

Навчальне видання

МИГАЛЬ Василь Дмитрович

ТЕОРІЯ І МЕТОДИ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ

Навчальний посібник

Підписано до друку 30.04.2007 р. Формат 70 x 100/16. Папір офсетний.
Гарнітура WarnockPro. Друк ризографічний. Ум.-друк. арк. 24,7
Обл.-вид. арк. 37,1. Наклад 500 прим. Зам. № 202.

Видавничий Дім «ІНЖЕК»
61001, Харків, пр. Гагаріна, 20. Тел. (057) 703-40-21, 703-40-01.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України суб'єктів
видавничої діяльності ДК № 2265 від 18.08.2005 р.
Надруковано у ВД «ІНЖЕК», Харків, пр. Гагаріна, 20.

ВИДАВНИЧИЙ ДІМ «ІНЖЕК»



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KHARKIV NATIONAL AUTOMOBILE AND HIGHWAY
UNIVERSITY

V. D. MIGAL

THEORY AND METHODS OF SCIENTIFIC WORD

Study guide

Kharkiv
«ENGEС» PH
2007

Закінчення А 2

1	2	3
13	Розробка структурної моделі, дерева мети і задач дослідження. Відносна важність елементів дерева мети. Поелементний аналіз структури дерева мети і задач дослідження	2
	Морфологічний аналіз технічних систем. Алгоритм методу складання варіантів морфологічних матриць опису об'єкта	2
	Побудова декомпозиції (графа) функції об'єкта. Видача й виконання індивідуальних завдань	2
	Побудова граф-моделі в просторі властивостей і параметрів об'єкта в задачах діагностування	2
16	Фізичне й імітаційне моделювання в задачах експериментальних досліджень	2
	Вправи з абстрактного, аналітичного і математичного моделювання. Схеми побудови математичних моделей	2
17	Розробка етапів і структури наукового дослідження. Процес вивчення й пізнання об'єкта досліджень	2
18	Розробка структури науково-дослідної роботи. Вправи з вибору і формулювання теми, об'єкта, предмета і мети досліджень. Видача й виконання індивідуальних завдань за темами дипломних робіт	3
	Вправи з формулювання наукового результату, нового наукового результату і вкладу в науку. Форми реалізації результатів досліджень	3
Загалом		36

А3. Організація та зміст самостійної роботи студентів

№ з/п	Зміст СРС	Годин
1	Самостійна робота над лекційними матеріалами	5
2	Самостійна робота з підготовки до заліку	10
3	Самостійна робота з виконання індивідуальних завдань	8
4	Виконання науково дослідних робіт студентів (НДРС) (за винятком часу виконання НДРС у складі курсових робіт, дипломних проектів і дипломних робіт)	19
Загалом		42

Закінчення А1

1	2	3	4	5
13	Методи системного підходу до розв'язання наукових і творчих задач	10	2	8
14	Методологія пошуку й вибору найкращих проектно-конструкторських рішень	2	2	
15	Теорія рішення задачі винаходу	2	2	
16	Моделювання в науковій і технічній творчості	6	2	4
17	Організація, види й процес наукових досліджень	4	2	2
18	Методичні рекомендації з викладення наукових результатів дослідження	8	2	6
	Закінчення			
	Загалом	72	36	36

А2. Практичні заняття

1	Назва практичного заняття	Годин
1	2	3
8	Визначення математичних моделей трендових змін технічного стану вузлів автомобіля в експлуатації	2
	Вправи з використання закономірностей зміни технічного стану вузлів автомобілів в задачах прогнозування залишкового ресурсу	2
11	Планування експерименту. Складання схем вимірів. Визначення необхідної вибірки. Оцінка похибки експериментальних вимірювань. Графічне зображення результатів вимірювань.	4
	Розв'язання задач з оцінки достовірності визначення технічного стану об'єктів за результатами вимірювань діагностичних параметрів.	2
	Обробка результатів експерименту. Побудова гістограм. Статистичні обчислення. Видача й виконання індивідуальних завдань.	2
	Визначення норм вихідних значень діагностичного параметра за технічною документацією й за результатами вимірювань технічних параметрів	2
	Кореляційний аналіз. Видача й виконання індивідуальних завдань.	2

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

В. Д. МИГАЛЬ

ТЕОРІЯ І МЕТОДИ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

Харків
ВД «ІНЖЕК»
2007

УДК 608 (075.8)
ББК 39.3
М 57

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(Лист № 1.4/18-Г-668 від 03.05.2007 р.)*

Рецензенти: **Лебедев А. Т.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри «Трактори і автомобілі» Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Василенка;
Ігуменцев Е. О. – д-р техн. наук, професор кафедри «Системи управління технологічними процесами і об'єктами» Української інженерно-педагогічної академії;
Гецович Е. М. – д-р техн. наук, професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування» Національного технічного університету «ХПІ»

Мигаль В. Д.
М 57 Теорія і методи наукової творчості: Навчальний посібник. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2007. – 424 с. Укр. мова

ISBN 978-966-392-134-1

Розглянуто теорію науково-технічної творчості: творча особистість і як нею стати, протиріччя в системі «людина – технічний об'єкт – середовище», діалектичні принципи технічної творчості в розвитку технічних об'єктів; еволюційні й революційні шляхи створення нових технічних об'єктів.

Висвітлюються методи наукових досліджень: інформація в науково-технічній творчості, методологія наукового пізнання навколишньої дійсності, методи теоретичних, емпіричних і евристичних досліджень, експертні методи й системи пошуку нових ідей і прийняття творчих рішень, методологія експертних досліджень.

Розглянуто практичне застосування методів: системного підходу до вирішення наукових і творчих задач; пошуку й обрання найкращих проектно-конструкторських рішень; оцінки результатів науково-технічної творчості, моделювання в науковій і технічній творчості, організації, види й процеси наукових досліджень і рекомендації з викладення результатів наукових досліджень.

Посібник призначено для студентів-бакалаврів, спеціалістів і магістрів; його може бути використано аспірантами, викладачами й науковцями.

ББК 39.3

© Мигаль В. Д., 2007
© ВД «ІНЖЕК», 2007
ISBN 978-966-392-134-1

ДОДАТОК А

**Характеристика робочої навчальної програми і практичних занять
і самостійної роботи студентів**

А1 Тематичний план дисципліни

Номер теми	Назва теми	Усього годин на аудиторну роботу	У тому числі	
			лекції	практичні
1	2	3	4	5
1	Вступ			
1	Предмет та сутність наукової й технічної творчості	2	2	
2	Творча особистість і як нею стати	2	2	
3	Протиріччя в системі людина-технічний об'єкт – середовище	2	2	
4	Діалектичні принципи технічної творчості в розвитку технічних об'єктів	2	2	
5	Еволюційні й революційні шляхи створення нових технічних об'єктів	2	2	
6	Інформація в науково-технічній творчості	2	2	
7	Методологія наукового пізнання навколишньої дійсності	2	2	
8	Методи теоретичних досліджень	6	2	4
9	Методи емпіричних досліджень	2	2	
10	Евристичні методи пошуку ідей та розв'язання технічних завдань	2	2	
11	Методологія експериментальних досліджень	14	2	12
12	Експертні методи і системи пошуку нових ідей та прийняття творчих рішень	2	2	

33. Ерофеев А. А. Теория автоматического управления.– СПб., 2001.– 302 с.
34. Мушек Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем.– М.: Мир, 1990.– 208 с.
35. Берестнев О. В. Солитерман Ю. Л., Гоман А. М. Нормирование надежности технических систем: Монография – Минск: УП «Технопринт», 2004.– 264 с.
36. Винахід / Кол. авторів: Л. І. Николаєнко, Г. П. Добриніна, А. А. Міняйло, В. С. Радомський. За ред. В. А. Петрова.– К.: ВД «Ін Юре», 1999.– 136 с.
37. Корисна модель / Кол. авторів: Л. І. Николаєнко, Г. П. Добриніна, А. А. Міняйло, В. С. Радомський.– К.: ВД «Ін Юре», 1999.– 128 с.
38. Знаки для товарів і послуг / Кол. авторів: Л. І. Николаєнко, А. А. Міняйло, Л. М. Топільська, В. С. Радомський. За ред. В. А. Петрова.– К.: ВД «Ін Юре», 1999.– 116 с.
39. Говорущенко Н. Я., Ворфоломеев В. Н. Техническая кибернетика транспорта: Учеб. пособ.– Х.: ХГАДТУ, 2001.– 271 с.
40. Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н. Системотехника транспорта.– Х.: ХГАДТУ, 1998.– 468 с.
41. ГОСТ 27.310–95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения: Межгосударственный стандарт.– Минск, 1997.– 19 с.
42. Канарчук В. Є., Поянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин: Підручник.– К.: Либідь, 2003.– 424 с.
43. Серов А. В. Стенды для контроля технического состояния и обкатки лесотранспортных машин.– М.: Лесная промышленность, 1989.– 168 с.
44. Мигаль В. Д. Повышение достоверности прогнозирования надежности машин // Автомобильный транспорт (Сб. науч. тр.– Х., ХНАДУ).– 2005.– Вып. 16.– С. 25 – 30.
45. Власов К. П., Власов П. К., Киселева А. А. Методы исследований и организации экспериментов.– Харьков: Изд. Гуманитарный центр, 2002.– 256 с.
46. ДСТУ 3008-95. Документация. Отчеты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления. Введ. 01.01.1996.– К.: Друк ФПУ, 1995.– С. 38.

ЗМІСТ

Вступ до навчальної дисципліни.....	15
Розділ І. Теорія науково-технічної творчості	18
1. Введення в навчальну дисципліну	18
1.1. Предмет і сутність наукової й технічної творчості	18
1.2. Сутність і ознаки технічної творчості	19
1.3. Структура технічної творчості як процесу створення конкурентоздатної техніки й технології	21
Контрольні питання й завдання	23
2. Творча особистість і як нею стати	24
2.1. Поняття творчої особистості.....	24
2.2. Властивості творчої особистості	25
2.3. Навчання технічній творчості та творчій самосвідомості особистості.....	27
Контрольні питання й завдання	31
3. Протиріччя в системі «людина – технічний об’єкт – середовище»	32
3.1. Системотехніка технічних протиріч	32
3.2. Потреби, споживчі функції й критерії розвитку технічних об’єктів.....	37
3.3. Роль колективу й особистості в науково-технічній творчості	43
Контрольні питання й завдання	51
4. Діалектичні принципи технічної творчості в розвитку технічних об’єктів.....	52
4.1. Поняття й склад технічних об’єктів і систем, технологій та їх взаємодії з навколишнім середовищем	52
4.2. Стадії розвитку технічних об’єктів	54
4.3. Умови й процеси розвитку технічної творчості	57
Контрольні питання й завдання	60
5. Еволюційні й революційні шляхи створення нових технічних об’єктів.....	61
5.1. Співвідношення темпів розвитку науки, техніки й виробництва.....	61
5.2. Еволюція показників розвитку й попиту на технічні об’єкти	63
Контрольні питання й завдання	66

Розділ II. Методи наукових досліджень	67
6. Інформаційне забезпечення науково-технічної творчості.....	67
6.1. Властивості інформації	67
6.2. Основні джерела інформації	68
6.3. Інформаційно-пошуковий апарат бібліотек і комп'ютерних систем.....	71
6.4. Міжнародна класифікація патентів на винаходи, корисних моделей, промислових зразків і товарних послуг.....	77
6.5. Патентний пошук документації.....	82
6.6. Обробка й оцінка інформації	84
Контрольні питання й завдання	86
7. Методологія наукового пізнання навколишньої дійсності	88
7.1. Процеси пізнання об'єктивної дійсності	88
7.2. Методичні принципи в науково-технічній творчості.....	93
7.3. Методологія науки.....	96
Контрольні питання й завдання	98
8. Методи теоретичних досліджень	100
8.1. Творчий процес теоретичних досліджень.....	100
8.2. Індукція, дедукція й ідеалізація	101
8.3. Наукові ідеї, гіпотези і допущення.....	104
8.4. Теорія та її структурні елементи	108
Контрольні питання й завдання	111
9. Метод емпіричного дослідження	112
9.1. Спостереження й порівняння	112
9.2. Вимір і експеримент	113
9.3. Абстракція й узагальнення	115
Контрольні питання й завдання	119
10. Евристичні методи пошуку ідей й вирішення наукових і технічних задач	120
10.1. Логіка й інтуїція. Логічні операції й закони математичної логіки	120
10.2. Методи проб і помилок та асоціативні методи.....	127
10.3. Метод «мозкового штурму» і метод Дельфі	130
10.4. Метод контрольних питань	142
10.5. Методи «букета проблем» та інверсій	147
10.6. Метод синектики й емпатій.....	153
Контрольні питання й завдання	157

16. Дахно И. И. Патентоведение.– Х.: Ксилон, 1997.– 313 с.
17. Кузнецов Ю. М. Патентознавство та авторське право.– К.: Кондор, 2005.– 428 с.
18. Як підготувати і захистити дисертацію та здобуття наукового ступеня: Методичні поради / Автор-упорядник Л. А. Пономаренко.– К.: Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», 1999.– 80 с.
19. Белый И. В., Власов К. П., Клепников В. Б. Основы научных исследований и технического творчества.– Х.: Вища шк., 1989.– 200 с.
20. Пирогов Г. С., Таран Ю. Н., Бельгольский Б. П. Интенсификация инженерного творчества: Потребности, методы, формы организации.– М.: Профиздат, 1989.– 192 с.
21. Кузнецов Е. С. Управление техническими системами: Учеб. пособ.– М.: МАДИ, 1997.– 202 с.
22. Osborn A. F. Applied Imagination.– N. Y., 1963.
23. Буш Г. Я. Основы эвристики для изобретателей.– Рига: Знание, 1977.– 68 с.
24. Чус А. В., Данченко В. Н. Основы технического творчества.– К.; Донецк: Вища шк., 1983.– 184 с.
25. Сиденко В. М., Грушко И. М. Основы научных исследований.– Х.: Вища шк., 1979.– 200 с.
26. Петрук В. Г., Володарський Є. Т., Мокін В. Б. Основы научно-исследовательской работы: Навч. посіб. / За ред. В. Г. Петрука.– Вінниця: Універсум, 2005.– 144 с.
27. Буш Г. Я. Аналогия и техническое творчество.– Рига: Автос, 1981.– 139 с.
28. Gordon W. I. I. Synectics: the Development of Creative Imagination.– N. Y., 1961.
29. Пирогов Г. С., Кузинец В. В., Малый В. В. Информатизация делового творчества. Краткий курс: Учеб. пособ.– Днепропетровск: Системные технологии, 2001.– 120 с.
30. Тоценко В. Г. Экспертні системи діагностування і підтримки рішень.– К.: Наук. думка, 2004.– 126 с.
31. Основы теории систем и управления / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриенко, В. К. Доля та ін.– К.: Знання України, 2005.– 344 с.
32. Сергеев А. Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем: Учеб. пособ.– М.: МГОУ, 1994.– 488 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михелькевич В. Н., Родамиши В. М. Основы научно-технического творчества (Серия «Высшее профессиональное образование»).– Ростов-на-Дону: Феникс, 2004.– 320 с.
2. Заенчик В. М., Карачев А. А., Шмилев В. Е. Основы творческо-конструкторской деятельности. Методы и организация: Учебник для студентов высш. учеб. завед.– М.: ИЦ «Академия», 2004.– 256 с.
3. Андреев В. И. Интенсификация творческой деятельности студентов.– Казань, 1990.– 197 с.
4. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука.– М.: Сов. радио, 1979.– 176 с.
5. Кузнецов Ю. М. Теория разв'язання творчих задач.– К.: ТОВ «ЗМОК»; ПП «ГНОЗИС», 2000.– 294 с.
6. Альтшуллер Г. С., Верткин И. М. Как стать гением: Жизненная стратегия творческой личности.– Минск, 1994.– 479 с.
7. Половинкин А. С. Основы инженерного творчества: Учеб. пособ. для студ. вузов.– М.: Машиностроение, 1988.– 368 с.
8. Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н. Системотехника проектирования транспортных машин: Учеб. изд.– Харьков: ХНАДУ, 2004.– 208 с.
9. Быков В. П. Технические основы создания машин: Конспект лекций (Изд-во «Машиностроение», справочник) // Инженерный журнал. Приложение.– 2004.– № 9.– 46 с.
10. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Иллюстрированный материал к самостоятельной работе для студентов магистрантов: Учеб. изд.– Х.: ХНАДУ, 2005.– 77 с.
11. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: Навч. посіб.– Х.: ВД «ІНЖЕК», 2007.– 328 с.
12. Мовчан В. П., Бережний М. М. Вступ до основ науково-технічної творчості: Монографія.– Дніпропетровськ, Пороги, 2002.– 240 с.
13. Кузнецов Ю. М., Луців І. В., Дубняк С. А. Теория технических систем / За ред. Ю. М. Кузнецова.– К.; Тернопіль, 1997.– 310 с.
14. Хубка В. Теория технических систем: Пер. з нім.– М.: Мир, 1987.– 208 с.
15. Цехмістрова Г. С. Основы научных исследований: Навч. посіб.– К.: ВД «Слово», 2004 – 240 с.

11. Експертні методи й системи пошуку нових ідей і прийняття творчих рішень	158
11.1. Експертні методи прийняття управлінських рішень в умовах недостатньої інформації	158
11.2. Види експертних систем.....	161
11.3. Характеристики й структура експертних систем.....	163
11.4. Морфологічний аналіз технічних об'єктів	168
11.5. Експертні системи діагностування.....	172
Контрольні питання й завдання	172
12. Методологія експериментальних досліджень.....	174
12.1. Види експериментальних досліджень	174
12.2. Планування експерименту.....	177
12.3. Обґрунтування задачі й послідовність проведення експерименту	182
12.4. Основні визначення й оцінка вимірюваних величин	189
12.5. Засоби вимірювань.....	193
12.6. Функціональна залежність виміру	198
12.7. Поняття точності й вірогідності діагностування	199
12.8. Похибка вимірів. Статистична обробка результатів вимірів.....	201
12.9. Виявлення й виключення грубих похибок (промахів)	206
12.10. Точність міри і вимірювальних приладів	207
12.11. Точність і вірогідність контрольно-діагностичних операцій.....	208
12.12. Якість вимірів	215
12.13. Обробка результатів експерименту	217
Контрольні питання й завдання	224
Розділ III. Практичне застосування методів наукової творчості.....	225
13. Методи системного підходу до вирішення наукових і творчих задач	225
13.1. Система. Класифікація й властивості систем	225
13.2. Системний підхід і системний аналіз	231
13.3. Понятійний апарат системного аналізу	238
13.4. Системний аналіз прийняття керуючих рішень при експлуатації транспортних засобів	249
Контрольні питання й завдання	264

14. Методологія пошуку й вибору найкращих проектно-конструкторських рішень	265
14.1. Основні поняття у творчих початках процесу проектування машин.....	265
14.2. Методологія проектування й конструювання.....	269
14.3. Процедури створення найкращих технічних схем	276
14.4. Вибір цілей і засобів у пошуках вирішення протиріч у технічній творчості.....	283
14.5. Алгоритми розв'язання винахідницьких задач.....	287
14.6. Вибір критеріїв й проведення оцінки технічних систем.....	294
14.7. Розвиток фондів фізичних ефектів.....	296
14.8. Процедура пошуку оптимального варіанта прийняття технічного рішення	299
14.9. Розвиток інформаційних технологій комп'ютерної підтримки творчості	306
14.10. Методи прийняття інженерних рішень при оптимізації умов технічної експлуатації машин	309
Контрольні питання й завдання	312
15. Оцінка результатів науково-технічної творчості та їх правова охорона.....	313
15.1. Об'єкти науково-технічної творчості	313
15.2. Критерії оцінки рівня розв'язання науково-технічних задач.....	318
15.3. Винахід. Право на одержання патенту й основні вимоги до оформлення заявки.....	323
15.4. Корисна модель. Патентоспроможність, умови надання правової охорони й основні вимоги до оформлення заявки.....	327
15.5. Знаки для товарів і послуг та їх правова охорона.....	331
Контрольні питання й завдання	334
16. Моделювання в науковій і технічній творчості	335
16.1. Поняття про модель і моделювання. Види моделей і вимоги до їх побудови	335
16.2. Побудова концептуальної моделі	342
16.3. Схема побудови математичної моделі.....	343
16.4. Абстрактне моделювання	345
16.5. Структурні моделі процесів.....	352
16.6. Фізичне моделювання	354

Систематичні каталоги – 73	Формалізація – 109
Системний аналіз – 232	Формула рішення винаходу – 322
Системний підхід – 231	Фундаментальні наукові дослідження – 369
Спосіб – 324	Функція системи – 230
Спостереження – 112,185	Цілі науки – 18
Сприйняття – 91,184	Ціль – 36
Стійкість системи – 248	Цінність – 268
Стан – 248	Чуттєво-образний тип мислення – 96
Структура – 230,241	Штам – 324
Структура системи – 230	
Структурна схема – 231	
Суб'єкт проектування – 267	
Судження – 122	
Сукупні виміри – 193	
Сходження від абстрактного до конкретного – 91	
Творчість – 18, 20	
Теоретичні (фундаментальні) наукові дослідження – 369	
Теорія – 108	
Теорія запису конструкції – 238	
Термінологія – 92	
Техніка – 52	
Типізація – 267	
Точність виміру – 199, 207	
Точність діагностування – 200	
Узагальнення – 118	
Узагальнююча абстракція – 117	
Умовивід – 125	
Уніфікація – 267	
Уява – 91,268	
Уявлення – 91	
Фізичне моделювання – 354	

Міри – 193	Понятійно-логічний тип
Моделювання – 3396	мислення – 95
Модель – 335	Поняття – 110
Моніторинг – 186	Порівняння – 113, 184
Морфологічний аналіз – 168	Постулат – 109
Надруковані документи – 71	Потенційне здійснення – 117
Наочно-діюче мислення – 94	Похибка – 201
Натурна (реальна) модель – 336	Почуттєві пізнання – 91
Наукова діяльність – 19	Практика – 94
Наукова ідея – 104	Предмет дослідження – 385
Наукове дослідження – 374	Предмет науки – 18
Наукове пізнання – 88	Предмет технічної творчості – 18
Наукове поняття – 92	Предметні каталоги – 73
Наукові положення – 319	Придатність до спостереження – 249
Науковий результат – 388	Промислова придатність – 329
Непрямий метод вимірювань – 192	Прикладні наукові дослідження – 370
Новизна – 321	Принцип – 109
Нормалізація – 267	Пристрій – 323
Нульовий метод вимірювань – 192	Проблема – 93
Об'єкт винаходу – 291	Проект – 266
Об'єкт дослідження – 384	Проектування – 266
Об'єкт проектування – 268	Промислова застосовність – 321, 329
Об'єкт творчості – 18	Прямий метод вимірювань – 190
Огляд літератури – 383	Раціональне пізнання – 91
Ототожнення – 116	Реальна модель – 3363
Патент на винахід – 323	Реферат – 70
Патент на корисну модель – 327	Речовина – 324
Патентна інформація – 70	Рівновага – 248
Патентоспроможність – 324, 328	Розвиток – 249
Підсистема – 239	Розпізнавання об'єктів – 186
Пізнавальний образ – 268	Синектика – 153
Поводження системи – 248	Синтез – 104
Позитивний ефект винаходу – 321	Система – 224

