно (усі частини об'єкта повинні працювати безперервно і з повним навантаженням);
- б) усунути проміжні і холості ходи.

21. Принцип „проскоку”.

Проводити процес або окремі його етапи на великій швидкості.

Приклад. Патент ФРГ № 1134821. Ніж розсікає пластмасову трубу так швидко, що вона не встигає зім'ятися.

22. Принцип «повернути шкоду на користь»:

- а) використати шкідливі фактори (в тому числі шкідливу дію зовнішнього середовища) для отримання позитивного ефекту;
- б) усунути шкідливий фактор за рахунок додавання іншого шкідливого фактора;
- в) посилити шкідливий фактор на стільки, щоб він перестав бути шкідливим.

23. Принцип зворотного зв'язку:

- а) ввести зворотний зв'язок;
- б) якщо зворотний зв'язок уже існує, то змінити його.

24. Принцип посередника.

Використовувати проміжний об'єкт для перенесення дії.

Приклади.

А.С. № 177346. Спосіб підведення електричного струму в рідкий метал за допомогою іншого металу, який має нижчу температуру плавлення, високу густину і температуру кипіння.

Голограма як схема з'єднання оптичних логічних елементів.

25. Принцип самообслуговування:

а) об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконувати допоміжні і ремонтні операції;

б) використовувати відходи енергії, речовини.

Приклад. А.С. № 397584. При спорудженні каналів використовуються готові ділянки каналу для сплавлення обладнання і будівельних матеріалів.

26. Принцип копіювання:

а) замість недосяжного, складного, цінного, незручного об'єкта використовувати його спрощені і дешеві копії;

б) замінити об'єкт або систему об'єктів їх оптичними копіями. Використовувати при цьому зміну масштабу;

в) якщо використовуються видимі оптичні копії, то перейти до інфрачервоних або ультрафіолетових.

27. Дешева недовговічність замість дорогої довговічності.

Замінити об'єкт, який багато коштує, набором дешевих об'єктів, поступаючись при цьому деякими якісними показниками.

Приклад. Шприц для разових ін'єкцій.

28. Заміна механічної схеми:

а) замінити механічну схему оптичною, акустичною або «запаховою»;

б) використовувати електричні, магнітні і електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом;

в) перейти від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих до змінних у часі, від неструктурованих до наділених певною структурою;

г) використовувати поля в сполученні з феромагнітними частинками.

29. Використання пневмо– і гідроконструкцій.

Замість твердих частин об'єкта використовувати газоподібні і рідкі: надувні і гідронаповнені, повітряну подушку, гідростатичні і гідрореактивні.

Приклад. Використання порожнистої спіралі замість масивної труби за рахунок повітряної стінки, яка утворюється спіральною трубкою з отворами, через які за допомогою компресора подається повітря.

30. Використання гнучких оболонок і тонких плівок:

а) замість об'ємних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і тонкі плівки;

б) ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

31. Використання пористих матеріалів:

а) виконати об'єкт пористим або використати додаткові пористі елементи (вставки, покриття і т.п.);

б) якщо об'єкт виконаний пористим, то спробувати попередньо заповнити пори якоюсь речовиною.

32. Принцип зміни забарвлення:

а) змінити забарвлення об'єкта або зовнішнього середовища;

б) змінити ступінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища;

в) для спостереження за об'єктами або процесами використовувати забарвлюючі добавки;

г) якщо такі об'єкти вже використовуються, то скористайтеся міченими атомами.

33. Принцип однорідності.

Об'єкти, які взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути зроблені з того самого матеріалу або близького до нього за властивостями.

34. Принцип відторгнення і регенерації частин:

а) частина, яка виконала своє призначення і стала непотрібною, повинна бути відкинута, розчинена, випарувана і под., або видозмінена безпосередньо під час роботи;

б) витратні частини об'єкта повинні бути відновлені безпосередньо під час роботи.

Приклад.

Патент США № 3160950. При старті ракети чутливі прилади розміщують в пінопласті, який у відкритому космосі випаровується.

35. Зміна фізико-хімічних параметрів об'єкта:

а) змінити агрегатний стан об'єкта;

б) змінити концентрацію або консистенцію;

в) змінити ступінь гнучкості;

г) змінити температуру.

Приклад.

Спосіб збирання маленьких деталей, наприклад, мікропідшипників. Спочатку їх склеюють, а потім клей розчиняють.

36. Використання фазових переходів.

Використовувати явища, які виникають при фазових переходах, наприклад, зміна об'єму, виділення і поглинання тепла і под.

Приклад. А.С. № 190855. Виготовлення ребристих труб за рахунок заморожування в них води.

37. Використання термічного розширення:

а) використовувати термічне розширення або стиснення матеріалів;
б) якщо термічне розширення вже використовується, то застосувати кілька матеріалів з різними коефіцієнтами термічного розширення.

Приклад. А.С. № 242127. Організація мікропереміщень на молекулярному рівні за рахунок теплового розширення.

38. Використання сильних окислювачів:

- а) замінити звичайне повітря повітрям, збагаченим киснем;
- б) впливати на повітря або кисень іонізуючим випромінюванням;
- в) використовувати озонований кисень;
- г) замінити озонований кисень чистим озоном.

Приклад. Спосіб спікання і випалювання дисперсного матеріалу шляхом інтенсифікації процесу за допомогою продувки повітрям, збагаченим киснем.

39. Використання інертного середовища:

- а) замінити звичайне середовище інертним;
- б) проводити процес у вакуумі;
- в) проводити процес у космосі.

40. Використання композитних матеріалів.

Перейти від однорідних матеріалів до композитних.

7.1 Практичні рекомендації до використання винахідницьких прийомів

При перетвореннях технічних систем згідно із запропонованим прийомом рекомендовано:

– не намагатися використати прийом дуже швидко, в одну дію, оскільки кожен прийом відображає найпотужніші ідеї з великої області патентного фонду і містить у собі кілька операцій;

– не зупинятися на півдорозі, уважно, поопераційно виконувати до кінця перетворення, які рекомендуються прийомом;

– враховувати, що реальні задачі, як правило, не розв'язуються використанням одного прийому, за «один хід» – як правило потрібно виконати кілька сеансів роботи по одній задачі;

- звернути увагу на практичні приклади, знайти їх аналогію з розглядуваною технічною системою на рівні ідеї (побачити в прикладах аналогічні протиріччя, функції, взаємодію між об'єктами);
- чітко усвідомити, до якого саме об'єкта технічної системи застосовувати той або інший прийом;
- після закінчення перегляду прийому обов'язково звернутися до записної книжки і зафіксувати результати його використання або причини того, чому даний прийом не дозволяє розв'язати протиріччя.