16.7. Імітаційне моделювання.....	356
Контрольні питання й завдання	367
17. Організація, види й процес наукових досліджень.....	368
17.1. Організація наукової діяльності в Україні	368
17.2. Кваліфікаційні ознаки науковця.....	371
17.3. Процес наукового вивчення й пізнання об'єкта дослідження	374
Контрольні питання й завдання	378
18. Методичні рекомендації з викладу результатів наукових досліджень.....	379
18.1. Вибір теми науково-дослідної роботи.....	379
18.2. Обґрунтування актуальності теми й етапи наукового дослідження.....	381
18.3. Вступ, огляд літератури, об'єкт, предмет і методи досліджень.....	383
18.4. Постановка наукової проблеми, наукової задачі й мети дослідної роботи.....	388
18.5. Помилки дослідника в процесі пізнання.....	390
Контрольні питання й завдання	393
Терміни й поняття	394
Предметний покажчик	414
Література	418
Додаток А. Характеристика робочої навчальної програми і практичних занять.....	421

CONTENTS

Introduction to the course	15
Chapter I. Theory of scientific and technical creative work	18
1. Introduction to the course.....	18
1.1. Subject and essence of scientific and technical creative work	18
1.2. Essence and signs of technical creative work	19
1.3. Structure of technical creative work as a process of creation of competitive engineering and technology	21
Control questions and tasks	23
2. Creative personality and how to become one.....	24
2.1. Concept of creative personality.....	24
2.2. Properties of creative personality	25
2.3 Training of technical creative work and creative consciousness of personality	27
Control questions and tasks	31
3. Contradictions in the system of individual – engineering object – environment	32
3.1. Systems engineering of engineering contradictions	32
3.2. Requirements, consumer functions and criteria of development of engineering objects	37
3.3. Role of collective and personality in scientific and technical creative work	43
Control questions and tasks	51
4. Dialectical principles of technical creative work in development of new engineering objects	52
4.1. Concepts and composition of engineering objects and systems, technologies and their interaction with environment	52
4.2. Stages of development of engineering objects	54
4.3. Conditions and processes of development of technical creative work	57
Control questions and tasks	60
5. Evolutionary and revolutionary ways of creation of new engineering objects	61
5.1. Correlation of the rates of development of science, technology and production	61

Задача наукова – 399	Конкретизація – 253
Закон виключення – 126	Конструктивізація – 117
Закон достатньої основи – 127	Конструктивний вигляд – 267
Закон протиріччя – 126	Конструкція – 266
Закон тотожності – 1269	Контроль – 185, 200
Заперечення – 123	Концептуальна (змістовна) модель – 361
Засіб вимірювання – 1193	Концепція – 325
Заявка на винахід – 319, 327	Кон'юнкція – 123
Зв'язок – 243	Корисна модель – 327
Змістовна (концептуальна) модель – 342	Лічба – 185
Знак для товарів і послуг – 331	Логіка – 92, 121
Знання – 88	Математична модель – 337, 347
Зовнішнє середовище – 239	Мета дослідження – 374, 384
Ідеалізація – 103, 116	Мета системи – 230
Ідеальні (знакові) моделі – 336	Метод – 94, 112
Ідентифікація – 185	Метод «букета проблем» – 149
Ідея – 104	Метод гірлянд – 130
Ізолююча абстракція – 116	Метод Дельфі – 139
Іконічна модель – 338, 374	Метод експертних оцінок – 172
Імітаційне моделювання – 356, 361	Метод збігів – 192
Імплікація – 123	Метод інверсій – 151
Індуктивний метод – 103	Метод контрольних питань – 142
Індукція – 101	Метод «мозкового штурму» – 131
Інтелектуальна власність – 313	Метод морфологічного аналізу – 168
Інтерполяція – 222	Метод спроб і помилок – 127
Інтуїція – 120, 268	Методика – 186
Інформаційні ресурси – 71	Методика дослідження – 385
Істина – 401	Методологія дослідно-конструктор- ських робіт – 267
Історичний метод – 104	Методологія науки – 96
Категорія – 110	Методологія проектування – 267
Клас точності – 207	
Комп'ютерне моделювання – 359	

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абсолютний метод вимірювань – 190	Визначення поняття – 93, 396
Абсолютні знання – 90	Винахідництво – 318
Абстрагування – 91	Винахідницький рівень – 321
Абстракція – 115	Винахід – 323
Актуальна нескінченність – 117	Випробування – 186, 200
Актуальність теми – 381	Відкриття – 319
Аксиома – 110	Відносні знання – 90
Аксіоматичний метод – 104	Відтворення – 185
Алгоритм – 270	Відчуття – 91
Алгоритмічний метод проектування – 270	Вірогідність виміру – 201
Алфавітні каталоги – 73	Вступ – 383
Аналіз – 104	Гіпотеза – 105
Аналітична модель – 347	Головна мета технічної творчості – 18
Аналітичне моделювання – 338, 342, 347	Дедукція – 102
Аналітичний огляд – 71	Демонстрація – 397
Аналогія – 113, 128	Диз'юнкція – 123
Аналогова (реальна) модель – 336	Диференціальний метод вимірювань – 191
Аналогове моделювання – 342	Діагностика – 186
Априорні знання – 90	Довідкова література – 70
Асоціативні методи – 128	Довідково-інформаційний фонд – 71
Асоціація – 128	Евристичний метод проектування – 269
Вимір – 113	Еквиваленція – 124
Вимірювальна установка – 195	Експеримент – 114, 182
Вимірювальний ланцюг – 190	Експериментальні дослідження – 186
Вимірювальний прилад – 195	Експертна система – 161, 163
Вимірювальні перетворювачі – 195	Екстраполяція – 223
Вимірювання – 185, 189	Елемент – 238
	Емпатія – 154

5.2. Evolution of indicators of development and demand for engineering objects	63
Control questions and tasks	66
Chapter II. Methods of research.....	67
6. Information support of scientific and technical creative work	67
6.1. Properties of information	67
6.2. Basic sources of information.....	68
6.3. Data retrieval system of libraries and computer systems.....	71
6.4. International classification of patents for inventions, useful models, production pieces and trade services.....	77
6.5. Patent search of documentation	82
6.6. Processing and assessment of information	84
Control questions and tasks	86
7. Methodology of scientific cognition of surrounding reality.....	88
7.1. Processes of cognition of objective reality	88
7.2. Methodic principles in scientific and technical creative work.....	93
7.3. Methodology of science	96
Control questions and tasks	98
8. Methods of theoretical research	100
8.1. Creative process of theoretical research.....	100
8.2. Induction, deduction and idealization	101
8.3. Scientific ideas, hypotheses and permissible variations.....	104
8.4. Theory and its structural elements.....	108
Control questions and tasks	111
9. Method of empiric research	112
9.1. Observations and comparisons	112
9.2. Measurement and experiment	113
9.3. Abstraction and generalization	115
Control questions and tasks	119
10. Heuristic methods of idea retrieval and solution of scientific and technical tasks	120
10.1. Logic and intuition. Logic operations and laws of mathematical logic.....	120
10.2. Cut and try method and association methods	127
10.3. Method of brain storm and Delphi technique	130
10.4. Method of control questions	142

10.5. Method of «bunch of problems» and inversions.....	147
10.6. Method of synectics and empathies.....	153
Control questions and tasks	157
11. Expert methods and systems of retrieval of new ideas and making creative decisions	158
11.1. Expert methods of making managerial decisions under conditions of insufficient information.....	158
11.2. Types of expert systems.....	161
11.3. Characteristics and structure of expert systems.....	163
11.4. Morphologic analysis of engineering subjects	168
11.5. Expert systems of diagnostics.....	172
Control questions and tasks	172
12. Methodology of experimental research	174
12.1. Types of experimental research	174
12.2. Planning of experiment.....	177
12.3. Substantiation of the task and sequence of realisation of experiment.....	182
12.4. Basic definitions and assessment of measuring values.....	189
12.5. Ways of measuring.....	193
12.6. Functional dependence of measurement	198
12.7. Concept of precision and probability of diagnosis.....	199
12.8. Measurement errors. Statistical processing of measurement results	201
12.9. Identification and deletion of gross errors (blunders).....	206
12.10. Precision of measurement and measuring instruments	207
12.11. Precision and probability of control and diagnostic operations	208
12.12. Quality of measurements	215
12.13. Processing of the results of experiment	217
Control questions and tasks	224
Chapter III. Practical application of methods of scientific work	225
13. Methods of system approach to solution of scientific and creative tasks	225
13.1. System. Classification and properties of systems	225
13.2. System approach and system analysis.....	231
13.3. Conceptual instrument of system analysis	238

Формула рішення винаходу – складена за встановленими правилами коротка словесна характеристика, що відбиває технічну сутність винаходу ознаками об'єкта винаходу (машини, вузла, деталі, операції, параметру режиму і т. д.).

Функція системи – дії системи, що виявляються в зміні її можливих станів при виконанні поставленої мети.

Цілі науки – опис, пояснення й передбачення процесів і явищ навколишньої дійсності, що складає предмет її вивчення на основі законів, які вона відкриває. У широкому значенні цілі науки – пізнання законів природи й суспільства, відповідний вплив на природу й одержання корисних суспільству результатів.

Ціль наукового дослідження – загальне, об'єктивне й обґрунтоване вивчення явищ, процесів, їх характеристик, взаємозв'язку на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також одержання корисних для діяльності людини результатів упровадження їх у виробництво для підвищення його ефективності.

Цінність – соціальна характеристика об'єкта.

бок. Термін «точність» використовується, як правило, для якісної оцінки результатів вимірів. Для кількісної оцінки застосовують термін «похибка виміру», і чим менша «похибка», тим вища «точність».

Точність діагностування – властивість діагностування, яка характеризується близькістю результатів до дійсних значень характеристик об'єкта у визначених умовах діагностування.

Узагальнення – логічні дії, у процесі яких здійснюється перехід від одиничного до загального. Узагальнення здійснюється шляхом абстрагування при утворенні понять, суджень, теорій.

Узагальнююча абстракція використовується з метою одержання загальної картини досліджуваного явища, створення поняття через об'єднання предметів, пов'язаних відношенням типу однаковості в особливий клас.

Умовивід – форма мислення, у результаті якої з одного або декількох суджень, що відображають зв'язки й відносини предметів об'єктивної дійсності, виводиться нове судження, міркування, нова думка, що містить уже нове знання про досліджуваний предмет, явище, процес.

Уніфікація заснована на обмеженні й упорядкуванні. Із сукупностей випадкових величин створюють обмежені й упорядковані набори (комплекси) величин меншої чисельності.

Уява – психічний процес, що полягає в створенні людиною нових образів, думок на основі її попереднього досвіду. Особливим видом уяви є мрія – уявне перетворення досвіду й знання, що веде до формування наочних образів, які не спостерігаються; це систематизація різних уявлень у мозку людини, об'єднання їх у цілісну картину образів.

Уявлення – вторинний образ предмета, явища, процесу, що у даний момент часу не діє на чуттєві органи людини, але обов'язково діяв раніш.

Факт науковий – реальність, дійсність, що складає елемент основи наукового знання, відображення об'єктивних властивостей речей і процесів. Характерні властивості наукового факту – новизна, точність, об'єктивність, вірогідність. На основі фактів будується теорія, виводяться закони.

Фізичне моделювання складається в заміні вивчення деякого об'єкта або явища експериментальним дослідженням його моделі, що має ту ж фізичну природу.

Формалізація – метод вивчення різних об'єктів шляхом відображення їх структури у відомій формі за допомогою штучної мови, наприклад, мови математики.

13.4. System analysis of making guiding decisions in vehicle operation.....	249
Control questions and tasks	264

14. Methodology of search and selection of the best designing decisions..... 265

14.1. Basic concepts in creative basis of the process of machinery designing	265
14.2. Methodology of designing.....	269
14.3. Procedure of creation of the best technical schemes.....	276
14.4. Selection of objectives and methods in search of solution of contradictions in technical creative work	283
14.5. Algorithms of solution of inventive tasks	287
14.6. Selection of criteria and carrying out of assessment of engineering systems	294
14.7. Development of funds of physical effects	296
14.8. Procedure of the search of optimal variant of making technical decision.....	299
14.9. Development of information technologies of computer support of creative work	306
14.10. Methods of making engineering decisions when optimizing the conditions of vehicle operation.....	309
Control questions and tasks	312

15. Assessment of results of scientific and technical creative work and their legal protection 313

15.1. Objects of scientific and technical creative work	313
15.2. Criteria of assessment of the level of solution of scientific and technical tasks	318
15.3. Invention. Right to a patent and basic requirements to preparation of application.....	323
15.4. Useful model. Patentability, conditions of rendering legal protection and basic requirements to preparation of application.....	327
15.5. Marks for goods and services and their legal protection.....	331
Control questions and tasks	334

16. Modelling in scientific and technical creative work..... 335

16.1. Concept of model and modelling. Types of models and requirements to their building	335
16.2. Building of conceptual model.....	342

16.3. Scheme of building of mathematical model	343
16.4. Abstract modelling	345
16.5. Structural models of processes.....	352
16.6. Physical modelling	354
16.7. Imitation modelling.....	356
Control questions and tasks	367
17. Organisation, types and process of research.....	368
17.1. Organisation of scientific activities in Ukraine.....	368
17.2. Qualification characteristics of a scientist	371
17.3. Process of scientific study and cognition of the object of research.....	374
Control questions and tasks	378
18. Methodical recommendations for the statement of results of research	379
18.1. Selection of the topic of research work	379
18.2. Substantiation of the urgency of the topic and stages of scientific research.....	381
18.3. Introduction, review of literature, object, subject and methods of research	383
18.4. Statement of scientific problem, scientific task and objective of research work	388
18.5. Mistakes of researcher in the process of cognition.....	390
Control questions and tasks	393
Terms and concepts.....	414
Subject index.....	414
Literature	418
Supplement A. Characteristic of working syllabus and workshops.....	421

про нього до більш конкретного його відтворення в теоретичному мисленні – як системи наукових визначень; загальний закон розвитку людського пізнання – один з основних принципів діалектичної логіки.

Творчість – діяльність, що породжує щось якісно нове, яке відзначається неповторністю, оригінальністю і суспільно-історичною унікальністю. Творчість – це особливий вид інтелектуальної діяльності людини, спрямованої на створення якісно нових цінностей.

Теза – короткий виклад основних положень наукової праці, статті, доповіді, що передбачає перше ознайомлення учасників семінарів, конференцій, симпозіумів із результатами наукового дослідження.

Теорія – навчання, система ідей або принципів, висока форма узагальнення й систематизації знань, спрямованих на визначення того або іншого явища. Це форма синтетичного знання, у межах якого окремі поняття, гіпотези й закони втрачають минулу автономність і перетворюються на елементи цілісної системи наукових знань. Теорія – система знань, що описує й пояснює сукупність явищ деякої частини діяльності і зводить відкриті в цій галузі знання до єдиного об'єднаного початку. Теорія будується на результатах, отриманих на емпіричному рівні досліджень. Теорія повинна бути ефективною, конструктивною і простою.

Теорія запису конструкції – система знань про загальні закони й принципи запису конструктивного вигляду й комплексу розмірів конструкції. Те, що звичайно іменують кресленням, складає лише один із способів запису.

Теорія пізнання (гносеологія) – навчання про природу пізнання та її можливості, основні закономірності, форми й методи пізнання людиною навколишньої дійсності.

Термінологія – мова науки, яка задає основні наукові терміни, їх значення й зв'язки між ними.

Техніка – сукупність засобів людської діяльності, створюваних як для здійснення процесів виробництва, так і для обслуговування невиробничих потреб суспільства.

Типізація йде за уніфікацією і пов'язана зі введенням конструктивних властивостей в уніфікований комплекс величин, які стають при цьому конструктивними характеристиками. Такими властивостями можуть бути системні властивості, наприклад, передатні співвідношення.

Точність виміру – якість, що відбиває близькість результатів вимірів до справжнього значення вимірюваної величини, а точність системи виміру – якість системи виміру, яка відображає близькість до нуля його похи-

Софізм – невірний, помилковий доказ, що видається за правильний, заснований на зовнішній подібності явищ, заміні понять, усвідомлено невірному обранні вихідних положень.

Спосіб – процес виконання дій над матеріальним об'єктом (об'єктами) за допомогою матеріальних об'єктів.

Спостереження – метод пізнання, при якому систематично вивчається об'єкт без втручання в нього. Це також відображення властивості, залежності, стану або ситуації словесним чи графічним описом.

Сприйняття – відображення в мозку людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, які сприймаються його органами почуттів у деякий відрізок часу і формують визначений чуттєвий образ предмета, явища, процесу.

Стійкість системи – здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану під впливом зовнішніх збурюючих впливів. Стан рівноваги, у який система здатна повертатися, називають стійким станом рівноваги.

Структура – внутрішня організація системи, що представляє собою специфічний спосіб взаємозв'язку, взаємодії утворюючих його компонентів. Структура – це упорядкованість, організованість системи.

Структура системи визначається складом елементів, що входять до неї, їх розташуванням і взаємними зв'язками.

Структурна схема – схематичне зображення взаємодії між елементами, компонентами, підсистемами і зовнішнім середовищем, де вказуються всі елементи системи, усі зв'язки між елементами усередині системи і зв'язки певних елементів з навколишнім середовищем.

Суб'єкт проектування – окрема людина, колектив фахівців, штучний інтелект. За аналогією із суб'єктом пізнання суб'єкт проектування – система, що здійснює витяг інформації про зовнішні явища природи і громадського життя, включаючи процес комунікації у широкому змісті слова (передача відомостей у ході навчання, обмін думок, боротьба ідей і т. д.).

Судження – форма думки про конкретний предмет, процес або явище.

Сукупні виміри здійснюються шляхом одночасного вимірювання декількох однойменних величин, при яких шукане значення знаходять розв'язанням системи рівнянь, одержуваних у результаті прямих вимірів різних сполучень цих величин.

Сходження від абстрактного до конкретного – метод дослідження об'єкта, який полягає в переході від абстрактного й однобічного знання

Вступ до навчальної дисципліни

Матеріал пропонованого навчального посібника з теорії й методів наукової творчості (ТМНТ) має важливе значення в системі вищих навчальних закладів як один з основних складових формування у випускників наукового світогляду, що є головною умовою підвищення якості підготовки фахівців.

Об'єкт дисципліни ТМНТ – процеси пізнання навколишньої дійсності, творчі процеси вироблення теоретичних і методичних знань, що створюють проблему в наукових дослідженнях, удосконаленні й створенні нових наукових об'єктів і технічних систем.

Предмет дисципліни – теорія й методи наукового пізнання навколишньої дійсності, об'єктивні закони розвитку технічних об'єктів, методологія наукових досліджень процесів і явищ, процеси творчого мислення.

Ціль навчальної дисципліни – надання студентам теоретичних і практичних знань до професійної діяльності, пов'язаної з необхідністю вирішувати науково-технічні задачі з удосконалення й створення нових технічних об'єктів і технологічних процесів шляхом формування у студентів знань із теорії й методів наукових досліджень, комплексу знань творчого мислення, умінь й уявлень, які забезпечують придбання студентом високої професійної кваліфікації фахівця.

Зміст дисципліни ТМНТ викладено у трьох розділах, які включають 18 підрозділів (тем).

Вивчивши дисципліну, студент має знати:

1. Теоретичні питання наукової творчості (теми 1 – 5):

- ♦ сутність і природу технічної творчості;
- ♦ структуру наукового дослідження;
- ♦ ознаки творчої особистості;
- ♦ природу й джерела протиріч у системі «людина – технічний об'єкт – середовище»;
- ♦ стадії розвитку технічних об'єктів і управління технічною творчістю;
- ♦ еволюційні й революційні шляхи розвитку технічних об'єктів.

2. Методи наукових досліджень (теми 6 – 12):

- ♦ інформаційного забезпечення наукових досліджень;
- ♦ наукового пізнання навколишньої дійсності;

- ♦ теоретичних досліджень;
- ♦ емпіричних досліджень;
- ♦ евристичних досліджень;
- ♦ експертні системи пошуку нових ідей і прийняття творчих рішень;
- ♦ методологія експериментальних досліджень.

3. Практичне застосування методів наукових досліджень (теми 13 – 18):

- ♦ методи системного аналізу при вирішенні наукових і творчих завдань, морфологічного функціонального, інформаційного опису й аналізу об'єктів дослідження й діагностування;
- ♦ методологія пошуку й вибору найкращих проектно-конструкторських рішень;
- ♦ оцінка результатів науково-технічної творчості: винахід, корисна модель, знаки для товарів і послуг та їх правова охорона;
- ♦ моделювання в науково-технічній творчості: методи фізичного, математичного, графічного й імітаційного моделювання досліджуваних процесів;
- ♦ організація, види й процеси наукової діяльності, планування досліджень;
- ♦ методика формально-логічного викладення наукових результатів, оформлення курсових і атестаційних випускних робіт та впровадження наукових досліджень у виробництво або в навчальний процес.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

- ♦ сформулювати наукову задачу, мету, предмет, об'єкт, етапи наукових досліджень і методи дослідження;
- ♦ знайти й проаналізувати інформацію про наукові задачі; переглянути наукові факти в новому аспекті об'єкта досліджень на якісно новому рівні;
- ♦ розуміти наукову мову і користуватися нею;
- ♦ знайти у практичній проблемі творчу наукову задачу, методи її розв'язання, логічно, обґрунтовано розкрити головні ознаки досліджень;
- ♦ спланувати наукове дослідження;
- ♦ використовувати в дослідженнях методи й засоби загальнонаукових інженерних дисциплін, пов'язаних із проблематикою автомобільного транспорту;

Реальні (натурні, аналогові) моделі – об'єкти, які існують реально і створюються з реальних матеріалів.

Резюме – короткий огляд, що містить основні положення доповіді, виступу, наукової праці, дискусії. Вказівка на зміст первинної роботи, гранично лаконічна, може бути у вигляді однієї пропозиції. Вміщується наприкінці статті і містить інформацію оцінного характеру.

Реферат – письмова форма доповіді на визначену тему, зміст тільки повторює щось, а не переконує в чомусь; інформаційне видання, що визначає короткий виклад змісту наукового дослідження.

Речовина – штучно створена сукупність взаємозв'язаних інгредієнтів, індивідуальні хімічні сполуки, об'єкти генетичної інженерії, композиції та продукти ядерного перетворення.

Рівновага – здатність системи зберігати свій стан як бажано довго при відсутності збурюючих зовнішніх впливів, або при постійних впливах.

Розпізнавання об'єктів – відображення даного об'єкта за сукупністю його властивостей одним із класів множини цих об'єктів. Розпізнавання об'єктів проводиться шляхом сприйняття їх характеристик, порівняння й аналізу на основі попередньої класифікації даної множини об'єктів.

Синектика – метод пошуку нових рішень – подібна до «мозковому штурму» і відрізняється від нього тільки тим, що основна задача зводиться до обговорення одного або двох варіантів технічного рішення, але з детальним їх розглядом.

Синтез – з'єднання раніше виділених частин предмета досліджень у єдине ціле.

Система – сукупність взаємозалежних елементів, що мають різні властивості, параметри і просторову структуру й об'єднані для досягнення єдиної мети або виконання визначеної функції (функцій). Система – це сукупність елементів, зв'язаних технологічно, конструктивно або функціонально.

Систематичні каталоги містять картки на книги, в яких назви робіт розташовані за галузями знань, згідно з діючою класифікацією науки.

Системний аналіз – сукупність методів, що дозволяють реалізувати системний підхід при вивченні й дослідженні будь-яких технічних об'єктів. До таких методів, насамперед, належать методи порівняння й виміру, індукції й дедукції, аналізу й синтезу, моделювання.

Системний підхід – комплексне дослідження великих і складних об'єктів (систем), дослідження їх як єдиного цілого з погодженим функціонуванням усіх елементів і частин.

жень для різних практичних задач, на основі яких розробляється нове обладнання, нові машини, способи організації виробництва, технологічні процеси й ін., з метою одержання економічного ефекту в конкретних галузях економіки.

Принципи – головні вихідні положення будь-якої теорії, вчення, науки; внутрішні переконання людини, її постійний погляд на те або інше питання.

Пристрій – машини, механізми, прилади, деталі, вузли або сукупність взаємопов'язаних деталей та вузлів.

Проблема – велика множина наукових питань, майбутніх досліджень, складне теоретичне або практичне питання, що вимагає досліджень.

Прогнозування – спеціальне наукове дослідження конкретних перспектив розвитку будь-якого явища; процес наукового передбачення майбутнього стану предмета або явища на основі аналізу його минулого і сучасного, систематична, науково обґрунтована інформація про якісні і кількісні характеристики розвитку цього предмета або явища в перспективі.

Прогностичні методи – система правил, вимог, що направляють пізнавальну діяльність дослідника на встановлення об'єктивної істини.

Проектування в широкому сенсі – вибір способу дій людини в процесі взаємодії із середовищем. У вузькому сенсі проектування – це процес створення проекту системи як логічної основи наступної діяльності людини. Об'єктом проектування є система.

Проект – модель системи, представлена у вигляді креслень, графіків, формул, пояснювальної записки та ін.

Промислова застосовність технічного рішення вважається доведеною, якщо воно може бути здійснене або використане за допомогою відомих у техніці засобів і забезпечує той або інший технічний ефект.

Промислова придатність – можливість використання корисної моделі в промисловості, сільському господарстві або в інших сферах людської діяльності.

Прямий метод вимірювань – це такий метод, при якому, наприклад, розмір деталі, яка перевіряється, чи відхилення розміру знаходиться безпосередньо як значення міри чи показання вимірювального приладу (інструменту).

Раціональне пізнання – опосередковане й узагальнююче відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами, явищами й процесами.

- ♦ встановити необхідний обсяг експериментальних робіт, спланувати й провести їх із найменшою трудомісткістю, фінансовими й матеріальними витратами;
- ♦ виконати математичну обробку й інтерпретацію результатів експерименту;
- ♦ оформити результати дослідження у вигляді наукового звіту;
- ♦ використовувати результати досліджень у курсових, атестаційних, дипломних і магістерських роботах;
- ♦ чітко й логічно доповісти результати наукових досліджень.

Характеристику робочої навчальної програми і практичних занять для студентів-бакалаврів і спеціалістів наведено в *Додатку А*. Теми практичних занять (див. *Додаток А.2*) складено за навчальним планом спеціальності «Автомобілі й автомобільне господарство». Для інших технічних спеціальностей складається інший зміст практичних занять, адаптований до навчальних планів конкретної кафедри.

Навчальний посібник має бути допоміжним довідником студентам-бакалаврам, спеціалістам, магістрам, аспірантам – тобто тим, кому, виконуючи наукову працю, важливо чітко знати, з яких компонентів вона складається і як переростає у послідовний процес вивчення тих або інших положень і закономірностей.

Розділ I

Теорія науково-технічної творчості

1. ВВЕДЕННЯ В НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ

1.1. Предмет і сутність наукової й технічної творчості.

1.2. Сутність і ознаки технічної творчості.

1.3. Структура технічної творчості як процесу створення конкурентоздатної техніки й технології.

1.1. Предмет і сутність наукової й технічної творчості

Об'єкт творчості – процес пізнання навколишньої дійсності. Творчість є вищою формою розуму людини, а також накопиченого досвіду. Процес творчості поки ще не пізнано до рівня адекватної моделі. Наука розглядає й вивчає проблематику Розуму, досліджує «механізми» мислення. Є численні гіпотези, більш того, описано окремі операції, що входять до процесу мислення (наприклад, запам'ятовування, асоціації і т. ін.), але закінченої операційної структури, що розкриває процес мислення хоча б на чисто описовому рівні, все ще немає. Щодо розуму людини, найбільш поширеними є феноменологічні уявлення, науці ще треба розкрити процес мислення.

Виникнення науки як форми людської діяльності тісно пов'язане зі зростанням інтелекту людини, його математичних і духовних інтересів.

Предметом науки є пов'язані між собою форми руху матерії або особливості їх відображення у свідомості людей. Наукове пізнання покликане прокладати шлях практиці, давати теоретичні основи для вирішення практичних проблем.

Предмет технічної творчості – матеріальні об'єкти природи у визначеному аспекті пізнання.

Цілі науки – опис, пояснення й передбачення процесів і явищ навколишньої дійсності, що складають предмет її вивчення на основі законів, які вона відкриває. У широкому значенні цілі науки – пізнання законів природи й суспільства, відповідний вплив на природу й одержання корисних суспільству результатів.

Головна мета технічної творчості – створення у природі об'єктів, яких ще взагалі не існувало, удосконалювання самої природи. Предмети,

татом, який було одержано від об'єкта-прототипа або інших порівнюваних рішень.

Поняття – результат відображення у свідомості людини найбільш загальних істотних властивостей (або ознак) якоїсь групи предметів або явищ, що істотні й необхідні для виділення розглянутої групи.

Порівняння – процес установлення подібних або відмітних рис предметів і явищ, а також перебування загального, властивого двом або декільком об'єктам.

Постулат – твердження, що сприймається в межах конкретної наукової теорії як істина, без доказовості і виступає в ролі аксіоми.

Потенційне здійснення – відхилення від реального між людськими можливостями, обумовленими обмеженістю життя в часі і просторі. Нескінченність розглядається як потенційно здійснювана.

Похибка – відхилення результатів вимірів від дійсного значення вимірюваної величини.

Почуттєві пізнання – наслідок безпосереднього зв'язку людини з навколишнім середовищем, що реалізується через елементи чуттєвого пізнання: відчуття, сприйняття, уявлення.

Практика – основа технічної діяльності, що визначає її з погляду конкретності дій, їх безпосереднього зв'язку з творчими задачами.

Предмет дослідження – усе те, що знаходиться в межах об'єкта досліджень у визначеному аспекті пізнання об'єкта. Під предметом дослідження розуміється те, що знаходиться в межах об'єкта і завжди збігається з темою дослідження.

Предмет науки – пов'язані між собою форми руху матерії або особливості їх відображення у свідомості людей. Наукове пізнання покликане прокладати шлях практиці, давати теоретичні основи для вирішення практичних проблем.

Предмет технічної творчості – матеріальні об'єкти природи.

Предметні каталоги містять картки з назвами творів із конкретних проблем і питань одного змісту.

Придатність до спостереження – якісна видова властивість вимірювальної системи, розглянутої у сукупності з об'єктом управління як джерело інформації, усі вимірювані параметри системи, що визначають стан об'єкта управління.

Прикладні наукові дослідження – наукова й науково-технічна діяльність, спрямована на використання результатів фундаментальних дослід-

Новий науковий результат – вперше отриманий результат, раніше не відомий науці, до нього пред'являються вимоги так званої «світової» новизни, тобто експертиза новизни наукових результатів досліджень, що захищаються, проводиться за всіма існуючими офіційними публікаціями як вітчизняними, так і закордонними.

Нормалізація в системному проектуванні являє собою обмеження різноманіття. Окремим випадком нормалізації є стандартизація.

Нульовий метод вимірювань полягає в порівнянні вимірюваної величини з величиною, значення якої відомо. Він аналогічний диференціальному, але різниця між вимірюваною величиною й мірою зводиться до нуля.

Об'єкт винаходу – будь-яке рішення задачі, яка заявляється як винахід: продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослин і тварин); спосіб.

Об'єкт дослідження – те, на що спрямовано пізнавальну діяльність дослідника. Це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження.

Об'єкт творчості – процес пізнання навколишньої дійсності. Творчість є вища форма розуму людини, а також накопиченого досвіду. Процес творчості поки ще не пізнаний до рівня адекватної моделі.

Ототожнення – утворення поняття через об'єднання предметів, пов'язаних відношеннями типу «рівності» в особливий клас, залишаючи при тому осторонь деякі індивідуальні якості предметів.

Патент на винахід – юридично-технічний документ, який засвідчує: право власності на винахід; пріоритет винаходу; авторство творця винаходу й виключне право власника патенту на використання об'єкта, що охоплюється.

Патент на корисну модель – охоронний, документ, що видається від імені держави уповноваженим на це державним органом.

Патентна інформація – відомості про відкриття, винаходи, промислові зразки і товарні знаки з усіх галузей людської діяльності в будь-якій країні світу.

Патентоспроможність – властивість, якої набуває об'єкт господарської діяльності (продукт або спосіб) у разі відповідності умовам надання правової охорони винаходу згідно з Законом.

Поводження системи – зміна станів системи в часі.

Позитивний ефект винаходу – новий, більш високий результат, що суспільство одержить при використанні винаходу, у порівнянні з резуль-

які виникли як результат діяльності людини і раніше були невідомі – теж об'єктивна реальність і об'єкти пізнання. Звідси випливає багато принципово важливих уявлень про технічну творчість, а також про соціологічні вимоги до цього виду людської діяльності.

До трудової належить трудова діяльність людини, що спрямована на одержання матеріального продукту. До духовної сфери діяльності належать мистецтво, сфера послуг і наука. Вони забезпечують інтелектуальне (духовне) багатство суспільства.

Науковою діяльністю вважається інтелектуальна творча робота, спрямована на одержання й використання нових знань. Найважливішою задачею наукової діяльності є формування системи знань, які сприяють найбільш раціональній організації виробничих відносин і використання виробничих сил в інтересах усіх членів суспільства.

1.2. Сутність і ознаки технічної творчості

Сутність і природа пізнання носять соціальний характер, вони прямо пов'язані з предметом – практичною діяльністю людини, визначаються нею. Створення нового є однією з форм удосконалювання й пізнання реального предметного світу, у якому ми живемо, що робить прямий і опосередкований вплив на нашу свідому діяльність. Від живого споглядання до абстрактного мислення і від нього до практики – такий діалектичний шлях пізнання істини, об'єктивної реальності.

У функції пізнання є єдиний виконавець – людина. Вона ж є суб'єктом творчості, а також предметом вивчення різних галузей знання (психології, фізіології, біології, педагогіки, фізики, технічних засобів і т. ін.).

Людина є особливою системою, що являє собою єдність фізичного й духовного, природного й соціального, спадкоємного й придбаного. Нас (у даному випадку) цікавить найважливіша, відсутня у всій іншій природі здатність людини до творчості взагалі, одним із видів якої є технічна творчість.

Творчість – це вид людської діяльності, що породжує щось якісно нове, яке раніше не існувало у природі. Воно має два аспекти: психологічний і філософський. Предмет вивчення психології – «механізм» акта творчості, процес від його зародження до завершення. Філософія ж досліджує сутність, змістовність творчості.

Наука розглядає творчість як діяльність людини, що перетворить природний і соціальний світ відповідно до суспільних і особистих потреб на основі об'єктивних законів дійсності. У цій фразі укладено всю загальну програму творчості: виявлення його мети (суспільна потреба), визначен-

ня засобів її досягнення (об'єктивні закони), організація взаємодії цих засобів, одержання й оцінка результатів (відповідність меті), реалізація (використання, впровадження, експлуатація).

Творчість як створююча діяльність характеризується оригінальністю і суспільно-історичною унікальністю. Основний виконавець акта творчості – мислення людини, що не тільки відбиває об'єктивний світ, але і творить його.

Незважаючи на прояв у творчості особистісних особливостей людини як творця можна виділити і те загальне, що характерне для всіх видів творчості:

- ♦ індивідуальність людини як виконавця акта творчості;
- ♦ завершену ідентичність психологічних аспектів творчості у всіх його видах, оскільки «механізми» творчості не мають (за даними сучасної психології) яких-небудь специфічно «технічних» станів;
- ♦ незалежність конкретних видів творчості від принципових філософських положень про доступність до пізнання світу.

Технічна творчість має місце стосовно до техніки й технології – складової частини продуктивних сил суспільства, матеріального базису існуючої суспільної формації. Рівнем техніки визначається зростання й розвиток продуктивних сил, і в цьому зв'язку його можна вважати інструментом удосконалювання продуктивних сил. У той же час має місце і зворотний процес впливу продуктивних сил на суб'єкт творчості – людину.

Соціальна потреба розвитку технічної творчості як складеного елемента науково-технічного прогресу вимагає постійного удосконалювання. Одна з базових форм за значущістю – навчання основам технічної творчості.

Діалектичний метод пізнання технічної творчості як галузі знання, в якій зовсім чітко виявляються основні закони діалектики (єдності й боротьби протилежностей, заперечення заперечення, переходу кількості в якість), має бути доповнено деякими специфічними характеристиками, що належать до природи технічної творчості як виду мистецтва.

Як вид мистецтва технічна творчість за формою й змістом є не тільки продуктом, але і частиною розумового процесу, вищою формою розуму. Отже, саме ця особливість має стати ієрархічно вищою ланкою в пізнанні процесу технічної творчості на основі знань і відкриттів психології, фізіології й біології. У матеріалістичному розумінні сутності пізнання «на рівних» представлене усвідомлене й підсвідоме, раціональне й ірраціональне. Їх єдність – у взаємодії, їх протилежність – у всьому іншому – от одна із сутностей розуму.

Наука – система знань об'єктивних законів природи, суспільства й мислення, що виходять і перетворюються в безпосередню силу суспільства в результаті діяльності людини.

Наукова діяльність – інтелектуальна творча робота, спрямована на одержання й використання нових знань. Найважливішою задачею наукової діяльності є формування системи знань, що сприяє найбільш раціональній організації виробничих відносин і використанню виробничих сил в інтересах усіх членів суспільства.

Наукова доповідь – документ, що дає виклад результатів опублікованої науково-дослідницької роботи.

Наукова ідея – форма відображення в мисленні нового розуміння об'єктивної реальності.

Наукова тема – задача наукового характеру, що вимагає проведення наукового дослідження.

Наукова теорія – система основних ідей, абстрагованих понять і тверджень, що є ідеальним відображенням дійсності. Критерій істинності й основа розвитку між явищами з метою одержання переконливо доведених і корисних ідей для науки й практики.

Наукове дослідження – цілеспрямоване вивчення за допомогою наукових методів, явищ і процесів, аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчення взаємодій між явищами з метою одержання переконливих доведених і корисних для науки й практики рішень.

Наукове пізнання – методи одержання й перевірки нових знань.

Наукові положення – виражені у вигляді чітких формулювань основні наукові ідеї, як прийняті за основу при виконанні дослідження, так і знову висунуті автором. Серед наукових положень виділяють вихідні посилки і наукові результати.

Наукове поняття віддзеркалює наукові знання про предмет або явище.

Науковий результат – будь-який результат, отриманий за допомогою наукових методів (аналізу, обґрунтування, прогнозування й ін.). Серед отриманих наукових результатів необхідно чітко виділити ті з них, що є внеском у науку, і ті, котрі є внеском у практику.

Науковий факт – явище, що складає базу для формування думки і є основою наукового знання.

Непрямий метод вимірювань характеризується тим, що шуканий розмір знаходимо за результатами виміру інших величин, пов'язаних із шуканою відомою залежністю.

Методологія досліджень – сукупність конкретних прийомів і способів для проведення будь-якого наукового дослідження.

Методологія дослідно-конструкторських робіт у взаємозв'язку з системними дослідженнями дає представлення про способи побудови конструкторцій і порядок їх застосування на кожному етапі конструювання.

Методологія наукового пізнання – вчення про принципи, форми й способи науково-дослідницької діяльності.

Методологія проектування – вчення про структуру, логічну організацію, методи й засоби пошуку й прийняття рішень, про принцип дії й склад ще не існуючого об'єкта, що найкраще задовольняє визначені потреби, а також складання опису, необхідного для його створення в заданих умовах.

Міри – це засоби вимірювань, які відтворюють фізичну величину заданого розміру. Вони можуть бути однозначними, відтворюючи одне значення фізичної величини, і багатозначними – для відтворення плавно чи дискретно низки значень однієї й тієї ж фізичної величини

Моделювання – вивчення об'єкта (оригіналу) шляхом створення й дослідження його копії (моделі), що заміняє оригінал із деяких сторін, що цікавлять пізнання і підлягають вивченню, непрямий, опосередкований метод наукового дослідження.

Модель – це зображення в зручній формі численної інформації про досліджуваній об'єкт. Вона знаходиться у визначеній відповідності до досліджуваного об'єкта, може замінити його при дослідженні і дозволяє одержати інформацію про вивчений об'єкт

Моніторинг – науково-інформаційна система спостережень, оцінювань та прогнозів технічного стану машин і навколишнього середовища, включаючи спостереження за дією на нього людини.

Морфологічний аналіз – аналіз і синтез досліджуваної системи, застосовуваний з метою одержання всіх можливих варіантів вирішення проблеми. При цьому синтезуються як відомі, так і нові незвичайні варіанти, що при простому переборі могли бути упущені.

Морфологічний опис об'єкта (системи) дає уявлення про будову (структуру) системи, про наявність і види зв'язків між її елементами і містить кількісні і якісні дані.

Надруковані документи – дисертації, звіти про науково-дослідні роботи, окремі роботи, звітні документи, методичні й інструкційні матеріали.

Наочно-діюче мислення – безпосередня форма зв'язку з дійсністю на основі практики.

Змістовний аналіз процесу технічної творчості як інтегративної галузі знання, що взяла багато чого від психології, системотехніки, біоніки й кібернетики, дозволяє все ж припустити переважаючу роль психології людини в її творчій діяльності. Таке припущення не заперечує значної й позитивної ролі конкретних методів вирішення технічних задач, але важко уявити можливість створення універсальних методів їх вирішення.

Цей висновок впливає з таких положень:

- ♦ відсутність адекватних моделей мислення;
- ♦ відсутність конкретних моделей життєвих циклів технічних об'єктів;
- ♦ нескінченновимірною розмаїтістю властивостей і характеристик об'єктів техніки;
- ♦ неприпустимість введення (нехай навіть із найкращими намірами) яких-небудь обмежень або переваг (крім етичних) у вибір цілей і засобів їх досягнення за вирішення конкретних технічних задач.

1.3. Структура технічної творчості як процесу створення конкурентоздатної техніки й технології

У технічній творчості взаємодія людини і навколишнього середовища являє собою систему суб'єктивних (людина) і об'єктивних (техніка, середовище) елементів. При цьому технічна творчість є послідовною зміною станів у системі «людина – техніка». У соціально значущому аспекті технічна творчість є процесом безпосередньої творчості, системи навчання основам творчої діяльності, що, взаємно удосконалюючись, робить усе більший вплив на технічний прогрес.

Об'єктами науково-технічної творчої й винахідницької діяльності людини можуть бути будь-які технічні пристрої в будь-яких галузях техніки, транспорту, медицини, сільського господарства й інших незліченних сфер, до яких може бути докладено людського розуму. З урахуванням різних сфер інтелектуальної діяльності людини всі об'єкти можна підрозділити на п'ять груп об'єктів:

- ♦ службова науково-виробнича діяльність;
- ♦ позаслужбова діяльність;
- ♦ навчальна діяльність;
- ♦ породжені хобі людини;
- ♦ породжені щасливою випадковістю.

У технічних галузях людської діяльності процеси технічної творчості постають у своєму соціально значущому аспекті як реально виявлене

створення конкурентоздатної (що випереджає досягнутий світовий рівень) техніки й технології і як формуючий вид народної освіти – системи навчання основам технічної творчості.

Розглянемо загальний цикл створення й функціонування нової техніки, що може мати такі стадії: проблему як виявлення невідповідності суспільної потреби технічній можливості, техніко-економічне обґрунтування розв'язання проблеми, ідею усунення невідповідності, конкретне технічне рішення, проектування, виготовлення дослідного зразка, його випробовування й доведення, серійне виробництво та промислову експлуатацію, модернізацію, моральне старіння, зняття з виробництва й припинення використання.

Фактично перед нами весь життєвий цикл об'єкта техніки – від його «народження» до припинення існування. При цьому варто пам'ятати про деяке штучне виділення цього об'єкта, тому що на нього накладається відбиток сукупності технічних засобів, що складають техніко-технологічну базу підприємства, галузі, народного господарства. Проте вивчення процесу технічної творчості, як на нашу думку, краще починати саме з такого повного представлення життєвого циклу технічного об'єкта – нової й конкурентоздатної техніки.

У цьому циклі те, що відрізняє створений об'єкт нової техніки від відомих вітчизняних і закордонних досягнень, тобто додає йому нову сукупність споживчих і інших властивостей, виражається матеріалізацією ідеї у технічному рішенні як результат цілеспрямованої роботи мислення.

Технічна творчість – це безперервний процес творення, що не замикається рамками життєвого циклу окремого, нехай навіть комплексного, системного, тобто досить складного (функціонально й структурно), об'єкта. Адже в технічній творчості бере участь (і при цьому активно!) весь ретроспективний досвід людства зі створення об'єктів техніки й технології, з усіма своїми досягненнями й невдачами. При цьому створення одних технічних об'єктів, як правило, є постановка питання про створення інших, наступних, кращих. А якщо врахувати нерідкі випадки поновлення інтересу до тих, що здавалося б зовсім вичерпали себе «архаїчних» технічних об'єктів (згадаємо у зв'язку з цим долю перших автомобілів, літаків), то картина технічної творчості постає досить складною і навіть суперечливою. Така діалектика розвитку продуктивних сил, у рамках яких розвивається технічна творчість. Слід зазначити, що творчими моментами відзначено практично всі складові процесу технічної творчості, причому вирішення кожної з поставлених технічних задач має відповідати всім соціологічним вимогам – об'єктивності, екологічності, економічності і т. ін.