7.2 Застосування стандартних підходів до пошуку рішень технічних проблем і задач

Застосування стандартних підходів надає практичну інтелектуальну підтримку при:

- цілеспрямованому розвитку структури технічних систем в процесі розв'язку винахідницьких задач;
- прогнозуванні розвитку технічних систем.

В техніці часто зустрічаються ситуації типу: «Потрібно щось змінити, але при цьому нічого змінювати не можна». В таких випадках необхідно, принаймні:

- добре бачити способи розвитку технічної системи, що розглядається;
- уміти розв'язувати винахідницькі задачі, які виникають при виборі тієї чи іншої лінії розвитку.

Стандартні підходи до пошуку рішень технічних проблем і задач дозволяють будувати лінії розвитку технічних систем і розв'язувати винахідницькі задачі, які виникають при цьому.

Стандарти в запропонованих підходах – це правила синтезу і перетворення технічних систем, які безпосередньо витікають з законів розвитку цих систем.

Сам термін «стандарти» відображає ефективність рекомендованих ним ідей і підкреслює, що використовувати готові «стандартні винахідницькі ідеї» набагато доцільніше, ніж «перевинаходити» їх для кожної нової задачі.

«Стандартний» не значить «тривіальний». Як і винахідницькі прийоми, стандарти опираються на великий патентний фонд, вони орієнтовані на розв'язок прихованих протиріч в технічних системах. Кожний стандарт можна розглядати як певне стійке поєднання кількох прийомів, взаємно підсилюючих один одного.

Відомо 76 основних стандартів. Усі стандарти систематизовані по групах з позицій вепольного аналізу.

Вепольний аналіз – це метод аналізу взаємодії речовин і полів, який дозволяє однією мовою описувати технічні системи і процеси, які в них відбуваються.

Веполь – термін, який утворюється сполученням двох російських слів «вещество, поле».

Веполь за своєю суттю є моделлю елементарної взаємодії в технічній системі. У такій взаємодії, як правило, беруть участь три елементи: дві речовини і поле між ними.

Приклад.

Якщо студент пише олівцем на папері, то між речовиною $B1$ (папір) і речовиною $B2$ (грифель) є поле $Пмех$ механічної взаємодії між ними. Графічно ця взаємодія описується у такому вигляді:

$$\begin{array}{c} Пмех \\ B2 \rightarrow B1. \end{array}$$

Структура будь-якої технічної системи може бути описаною у вигляді таких ланцюжків.

Під речовиною у вепольному аналізі розуміють об'єкт взаємодії, який може бути не лише речовиною, а цілою технічною системою або її частиною.

Поняття «поле», у вепольному аналізі, більш широке, ніж у фізиці. Під полями у вепольному аналізі розуміють взаємодію речовин. До полів відносять: механічне, електричне, магнітне, гравітаційне, запахове, інформаційне і т. д.

Веполь називають повним, якщо у ньому присутні всі три елементи: дві речовини і поле або два поля і речовина. Якщо елементів менше – то веполь називають неповним.

Приклади веполів.

Повний веполь. До немагнітної деталі приєднана магнітна деталь $B2$, яка під дією магнітного поля $Пмагн$ може легко переміщатися:

$$\begin{array}{c} Пмагн \\ B1 \leftarrow B2. \end{array}$$

Ультрафіолетове випромінювання $Пультр$ діє на люмінофор B і тим самим заставляє його випромінювати світло $Псвіт$:

$$Пультр \rightarrow B \rightarrow Псвіт.$$

Комплексний веполь (в одну з речовин внесена добавка). На вивід котушки, який покритий ізоляцією $B1$, наносять невелику кількість терміту $B3$ таким чином, щоб при взаємодії з припоєм $B2$ виділилось додаткове тепло $Птепл$. Вказане тепло розплавляє ізоляцію в місці пайки, отже зникає необхідність додаткової операції очищення виводів.

$$\begin{array}{c} Птепл \\ (B1 B3) \rightarrow B2. \end{array}$$

Ланцюговий веполь. Повітря $B1$ полем потоку повітря $Птиск$ намагається змістити вниз крило $B2$, яке під дією механічного зв'язку

Пмех зміщує вниз автомобіль *В3*, що викликає збільшення сили зчеплення *Птерт* з дорогою *В4*:

$$\begin{array}{c} \text{Птерт} \quad \text{Пмех} \quad \text{Птиск} \\ \text{В4} \leftarrow \rightarrow \text{В3} \leftarrow \rightarrow \text{В2} \leftarrow \rightarrow \text{В1}. \end{array}$$

Подвійний веполь. Для збільшення сили зчеплення *Птерт* сталевого колеса *В1* з рельсою *В2* їх намагнічують:

$$\begin{array}{c} \text{Птерт} \\ \text{В2} \rightarrow \text{В1} . \\ \text{Пмагн} \end{array}$$

Веполі, до складу яких входять одна речовина і два поля (одне діє на речовину, а інше генерується речовиною), найчастіше використовуються при розв'язанні задач на вимірювання і виявлення.

Стандартна задача з точки зору теорії розв'язання винахідницьких задач не означає тривіальності даної задачі. Справа у тому, що стандарти як раз підказують нестандартні шляхи розв'язання задачі. Тобто розв'язування проходить за правилами “неправильного” (тобто нетривіального) розв'язування. Наприклад, часто зустрічаються задачі, в яких для отримання потрібних характеристик необхідно ввести речовину, але за умовами задачі її вводити не можна. Стандарти передбачають для таких задач 8 способів введення речовини в систему, при яких речовина фактично не вводиться.

Використання вепольного способу опису технічних систем дозволяє абстрагуватися від конкретних деталей, матеріалів, полів, виконувати структурний аналіз технічних систем незалежно від їх типу, призначення і виявляти закономірності їх розвитку, а під час розв'язування – описувати технічну систему на єдиній формалізованій мові.

Застосування стандартів передбачає послідовне виконання алгоритму з трьох основних операцій:

- побудова речовинно-польової моделі технічної системи і визначення рівня її розвитку;
- перетворення технічної системи за стандартами;
- прогноз розвитку технічної системи.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади застосування основних винахідницьких прийомів.
2. Виконайте аналіз рекомендацій щодо використання винахідницьких прийомів.
3. Особливості застосування стандартних підходів для розв'язку технічних задач.
4. Поясніть суть вепольного аналізу, види веполів.
5. Наведіть алгоритм застосування стандартних підходів до вирішення технічних проблем і задач.

РОЗДІЛ 8. ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОВЕДЕННІ НАУКОВИХ ПОШУКІВ

Впродовж останнього десятиліття відбувається бурхливий розвиток комп'ютерних мереж [15]. Причому, цей розвиток спричиняє збільшення не тільки локальних та корпоративних мереж, він відзначається насамперед збільшенням кількості користувачів всесвітньої комп'ютерної мережі Internet. Виникнення і розвиток комп'ютерних мереж породжує нові можливості і нові класи задач для проведення наукових пошуків.