Метод досліджень – спосіб досягнення мети, пізнання явищ діяльності в їх взаємозв'язку й розвитку. Спосіб відображення досліджуваного об'єкта або предмета.

Метод евристичного прогнозування – чітке теоретичне обґрунтування, з'ясування компетентності експертів і алгоритмів обробки отриманої інформації.

Метод експертних оцінок – одержання прогностичної інформації на основі виявлення й обробки думок групи експертів.

Метод збігів заснований на збігу оцінок чи шкал періодичних сигналів. За цим принципом побудовано корпус штангенциркуля. При вимірюванні довжини штангенциркулем спостерігають збіг оцінок на шкалах штангенциркуля й корпусу.

Метод інверсій – один з евристичних методів навчально-творчої діяльності, орієнтований на пошук ідей вирішення творчих задач у нових, несподіваних напрямках, найчастіше протилежних традиційним поглядам і переконанням, що диктуються формальною логікою і здоровим глуздом.

Метод інформаційний – одержання інформації з монографічних видань, статей, різних наукових джерел обраної проблематики.

Метод кількісної обробки – вираження в числових характеристиках різних сторін явища.

Метод контрольних питань полягає в пошуку рішень задачі за допомогою спеціально підготовленого переліку (списку) навідних запитань.

Метод «мозкового штурму» – творча генерація нових ідей (група експертів), їх аналіз, оцінка (група аналітиків) і вибір найбільш раціональних.

Метод морфологічного аналізу – розподіл проблематики на складові, кожна з яких має кілька варіантів вирішення, а результат є сукупністю всіх можливих варіантів вирішення.

Метод проб і помилок – метод випадкового пошуку варіантів, він не містить ніяких правил генерування й оцінки ідей. Ключем до розв'язання задачі може бути будь-яка ідея, що прийшла в голову розроблювачу завдяки щасливому випадку або інтуїції.

Метод якісної обробки емпіричних даних – різні прийоми класифікацій, диференціацій категоризацією на основі заданих критеріїв.

Методика – сукупність уявних фізичних операцій, розміщених у визначеній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження.

Методика дослідження – система правил і послідовності використання методів, прийомів і способів для проведення будь-якого дослідження.

Концептуальна (змістовна) модель – абстрактна модель, яка визначає структуру модельованої системи, властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі й істотні для досягнення мети моделювання. Фактично це – формалізований опис, який складається з тексту, блок-схеми, таблиць, графіків й іншого ілюстративного матеріалу.

Кон'юнкція (логічна операція «і») утворюється з двох або більшої кількості суджень і вірна, коли кожне з цих вихідних суджень істинне, і помилкова, коли принаймні одне з вихідних суджень невірне.

Корисна модель – результат творчої діяльності людини в будь-якій галузі технології.

Лічба – відображення кількісної властивості певної сукупності матеріальних, якісно однорідних предметів числом.

Логіка – наука про закони, прийоми правильної побудови думки, спрямованої на пізнання об'єктивної дійсності. Основними задачами логіки є: досягнення істинності знань; побудова структури уявного процесу; використання правильних методів пізнання й ін.

Математична модель – сукупність математичних співвідношень, які пов'язують вихідні характеристики стану фізичного об'єкта зі вхідною інформацією, початковими даними, обмеженнями, які накладаються на функціонування об'єкта.

Мета дослідження формується після обґрунтування наукової проблеми й доказу, що ту частину проблеми, що є темою дослідницької роботи, ще досить не розроблено і не освітлена у спеціальній літературі. Після формування мети досліджень логічно визначити конкретні задачі, що будуть вирішуватися відповідно до поставленої мети.

Мета системи – заданий ззовні або встановлений самою системою стан її вихідних перемінних, тобто деяка підмножина значень функції системи, можливий майбутній стан системи, досягнутий за допомогою цілеспрямованих дій, які виконуються внаслідок прийнятих рішень.

Метод – спосіб досягнення якої-небудь поставленої мети, спосіб вирішення тієї або іншої задачі. Це якась сукупність прийомів або операцій теоретичного або практичного вивчення й освоєння діяльності, підпорядкованих рішенню конкретної задачі.

Метод «букета проблем» полягає в тому, що, ґрунтуючись на вихідному формулюванні проблеми, розглядають кілька інших проблем, формуючи тим самим групу або «букет проблем».

Контрольні питання й завдання

1. *Що є об'єктом і предметом технічної творчості?*
2. *Дайте визначення предмета й сутності науки.*
3. *Яка головна мета технічної творчості?*
4. *Яка роль психології людини в творчій діяльності?*
5. *Перелічте загальні ознаки, характерні для всіх видів творчості.*
6. *Виділіть основні об'єкти науково-технічної творчості.*

2. ТВОРЧА ОСОБИСТІСТЬ І ЯК НЕЮ СТАТИ

2.1. *Поняття творчої особистості.*

2.2. *Властивості творчої особистості.*

2.3. *Навчання технічній творчості та творчій самосвідомості особистості.*

2.1. Поняття творчої особистості

Творча особистість, творча людина, творець – ці слова дуже часто вживаються не тільки в науковому середовищі, у навчальному процесі, але й у побутовій лексиці.

Поняття «творча особистість» може бути віднесено до категорії феноменальних, незвичайних, виняткових. У побуті, в суспільстві, при навчанні під творчою особистістю спрощено розуміється людина, що може успішно вирішувати оригінальні, нестандартні (творчі) задачі, вміє висловлювати або генерувати нові ідеї, виробляти нові технічні або організаційні рішення.

У науковому плані поняття «творча особистість» представляється досить і досить складним у силу широти самої проблеми й недостатності її розробки в галузях психології й філософії, кібернетики й нейролінгвістики і самий процес творчості.

Творча особистість має велику сукупність властивостей. Основним елементом творчості є мистецтво багатокритеріальної оптимізації, обрання корисного рішення. Пік творчих здібностей настає у людини в 13 – 15 років. У ці роки людині важливо обрати гідну мету. Вона повинна мати план і програму з її досягнення, велику працездатність, сміливість і результативність. Перша якість, необхідна винахіднику – це, що часом доходить до наочності, впевненість у собі, в успіху й рішучість його домогтися.

Ще одна особливість творчої особистості – здатність йти на ризик. Вона випливає з того, що людина, що має у своїй голові велику кількість ідей, повинна мати сміливість їх привселюдно висловлювати, відстоювати й захищати, висувати здогади й гіпотези.

Науково підтверджено наявність у людини двох видів мислення – усвідомлено-логічного й інтуїтивно-практичного. У реальній творчій діяльності людини обидва види мислення взаємодіють у діалектичній єдності, самоподіл їх є умовним, насправді вони не існують порізно в психічно здо-

Інтуїція – безпосереднє збагнення істини (без усякого логічного обґрунтування в умовах неповноти вихідної інформації про об'єкт), засноване на проникливості, інтелектуальному чутті й освіченості людини.

Інформаційні ресурси загального використання – інформаційні ресурси державних органів науково-технічної інформації (бібліотека, фірма, організація).

Істина – вірне, адекватне відображення предметів і явищ дійсності, відображення їх так, як вони існують за межами нашої свідомості. Істина об'єктивна за змістом, але суб'єктивна за формою, як результат діяльності людського мислення.

Історичний метод дозволяє досліджувати виникнення, формування й розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявити внутрішні й зовнішні зв'язки, закономірності й протиріччя.

Категорія – форма логічного мислення, у якій розкриваються внутрішні, основні сторони й відносини між предметами, що досліджуються. Основні категорії: матерія, свідомість, рух, простір і час, якість і кількість, зміст і форма й ін.

Клас точності – узагальнена метрологічна характеристика, яка визначає різні властивості засобів вимірювань.

Ключове слово – слово або вираз, що найбільш точно й специфічно характеризує зміст наукового документа.

Компіляція – наукова праця, що розроблена на основі запозичення у інших авторів матеріалів без самостійного їх дослідження й обробки.

Комп'ютерне моделювання – моделювання з використанням засобів обчислювальної техніки.

Конструктивізація – відхилення від незвичайності між реальними об'єктами (безперервний рух зупиняється і т. ін.).

Конкретизація – рух від абстрактного до конкретного з метою відокремлення функціональних зв'язків між складовими явища, що вивчається.

Конструктивний вигляд – якісна властивість конструкції. Комплекс розмірів – спосіб визначення кількісних властивостей конструкції.

Конструкція – комплекс структур і станів системи.

Контроль – встановлення відповідності вимірюваного параметра заданій нормі стандартом, технічними умовами й методикою діагностування або допуску на виготовлення деталі і т. п.

Концепція – наукова ідея, система поглядів, основна думка при визначенні мети й задач дослідження, що вказує шлях до його розв'язання.

Ідентифікація – відображення залежності між величинами, які характеризують матеріальний об'єкт, математичною або логічною моделлю. Ідентифікацію розпочинають із визначення типу моделі об'єкта, що відображає залежність між його параметрами, після чого визначають основні параметри моделі, ступінь, точність і вірогідність оцінювання.

Ідея – продукт людського мислення, форма відображення в думці явищ об'єктивної реальності. Ідею містять у собі усвідомлення цілей подальшого пізнання і практичного перетворення світу, задоволення виниклих нових потреб людини, створення нових технічних пристроїв і технологій, нових речовин і матеріалів, а також їх нових застосувань.

Ізолююча абстракція використовується з метою вичленовування досліджуваного явища з деякої цілісності об'єкта з метою виявлення й фіксації його якісних і кількісних закономірностей. Це виділення властивостей і відносин, нерозривно пов'язаних із предметом, і позначення їх деякими «іменами», що додає абстракціям статус самостійних предметів (наприклад, «надійність», «технологічність»).

Іконічні моделі відтворюють оригінал у дво- або тривимірному вимірі, але за необхідності й у зменшеному або збільшеному масштабі, наприклад, креслення, об'ємні моделі машин і верстатів, фотографії. При цьому зовнішня подібність між моделлю й оригіналом велика.

Імітаційне моделювання – конструювання моделі реальної системи й постановка експериментів на ній з метою багаторазового відстеження ходу протікання процесів для різних умов, з'ясування чи розуміння поведінки системи, а також оцінки різних стратегій, які забезпечують функціонування системи.

Імплікація – логічна операція, що пов'язує два вислови в складне висловлення за допомогою логічного зв'язування, яке у повсякденній мові відповідає сполучнику «якщо ..., то ...».

Індуктивний метод – такий спосіб дослідження, при якому за окремими фактами й явищами встановлюються загальні закони й принципи.

Індукція – хід наукової думки від конкретного до загальних положень, вид узагальнення, пов'язаний з передбаченням результатів спостережень і експериментів на основі даних минулого досвіду.

Інтелектуальна власність – науково-технічні статті, книги з технічної тематики, звіти з науково-дослідних тем, відкриття, винаходи, раціоналізаторські пропозиції, товарні знаки, промислові зразки й ін.

Інтерполяція – визначення певних проміжних значень досліджуваної функції, які не було визначено безпосередньо, і при цьому відсутня апроксимувальна функція.

рової людини. Інтуїція людини – не чудо, а результат накопиченого досвіду, різноманітної й багатой практики. Рішення, пропоновані інтуїцією, лише здаються несподіваними, а за сутністю вони є складним наслідком давньої розумової роботи й глибоких міркувань. Підсвідома діяльність значно багатша й результативніша за усвідомлено-логічну, тому що є надбудовою над загальнолюдським досвідом попередніх поколінь. Проте керувати процесами технічної творчості можна й необхідно.

2.2. Властивості творчої особистості

Задатки творчих здібностей від яскравих і великих талантів до найскромніших властиві кожній нормальній людині, будь-якій дитині й учню. Потрібно лише зуміти знайти й розкрити їх, а потім і розвинути. Оскільки сутність творчого процесу для всіх людей однакова, то різницю в прояві індивідуальної талановитості треба шукати в його особистісних психологічних характеристиках, у тому середовищі, де живе і вчиться дитина, у часі, змісті й методиках його залучення до творчої діяльності. Кожна окрема людина по-своєму талановита, розумна, оригінальна й цікава.

Творча особистість характеризується великою сукупністю властивостей, кожне з яких визначає не тільки рівень творчого потенціалу, але і темпи його наростання в часі.

Якісне узагальнення сукупності властивостей творчої особистості деякими головними складовими показано в роботі [1] у вигляді:

$$T = (3 + Z_C) \{ (D + C + B)^{H_C \times E} + \log C_K \} \sqrt{P_X \Phi}, \quad (2.1)$$

де T – узагальнений (підсумковий) рівень творчої особистості ($T \rightarrow T_X$);

Z – обсяг знань, які має людина;

Z_C – здатності людини до самоосвіти й відновлення знань;

D – допитливість, що не винагороджується, прагнення до одержання нових знань;

C – спостережливість, уміння сприймати світ у цілому без поділу на важливе і «дріб'язки»;

B – уява і вміння генерувати ідеї;

H_C – наполегливість, завзятість у подоланні труднощів і перешкод у пошуку нового;

E – ентузіазм, прагнення до творчості;

C_K – скептицизм, критичне ставлення до гіпотез, ідей, теорій, прагнення їх перевірити або уточнити;

P – пам'ять, обсяг знань, якими людина володіє без звертання до книг, конспектів ($P \rightarrow P_X$);

Φ – стан фізичного здоров'я, що забезпечує інтелектуальну активність особистості.

У роботі [2] наведено формулу (2.1), доповнену низкою властивостей інтелекту людини. Для знаходження уточненої творчої особистості T_O пропонується помножити вираз для T (2.1) на член $(1 - \bar{a})$ так, що

$$T_O = T_X \cdot (1 - \bar{a}), \quad (2.2)$$

де $\bar{a}$ – вектор інерції людського мислення, що для різних людей чисельно складає від 0 до одиниці ($0 \leq \bar{a} \leq 1$). При відсутності у людини інерції $\bar{a} = 0$ множник $(1 - \bar{a})$ зникає і формула Л. І. Філіппова не має потреби в коректуванні. При $\bar{a} = 1$ «вектор інерції» цілком керує особистістю людини. Він весь під владою чужих думок і стереотипів, і його творча діяльність цілком зникає.

Для творчої особистості характерною рисою є велика працьовитість, особливо в тій галузі науки, що його цікавить. Будь-яка творча людина у своїй діяльності, насамперед, спирається на знання фізичних, хімічних, теплових, біологічних, технічних, суспільних й інших явищ і процесів, що вона черпає з книг, журналів, газет, довідників, словників, Інтернету, радіо й телебачення.

Талановиті люди – діти, студенти, інженери – звичайно виняткові. Творчо обдарована людина відрізняється суворим ставленням і високою вимогливістю до себе, до правильності й істинності будь-чого. Вона ніколи не задовольняється приблизною інформацією, а прагне поглибити знання, добратися до першоджерел, виявити думку фахівців, довідатися, на чому її засновано, дійти до суті предмета або явища. Вміння зосередити свою увагу на якійсь проблемі, якомусь предметі або явищі – одне з найважливіших умов успіху, у тому числі творчої діяльності.

Негативну роль у вирішенні творчих задач відіграють психологічна інерція мислення, прагнення діяти відповідно до минулого досвіду й знань, йти традиційним шляхом. Психологічна історія часто пов'язана з просто-рвово-часовими уявленнями об'єкта і вузькоспеціальною термінологією. Найбільших успіхів у науці домагається той, хто володіє однією спеціальністю і застосовує її в іншій галузі. Принципово важливі винаходи роблять люди, нерідко нові в даній галузі. Так, парову машину винайшов годинникар Джеймс Ватт, пароплав – ювелір і художник Фултон, телефон – учитель глухонімих Грейм Белл.

Емпіричні методи досліджень – способи одержання наукових фактів під час спостережень, діагностування, експерименту, практичних способів і ін.

Задача наукова – теоретична задача, що вимагає встановлення невідомої раніше деякої закономірності, властивостей або явищ.

Закон виключення третього формулюється так: при двох судженнях, із яких одне стверджує те, що інше заперечує, не може бути третього судження.

Закон достатньої основи: думка правдива тоді і тільки тоді, коли наявна достатня основа, під якою розуміються правдиві, раніше доведені положення або дані досвіду.

Закон протиріччя означає, що не може бути того, щоб у той самий час, за однакових умов мала місце і не мала місця та сама ознака.

Закон тотожності – це загальнолюдський закон правильної побудови думок у процесі міркування, відкритий ще Аристотелем за три з половиною століття до нашої ери, що має велике практичне значення. Закон тотожності символічно записується як $A = A$, тобто A тотожно A , або $A \in A$. Це означає, що зміст і обсяг розглянутого поняття залишаються незмінними.

Заперечення (логічна операція «не») – операція одержання нового судження, що є точним, якщо вихідне судження помилкове, і навпаки.

Засіб вимірювання – технічний засіб, використовуваний при вимірюваннях, який має нормовані метрологічні характеристики (властивості). Під метрологічними характеристиками розуміють такі характеристики засобів вимірів, які дозволяють судити про їх придатність для вимірювань у відомому діапазоні з відомою точністю.

Засоби науки – методи мислення, емпіричного дослідження, а також технічні засоби.

Знак для товарів і послуг – це позначення, за яким товари й послуги одних осіб відрізняються від однорідних товарів і послуг інших осіб.

Знання – перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне її відображення у свідомості людини.

Ідеалізація – конструювання об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні, наділення об'єктів властивостями, що відповідають ідеалу.

Ідеальні (знакові) моделі – абстрактні описи того чи іншого об'єкта або явища реального світу, які дозволяють аналізувати його властивості.

Диференціальний метод вимірювань характеризується вимірюванням різниці між вимірюваною і відомою величиною, відтвореною мірою. Його також називають «відносним» і «різницевим».

Діагностика – відображення загального стану об'єкта та причин цього стану діагнозом із зазначенням особливостей стану й локалізацією відхилень від норм.

Довідково-інформаційний фонд – зібрані первинні документи і довідково-інформаційний апарат, призначений для задоволення інформаційних потреб.

Доказ – обґрунтування (встановлення) істинності будь-якого твердження за допомогою інших тверджень, істинність яких доведено.

Евристичний метод проектування базується на використанні інтуїції проектувальника, загальних правил і рекомендацій. Даний метод характеризується тим, що побудову задовільного проекту розглядають не як вибір із безлічі проектів, а як вдалий вибір з альтернативних вирішень на кожному кроці проектування.

Еквіваленція суджень A і B – судження C , що істинно тоді, коли A і B одночасно правдиві або одночасно помилкові.

Експеримент – апробація знань досліджуваних процесів, явищ у контрольованих природних або штучно створених умовах. Це – найбільш загальний емпіричний метод пізнання, у якому роблять не тільки спостереження. Це такий метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно й цілеспрямовано впливає на об'єкт шляхом створення заданих умов, потрібних для виявлення необхідних властивостей. Спостерігач розглядає ззовні явище (форму); експериментатор заглиблюється усередину і розглядає сутність явища.

Експериментальні дослідження – відображення складного матеріального об'єкта або ситуації, що характеризується сукупністю взаємопов'язаних величин, системою відповідних моделей.

Експертна система – складний програмний комплекс, що акумулює знання фахівців у конкретних предметних областях і тиражує цей емпіричний досвід для консультацій менш кваліфікованих користувачів.

Екстраполяція – кількісна статистична характеристика об'єкта, зображена графічно.

Елемент – найпростіша неподільна частина системи або межа членування системи з погляду розв'язання конкретної задачі або поставленої мети.

Емпатія – збагнення емоційного стану іншої людини у формі співпереживання.

2.3. Навчання технічній творчості та творчій самосвідомості особистості

Теорія навчання творчому саморозвитку спирається на відкритий В. І. Андреевим [3] теоретичним й експериментальним шляхом фундаментальний закон фазового переходу розвитку в творчий саморозвиток особистості. Цей закон відкрито на основі вивчення біографії творчих конкурентоздатних особистостей.

Творчий саморозвиток, будучи складним багатовимірним явищем, має п'ять базових системоутворюючих компонентів: самопізнання, творча самореалізація, самоуправління, самовдосконалення і творчий саморозвиток. Усі вони виступають як специфічні види людської діяльності, яким можна й необхідно цілеспрямовано навчати.

Сутність закону базового переходу розвитку в творчий саморозвиток особистості полягає в такому. Розвиток особистості, будучи деформований зовнішніми й внутрішніми факторами й умовами, на певному етапі життєдіяльності в процесі позитивних кількісних і якісних змін може на якійсь стадії переходити у фазу усвідомленої, цілеспрямованої, переважно внутрішньо детермінованої діяльності і трансформується у творчий саморозвиток особистості.

Активізацією й інтенсифікацією процесів переходу розвитку в творчий саморозвиток особистості є цілеспрямоване оволодіння методологією й технологією самопізнання, творчого самовизначення, самоуправління, самовдосконалення і творчої самореалізації. Гарантована якість утворення й перехід у самоосвіту досягається, коли навчання переходить у самонавчання, виховання – у самовиховання, а особистість – із стану розвитку у фазу творчого саморозвитку.

Будь-який вид творчості вимагає спільної роботи розуму, серця й рук. Важливість уміння «думати руками» багатьма недооцінюється з надії на те, що винайти й зробити щось нове, корисне можна і шляхом абстрактних міркувань. У наш час це вдається лише у сфері «чистої» математики й логіки. При розробці нових технічних об'єктів доводиться мати справу з виготовленням різних варіантів макетних і дослідних зразків, проводити їх налагодження, випробування й доведення в буквальному розумінні саме руками.

Основні принципи переходу особистості учня до творчого саморозвитку наведено на *рис. 2.1*.

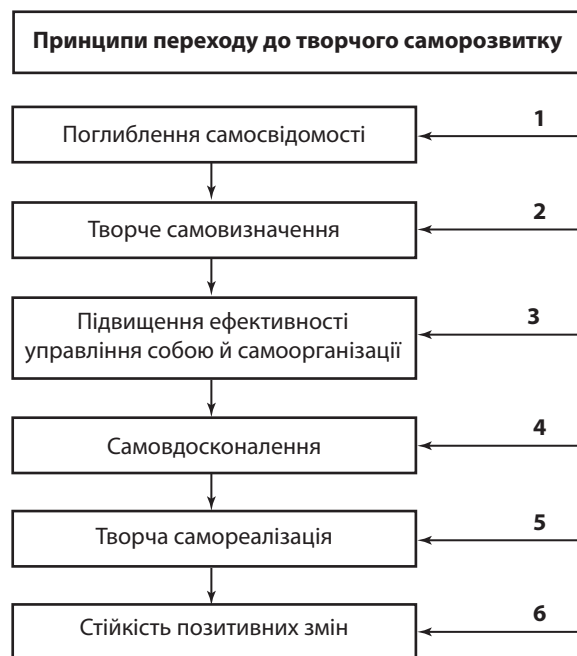


Рис. 2.1. Основні принципи переходу особистості до творчого саморозвитку

1. Поглиблення самопізнання:

- ♦ застосування тестових задач і спеціальних тестових завдань, що розкривають актуальний і потенційний рівні розвитку знань, умінь й особливо творчих здібностей і інших особистісних якостей учнів;
- ♦ спонукання учнів до творчої рефлексії, до осмислення своїх достоїнств і недоліків, сильних і слабких якостей;
- ♦ спонукання учнів до виявлення й знаходження власних помилок, їх аналізу й осмислення;
- ♦ діалог з учнем щодо його достоїнств і недоліків;
- ♦ створення ситуацій успіху, у яких учень реально усвідомив би потенційний рівень своїх здібностей;
- ♦ постановка завдань на самооцінку діяльності учнів.