Якщо проаналізувати сутність комп'ютерної мережі будь-якого типу, то очевидно, що їх можна класифікувати як специфічні системи масового обслуговування. Як відомо [16], до основних показників таких систем відносять насамперед часові характеристики, зокрема: час обслуговування, час очікування в черзі, час передачі через канали зв'язку та інші.

Розробка і впровадження нових інформаційних систем, які базуються на використанні мережі Internet [16-20], часто потребує використання як ресурси управління часової тривалості інтервалів доступу або в основі критеріальних оцінок для проведення оптимізації передбачає вимірювання часових інтервалів, які витрачаються на виконання певних дій, операцій або функцій.

На кафедрі метрології та промислової автоматики Вінницького національного технічного університету була виконана розробка оригінальної системи „EUREKA”. Дана система відноситься до класу мережевих комп'ютерних систем і є інтегрованою в мережу Internet. Вона призначена для швидкого створення розподілених динамічних інформаційних систем, які будуть об'єднувати і координувати творчі можливості фахівців з будь-яких куточків земної кулі для ефективного пошуку оптимальних рішень задач науки і техніки винахідницького рівня. Розглянемо більш детально роботу інтегрованої в Internet комп'ютерної системи „EUREKA”. Концептуальні, структурні, алгоритмічні та інші аспекти розробки системи розглянуті в роботах [17, 19-21]. Програмне забезпечення даної системи захищене державним Свідоцтвом на право інтелектуальної власності [22]. Її адреса в мережі Internet <http://inaeksu.vstu.vinnica.ua/SiteNEV/distedu/brain>.

В концептуальну основу функціонування системи закладені ідеї методу „мозкового штурму” (Brain-Storming), який з'явився в США у 30-х роках 20 ст., а остаточно був сформований у 1953 році в праці А. Осборна „Управління уявою” [10]. Детально даний метод раніше вже був розглянутий. Принагідно зазначимо, що структура методу є досить простою і складається з двох етапів: на першому етапі висуваються ідеї, а на другому вони аналізуються і розвиваються.

Функціонування системи передбачає наявність вільного доступу до мережі Internet у кожного з учасників процесу синтезу. Причому система

гарантує їм рівноправний доступ до ресурсів, залежно від групи, до якої вони належать.

З метою уникнення суб'єктивних впливів та забезпечення більш ефективної роботи системи в розробці алгоритмів її функціонування як канал об'єктивного чинника використовується поточний час, який буде квантуватися на певні інтервали, що визначатимуть можливості і завдання для діяльності учасників на заданих етапах роботи системи. При цьому в роботі системи автоматично враховується можливість географічного розташування учасників процесу синтезу в різних часових поясах.

Таким чином основна особливість системи „EUREKA” полягає у тому, що доступ учасників до проекту здійснюється через мережу Internet, регулюється тільки часовими інтервалами, що є абсолютно об'єктивним чинником і підвищує ефективність роботи системи в цілому. Отже функціонування системи дозволяє стимулювати отримання множини ідей рішень, виконати їх комплексний аналіз та здійснити обґрунтований вибір. Причому даний процес може мати циклічний характер. Авторські права на „Систему EUREKA з ресурсом управління через виділення часових інтервалів” захищені відповідно до чинного закону України про інтелектуальну власність [22].

Перш ніж переходити до аналізу даної розробки виконаємо загальний аналіз методології, яка закладена в основу цієї системи, та тих передумов, які викликали необхідність її створення.

Передумовою виникнення алгоритмізованих методів пошуку нових технічних ідей і рішень стала очевидна необхідність у їх створенні як інструментів, що здатні забезпечувати високу ефективність праці при виконанні такої специфічної форми виробничої діяльності, якою є розробка і вдосконалення техніки та технологій. Вагомим каталізатором пошуку перспективних ідей в області створення нових товарів і в області вдосконалення засобів виробництва стає загострення конкурентної боротьби та виникнення промислових криз. Разом з тим потрібно враховувати і ту очевидну обставину, що в сучасних умовах будь-яка технічна задача завжди є заглибленою в масі інших проблем: організаційних, соціальних, юридичних, технічних. Ці проблеми, як правило, не мають безпосереднього причинно-наслідкового зв'язку з цією задачею, однак тісно з нею пов'язані і до того ж здатні значно її спотворювати. Саме тому початковим етапом в усіх без винятку алгоритмізованих методах пошуку рішень технічних задач є етап інформаційної підготовки для визначення напрямку пошуку рішення проблеми. Априорі на цьому етапі ще не відомі можливі шляхи і засоби розв'язку, тобто це умови нульової або недостатньої інформації. Така ситуація спричинюється як об'єктивними обставинами (принципово новий напрямок розвитку техніки, новий комплекс умов тощо), так і суб'єктивними (відсутність інформації, достатньої для прийняття рішення). На даному етапі розвитку технічного прогресу саме суб'єктивна

недостатність інформації є переважаючим фактором. З метою уникнення витрат часу і матеріальних засобів на банальне перевідкриття вже відомого першочерговою стає задача створення інформаційних баз даних з добре розвиненими системами пошуку і класифікації. В умовах розвиненого інформаційного суспільства дистанційний доступ через мережу Internet до таких баз даних дозволить уникнути величезних і іноді повністю безглузких витрат коштів і часу.

З метою виділення найбільш ефективного для застосування в системі EUREKA методу виконаємо загальний аналіз алгоритмізованих методів пошуку нових технічних рішень.

Тисячолітня історія розвитку науки і техніки показує, що геніальні винаходи і великі відкриття ніколи не були результатом чітко алгоритмізованої послідовності певних операцій. Справжня творчість і строгий алгоритм на практиці є доволі несумісними процедурами, тому для стимулювання творчості використовуються «розмиті», евристичні алгоритми. Сьогоднішній рівень теоретичних знань і практичний досвід дозволяють виділити певні етапи в процесі зняття проблеми і означити формальні типи задач, які є актуальними на цих етапах.

У рамках кожної стратегії можуть використовуватися чимало методів, які були розглянуті у загальній класифікації, що наведена на рисунку 3. Однак, потрібно зазначити, що безумовним атрибутом справжнього відкриття як найвищого прояву творчості людини була і залишається здогадка як концентрований вияв інтуїції. В анналах історії науки це явище увічнено у знаменитому вигуку Архімеда: «Еврика». Тому комп'ютерна система створювалася як програмний комплекс EUREKA, який дозволяє створити можливість закономірного використання інтуїтивного пошуку на основі методу мозкового штурму з використанням сучасних інформаційних технологій [15] і глобальної комп'ютерної мережі Internet.

8.1 Математичні моделі функціонування системи EUREKA

Розглянемо математичні моделі формального механізму функціонування системи EUREKA. Для побудови стрункої математичної структури, яка найбільш адекватно відображає реальне функціонування системи, наведемо деякі математичні означення.

Введемо до розгляду не порожню множину згенерованих рішень $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_i\}$, яка належить до простору R^m можливих рішень, тобто

$$Q \subset R^m.$$

Причому множина рішень Q є еволюційною на інтервалі часу $\Delta T \in [t_1; t_m]$, де t_1 і t_m відповідно початок і кінець обмеженого інтервалу t .

Отже, поточному рішенню q_i з множини Q можна зіставити у відповідність момент часу t_i його фіксації в системі, причому

$$t_i \in \Delta T.$$

Таким чином, можна ввести зовнішню міру обмеженої множини $Q \subset R^m$, якою буде невід'ємне число

$$\mu_t(Q) = \inf_{Q_i \subset \cup_i t_i} \sum_i \mu_t(t_i),$$

де нижня точна границя визначається по всіх можливих покриттях множини Q кінцевими відрізками t_i з одновимірного простору R^1 , який виражає поточний час.

Всі відрізки t_i в одновимірному просторі R^1 утворюють множину ΔT , тобто:

$$\Delta T \subset R^1.$$

Причому ця множина відноситься до класу елементарних множин β_m , оскільки її можна подати як об'єднання скінченного числа попарно непересічних відрізків t_1, t_2, \dots, t_n , тому :

$$\Delta T = \bigcup_{i=1}^n t_i,$$

причому $t_i \cap t_j = \emptyset$, за умови $i \neq j$, де \emptyset – символ порожньої множини.

Якщо деяке оптимальне рішення q_k належить до множини згенерованих групою генераторів рішень Q , тобто:

$$q_k \in Q,$$

то, очевидно, можна ввести поняття відкритого шару простору R^m з центром в точці q_k , що буде утворювати окіл оптимального рішення з умовним ε – радіусом.

Таким чином, задача пошуку оптимального рішення формально зводиться до задачі створення таких умов, щоб система за обмежений інтервал часу, поданий вимірюваною множиною ΔT інтервалів t_i , могла максимально наблизитися до оптимального рішення q_k в сенсі введеної раніше зовнішньої міри $\mu_t(Q)$.

8.2 Математичні моделі критеріїв оцінки ефективності отриманих рішень

Для оцінки ефективності отриманих рішень пропонується використовувати формальний апарат математичних моделей, які відображають зв'язок між показниками початкової технічної системи та параметрами її елементів і таку ж залежність, тільки отриману для нової технічної системи, яка являтиме собою оптимальне рішення задачі.

Як приклад розглянемо деякий найбільш важливий показник системи M_i та визначимо його залежність:

$$M_i = f_i([P_n]_i), \quad (6)$$

де f_i – функціональна залежність показника M_i від параметрів елементів системи $(P_n)_{i=1, \dots, k}$.

Якщо параметри елементів самі є залежними, то потрібно визначити і їх функції залежності.

$$\begin{aligned} P_1 &= f_1((P_n))_{i1}, \\ &\dots\dots\dots, \\ P_j &= f_j((P_n))_{ij} \end{aligned} \quad (7)$$

Таким чином модель буде редукована до рівня незалежних параметрів. У цьому випадку модель (6) можна записати у вигляді:

$$M_i = f_i((P_n)_{i1}, \dots, (P_n)_{ij}, P_{j+1}, \dots, P_k). \quad (8)$$

Як критерій ефективності для порівняння отриманих технічних рішень можна використовувати квадратичну залежність виду:

$$K_E = \sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{C_i},$$

де C_i – загальна вартість забезпечення рівня значення параметра M_i .

Найбільш прийнятним буде вважатися те рішення, для якого даний критерій буде набувати максимального значення.

Звичайно для повноцінного оцінювання отриманих технічних рішень недостатньо здійснювати порівняння за одним, навіть досить важливим критерієм. Для цього необхідно розрахувати значення критеріїв ефективності за всіма основними параметрами, а після цього виконати рандомізацію за рівнем значення цих параметрів, скласти з них матриці та виконати порівняння нормованих матриць.

8.3 Функціональна та програмна структури системи

В основі роботи системи лежить використання основних принципів методу “мозкового штурму” (Brain-Storming), але вже модифікованих для роботи за мережевими технологіями. Функціональна структура системи показана на рисунку 18.

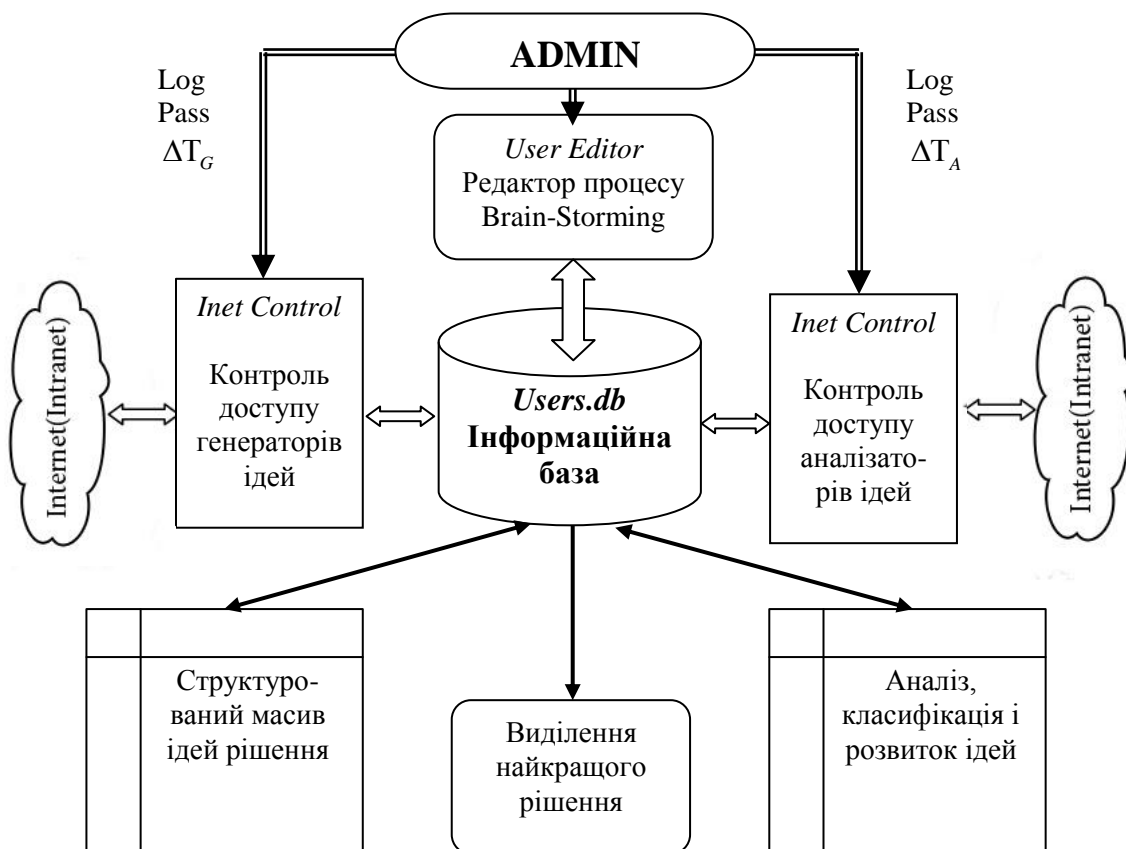


Рисунок 18 – Функціональна структура системи EUREKA

Основними суб'єктами показаної на рисунку 18 структури є: адміністратор ADMIN; редактор процесу User Editor; учасники процесу (генератори ідей); учасники процесу (аналізатори ідей).