2. Творче самовизначення:

- ♦ профілізація, диференціація й індивідуалізація навчання;
- ♦ надання учням задач і завдань на вибір;

Випробування – це відтворення в заданій послідовності швидкісних і навантажувальних впливів у заданих умовах і вимір реакції об'єкта на ці впливи з реєстрацією цих реакцій.

Вихідні посилання – це такі наукові положення, що є відправними, початковими при виконанні дослідження. Серед характерних типів вихідних посилань можна виділити поняття, категорії, терміни, визначення, гіпотези, принципи, правила, математичні пропозиції, допущення, обмеження і деякі інші.

Відносні знання – відрізняються неповнотою відповідності образу й об'єкта.

Відтворення – створення матеріальних об'єктів, які характеризуються фізичною величиною наперед заданого значення за допомогою спеціального технічного засобу, який називають «мірою».

Відчуття – відображення властивостей предметів об'єктивної дійсності, що впливають на органи почуттів: як відображення об'єктивних властивостей речей, почуттів, є способом пізнання дійсності.

Вірогідність виміру – ступінь довіри до результатів виміру, тобто ймовірність відхилень вимірів від дійсних значень. Щоб підвищити точність і вірогідність вимірів, необхідно зменшити похибку.

Гіпотеза – наукове припущення, передбачення, істинність якого не визначено, висунуте для пояснення будь-яких явищ, процесів, причин, що обумовлюють даний наслідок.

Головна мета технічної творчості – створення досконалих, небувалих у природі об'єктів, удосконалення самої природи. Виникла як результат діяльності людини, раніше невідомі предмети – теж об'єктивна реальність і об'єкт пізнання. Звідси випливає багато принципово важливих уявлень про технічну творчість, а також про соціологічні вимоги до цього виду людської діяльності.

Гносеологія (теорія пізнання) – вчення про сутність і закономірність пізнання.

Дедукція – хід наукової думки від загального до конкретного (часткового).

Демонстрація – спосіб доказу (послідовність умовиводів), що являє собою послідовність аргументів у підтвердження або спростування тези.

Диз'юнкція (логічна операція «або») – два або більше простих судження. Вона правдива тоді, коли істинне хоча б одне з вихідних суджень, і помилкова, коли помилкові всі вихідні судження.

Верифікація – перевірка, емпіричне підтвердження теоретичних положень науки шляхом порівняння їх з об'єктом досліджень, даними відчуття й експерименту, це повторюваність результату дослідження.

Визначити поняття – значить пояснити його за допомогою інших, наприклад, більш відомих понять, і у результаті описати таким способом частину дійсності, для опису якої його призначено.

Вимір – визначення чисельного значення деякої величини за допомогою одиниці виміру. Це операція, за допомогою якої визначається відношення однієї вимірюваної величини до іншої однорідної їй величини-еталону, звичайно прийнятої за одиницю. Число, що виражає таке відношення, називається числовим значенням вимірюваної величини.

Вимірювальна установка – сукупність функціонально об'єднаних засобів виміру і допоміжних пристроїв, розташованих в одному місці.

Вимірювальний ланцюг – це сукупність перетворюючих елементів засобу вимірювання, які забезпечують здійснення всіх перетворень сигналу вимірювальної інформації.

Вимірювальний прилад – засіб виміру, призначений для переробки сигналу вимірювальної інформації в інші, доступні для безпосереднього сприйняття спостерігачем форми.

Вимірювальні перетворювачі – засоби вимірів, призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у зручній для передачі формі, подальшого перетворення, обробки, збереження, але не доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Вимірювання – сукупність дій, виконуваних за допомогою технічних засобів з метою встановлення числового значення вимірюваної фізичної величини (зазору, температури, тиску і т. п.) у прийнятих одиницях виміру.

Винахідництво – одна з форм творчої діяльності людини, творчий процес, що приводить до нового розв'язання задачі в будь-якій галузі техніки, культури, охорони здоров'я, оборони і позитивний ефект який воно дає.

Винахідницький рівень технічного рішення має місце, якщо складові його нові ознаки явно не впливають з рівня існуючої світової техніки.

Винахід – юридично визнаний і офіційно підтверджений державним документом (патентом) акт про створення нового, досі не відомого об'єкта, який має визначену сукупність оригінальних і неочевидних властивостей, а також практичну корисність, можливість використання в промисловості й інших сферах діяльності.

- ♦ надання учням права вибору факультативних предметів, гуртків, секцій та інших форм організації діяльності, де вони могли б максимально проявити себе;
- ♦ організація навчального, творчого й іншого видів діяльності учнів зі врахуванням їх інтересів і нахилів;
- ♦ навчання вмінню приймати рішення, оволодівати прийомами при виборі пріоритетних для себе видів діяльності;
- ♦ бесіди з учнями про їх професійний вибір, професійне майбутнє;
- ♦ прилучення учнів до видів діяльності, що відповідають їх схильностям і професійним інтересам.

3. Підвищення ефективності управління собою і самоорганізації:

- ♦ навчання цілеспрямованості, плануванню різних видів діяльності;
- ♦ навчання вмінню приймати оптимальні рішення;
- ♦ коригування своїх планів, програм;
- ♦ самоаналіз, самозвіт про результати зробленого за день, тиждень, місяць, рік з точки зору просування в саморозвитку;
- ♦ показ, вивчення кращих зразків самоменеджменту;
- ♦ поступове ускладнення задач, завдань. Спонування до навчання, роботи на межі своїх здібностей;
- ♦ спонування учня до діалогу щодо його «Я»-концепції: «Я»-реального і «Я»-ідеального.

4. Самовдосконалення:

- ♦ критичний, неупереджений аналіз, самооцінка виконаного завдання, вирішеної задачі, пройденого життєвого шляху;
- ♦ робота над помилками;
- ♦ співвідношення «Я»-ідеального і «Я»-реального, їхнє порівняння;
- ♦ виявлення, самодіагностика своїх сильних і слабких якостей;
- ♦ розробка програми самовдосконалення, зміни, поліпшення себе на рік, місяць, тиждень наперед;
- ♦ хронометраж часу, його розподіл протягом дня, з обліком цього – більш раціональне використання часу.

5. Творча самореалізація:

- ♦ періодична організація учбово-творчої й іншої діяльності учнів на межі їх сил і здібностей;

- ♦ поступове збільшення труднощів, складності, проблемності задач і завдань;
- ♦ чітке обмеження термінів (часу) на виконання задач, завдань;
- ♦ спеціальне навчання учнів мобілізації й релаксації;
- ♦ організація конкурсів, змагань, олімпіад, виставок творчих досягнень учнів;
- ♦ показ значущості видів творчої діяльності, у яких особистість прагне максимально реалізувати себе;
- ♦ створення для учнів ситуацій успіху;
- ♦ похвала, заохочення учня у випадку його особливих творчих досягнень.

6. Стійкість позитивних змін.

Сутність стійких позитивних змін лежить в їх компонентному складі (самопізнання, творче самовизначення, самоврядування, самовдосконалення і творча самореалізація) і полягає в тому, що процес мотиваційних змін в одному з названих компонентів вимагає позитивної зміни в інших. У зв'язку з цим з погляду педагогічної діяльності важливо стимулювати позитивні зміни хоча б в одному з компонентів. Це приведе, як у ланцюговій реакції, до позитивних змін у всіх компонентах «самості».

Природно, що для педагогічного стимулювання творчого саморозвитку, і тим більш для навчання творчому саморозвитку, потрібні принципово нові підручники, нові методики й технології навчання.

Як рекомендацію для забезпечення високої працездатності можна навести умови, сформульовані знаменитим фізіологом Миколою Євгеновичем Введенським. Перед смертю, вже ставши світовою знаменитістю, він сказав: «Все моє життя пройшло, можна сказати, у товаристві нервово-м'язового препарату жаби». У фундаментальному курсі фізіології тварин і людини (1913 р.) М. Є. Введенський сформулював умови продуктивності розумової праці в одній зі спеціальних глав. Це урок, даний трудягою науки, який вмів працювати так, як працює митець, – не помічаючи втоми.

М. Є. Введенський вважав, що втомлюються не тому, що багато працюють, а тому, що працюють погано. *Перша* умова, необхідна для забезпечення духовної працездатності, полягає у тому, що в будь-яку працю необхідно входити поступово, не витрачаючи сили, а розвиваючи натиск поступово.

Друга умова плідності розумової праці полягає у рівномірності та ритмі праці. Ще у свідомості древніх праця, терпіння у справі та дисциплінована рівномірність праці вважались добродійством, майже тотожне, як єдино надійне підґрунтя здорового мислення.

проектне чи конструкторське завдання. Такі вказівки називають алгоритмами. Наявність твердих алгоритмів дозволяє широко використовувати обчислювальну техніку й засоби прикладної математики.

Алфавітні каталоги містять картки на книги, розташовані в алфавітному порядку прізвищ авторів чи назв, при цьому береться спочатку перша буква слова, за яким іде опис, потім – друга і т. д.

Аналіз – метод наукового пізнання, логіка якого розподіляє ціле на частини (сторони, ознаки, властивості, відносини) як складового цілого з метою їх детального вивчення.

Аналітичне моделювання – математична модель реального об'єкта у формі алгебраїчних, диференціальних, інтегральних і інших рівнянь, які пов'язують вихідні змінні зі вхідними і доповнені системою обмежень.

Аналітична модель може бути, наприклад, побудована у фізичній області. Вона являє собою абстрактну систему, що складається з точкової маси (m), яка спирається на безінерційну лінійну пружину (k) і зв'язану з в'язкісним демпфером (c).

Аналітичний огляд дає уявлення про тенденції розвитку конкретної галузі науки й техніки.

Аналогія – міркування, у якому з подібності двох об'єктів за окремими ознаками робиться висновок про їх подібність і за іншими ознаками. Використовується при висуванні гіпотези, дає поштовх до висловлення припущення.

Аналогове моделювання ґрунтується на ізоморфізмі явищ, які мають різну фізичну природу, але описуваних однаковими математичними рівняннями. Аналогові моделі подібні з оригіналом тільки за деякими функціональними властивостями.

Анотація – короткі дані про книгу, статтю, монографію, наукову працю.

Апріорні знання – ті, котрі не ґрунтуються на досвіді, а передаються йому і вказують шлях одержання наукових знань.

Аргументи – вихідні теоретичні положення або фактичні дані, істинність яких установлена раніш і є безперечною.

Асоціативні методи – методи аналогії, фокальних об'єктів, гірлянд випадків і асоціацій. Застосовуються для активізації пошуку нових ідей.

Асоціація – зв'язок між окремими уявленнями, при якому одне уявлення викликає інше.

Аспект – точка зору, під якою розглядається об'єкт досліджень.

Аспектизація – пошук оптимального вигляду наукової праці.

ТЕРМІНИ Й ПОНЯТТЯ

Абсолютний метод вимірювань характеризується тим, що значення вимірюваної величини визначають безпосередньо за показаннями засобу вимірів без будь-яких додаткових дій оператора і обчислень, крім множення показань приладу на постійний множник чи ціну розподілу

Абсолютні знання – повні, вичерпні відображення узагальнених уявлень про об'єкт, що забезпечують абсолютну відповідність образу й об'єкта у визначений період пізнання.

Абстрагування – метод наукового пізнання в процесі виокремлення ознак явища з метою глибокого вивчення. Це прийом мислення, що передбачає відображення у свідомості людини предметів, процесів і явищ об'єктивної дійсності, подумки відокремлених від їх другорядних властивостей і відносин і виділення загальних властивостей, що характеризують клас предмета.

Абстракція – це метод наукового дослідження, заснований на тому, що при вивченні або аналізі деякого об'єкта людина подумки виділяє найбільш істотні властивості й ознаки об'єкта, які цікавлять дослідника, відсторонюючись у той же час від низки його менш значущих (у даній ситуації) ознак і зв'язків.

Актуальна нескінченність – відхилення від незавершеності (і неможливості завершення) процесу створення нескінченної множини, від неможливості задати його конкретним переліком усіх елементів. Така множина розглядається як явне.

Актуальність теми – своєчасність, злободенність, важливість, значущість чого-небудь для дійсного моменту, у даній ситуації для вирішення даної проблеми.

Аксіома – твердження, положення, що приймається без доведення.

Аксіоматичний метод засновано на очевидних положеннях (аксіомах), прийнятих без доведення. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу.

Алгоритм – система правил послідовності для вирішення деякого типу задач, технології виробництва, діагностування і т. п.

Алгоритмічний метод проектування базується на послідовностях вказівок, які стосуються процедур (операцій), які дозволяють вирішити

Третьою умовою успішності праці є послідовність та систематичність діяльності.

Четверта умова, дуже важлива для плідності розумової праці, полягає у вірному та регулярному чергуванні праці та відпочинку. Несвоечасність відпочинку призводить до перевтомлення, що зрештою знижує працездатність людини. Відпочинок не передбачає обов'язкової повної бездіяльності людини. Він може здійснюватися простою зміною роботи – перенесенням уваги в нову сферу діяльності. Зразком найефективнішого розподілу часу та величезної розумової працездатності вважається Імануїл Кант: за ним кенігсберзькі мешканці визначали час. Лев Миколайович Толстой зберіг високу працездатність майже до останніх років життя завдяки вірності та систематичності організації своєї праці. Звідси зрозуміле те визначення, яке дав Ньютон, коли його спитали, що таке, на його думку, геній: «Геній – це праця». Геній – це перш за все геніальний трудяга, потім це людина, що має найвищу здатність концентрації уваги.

П'ятою умовою праці М. Є. Введенський вважав більш-менш сприятливе ставлення суспільства до даної форми розумової праці. Очевидно, що суспільне середовище, яке оточувало М. В. Ломоносова, хоч і мало невідразне почуття, що перед ним велика людина, було дуже далеким від того, щоб зрозуміти та оцінити її. При житті Ломоносову довелося багато сил витратити непродуктивно, щоб досягти можливості працювати над тими проблемами, які його турбували.

Контрольні питання й завдання

1. Поясніть поняття «творча особистість».
2. Які основні види мислення людини?
3. Визначте характерні риси творчої особистості.
4. Визначте фактори інертності людини у вирішенні творчих задач.
5. Чим визначається творчий саморозвиток?
6. Зобразіть схемою основні принципи переходу особистості до творчого саморозвитку.

3. ПРОТИРІЧЧЯ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – ТЕХНІЧНИЙ ОБ’ЄКТ – СЕРЕДОВИЩЕ»

- 3.1. Системотехніка технічних протиріч.
- 3.2. Потреби, споживчі функції й критерії розвитку технічних об’єктів.
- 3.3. Роль колективу й особистості в науково-технічній творчості.

3.1. Системотехніка технічних протиріч

Необхідність розробки принципів управління процесом створення технічних об’єктів, технологій, технічних процесів, машин та ін. визначається багатьма причинами: економічними, соціальними, екологічними, вимогами безпеки й іншими.

Діяльність людини – система, до перетворення нового в техніку (творчий аспект технічної діяльності) знаходиться в полі досліджень як вчених, самих творців техніки – інженерів, дизайнерів, винахідників, так і філософів, соціологів, психологів. Усе зростаючі потреби людства є першопричиною і спонукальною силою безперервного розвитку техніки, вдосконалення й створення нових технічних об’єктів.

Рушійною силою творчого процесу є системотехніка протиріч у системі «людина – технічний об’єкт – середовище». Протиріччя можуть виникнути як між елементами цієї системи, так і усередині самого технічного об’єкта. Ці явища носять об’єктивний характер, вони пояснюються діалектичною взаємозумовленістю явищ і об’єктів «природного» і «штучного» походження. Формуються визначені вимоги до розроблювального об’єкта. Вимоги – форма вираження мети в процесі діяльності. Вимоги можуть носити об’єктивний і суб’єктивний характер. Результат розв’язання кожного протиріччя – новий технічний об’єкт (або система об’єктів). Цей новий об’єкт, таким чином, є результатом виявлення протиріч, постановки задачі та її розв’язання, тобто – цілеспрямована творча діяльність.

Деякі автори спеціально розглядають систематику протиріч у технічній творчості – джерел самого творчого процесу. Так, Г. С. Альтшуллер [4] виділяє три їх групи: протиріччя адміністративне («потрібно щось зробити, а як зробити – невідомо»), технічне («конфлікт між частинами і властивостями системи») й фізичне (яке відбиває «фізичну сутність технічного

Контрольні питання й завдання

1. Які пріоритети варто враховувати при виборі теми науково-дослідної роботи?
2. Які існують види науково-дослідних тем?
3. У чому полягає новизна тем методологічного характеру і прикладних тем?
4. У чому полягає обґрунтування актуальності теми й задач дослідження?
5. Наведіть основні етапи наукових досліджень.
6. Що має містити вступ до дослідницької роботи?
7. Сформулюйте поняття «об’єкт», «предмет» і «ціль дослідження».
8. Як складається огляд літератури?
9. Що таке «методика досліджень» і що вона має містити?
10. Що складає основу діалектичного методу пізнання дійсності?
11. Що включається в теоретичні й емпіричні задачі наукового дослідження?
12. Сформулюйте поняття «постановка наукової проблеми і наукової задачі».
13. Які три складові повинні бути у формулюванні мети досліджень?
14. Уточніть поняття «наукове положення» і «вихідні посилки».
15. Наведіть типові помилки дослідника в процесі пізнання.

ня. Таким чином, він спотворює його структуру й складність, на основі цього робить поспішні висновки про те, що об'єкт дослідження або не існує як такий, або існує тільки певним чином, що насправді не відповідає дійсності. Часто ця помилка відбувається через недостатні компетентність і уважне вивчення того, яким способом щось може існувати або відбуватися.

8. *Невірна атрибуція.* Ця помилка виникає через те, що дослідник помилково припускає, що випадок викликає інший випадок, тому що вони відбуваються одночасно, а також судить про об'єкт за тою характеристикою, що відноситься до нього лише випадково. У результаті випадкові або супровідні обставини він приймає за правдиві причини подій (причинна атрибуція) або невід'ємні властивості об'єктів (атрибуція об'єктів).

9. *Ілюзорний взаємозв'язок.* У цьому випадку дослідник помилково припускає, що випадки пов'язані один з одним, тому що вони походять один на одного, й будує ілюзорні зв'язки між ними.

10. *Некоректне узагальнення.* Ця помилка полягає в тому, що дослідник поширює висновок, що отриманий шляхом послідовності міркувань на обмеженому класі об'єктів і ситуацій, на всі об'єкти й ситуації даного класу або більш загальний клас об'єктів і ситуацій. Тобто робить однозначні, а не імовірнісні узагальнення при повній індукції.

Про індукцію ми говоримо тоді, коли дослідження багатьох окремих речей приводить нас до пізнання загальної істини. Однак індукція сама по собі не може бути вірним засобом досягнення досконалого знання й зробленого на основі окремого умовиводу поширення однозначного висновку на більш загальний клас об'єктів і ситуацій.

11. *Зловживання двозначністю слів.* До цього виду належать помилки, що виникають через неоднозначне застосування термінів, тобто термін в одному значенні розуміється в одному змісті, а в другому – в іншому змісті, або терміни, застосовувані в посилках, вживаються в іншому змісті у висновку з цих посилок.

Критичне відношення, планування, аналіз і прогноз результатів власної дослідницької практики часто допомагають уникнути цих і інших помилок.

протиріччя»). Не вдаючись спеціально в повноту наданих цим та іншими авторами [5] груп протиріч у техніці, відзначимо, що закономірності настільки складного явища, яким виступає перед нами технічна творчість, може бути розкрито насамперед при його аналізі – як системи суперечливих відносин у діяльності.

Особливе, а точніше, головне, значення в такого роду погляді повинні мати відносини, що виникають між самим діячем (суб'єктом творчості) і тими об'єктивними обставинами, в умовах яких ця діяльність відбувається (об'єктом творчості). Суб'єктно-об'єктні відносини виступають як провідна характеристика технічної діяльності: вони розкривають, «висвітлюють» доміную в орієнтаціях людини як діяча, визначаючи при цьому сутність і значення виникаючих між людиною й середовищем контактів. При цьому може бути виявлено деякий вихідний контакт («зустріч», «конфлікт») між діячем і об'єктивними обставинами, що виступає як проблема в технічній діяльності й технічній творчості (див. підрозділ 3.3).

Фізичне протиріччя представляють так: елемент A має виконувати дію F_1 (мати якусь властивість), для того щоб здійснювалася функція C_1 , але елемент A повинен виконувати й дію F_2 (мати протилежну властивість), для того щоб здійснювалася функція C_2 . Наприклад, елемент повинен бути провідником, для того щоб пропускати електричний струм в одному напрямі, і повинен бути діелектриком, для того щоб не пропускати електричний струм в іншому напрямі.

Розрізняють шість основних джерел виникнення технічних протиріч (див. рис. 3.1) між:

- ♦ цілим конструктивним виконанням або системою й частиною компонентів, елементів і систем технічного об'єкта, які відбивають міцність і технологічність конструкцій, що зумовляють її надійність, довговічність і інші сторони;
- ♦ технічним об'єктом і тим, хто його виготовив, через конфлікт між предметом праці і виробничим працівником;
- ♦ технічним об'єктом і людиною, що керує цим об'єктом (оператор) або експлуатує його (користувач). Конфліктні ситуації виникають через зміну умов експлуатації об'єкта, вимог, що змінилися, до його безпеки, ефективності, ергономічності, технологічного процесу;
- ♦ технічним об'єктом і виробничим середовищем, однією зі складових навколишнього середовища, тобто дотримання норм створення екологічно чистих технічних систем і технологій (рис. 3.2);



Рис. 3.1. Основні джерела протиріч у системах «технічний об'єкт» і «людина – технічний об'єкт – середовище»

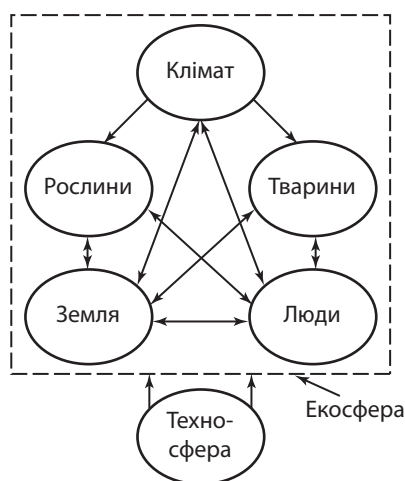


Рис. 3.2. Екосистема й техносфера

- ♦ змістом і формою компонентів використання технічного об'єкта, сутність якого полягає в діалектичному взаємозв'язку окремих компонентів. Наприклад, знайдена форма виробу має велику стабільність, зберігається тривалий час, поки накопичені кількісні зміни в змісті виробу не приведуть у силу виниклих протиріч до чергових якісних змін її форми і т. д.

З іншого боку, помилки дослідника може бути пов'язано з тим, яким саме способом він аналізує, інтерпретує інформацію в процесі дослідження, яким способом робить з неї висновки, тобто помилки дії.

Розглянемо основні, найбільш важливі помилки, що часто зустрічаються в дослідницькій практиці [45].

1. *Дотримання «логіки» звичних стереотипів.* У цьому випадку дослідник необґрунтовано припускає, що випадки не мали або мали місце, тому що вони не вписуються або вписуються в прийняті пізнавальні схеми.
2. *Ігнорування несподіваної інформації.* У цьому випадку дослідник необґрунтовано зневажає інформацією, тому що вона його надзвичайно дивує.
3. *Переважа неоднозначної інформації.* У цьому випадку дослідник воліє інтерпретувати інформацію таким чином, при якому самостійного, більш глибокого вивчення й однозначності в інтерпретації результатів можна уникнути.
4. *Приписування неіснуючої точки зору.* Ця помилка полягає в тому, що через упередженість дослідник іноді прагне довести не те, що вимагає доказів. Тут виявляється незнання того, що саме потрібно довести для прояснення проблеми дослідження. А в науковій суперечці ця помилка виявляється в тому, що чужій точці зору приписують зміст, що далекий від нього.
5. *Приписування однозначної істинності.* Така помилка полягає в тому, що дослідник переоцінює істинність посилок, на основі яких робить висновки. Він приписує її подіям, які насправді не є однозначно правдивими, тобто можуть бути правдивими тільки за визначених, але не за всіх умов. Однак у всякому умовиводі те, що служить посилкою, має бути більш ясним і більш відомим, ніж висновок.
6. *Визначення нереальної причини.* У цьому випадку дослідник приймає за причину те, що не є причиною подій, явищ, стану справ; він звичайно наводить віддалені причини, або ті, які нічого не доводять, для того щоб довести умовиводи, досить ясні самі по собі або, щонайменше, сумнівні. Ця помилка найбільш поширена у починаючих дослідників через просте незнання сутності подій і некомпетентності.
7. *Неповне перерахування.* Помилка, при якій дослідник недостатньо повно перелічує всі елементи, з яких складається об'єкт дослідження.

Одна з найбільш складних задач дослідника – забезпечити таку глибину і науковий рівень пророблення окремих задач дослідження і проблемних питань, щоб дослідницька робота в цілому відповідала розв'язанню поставленої мети.

До формулювання загальної наукової задачі (проблеми) дослідження корисно перейти після формулювання мети дослідження. Мета – те, до чого прагнуть, що треба здійснити.

Не слід формулювати мету як «дослідження...», «вивчення», тому що ці слова вказують на спосіб досягнення, а не на її саму. Мета роботи дійсно переплітається з назвою НДР дипломної і магістерської робіт або дисертації і повинна чітко вказувати, що саме вирішується в роботі.

Наприклад: «Метою дисертаційної роботи є підвищення точності розрахункових методів стохастичної динаміки транспортних засобів шляхом удосконалення існуючих методів, розробки нових моделей і алгоритмів на базі чисельних засобів аналізу, що дозволить прогнозувати вібраційну навантаженість на стадії компонування й конструювання транспортних засобів і цим зменшити час доведення їх конструкції».

Мета роботи має узгоджуватися з її назвою і містити не тільки очікувані її результати, а й обов'язково вказувати, на яких наукових передумовах вона базується, чим і як досягається (із залученням яких наукових гіпотез, ідей, явищ, законів і т. д.). У зв'язку з цим не можна вважати достатніми таке формулювання мети наукових досліджень, як «обґрунтування й розробка наукових основ, принципів створення нових технологій, матеріалів...», «розробка нових технологічних принципів, устаткування, засобу управління, контролю...» і т. д., без конкретизації наукових предметів, на яких базується досягнення мети.

18.5. Помилки дослідника в процесі пізнання

Для дослідження, результатам якого можна довіряти, дуже важливо в процесі його планування, проведення, інтерпретації результатів не допускати помилок, що приводять до втрати часу, ресурсів, серйозних помилок, перекручуванню змісту й надалі – невірному змісту процесу пізнання.

Загалом, основні помилки дослідника криються, з одного боку, у відношенні до досліджуваної проблеми й інформації – помилки відносин. Іншими словами, на дослідження, як ціле, істотний вплив має те, чи сприймає дослідник об'єкт або проблему як цінну і відповідно інформацію як важливу й гідну ретельного аналізу та змістовної інтерпретації.

Технічне протиріччя виникає й виявляється на всіх етапах життєвого циклу технічного об'єкта: розробки ідеї й проектування, виготовлення й налагодження, експлуатації й модернізації. Технічне протиріччя може бути розкрито, насамперед, при його аналізі як системи суперечливих відносин у діяльності. Аналізу піддаються ті властивості об'єкта, що має бути піддано зміні відповідно до нових або уточнених вимог, тобто вирішуються відносини, що виникають між самим діячем (суб'єктом творчості) і тими об'єктивними обставинами, в умовах яких ця діяльність відбувається (об'єктом творчості). Суб'єктивно-об'єктивні творчі відносини виступають як ведуча характеристика технічної діяльності: вони розкривають людину як діяча, визначають при цьому сутність і значення виникаючих між людиною й середовищем контактів. При цьому виявляються вихідні відносини між діячем і об'єктивними обставинами, що виступають як проблема в технічній творчості.

Реальне оточення охоплює всі джерела зовнішніх впливів у найближчому оточенні процесу перетворення. До реального оточення (див. рис. 3.2) включають геосферу (суша і вода), біосферу (люди, тварини, рослини), техносферу (технічні засоби), атмосферу й клімат (погоду), які у більшості випадків неможливо визначити точно. З гео-, біо- й атмосфери може бути побудовано різні екосистеми. У них у межах визначених відносин відбуваються необхідні для життя процеси перетворення матерії, енергії й інформації (див. рис. 3.2). При розробці й здійсненні будь-яких технічних рішень не слід порушувати рівновагу цих систем.

Об'єктивна сторона технічної діяльності містить у собі природні й соціальні умови розвитку цієї діяльності, сюди входить також усе, що людина вже створила й використовує у своєму житті. Об'єктивне – те, що «протистоїть» людині як суб'єкту творчості у процесі її діяльності.

Суб'єктивна сторона – це діяльнісна позиція людини щодо об'єктивних умов, які складаються. Відносини між об'єктивною й суб'єктивною сторонами утворюють визначене, найчастіше досить стійке, протиріччя протягом різного роду періодів діяльності; це протиріччя зумовлює характер і форму досягнення бажаного результату. Розрив суб'єктно-об'єктних зв'язків руйнує саму діяльність як продуктивну, творчу, і в цьому випадку діяльність перетворюється на репродуктивну або ж взагалі розпадається, «припиняє» своє «існування» як процес формування деякого визначеного об'єкта.

Аналіз суб'єктно-об'єктних зв'язків невідривний від аналізу інших аспектів діяльності, серед яких особлива роль належить співвідношенню цілей і засобів: ціль органічно відбиває сутність людських дій, їх соціаль-

ний і культурний зміст, їх особистісну наповненість, розкриває орієнтації й характер зв'язків у діяльності, форми їх самоорганізації. Цілям, що ставлять перед собою людина, мають відповідати реальні або ж потенційно реальні засоби.

Звертання до категорії цілей і засобів при аналізі технічної творчості дозволяє підійти до його вивчення багатосторонньо – з одного боку, у плані розгляду мети спрямованості людського «Я» в цьому світі, а з іншого – можливості реалізації цих намірів. Ціль визначається суперечливістю самої дійсності: відносини мети – це і є відносини протиріччя. Відсутність у матеріальній діяльності того, що є сутністю мети, є головним протиріччям, саме воно виступає безпосереднім джерелом діяльності.

Ціль також виявляє себе як могутній системоутворюючий фактор у діяльності, як принцип інтеграції різних дій людини у визначену послідовність, систему, тобто у власне діяльність. Вона, будучи відображенням позиції людини і до минулого, і до майбутнього, визначає стан діяльності в даний момент, формуючи («будуючи») при цьому майбутнє. Ціль пов'язує минуле, сьогодення і майбутнє в певне ціле. Генетичний процес постановки цілей у процесі технічної діяльності є особливо важливим аспектом творчості. Успіх залежить від динаміки цілеспрямованості – у першу чергу.

Для виявлення основних принципів управління технічною творчістю найбільш доцільно звернутися до розгляду моментів зародження й становлення конкретного творчого результату.

Багатовікова суспільно корисна практика людства нагромадила нескінченно велике число прийомів усунення технічних протиріч, пізнати які в повному обсязі неможливо. У деяких джерелах помітна спроба класифікувати безліч типових прийомів шляхом їхньої розбивки на укрупнені групи за якимось загальними ознаками. Однак набір таких ознак випадковий і досить суб'єктивний.

Більш строгий підхід до класифікації типових прийомів вирішення технічних протиріч запропоновано у роботі [1], що враховує як класифікаційні ознаки три компоненти субстанції технічних об'єктів: речовина, енергія й інформація. При такому підході з усієї безлічі реально існуючих і можливих типових прийомів перетворення компонентів субстанції технічних об'єктів (ППК) можна виділити п'ять груп:

ППР – прийоми перетворення речовини, що, у свою чергу, підрозділяються на:

ППФР – прийоми перетворення форми речовини;

ППСР – прийоми перетворення складу речовини;

кових результатів, є саме тим, що доводить наукову задачу до її цілком визначеного рішення.

Чітке формулювання наукової задачі, що конкретизує предмет і необхідний науковий результат дослідження, називається постановкою наукової задачі. Та сама наукова задача може мати кілька різних постановок, а при даній постановці – деяку кількість різних методів розв'язання.

При формулюванні постановки наукової задачі предмет дослідження викладається у вигляді вихідних наукових посилань, які виражають, що дано: склад перемінних і постійних вихідних даних, введені припущення й обмеження.

Метод розв'язання наукової задачі залежно від її складності знаходить вираження в тому або іншому науковому методі (науково-методичному апараті) або в методиці дослідження.

Нова розв'язка наукової задачі виходить у результаті такої зміни хоча б одного елемента трійки (предмет, необхідний науковий результат або метод), що відомо з публікації і дає істотний ефект (наприклад, збільшення точності розв'язання задачі).

Наукова проблема, як і наукова задача, виражається у вигляді пари, що включає предмет дослідження і необхідний науковий результат дослідження, однак при цьому має на увазі, що метод дослідження невідомий, принаймні, не опублікований.

Вирішення наукової проблеми, як і у випадку наукової задачі, являє собою трійку: предмет дослідження, необхідний науковий результат дослідження, метод дослідження. У деякому смислі проблема являє собою невирішену задачу, а після розв'язання наукова проблема перетворюється в наукову задачу.

Наукові результати одержують трьома шляхами:

- ♦ відомих рішень окремих наукових задач дослідження;
- ♦ нових, тобто вдосконалених автором рішень окремих наукових задач (маються на увазі розв'язання задач у нових постановках і за допомогою нових методів);
- ♦ заново здійснюваних рішень окремих проблем (проблемних питань).

При цьому нові наукові результати, у тому числі й ті, що є внеском у науку, з'являються в результаті: нових рішень окремих задач дослідження; рішення часткових проблем; їх сполучення з відомими рішеннями окремих задач стосовно до конкретного предмета дослідження.

стрижень досліджуваного процесу, науково узагальнити велику кількість досліджуваних даних, усе це неможливо без теоретичного й творчого осмислення.

Процедура творчості вимагає вдосконалення вже добре відомого рішення. Вдосконалення ж є процес переконструювання об'єкта мислення в оптимальному напрямку. Коли переробка досягає межі, яка визначає поставлену раніше мету, процес оптимізації припиняється, створюється продукт розумової праці. У теоретичному аспекті це є гіпотеза дослідження, тобто передбачення. Абсолютно нові уявлення створюються шляхом комбінації відомих елементів. Цей підхід базується на таких прийомах: доповненні й узагальненні інформації; постійному зіставленні, порівнянні, критичному осмислюванні отриманої інформації; чіткому формулюванню власних думок, їх письмовому викладі.

18.4. Постановка наукової проблеми, наукової задачі й мети дослідної роботи

Поняття «задача» у російській і українській мовах має різні значення. Найбільш близьким за змістом до поняття «наукова задача» є таке: задача – те, що треба вирішити, при цьому, принаймні, один метод відомий.

Відповідно проблема – те, що треба вирішити, при цьому метод розв'язання невідомий.

Наукова задача виражається у вигляді пари, що включає предмет дослідження і необхідний науковий результат дослідження, при цьому, як уже відзначалося, мається на увазі, що принаймні один метод розв'язання задачі опубліковано.

Вирішення наукової задачі являє собою взаємозалежну трійку: предмет дослідження, необхідний науковий результат дослідження, метод дослідження (тобто фактично вирішення наукової задачі включає саму наукову задачу і конкретний метод її розв'язання).

Слід особливо підкреслити, що вирішення наукової задачі не треба ототожнювати з результатом рішення наукової задачі. Основу рішення наукової задачі усе-таки складає метод, а не те, що з його допомогою отримано. Це пояснюється тим, що метод у науці, хоча і створюється заради результату, але сам по собі завжди відіграє принципову, вирішальну роль. Метод – двигун науки.

У кожній справі важливе знання, але метод вище самого знання. У науці конкретний метод саме і представляє шлях до істини – необхідних нау-

ППЕ – прийоми перетворення енергії;

ППІ – прийоми перетворення інформації;

КЕІРП – комплексні енерго-інформаційно-речові прийоми, що базуються на використанні нових технологій і способів виготовлення, транспортування й застосування технічних об'єктів.

Відповідну цій класифікації структуру сукупності типових прийомів розв'язання технічних протиріч подано на *рис. 3.3* [1]. Вона означає сукупність об'єктів, що утворюють систему з ієрархічною структурою.

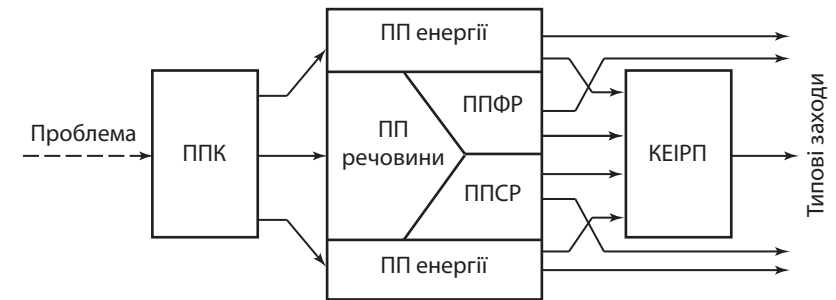


Рис. 3.3. Структура сукупності заходів вирішення технічних протиріч

З відомого набору типових заходів щодо вирішення технічних протиріч найбільш доцільні заходи евристичний і алгоритмічний.

У підрозділі 14 наведено алгоритми та типові прийоми усунення технічних протиріч, розроблені Г. С. Альтшуллером [4, 6], фонд фізичних ефектів і явищ, а також узагальнені евристичні алгоритми пошуку нових технічних рішень, розроблені О. І. Половинкиним [7], які являють собою потужний інформаційний апарат, що значно збільшує швидкість та ймовірність успішного вирішення технічних й винахідницьких задач, підвищує рівень їх розв'язання.

3.2. Потреби, споживчі функції й критерії розвитку технічних об'єктів

Історичний досвід доводить, що у світі техніки все робиться заради задоволення потреб людини й суспільства в цілому. Якби потреби у технічному об'єкті не було, його не було б створено. І навпаки, якщо потреба в ньому з'явилася, він неодмінно буде створений. Час створення об'єкта буде найбільш коротким, якщо реалізовувана ним потреба буде більш гострою і суспільно значущою.

Різниця між потребою і споживчою функцією технічного об'єкта полягає лише в тому, що поняття «потреба» заперечує зацікавленість людини в її реалізації, а поняття «споживча функція» відбиває дію технічного об'єкта, що реалізує цю потребу.

Опис потреби (P) має містити принаймні три компоненти інформації:

$$P = (A, B, V),$$

де A – дії, що приводять до задоволення потреби, у якій виявлено зацікавленість;

B – об'єкт або предмет технологічної обробки, на який спрямовано дію A ;

V – наявність умов або обмежень, за яких реалізується ця дія.

Наприклад потреба в автобусі – перевезення (A) людей (B) дорогами (V).

Основу структурно-логічних функцій потреби складають структура й дії. Структуру можна розглядати як логічну функцію дії, а дії – як логічну функцію потреби. Потреба визначається конкретними критеріями, дії – системами, а структура – конструкціями. Об'єктом інженерної діяльності є визначена мета, шлях до якої позначено різними критеріями. На *рис. 3.4* наведено техніко-економічну модель задоволення потреби економіки. Системотехнічна модель базується на діалектичному зв'язку науки – техніки – виробництва [8].

Цілі створення потреб визначаються вимогами безпосереднього й непрямого оточення об'єкта. Безпосереднє оточення – середовище, всередині якого буде жити об'єкт; до непрямого належать фактори, визначені науково-технічною, економічною і соціальною ситуацією (див. *рис. 3.5*) [9, 11].

Для наочного уявлення й систематизації цілей зручно використовувати граф цілей. Усе оточення розбивається на рівні в залежності від їхнього масштабу. На першому рівні розміщується сфера, що охоплює інтереси всього людства; на другому – інтереси держави; далі – сфери інтересів галузі, підприємства, проектною організації, відділу і, нарешті, сфера особистих інтересів. На кожному рівні виникають свої цілі, підлеглі цілям більш високого рівня. Граф, вершини якого означають цілі, а дуги – їх відносини, і є графом цілей (див. *рис. 3.6*) [9, 10, 11].

Цілі проектування на кожному рівні інтересів суспільства нерівнозначні за своєю важливістю. Одних із них необхідно досягти обов'язково, інших – бажано.

Особливо велика роль критеріїв розвитку при розробці нових виробів, коли конструктори й винахідники у своїх пошуках прагнуть перевершити рівень кращих світових досягнень. Усю сукупність критеріїв розвитку техніки звичайно розподіляють на чотири основних групи:

результатів роботи. Структуру, методологію й техніку наукових досліджень подано на *рис. 7.4*.

Емпіричні задачі вирішуються за допомогою спостереження, експерименту, виміру, опису (див. розділи 9, 10).

Теоретичні задачі спрямовані на вивчення і виявлення причин, зв'язків, залежностей, що дозволяють установити поведінку об'єкта, визначити й вивчити його структуру, характеристики на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання (див. розділи 7, 8).

Послідовність проведення теоретичних досліджень має кілька стадій. На першому етапі необхідно ретельно ознайомитися з добре відомими й апробованими рішеннями тієї або іншої конкретної проблеми. На наступному етапі дослідник-теоретик повинен відмовитися від відомих способів рішення аналогічних задач. Далі впроваджуються різні варіанти вирішення проблеми. І на закінчення – власна оригінальна методика рішення. За своєю сутністю результатом творчого процесу є зміна наших поглядів на загальновідомі явища з позиції абсолютно нового наукового підходу. Чим глибше захоплення дослідницькою роботою, тим частіше досягається конкретний результат.

Тут переважає використання аксіоматичних методів, системного структурно-функціонального аналізу, математичного, фізичного й імітаційного моделювання.

У результаті отриманих знань формують закони, розробляють теорію, перевіряють факти і т. п. Структуру формування теорії подано на *рис. 8.3*. Теоретичні пізнавальні задачі формують таким чином, щоб їх можна було перевірити емпірично.

У вирішенні емпіричних і особливо теоретичних задач наукового дослідження важливе місце належить логічному методу пізнання, що дозволяє на основі умовиводів пояснити явища й процеси, породити різні пропозиції й ідеї, встановити шляхи їх розв'язання. Він будується на отриманих фактах і результатах емпіричних досліджень.

Методологічною основою теоретичних досліджень є творчий процес. Творчість полягає у створенні нових цінностей, встановленні невідомих науці фактів, створенні до цих пір невідомих, цінних для людини інформаційних даних.

Спростити існуючу або створити нову наукову гіпотезу, надати обґрунтоване глибоке пояснення процесів або явищ, що раніш були незрозумілі або слабко вивчені, зв'язати воедино різноманітні явища, тобто знайти

вильний вибір методів дослідження вимагає знання їх класифікації (див. рис. 7.1, 7.4).

Фундаментальним, узагальненим методом пізнання дійсності є діалектичний метод (див. підрозділ 4). Об'єктивну основу його утворюють найбільш загальні закони розвитку матеріального світу. Діалектичний підхід дає можливість обґрунтувати причинно-наслідкові зв'язки, процеси диференціації й інтеграції, постійну розбіжність між сутністю і явищем, змістом і формою, об'єктивність в оцінюванні дійсності. Діалектика виступає як знаряддя пізнання у всіх галузях науки і на всіх етапах наукового дослідження. Вона визначає позиції дослідника, стає основою інтерпретації об'єкта й суб'єкта пізнання, процесу пізнання і його результатів.

Виходячи з того, що кожне наукове дослідження може відбуватися на двох рівнях – емпіричному й теоретичному (див. рис. 7.4, розділи 8, 9) – завдання дослідника полягає у визначенні факторів, що впливають на об'єкт дослідження, у доборі й зосередженні уваги на найголовніших із них. Критеріями добору є мета дослідження і кількісний рівень накопичених фактів у цьому напрямку. Добір найголовніших факторів, що впливають на об'єкт дослідження, має велике практичне значення, оскільки впливає на ступінь вірогідності результатів дослідження. Якщо який-небудь істотний фактор не враховано, то висновки, отримані в результаті дослідження, можуть бути неповними або навіть помилковими. Виявлення істотних факторів більш просте, якщо дослідження засновано на добре відпрацьованій теорії. Якщо теорія не дає відповіді на поставлені питання, то використовують гіпотези, наукові ідеї, сформовані в процесі попереднього вивчення об'єкта дослідження.

Отже, чим повніше враховано вплив середовища на об'єкт дослідження, тим більш точними будуть результати наукового дослідження. Середовище – це все те, що впливає на об'єкт дослідження (див. розділ 8).