Така структура дозволяє здійснити не тільки інтенсифікацію процесу пошуку найкращих рішень творчих задач винахідницького рівня, але і значно зменшити при цьому витрати часу. Для цього в структурі системи реалізовані спеціальні динамічні інформаційні бази (Users.db), доступ до яких має різні рівні можливостей їх використання, причому зміна цих рівнів здійснюється лише під безпосереднім управлінням часу.

Таке рішення дозволило уникнути суб'єктивних впливів на творчий процес з боку редактора процесу (User Editor), для цього потрібний був якийсь абсолютно об'єктивний чинник, який всіх учасників ставив би в однакові умови. Зауважимо, що сьогодні важко вибрати як такий чинник

щось більш доступне, просте для вимірювання і водночас невіддатне будь-яким фальшуванням або впливам, ніж час.

З точки зору системної організації верхній рівень системи займає адміністратор, однак він жодним чином не може впливати на творчий процес. В даній системі його функції обмежуються реєстрацією суб'єктів з генерацією відповідних імен і паролів. Причому платформа системи є багатозадачною, тобто вона може підтримувати одночасну роботу кількох творчих колективів над різними задачами. Структурна організація системи в багатозадачному режимі показана на рисунку 19.

Важлива роль в створеній системі належить редактору процесу (User Editor). Він повинен сформувати творчий колектив, повідомити учасників процесу про дату і час початку чергового сеансу. Надати їм паролі для доступу та іншу сервісну інформацію. До його задач також входить формулювання постановки задачі в текстовій, графічній, вербальній та інших формах подання інформації, що можуть бути у вигляді файлів будь-яких форматів, як тих, що вже відомі, так і тих, що будуть розроблені в майбутньому і які дозволять найбільш повно розкрити її сутність. Дану інформацію він розміщує на відповідній сторінці системи. Крім того User Editor повідомляє про межі часових інтервалів, які виділяються для здійснення етапів процесу і попереджає про моменти їх початку і закінчення. Отже, єдиним ресурсом управління з боку редактора є управління ресурсом часу (інтервальне управління) [18].

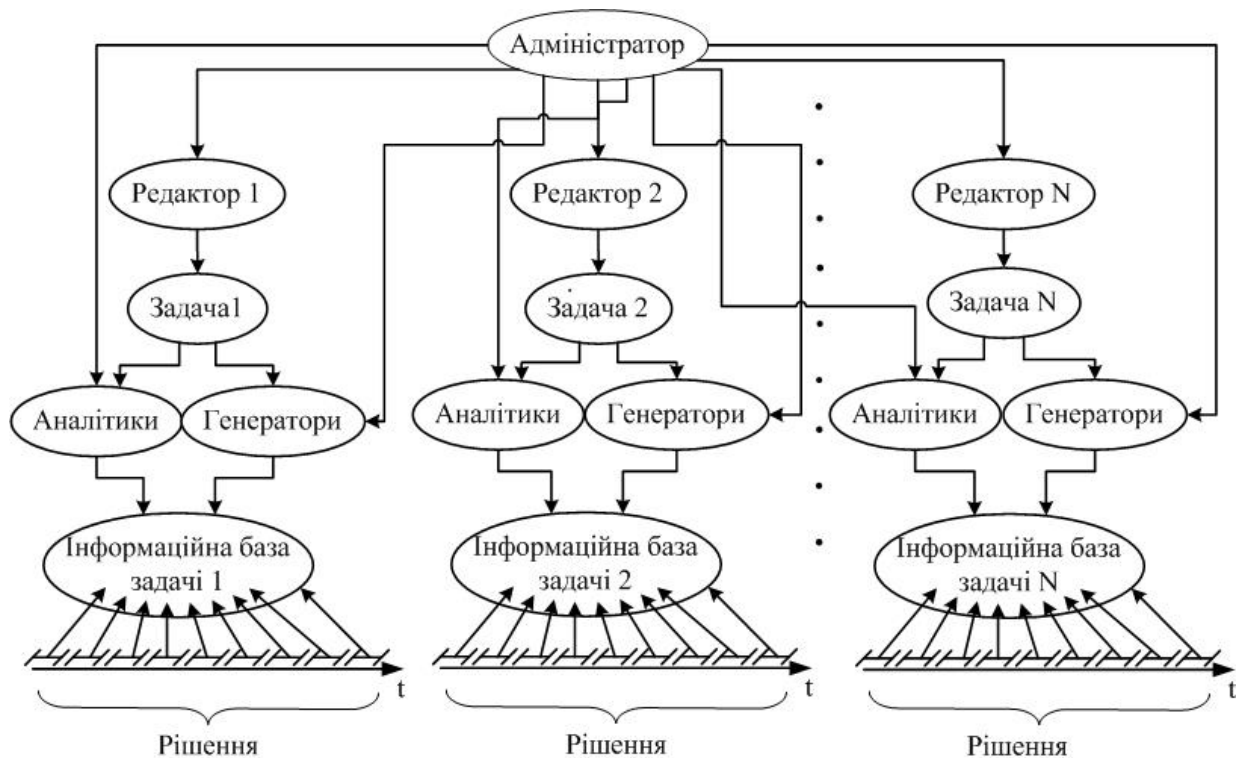


Рисунок 19 – Структурна схема функціонування системи в багатозадачному режимі

Коротко сформулюємо основні задачі кожного з типів користувачів, які фігурують в розглянутих схемах.

Адміністратор. Він виконує чисто адміністративні функції для усієї системи. Зокрема його основними завданнями є створення робочих груп користувачів; надання їм імен та паролів доступу; редагування завдань, що опрацьовуються в системі.

Редактори. Користувачі цього типу адмініструються в системі окремо для кожного завдання. Їхнім безпосереднім обов'язком є постановка і формулювання нових задач у системі.