Відібравши об'єкт, визначивши предмет і фактори, що впливають на причинно-наслідкові результати стану об'єкта, визначають його параметри, тобто повноту вивчення відповідно до поставленої мети.

Наукове дослідження має розглядатися у безперервному розвитку, ґрунтуватися на зв'язку теорії з практикою.

Важливу роль у науковому дослідженні відіграють пізнавальні задачі емпіричного й теоретичного напрямку. Головна мета тут – чіткість визначення задач, конкретизація шляхів, методів і способів їх розв'язання, побудова логічної моделі досліджуваного процесу (явища), висування гіпотез, які необхідно перевірити, бачення автором перспективи практичної реалізації

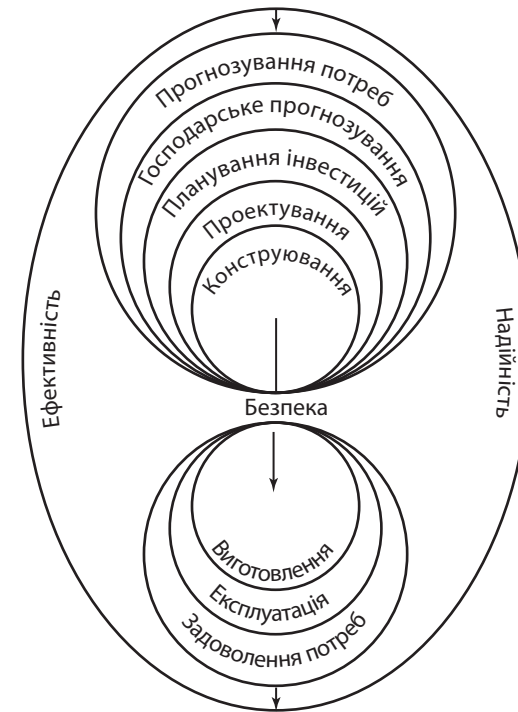


Рис. 3.4. Техніко-економічна модель зі зворотним зв'язком, що враховує потреби економіки

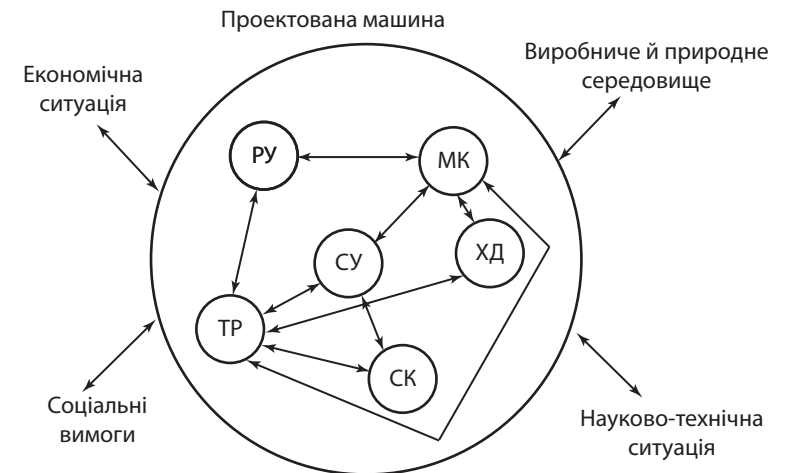


Рис. 3.5. Машина як система:

СУ – силове устаткування; ТР – трансмісія; РУ – робоче устаткування; МК – металокопструкція; ХД – ходове устаткування; СК – система керування

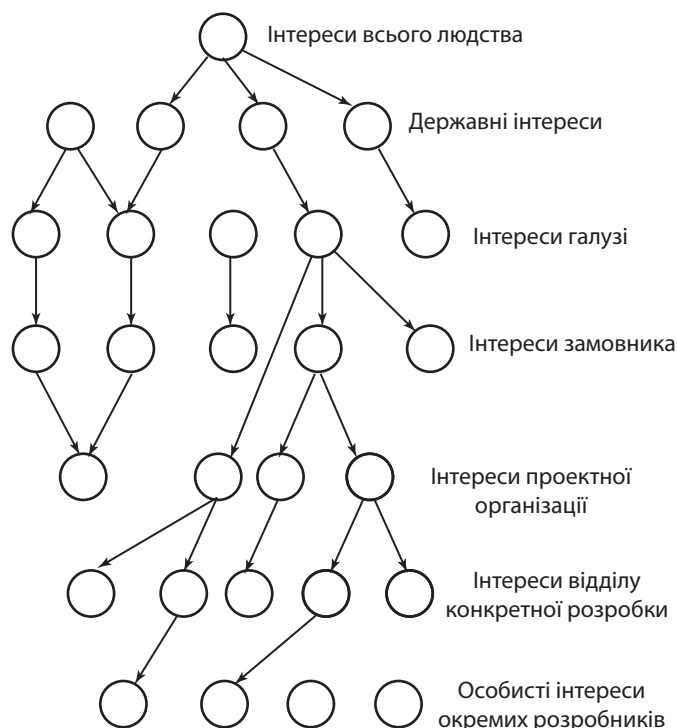


Рис. 3.6. Граф цілей, орієнтований щодо інтересів суспільства

- ♦ функціональні, що характеризують показники реалізації функції об'єкта;
- ♦ технологічні, що відбивають можливість і складність виготовлення технічного об'єкта;
- ♦ економічні, що визначають економічну доцільність реалізації функцій за допомогою розглянутого технічного об'єкта;
- ♦ антропологічні й екологічні, що пов'язані з оцінкою впливу на людину шкідливих і позитивних факторів з боку створеного технічного об'єкта.

Класифікація систематики розвитку технічних об'єктів, подана на рис. 3.7, дозволяє розроблювачу нової техніки сформулювати й описати сукупність критеріїв розвитку для потрібного класу технічних об'єктів з великої кількості параметрів технічного об'єкта. За критерії розвитку приймаються лише такі, котрі задовольняють такі вимоги:

Правильний вибір об'єкта вивчення навколишнього матеріального світу відповідно до мети дослідження сприяє обґрунтованості результатів дослідження. Об'єкт дослідження повинен мати модель (моделі). Приклад формулювання об'єкта досліджень: «Вібраційний процес взаємодії несучих елементів конструкції й робочого місця водія, що створює проблему в оцінці плавності ходу вантажних довгобазових автомобілів КрАЗ».

Предметом дослідження є досліджуване з визначеною метою власності, характерні для наукового пізнання характеристики об'єкта. Під предметом дослідження розуміється те, що знаходиться в межах об'єкта і завжди збігається з темою дослідження. Той самий об'єкт може бути предметом різних досліджень і навіть наукових напрямків. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне й часткове.

Методика дослідження – це система правил і послідовності використання методів, прийомів і способів для проведення будь-якого дослідження. Свідоме застосування науково обґрунтованих методів варто розглядати як найголовнішу умову одержання нових знань. У загальній характеристиці дослідницької роботи варто навести перелік використаних методів. В основній частині роботи необхідно, не відхиляючись від сутності роботи, коротко й змістовно визначити, що саме досліджувалося тим або іншим методом. Це дасть можливість переконатися в логічності й прийнятності вибору саме цих методів. Дослідник, що добре знає методи дослідження й можливості їх застосування, витрачає менше зусиль і працює успішніше порівняно з тим, хто у своєму дослідженні спирається лише на інтуїцію або діє за принципом «проб і помилок». Звичайно, точні й правильні методи – не єдині компоненти, що забезпечують успіх наукового дослідження. Для визначення властивостей технічної системи використовуються в основному такі методи й прийоми: вимір; експертні оцінки; моделювання; обчислення або зчитування; порівняння; визначення оптимального рівня властивостей. Методика досліджень повинна базуватися на математичній теорії планування й оптимізації експерименту, обробки його результатів. Методи не можуть, наприклад, замінити творчу думку дослідника, його здатність аналізувати, робити висновки й припущення. Але застосування правильних методів спрямовує хід думок дослідника, відкриває перед ним найкоротший шлях для досягнення мети і забезпечує, таким чином, можливість раціонально витрачати енергію й час виконання роботи. Кожен метод наукового пізнання варто розглядати як систему регулятивних принципів практичної й теоретичної діяльності людини. Відомо дуже багато методів пізнання об'єктивної дійсності. Пра-

ти головне, оцінювати раніш зроблене іншими дослідниками, визначати головне в існуючому стані вивчення теми. Матеріал огляду необхідно систематизувати у визначеному логічному зв'язку й послідовності. Тому перелік робіт і їх критичний розгляд необов'язково подавати в хронологічному порядку. Огляд робіт роблять тільки з питань обраної теми, а не з проблеми в цілому. В огляді називають і критично оцінюють нормативну документацію й публікації, що мають пряме й безпосереднє відношення до теми. Він дає змогу визначити новий напрямок наукового дослідження, його значення для розвитку науки й практики, актуальність теми.

Огляд літературних джерел дає можливість виявити професійну компетентність дослідника, його особливий внесок у розробку теми порівняно зі вже відомими дослідженнями. Вивчення літератури здійснюється не для запозичення матеріалу, а для обдумування знайденої інформації, визначення недоліків конструкції й нормативної документації, методів дослідження і т. п. та вироблення власної концепції, що може стати самостійною публікацією автора.

Посилання в тексті слід позначати номерами джерел, за якими вони зазначені у «Переліку посилань». Їх виділяють квадратними дужками. Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті.

Для зменшення часу пошуку потрібної інформації варто вести пошук за рангом публікацій (див. підрозділ 6.3). Загальний обсяг огляду літератури не має перевищувати 15 – 20% обсягу основної частини наукової праці.

Мета дослідження формується після обґрунтування наукової проблеми й доказу, що ту частину проблеми, що є темою дослідницької роботи, ще досить не розроблено і не освітлена у спеціальній літературі. Після формування мети досліджень логічно визначити конкретні задачі, що будуть вирішуватися відповідно до поставленої мети.

Конкретні задачі роблять у формі переліку (вивчити..., описати..., встановити..., визначити..., розробити..., вивести залежність... і т. д.). Формувати задачі необхідно ретельно, оскільки опис їх розв'язання складає зміст, як правило, окремих розділів дослідницької роботи.

При проведенні наукових досліджень відрізняють поняття «об'єкт» і «предмет» пізнання й дослідження.

Об'єктом дослідження прийнято називати те, на що спрямовано пізнавальну діяльність дослідника. Це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження.

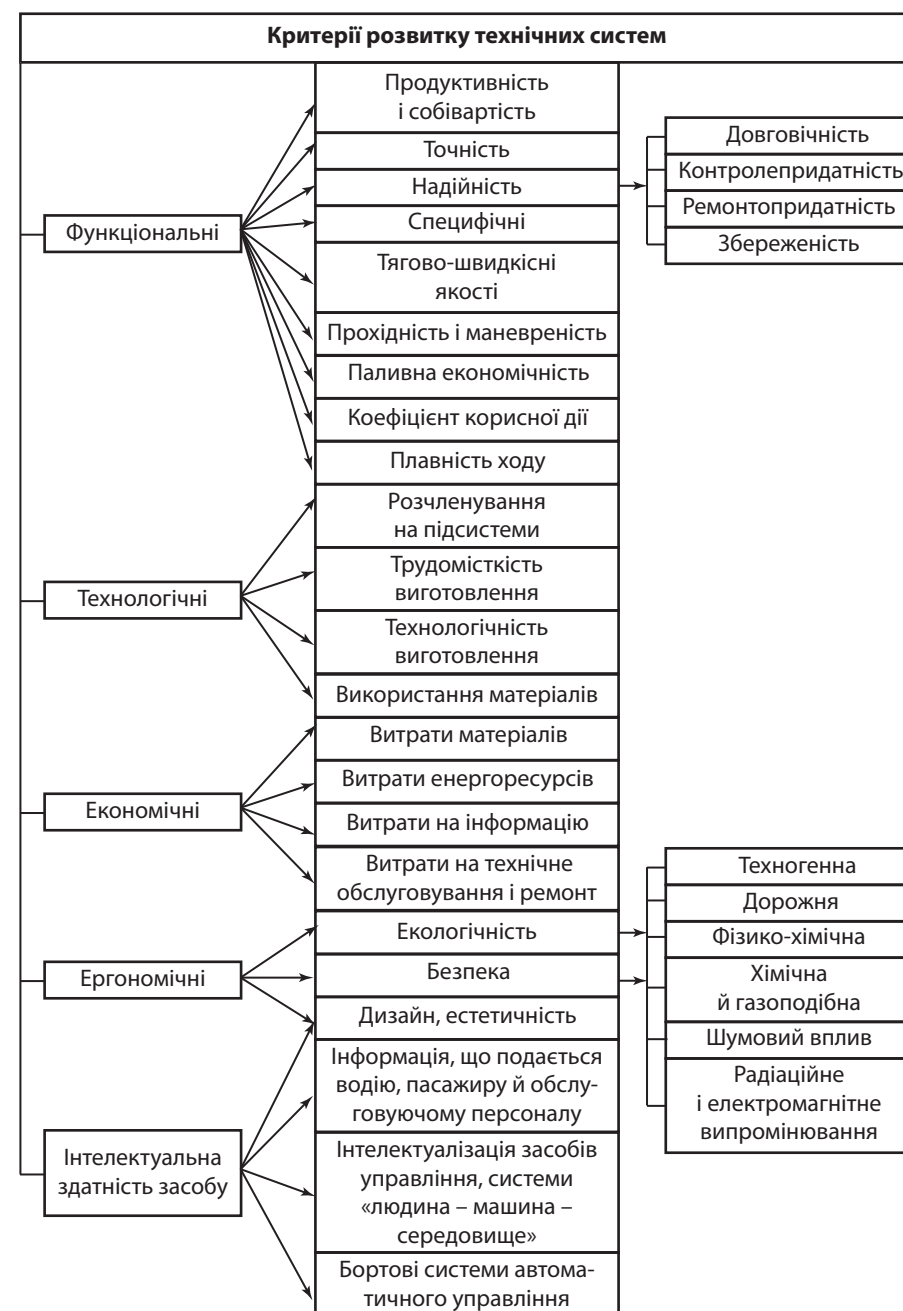


Рис. 3.7. Критерії розвитку транспортних засобів

- ♦ бути вимірюваними, тобто кількісно оцінюваними;
- ♦ бути співставними, тобто мати такі одиниці виміру, які дозволяють зіставити технічні об'єкти різних часів і країн;
- ♦ бути пріоритетними, у першу чергу такими, що характеризують ефективність технічного об'єкта, логічно мінімальними й незалежними, тобто їх не може бути логічно виділено з інших критеріїв або вони не можуть бути їх прямим наслідком.

Набір критеріїв регламентується державним стандартом. Відповідно до ДСТ 15467-79 показники якості розділено на 10 груп: призначення; надійність; економічне використання матеріалів і енергії; ергономічні та естетичні; показники технологічності, стандартизації, уніфікації й безпеки; патентно-правові; економічні.

Як приклад розглянемо можливий набір критеріїв для складного, але для багатьох добре знайомого легкового (пасажирського) автомобіля (див. рис. 3.6):

- ♦ до найважливіших показників призначення варто віднести: вантажопідйомність, кількість посадочних місць для пасажирів, граничну швидкість переміщення;
- ♦ показники надійності: гарантійна кількість годин безвідмовної роботи приводного двигуна й системи управління автомобілем; конструктивні: компактність, габарити, кліренс і т. п.;
- ♦ показники ощадливої витрати енергії й матеріалів: питома витрата палива, матеріалоемність, зносостійкість тертьових елементів (шин, ручок дверей і т. п.);
- ♦ ергономічні показники: рівень шумів, сервіс і зручність експлуатації пасажирського салону, зручність діагностики й ремонтів у моторному відсіку;
- ♦ естетичні показники: зовнішня форма автомобіля, кольори його фарбування і їх відповідність;
- ♦ показники технологічності: трудомісткість виготовлення деталей і монтажу, витрати засобів і енергії на виготовлення;
- ♦ показники стандартизації й уніфікації: коефіцієнт застосовності, коефіцієнт міжпроектної уніфікації;
- ♦ патентно-правові показники: патентна чистота, патентозахищеність;
- ♦ показники безпеки (у балах), засоби безпеки;

- ♦ короткий огляд літератури з поставлених задач дослідження;
- ♦ опис методик і методів процесу дослідження;
- ♦ теоретичні дослідження поставлених задач;
- ♦ експериментальним дослідженням поставлених задач;
- ♦ точності й вірогідності отриманих результатів дослідження.

Тут вирішення кожної поставленої задачі, як правило, подається окремими розділами роботи. Усі розділи має бути логічно пов'язано між собою. Кожен розділ закінчується висновками з виділенням відмінних рис отриманих результатів від відомих.

Третій етап присвячується:

- ♦ аналізу й узагальненню результатів дослідження;
- ♦ промисловій перевірці результатів теоретичних і інших досліджень;
- ♦ впровадження результатів у практику;
- ♦ формування висновків і оцінка результатів.

Послідовність виконання наукового дослідження наведено на рис. 17.5, 18.1.

18.3. Вступ, огляд літератури, об'єкт, предмет і методи досліджень

Вступ розкриває сутність і стан наукової задачі, її обґрунтування й доцільність проведення наукових досліджень.

У вступі коротко викладають:

- ♦ оцінку сучасного стану проблеми, відзначаючи при цьому практично вирішені задачі, пробіли знань, що існують у даній предметній галузі, провідні фірми і ведучих учених і фахівців у даній галузі;
- ♦ світові тенденції вирішення поставлених задач;
- ♦ актуальність даної роботи й обґрунтування її проведення;
- ♦ формують об'єкт, предмет і мету роботи, вказують область застосування;
- ♦ взаємозв'язок з іншими роботами;
- ♦ визначають обраний метод (методи) досліджень, теоретичну цінність і практичну значущість вирішення поставлених задач (проблеми).

Огляд літератури має бути коротким, але з якого можна зробити висновки, що дану тему ще не розкрито, розкрито лише частково або не в тому аспекті. Огляд літератури з теми повинен демонструвати обґрунтованість ознайомлення дослідника зі спеціальною літературою, його вміння систематизувати джерела, критично їх розглядати, виділя-

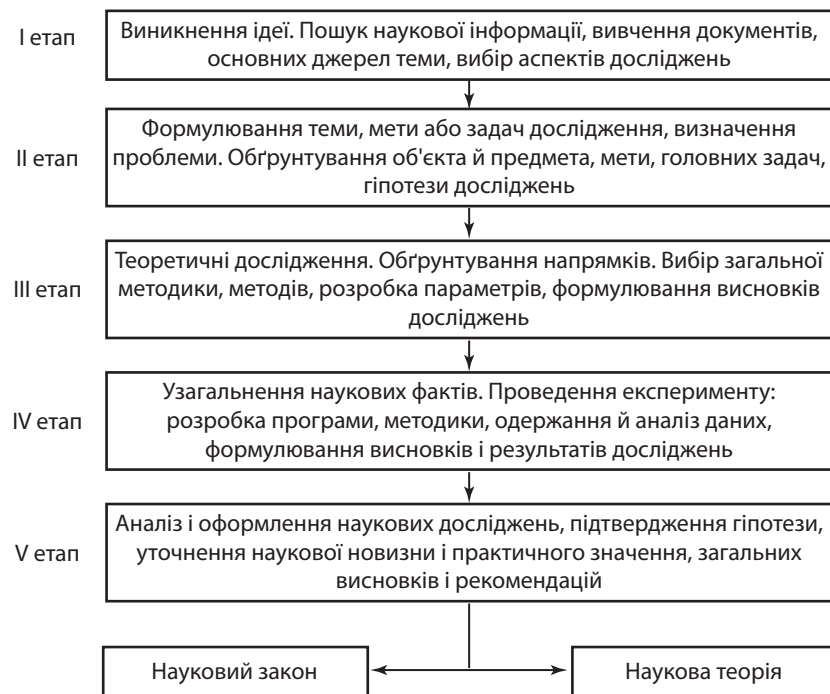


Рис. 18.1. Головні етапи наукового дослідження

Послідовність наукового дослідження можна приблизно зобразити логічною схемою у вигляді трьох основних частин. Перша частина присвячується теоретично-методологічним аспектам поставленої задачі (проблеми) досліджень:

- ♦ обґрунтування актуальності обраної теми;
- ♦ постановка мети;
- ♦ визначення об'єкта й предмета досліджень;
- ♦ визначення задач досліджень;
- ♦ аналіз методів і загальних методик проведення досліджень;
- ♦ аналіз предмета досліджень конструкції, системи діагностування й інших процесів і явищ за обраною темою;
- ♦ огляд літератури за обраною темою й вибір напрямку досліджень.

Друга частина присвячується методичним підходам і діагностичним засобам дослідження поставлених задач:

- ♦ економічні показники: собівартість, відпускна ціна, собівартість перевезень.

Очевидно, що стратегія вибору показників якості для такого складного, дорогого, трудомісткого технічного об'єкта масового застосування, як легковий автомобіль, під силу лише великому творчому колективу, що спеціалізується на цій проблемі і має відповідні банки інформації не тільки технічного й економічного, але і кон'юнктурного характеру. Цей приклад наведено лише для того, щоб показати читачу велику значущість, багатимірність і варіативність обґрунтування й вибору показників якості при розробці нових або вдосконаленні відомих технічних об'єктів [1].

3.3. Роль колективу й особистості в науково-технічній творчості

Науково-технічна творчість є тепер сферою колективної діяльності. Колективи мають являти собою систему, що сприяє творчості й не виключає індивідуальну ініціативу. У таких умовах на перше місце висувуються соціально-психологічні й організаційні проблеми первинної творчості колективу. Керувати – значить передбачати, організовувати, координувати, контролювати. Основними функціями керівника є: вибір мети, складання організаційного плану, підбір і розстановка кадрів, прийняття рішень, створення в колективі творчого оточення. Йому протипоказано виконувати роль критика й виконавця. Він має в основному займатися генерацією ідей й організацією діяльності колективу, здійснювати зв'язок творчої групи з суспільством, науки з практикою, сприяти реалізації загальних цілей. Від керівника очікують, насамперед, вміння надихати, спонукати інших до творчості.

Ми добре знаємо з практики, що розробка нових технологій, технічних і особливо економічних методів виявляє протидію адміністративного апарату, елементи якого, що обюрократилися, за своєю природою є антиноваторськими. Не завжди у науково-педагогічних колективах створюється психологічний клімат і всі умови творчої діяльності, демократії, рівної влади при рівній компетентності, сприятливе ставлення суспільства до розумової праці.

Роль людського фактора у підвищенні ефективності наукової праці буде розглянуто на базі використання матеріалів роботи [12].