Генератори. Цей тип користувачів є основним продукуючим ресурсом системи. Вони адмініструються у вигляді окремих груп для розв'язання конкретних задач. Їхнє завдання полягає у пропонуванні ідей та варіантів розв'язків задач, що поставлені редакторами.

Аналітики. Їхній обов'язок такий: аналіз і об'єктивна оцінка ідей, запропонованих генераторами з тим, щоб в кінцевому результаті відібрати найоптимальніше рішення

8.4 Інтерфейс системи та методика роботи в ній

Інтерфейс системи. Зовнішній вигляд головної сторінки системи EUREKA зображено на рисунку 20.

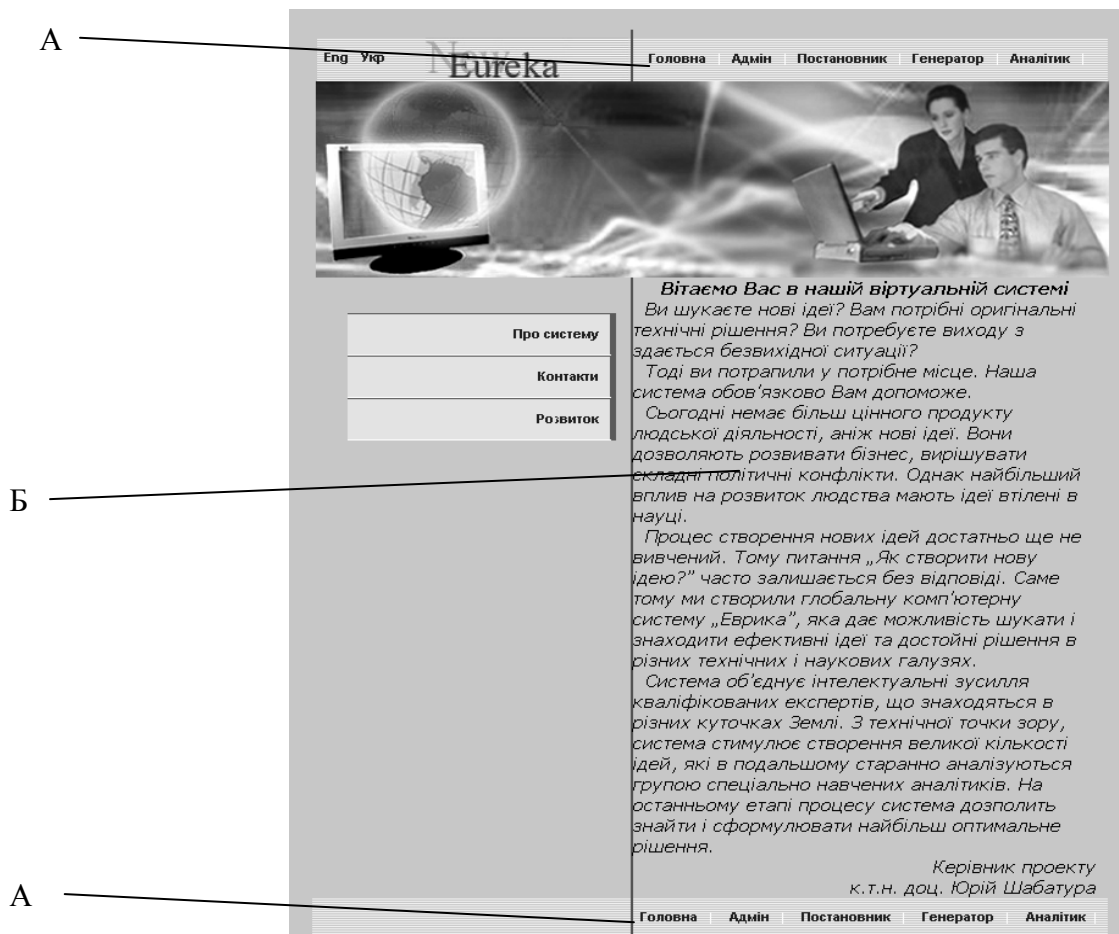


Рисунок 20 – Зовнішній вигляд головного вікна системи

Основними складовими елементами інтерфейсу є:

– А – верхнє та нижнє навігаційні меню, призначені для вибору типу користувача, який працюватиме в системі, та мови інтерфейсу (система в даний час підтримує дві мови – українську і англійську);

– Б – робоча область. Частина інтерфейсу програми, яка відображає усі можливі дії користувачів та реалізує їх виконання.

Порядок роботи. Підключення користувача. Для входу в систему користувач повинен пройти процедуру авторизації. Загальний вигляд сторінки авторизації показаний на рисунку 21.



Рисунок 21 – Сторінка авторизації в системі

Після того як здійсниться верифікація пароля й логіна користувач отримує дозвіл для роботи в системі. Можливі дії залежать від того, до якої з груп користувачів він відноситься і на який інтервал часу проектується поточний момент часу його реєстрації в системі.

Адміністратор. Адміністратор має можливість керувати користувачами, завданнями і рішеннями. Для того, щоб він міг реалізувати одну із згаданих можливостей, йому необхідно на етапі після авторизації в початковому меню (рис. 22) обрати потрібний розділ.

Редактори. Редактори мають можливість додавати нові завдання в систему. Для того, щоб додати нове завдання, необхідно натиснути відповідну кнопку у стартовому меню (рис. 23), що з'явиться після авторизації. На першому етапі потрібно заповнити всі поля і за необхідності прикріпити файли і натиснути кнопку „Далі”. На другому

етапі потрібно з висхідних меню обрати дати, що визначатимуть початок і кінець часових інтервалів в межах реального часу для відповідних етапів генерації ідей та проведення їх аналізу (рис. 24). Після встановлення меж інтервалів необхідно натиснути „Далі” і на останньому етапі відмітити тих користувачів, які повинні мати доступ до даного проекту.



Рисунок 22 – Початкове меню адміністратора системи



Рисунок 23 – Стартове меню редактора



Рисунок 24 – Вікно редактора завдання в режимі визначення управляючих часових інтервалів

Генератори. Генератори мають можливість пропонувати рішення для завдань, які є для них на даний момент часу активними. Для того, щоб ознайомитися з активними на даний момент завданнями, потрібно натиснути кнопку в стартовому меню (рис. 25) „Активні завдання”.

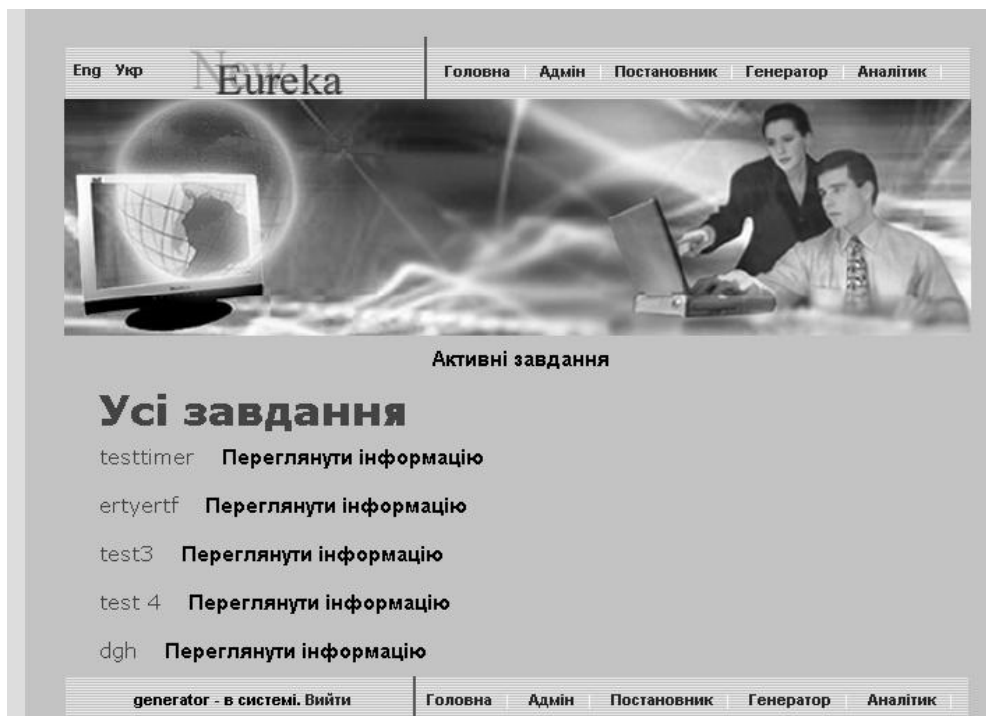


Рисунок 25 – Початкове меню генератора

Після того, як часовий інтервал, відведений для здійснення процесу генерації, буде завершений, користувачі, що відносяться до генераторів, отримають можливість тільки переглядати результати процесу генерації, для цього відобразатиметься спеціальна кнопка.

Аналітики. Аналітики мають можливість в межах виділених для них часових інтервалів відбирати запропоновані рішення для завдань, які є для них на даний момент часу активними. Для того щоб побачити активні завдання потрібно натиснути кнопку в стартовому меню (рис. 26) „Активні завдання”.



Рисунок 26 – Початкове меню аналітика

Для активного завдання відображаються запропоновані рішення, які можна переглянути натиснувши відповідну кнопку. Також вони мають можливість ознайомитися безпосередньо з редакторською постановкою завдання.

Завершення роботи. Після завершення будь-яких з операцій у системі, незалежно від типу користувача, необхідно відключитися від системи, для чого досить натиснути кнопку „Вийти”, що знаходиться у нижньому меню.

Окремою задачею стоїть завдання узгодження функціонування системи при використанні часових інтервалів для груп, учасники яких знаходяться у різних часових поясах. Оскільки часові межі інтервалів задаються редактором, то система повинна проаналізувати їх, порівняти

часові пояси кожного з учасників групи, що включена до процесу генерації, і у випадку недоцільності запропонованих даних вивести повідомлення разом з новими, адаптованими часовими інтервалами на розсуд редактора, для того, щоб він міг прийняти пропозицію системи або ж залишити свої дані. При цьому слід враховувати той момент, що при зсуві часу генерації автоматично повинен зсуватися і процес аналізу, адже за принципом функціонування системи вони не повинні перетинатися.

На рисунку 27 подано організацію бази даних системи EUREKA.

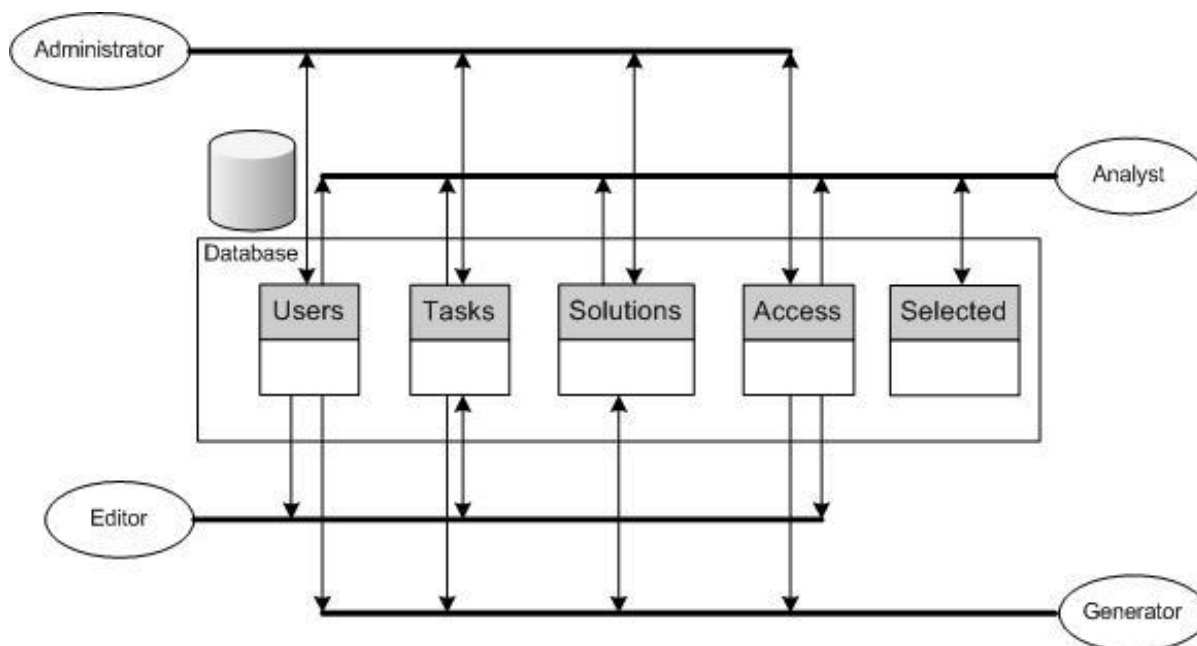


Рисунок 27 – Організація бази даних системи EUREKA

В даній структурі двонаправлені зв'язки означають можливість користувачів як переглядати, так і редагувати дані. Однонаправлені зв'язки дозволяють лише переглядати і користуватися даними без можливості їх зміни. Таким чином уся системна організація даної системи базується на вимірюванні і контролюванні часу, який є ключовим регулюючим ресурсом і який до того ж є найпершим інструментом науки, з допомогою якого досліджуються всі явища і об'єкти оточуючого нас світу.

Висновки

Практика використання сучасних інформаційних технологій в поєднанні з давно відомими методами і стратегіями організації науково-дослідної роботи показала високу ефективність такого підходу. Тому отримання студентами зі сторінок цього посібника чітких і систематизованих знань про принципи, методи і стратегії пошуку нових ідей та технічних рішень наукових проблем і практичних задач

обов'язково сприятиме їх становленню як новаторів й активних провідників науково-технічного прогресу у всіх сферах діяльності суспільства.

Важливо відмітити, що практичне застосування авторської програмної системи „EUREKA” дозволяє організовувати колективну роботу над пошуками рішень творчих задач в дистанційному режимі з додержанням усіх вимог до створення оптимальних умов для повноцінного розкриття творчого потенціалу учасників творчих груп. Отже матеріал даного посібника дозволяє здійснювати як теоретичну, так і цілком практичну підготовку студентів у найменш дослідженій царині, якою є здатність сучасного фахівця, випускника технічного університету до генерації нових ідей, створення винаходів, які сприятимуть, а можливо і приведуть до революційних змін у розвитку усієї цивілізації.

Контрольні запитання

1. Наведіть основні показники, що характеризують системи масового обслуговування.
2. Поясніть концептуальну основу функціонування системи EUREKA.
3. Наведіть математичні моделі функціонування системи EUREKA.
4. Розкрийте сутність задачі пошуку оптимального рішення.
5. Наведіть функціональну і програмну структуру системи EUREKA.
6. Які критерії для оцінки ефективності отриманих рішень рекомендовано використовувати?
7. Які функціональні обов'язки редактора процесу в системі EUREKA?
8. Які дії виконує адміністратор, редактор, генератор та аналітик в системі EUREKA?
9. Із яких частин складається інтерфейс системи EUREKA?
10. Наведіть послідовність дій учасників під час роботи системи EUREKA.

Література

1. Вебер М. Наука как профессия // Вебер М. Избранные произведения. – М. : Прогресс, 1990. – 168 с.
2. Сиденко В. М., Грушко И. М. Основы научных исследований. – Харків : Вища школа, 1979. – 200 с.
3. Чкалова О. Н. Основы научных исследований. – К. : Вища школа, 1978. – 120 с.
4. Основы научных исследований : Учеб. для техн. вузов / Под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высшая школа, 1989.
5. Анкудинов И. Г., Митрофанов А. М., Соколов О. Л. Основы научных исследований: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2002.
6. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. – М. : Сов. радио, 1979. – 176 с.
7. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск : Наука, 1986. – 176 с.
8. Чус А. В., Данченко В. И. Основы технического творчества. – К. : Вища школа, 1983. – 247 с.
9. Голдовский Б. И., Вайнерман В. И. Комплексный метод поиска решений технических проблем. – М. : Речной транспорт, 1990. – 112 с.
10. Osborn A. F. Applied imagination. – New–York, 1953. – 76 p.
11. Кудрявцев А. В. Методы интуитивного поиска технических решений. – М. : Речной транспорт, 1990, – 111 с.
12. Глазунов В. Н. Поиск принципов действия технических систем. – М. : Речной транспорт, 1990, – 111 с.
13. Глазунов В. Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике. – М. : Речной транспорт, 1990, – 150 с.
14. Изобретающая машина. Версия 1.3. Минск : Научно–исследовательская лаборатория изобретающих машин. 1991. – 219с.
15. Когаловский М. Р. Перспективные технологии информационных систем. М. : ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.
16. Шабатура Ю. В., Штельмах І. М. Інформаційна система моніторингу динаміки характеристик мережі INTERNET // Системні технології: Зб. наук. праць.– Дніпропетровськ, 2006. – Випуск 6(47). – С. 252 – 261.
17. Шабатура Ю. В. Розподілена інформаційна система підтримки колективного пошуку оптимальних рішень // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2004. – №1. – С. 12– 16.
18. Шабатура Ю. В., Григор'єв О. П. Інтервальне управління в інформаційних технологіях для реалізації алгоритмізованих методів колективного дистанційного пошуку технічних рішень // Інформаційні технології в наук. дослідженнях і навчальному процесі. Міжн. наук. прак. конф. Луганськ, 21– 23 лист. 2005 р. – С. 184– 191.

19. Шабатура Ю. В., Григор'єв О. П. Застосування інформаційних технологій в реалізації алгоритмізованих методів колективного дистанційного пошуку технічних рішень // Информационные технологии в научных исследованиях и в учебном процессе. Спецвыпуск: Сб. науч. трудов. – Алчевск : ДонГТУ, 2005. – С. 153– 163.

20. Y. Shabatura., A. Sofina. The using of the internet technologies with the interval controlling for the intensification of the processes solution of the creative tasks for the inventor character // International Conference. Internet–education– science– 2004 (IES– 2004). Volume 1. VNTU. September 28 – oktober 16. 2004, – P. 339 – 343.

21. Шабатура Ю. В. Час керує думкою // Щомісячник ВНТУ „Імпульс”. – №4. – (636) 2005. – С. 13.

22. Шабатура Ю. В., Томків В. В. Комп'ютерна програма „Система EUREKA з ресурсом управління через виділення часових інтервалів. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. №17350. Дата реєстрації 24.07.2006.

Українсько-англійський словник

абстрагування	abstraction
адміністратор	administrator
вимірювання	measure, measurement,
винахід	invention, device
експеримент	experiment
засіб	means
застосування	use
застосування нової технології	application of new technology
інтелектуальний метод	intellectual method
інтерфейс системи	interface system
інформаційні технології	information technologies
класифікація методів	classification method
математичний метод	mathematical method
метод абстрагування	abstraction method
метод аналізу	analysis method
метод емпіричного дослідження	method empirical investigation
метод мозкового штурму	brain-storming
метод порівняння	comparison method, method of comparison
метод синтезу	method synthesis
метод теоретичного дослідження	method theoretical investigation
модель	model, pattern
наукове дослідження	research study, research
науковий експеримент	scientific experiment
науковий метод	science method
науково-технічний ефект	scientific and technical effect
об'єкт дослідження	object investigation
оптимальне рішення	optimal decision
параметричний метод	parametric method, parametric techniques
порівняння	comparison; compare
предмет наукового дослідження	subject of scientific research
протиріччя в техніці	contradiction techniques
пряма аналогія	direct analogy
редактор процесу	user editor
ресурси	resource
символічна аналогія	symbolic analogy
спостереження	observation
стратегія	strategy; strategics
технічна система	technical aid system
фізична модель	physical model
функціональна структура	functional structure

Навчальне видання

Шабатура Юрій Васильович

Присяжнюк Василь Васильович

**ОСНОВИ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ
СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В МЕТОДАХ АНАЛІЗУ ПРОБЛЕМ І
ПОШУКАХ РІШЕНЬ ТВОРЧИХ ЗАДАЧ**

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено В. Присяжнюком

Підписано до друку
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.