Якось при С. П. Корольові зав'язалась суперечка про те, як підвищити продуктивність праці наукових працівників. Сергій Павлович, говорячи про недоліки у цій галузі, відзначив три причини:

- ♦ необхідно якнайшвидше привести у відповідність із наявною кількістю наукових співробітників кількість науково-технічного персоналу, щоб співвідношення дорівнювало 1:3;
- ♦ ще дуже повільно наукові розробки впроваджуються у виробництво;
- ♦ недосконалі форми та методи планування й фінансування наукових досліджень та розробок.

С. П. Корольов обурювався поганою практикою, коли директор, маючи можливість розпоряджатися мільйонами коштів, не має права зробити копійчані витрати, якщо їх не передбачено якою-небудь статтею витрат.

Інколи з'являються випадки своєрідного зазнайства, зарозумілості чи снобізму та «ступеневого чванства», зневажливе ставлення відомих вчених до вчених «меншого калібру», теоретиків – до практиків та ін. Одна сторона при цьому одержує задоволення від почуття переваги, заробленої минулими заслугами; інша сторона відчуває себе приниженою. Природно, що це не сприяє виникненню творчої атмосфери і, виходить, шкодить науці.

Ефективність наукової праці. Творчий потенціал дослідників – це один з найважливіших ресурсів сучасного суспільства. Але в наш час між дослідником і суспільством склалися своєрідні стосунки. Час вчених-одинаків безповоротно проминув, тепер дослідник працює у колективі і його положення визначається складною системою службових стосунків. Одна з найважливіших проблем, що виникли у зв'язку з колективізацією наукової праці, полягає у виборі найефективнішої системи керівництва творчими колективами.

Більшість людей вважають, що найкращий спосіб організувати творчу працю – це зібрати разом хороших вчених і залишити їх у спокої. Але, як показали дослідження, майже завжди крупне відкриття чи винахід відбувались саме у таких умовах, коли автор відчував гостру необхідність висунути нову ідею для вирішення практично важливої задачі. А необхідною умовою ефективної творчої діяльності слугує поставлений перед вченим чи винахідником «ультиматум», який змушує його або запропонувати нову ідею, або показати свою неспроможність. Виявляється, що творчості не тільки не заважає, але й сприяє жорсткий контроль за метою досліджень. Зрозуміло, що викладене немає нічого спільного з намаганням деяких наукових адміністраторів встановити за діяльністю дослідників дріб'язковий контроль. Коли ж строге виконання організаційних регламентів і дотримання дисципліни стають самоціллю, зникає не тільки творча активність – знижується продуктивність будь-якого виду діяльності. Контроль за метою ніяк не пов'язано зі втручанням у питання, в яких вчений є цілком компетентним.

Даючи оцінку практичної значущості обраної теми, варто знати, що вона залежить від характеру конкретного наукового дослідження.

18.2. Обґрунтування актуальності теми й етапи наукового дослідження

Актуальність теми – вчасне, злободенне, важливе, значущість чогонебудь для дійсного моменту, у даній ситуації для вирішення даної проблеми.

Обґрунтування актуальності теми – початковий етап будь-якого наукового дослідження (1 – 2 сторінки). Що стосується дипломних робіт, поняття «актуальність» має одну особливість. Ці дослідження є випускною роботою, і те, як її автор уміє обрати тему і наскільки правильно він цю тему розуміє й оцінює з погляду своєчасності і соціальної значущості, характеризує його наукову зрілість, професійне застосування отриманих знань.

Висвітлення актуальності й доцільності роботи для розвитку відповідної галузі науки й виробництва не повинне бути багатослівним. Досить декількома реченнями висловити головне – сутність проблеми, із чого і впливає актуальність теми. Далі необхідно коротко викласти зв'язок зворотного напрямку досліджень із планами організації, де виконано роботу. Часто важливо також підкреслити й актуальність поставлених задач, дослідження проблеми.

Проблема завжди виникає тоді, коли старі знання вже виявили свою нездатність, а нові ще не набули розвинутої форми. Таким чином, проблема в науці – це спірна ситуація (протиріччя), що вимагає свого вирішення (див. розділи 3, 4, 5). Така ситуація найчастіше виникає в результаті відкриття нових фактів, що явно не вкладаються в рамки існуючих теоретичних уявлень, тобто коли жодна з теорій не може пояснити недавно виявлені факти.

В обґрунтування актуальності роботи важливо відобразити кілька підходів до розв'язання задачі й вибору конкретного варіанта, посилання на документи, у яких визначено соціальні замовлення розвитку науки й техніки, технологій, освіти і їх практичні потреби.

Правильна постановка і ясне формулювання нових проблем часто має не менш важливе значення, ніж їх розвиток. За сутністю саме вибір науково-практичної проблеми, якщо не в цілому, то значною мірою визначає як стратегію досліджень взагалі, так і напрямок наукового окремо. Вважається, що сформулювати наукову проблему, виділення аспектів проблеми, довести можливість її розв'язання в нинішніх умовах, сучасними науково-технічними засобами – ознака вміння відділити головне від другорядного, визначити те, що уже відомо і що поки відомо науці про предмет досліджень.

Основні етапи наукових досліджень подано на *рис. 18.1*.

- ♦ хороших знань технічної й економічної потреби галузі й окремих підприємств у необхідності конкретної розробки;
- ♦ гарної наукової підготовки здобувача наукового ступеня, працівника науково-дослідного інституту (НДІ) або студента магістратури;
- ♦ достатньої кваліфікації і наукового кругозору науковця НДІ або студента-дипломника.

Замовлені теми, як правило, пов'язані з основними планами науково-дослідних робіт у галузі або об'єднанні. За актуальністю й економічною значущістю замовлені теми мають низку переваг перед іншими, тому їх необхідно аналізувати з позицій реальності виконання й можливості створення теоретичної бази.

Велику роль при виборі теми студентом відіграє ступінь її відповідності тематичній спрямованості науково-дослідних робіт відповідної кафедри. У цьому випадку студент може одержати кваліфіковану допомогу і взяти участь у проведенні експериментальних робіт з розвитку проблеми й тематики кафедри. При цьому прискорюється процес пошуку методів роботи та впровадження результатів наукових досліджень.

Вибір теми є найбільш відповідальним етапом виконання кваліфікаційної наукової праці, тому що її здобувач часом визначає майбутню свою (людини) діяльність на все життя і вирішальним чином обумовлює результат наукового дослідження. Практика показує, що правильно обрати тему – значить наполовину забезпечити успішне її виконання. Наведемо ряд рекомендацій з вибору теми здобувачем.

Обравши тему, студент має усвідомити сутність пропонованої ідеї, її новизну й актуальність, теоретичну важливість і практичну значущість. Дослідник повинен усвідомити тенденції розвитку процесів і явищ, які він збирається досліджувати. Це значно полегшує оцінку й остаточне закріплення обраної теми.

Говорячи про новизну ідеї (а також і теми), не треба забувати відоме положення, відповідно до якого не все нове є обов'язково прогресивним, так само як і старе – консервативним. Наукова новизна самої роботи – це ознака, наявність якої дає автору обґрунтування використовувати поняття «уперше» при характеристиці отриманих ним результатів і проведенні дослідження в цілому. Поняття «уперше» означає в науці факт відсутності подібних результатів до їх публікації. Уперше може проводитися дослідження на оригінальні теми, раніш не досліджувані в тій або іншій галузі наукового знання.

Правильно поставити проблему, змушуючи вченого чи винахідника напружено форсувати свої творчі можливості, – складне мистецтво. Дуже поширена помилка органів управління наукою полягає в тому, що вченому подається не вся проблема, а лише її частина. Робиться це, як правило, із благих намірів – вважається, що даючи досліднику тільки необхідну інформацію, економлять його час і сили. Але насправді подібне «урізання» проблеми, здійснене звичайно в рамках традиційного мислення і полягає в тому, щоб ці рамки здолати.

В організаціях, побудованих за ієрархічним принципом, «урізання» проблеми відбувається автоматично. Спускаючись з рівня на рівень, проблема неминує дробиться й доходить до окремих виконавців у вигляді часткових, не пов'язаних одне з одним, завдань і різко негативно впливає на творчу активність всіх співробітників.

Зараз визнано, що доцільно йти на деякі додаткові витрати засобів і часу, але доводити проблему у всьому обсязі до всіх співробітників, незалежно від їх службового стану.

Зокрема, у деяких фірмах США щороку у вигляді брошури видаються списки проблем, які могли б стати предметом досліджень, і така брошура роздається кожному співробітнику лабораторії. Заохочуються також особисті контакти дослідників зі споживачами майбутніх результатів праці: це дозволяє не тільки краще бачити всю проблему в цілому, але і позбутися можливих перекручень інформації, які невідворотні при передачі за багатоступеневим ланцюгом різних адміністративних рівнів.

Психологічний клімат у колективі створюється багатьма факторами. Тут доцільно розглянути тільки один із них, а саме: такого стану, який культивував би в творчій особистості впевненість у собі, яка інколи доходила б до самовпевненості.

Інколи ми можемо довго не звертати уваги на те чи інше життєве неподобство, але в кінці кінців терпінню раптом настає кінець, і ми разом виплескуємо все накопичене роздратування, навіть якщо остання доза неприємностей і була мікроскопічною. Нездарма кажуть про краплю, здатну перепоповнити чашу терпіння... Це типове порогове явище, коли до певної межі дія помітно не впливає на систему, а потім раптом викликає в ній найсильніші потрясіння. Коротше: кількісні зміни накопичуються й призводять до нової якості – це діалектичний закон переходу кількості в якість.

Але і в природі також немає абсолютно точних меж переходу кількості в якість – відомі переохолоджена та перегріта вода. А, наприклад, добре відома конструкція рульового управління передбачає так званий

«люфт» – при поверненні руля на $12 - 15^\circ$ положення колеса не змінюється. Тут допорогова ділянка – це той інтервал, коли система не реагує на управляючу дію водія. Деякі фахівці вважають, що застосування «люфту» у рульовому кермі – одна з найвдаліших віх у розвитку конструкторської думки автомобілебудівників: до цього керування автомобілем вимагало великого напруження і все одно машина рухалась зигзагами.

За аналогією можна відзначити, що людський колектив також нормально функціонує тільки у випадку, коли у його управління правильно підбрано розміри своєрідного «люфту», тобто коли вірно обрано межі, у яких поведінка кожного члена колективу, як і всього колективу в цілому, може відхилятися від норми, не викликаючи відповідної реакції керівництва. Якщо цей «люфт» надлишково великий чи малий, колектив швидко перестає плідно працювати.

Специфіка творчості приводить до того, що в первинному колективі постійно з'являються люди, які займають при вирішенні задач різні «рольові» позиції. Один із співробітників бере на себе роль генератора ідей, інший – критика, третій виконує організаторську, четвертий – виконавську частину роботи, п'ятий займається запровадженням та ін. На практиці часто одному співробітникові доводиться виконувати декілька ролей. Рольова структура притаманна будь-якій групі, яка об'єднана загальною метою. У таких колективах необхідно дотримуватися принципу сумісності (фізіологічної, психологічної, інтелектуальної, моральної), тобто створити такий стиль взаємовідносин, при якому жодні життєві колізії та наукові зіткнення не приводили б до дестабілізації роботи.

Однак діяльність наукового колективу майже ніколи не відбувається без творчих конфліктів: справжній успіх може бути досягнуто тільки внаслідок боротьби ідей. Але часто трапляється, що плідна боротьба ідей перетворюється у буденну чвару. При цьому виявляється, що міжособові суперечності вдається гасити до тих пір, доки вони не досягли деякої критичної величини. Якщо ж цей рубіж перейдено, то навіть невелике зусилля недобррозуміливості може призвести колектив до повного розпаду.

Важливо відзначити, що різні люди мають різні пороги дратівливості, вище яких вони стають некерованими. При цьому особливо невідношені особи можуть служити «стартерами», які розхитують колектив і виводять його на критичний поріг. Виявляти таких людей, слідкувати за ними і своєчасно їх нейтралізувати – найважливіше завдання керівника і всього колективу в цілому.

Наукова праця немислима без постійного контакту вченого з колегами його рівня, в іншому випадку ця організація (лабораторія, інститут)

18. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

18.1. Вибір теми науково-дослідної роботи.

18.2. Обґрунтування актуальності теми й етапи наукового дослідження.

18.3. Вступ, огляд літератури, об'єкт, предмет і методи досліджень.

18.4. Постановка наукової проблеми, наукової задачі й цілі дослідної роботи.

18.5. Помилки дослідника в процесі пізнання.

18.1. Вибір теми науково-дослідної роботи

Немає і не може бути твердого стандарту композиції НДР, дипломної, магістерської і дисертаційної роботи. Загальну структуру науково-дослідної роботи рекомендовано стандартом ДСТУ 3008-95 [46]. Науково-дослідна робота (звіт про НДР, магістерська й дипломна робота) повинні містити: титульний лист, зміст, перелік умовних скорочень (при необхідності), вступ, основну частину, висновки, перелік посилань.

Стандартом ДСТУ 3008-95 передбачено вимоги до змісту кожної названої структурної частини науково-дослідної роботи.

Розрізняють три різновиди тем: теми як результат розвитку проблем, над якими працює конкретний науковий колектив; ініціативні теми; замовлені теми. При виборі теми основними критеріями повинні бути актуальність, новизна й перспективність або стабільність: наявність теоретичної бази у виконавця й колективу, де він буде виконувати роботу; можливість виконання теми в даній організації й у першу чергу наявність засобів досліджень; зв'язок обраної теми з конкретними господарськими планами і довгостроковими програмами; можливість одержання від упровадження результатів досліджень технічного, економічного і соціального ефекту. Для оцінки перспективності тем використовують два методи: математичних і експертних оцінок.

Для магістерських і дисертаційних робіт найкраще обирати тему з розвитку проблеми. У цьому випадку, як правило, відпрацьовано методики досліджень, є засоби для досліджень і колектив фахівців. Ініціативні теми можуть виникати при декількох ситуаціях у результаті:

так звані непрямі факти, що, на перший погляд, здаються малозначними. Часто буває, що такі сторонні факти і явища ховають у собі початки важливих відкриттів.

Вивчати в науковому змісті – це значить бути науково об'єктивним. Не можна відкидати факти убік тільки тому, що їх важко пояснити або знайти їм практичне застосування. Але мало встановити якийсь новий науковий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, показати його загальпізнавальне, теоретичне, а якщо можливо, то і практичне, соціальне значення. Практика має бути першою й основною точкою зору теорії пізнання.

В історії науки відзначено чимало прикладів, коли важливі відкриття довгі роки залишалися маловідомими, тому що не одержали у свій час достатнього теоретичного пояснення. Сутність нового в науці не завжди чітко видно самому досліднику і навіть його сучасникам. Нові наукові факти, відкриття, іноді досить великі, через те, що їх значення погано розкрито, можуть довгий час залишатися в резерві науки і не використовуватися на практиці.

Результати наукових досліджень тим кращі, чим вищий науковий рівень висновків, узагальнень, чим вища їх вірогідність і ефективність.

Контрольні питання й завдання

1. *Які напрямки науково-дослідної діяльності існують у вищих навчальних закладах?*
2. *Опишіть організаційну структуру науково-дослідної діяльності у вищих навчальних закладах.*
3. *Опишіть структуру організаційного управління в науково-дослідних інститутах.*
4. *Дайте характеристику наукового дослідження.*
5. *Опишіть систему науково-дослідної роботи студентів.*
6. *Які форми наукових досліджень існують?*
7. *Назвіть послідовність етапів досліджень.*
8. *Назвіть процеси вивчення й пізнання об'єкта досліджень.*
9. *Назвіть форми наукового викладу матеріалів досліджень.*

втрачають для нього свою привабливість. Більш того, кожен вчений може скласти список «ключових людей», особисте спілкування з якими для нього особливо приємне. Кількість таких людей має яскраво виражений поріг. Стабільність діяльності колективу досягається за рахунок імітації членами функцій один одного, тобто заміни будь-якого співробітника іншим. Часто буває так: із наукового колективу йдуть два-три хороших працівника; лабораторія зберігає працездатність, швидко справляється зі втратою. Але потім іде ще один із ключових співробітників, інколи навіть не дуже гарний, а лабораторія починає розпадатись. Тому колектив можна вважати здоровим, якщо його склад формується на основі принципу перманентності (неперервності). Зневага до цього може призвести до негативних наслідків. Такий колектив буде старитися й потенціал його творчої активності буде падати. За рахунок відцентрових тенденцій, які породжуються незадоволеністю в самостійній науковій роботі вже дозрілих науковців, посилюється несумісність між керівниками й рядовими співробітниками.

Усе це важливо враховувати при формуванні нових наукових центрів. Невірно встановлений розмір центру, а також підбір кадрів за формальними ознаками можуть призвести до того, що концентрація ключових людей не досягає граничної величини і здібні вчені не будуть намагатися працювати у цьому центрі. Навпаки, спеціальні зусилля із залучення провідних учених розпочнуть швидко окупатися при досягненні граничної величини. Вважається, що кількість співробітників у творчому колективі не має перевищувати 20 осіб. Причому група з 15 вчених працює, як правило, набагато продуктивніше, ніж 5 груп по три людини і лише наполовину поступається групі з 45 – 50 чоловік. З іншого боку, з підвищенням чисельності групи зростає ресурс талантів і засобів, придатних для розв'язання технічних проблем (див. підрозділ 14). Для того щоб кожен співробітник працював з максимальною віддачею, необхідно найсуворіше дотримання принципу наукової рівності.

Порогові явища доводиться враховувати також і при плануванні індивідуальної праці вчених. Кожне крупне відкриття – це граничне явище у розумінні тієї чи іншої проблеми. Суспільство винагороджує пошанами, преміями та званнями тих вчених, яким довелося першими «переступити поріг», але при цьому зовсім не враховується, хто і скільки сил витратив у допороговій ділянці. А то може трапитися й таке, що всю підготовчу працю виконали інші, а автору відкриття залишилося тільки сформулювати! У справедливості такої праці сумнівався навіть сам Ейнштейн, відзначаючи, що діяльність кожного вченого настільки тісно пов'язана з роботою його попередників і сучасників, що швидше слід вважати випадковістю те, що вирішальний крок зроблено тою, а не іншою людиною.

Психологічний клімат творчого колективу. На створення у колективі такого психологічного клімату, коли творчий індивідуум набуває достатньої впевненості, щоб зробити рішучий крок через поріг, може наважитись мудрий керівник. Адже в заклику до виховання самовпевненості можна побачити замах на найсвятіше правило колективізму, що вимагає скромності. «З ворогами не соромливий», – це вже схвалення. Точно так і пізнання істини вимагає від дослідника інколи великої мужності: «Якщо скромність складає характерну особливість дослідження, то це швидше ознака боязні істини, ніж боязні брехні. Скрамність – це засіб, сковуючий кожен мій крок уперед. Вона є заданий зверху досліднику страх перед висновками, вона запобіжний засіб проти істини».

На жаль, ми досить часто засуджуємо творчу самовпевненість, порівнюючи її до непошани колективу! Бездумне застосування критеріїв стосунків між людьми до стосунків між людиною та науковою ідеєю призводить до того, що часто вчені соромливо заперечують свій пріоритет, займаються «плагіатом навпаки», приписуючи свої думки ти ідеї колегам. А написати у науковій статті «Я» вважається поганим тоном...

Невпевненість у своїх творчих силах зовсім не притаманна дослідникам – вона свідомо чи несвідомо виховується дією різних організаційних факторів, перш за все поведінкою керівників та колег. От і пише з цього приводу віце-президент із досліджень компанії «Стандарт Ойл»: «Ми повинні визнати, що в кожній науковій та професійній асоціації існує мовчазний гніт традиційного мислення... Боязнь критики з боку членів гільдії – дуже дійовий обмежувач творчості. Наукові догми можуть стати ще більше тиранічними, ніж у свій час були релігійні догми».

На жаль, схильність критикувати чужі ідеї, мабуть, вроджена людська властивість. Образно кажучи, нова ідея (зрозуміло, чужа) діє на людину так, як введений в організм чужий білок – викликає імунну реакцію й напруження всіх інтелектуальних (добре, якщо тільки їх) сил проти нової ідеї.

Зустрівшись із групою критиків, що мають часто значно більші ерудицію та авторитет, ніж сам автор, ідея гине. От тут і повинен вийти на трибуну керівник. Його прямий обов'язок, що має бути записаним у посадовій інструкції, – захистити творчу особистість від надмірної критики колег. Ця функція керівника настільки важлива, що багато дослідників наукової творчості схильні вважати її вирішальною.

Безумовно, стан керівника, який захистив автора нової ідеї, може виявитись делікатним, бо ідея може бути помилковою. Тому керівник повинен із самого початку попередити своїх співробітників, що він і автор

ве рішення, що відкидає старе і пропонується в небувало новому, майже фантастичному вигляді.

Сучасний наукознавчий підхід до досліджень вимагає виділення таких сторін, що підвищують ефективність або коефіцієнт корисної дії вченого. Тому вивчати в науковому змісті – це значить також опановувати умінням швидко й правильно приймати рішення. Постановка проблеми – це і є задача великого плану. Відповідно більше можливостей виявити свою індивідуальність має той вчений, що працює якоюсь мірою як «вільний художник»: висуває ідеї, ставить проблеми. При цьому закономірним є дотримання таких рекомендацій:

- ♦ не приймати за істину нічого, що не є достовірним і аксіоматичним;
- ♦ складні питання розділяти на стільки частин, скільки необхідно для вирішення проблеми (декомпозиція); починати дослідження з простих і зручних для пізнання речей, потім переходити до складних і важких;
- ♦ зупинятися на всіх подробицях, на все звертати увагу, щоб бути впевненим, що нічого не упущено.

Вивчати в науковому сенсі – це значить вести пошукові дослідження, наче заглядати в майбутнє. Уява, фантазія, мрія, що спираються на реальні досягнення науки й техніки, як говорилося вище, є реальними факторами наукового дослідження, додають романтичний характер будь-якій пошуковій творчій роботі вченого.

Реальна фантазія, мрія – функція справжньої наукової творчості. Вчений, що не вміє мріяти, подібний птаху без крил, кругозір якого завжди вузький. Хоча, у принципі, кожне наукове дослідження – це своєрідний пошук нового.

Вивчати в науковому змісті – це добре й обґрунтовано застосовувати наукове передбачення, прогнозування, науково продуманий розрахунок. Як уже говорилося вище, у науці можливі щасливі, випадкові відкриття. Але тільки планове, добре оснащене сучасними засобами наукове дослідження надійно дозволяє розкрити і глибоко пізнати об'єктивні закономірності в природі.

Вивчати в науковому змісті – це шукати й знаходити, формулювати відповіді при розв'язанні складних задач у вигляді простих і, якщо можливо, витончених рішень. Але, як часто буває на практиці, починаючий дослідник обирає саме важкі та складні рішення там, де в цьому немає ніякої необхідності. При науковому дослідженні усе важливо. Концентруючи увагу на основних або ключових питаннях теми, не можна не враховувати

вихідне, безсумнівне, готове у свідомості. Такими визнаються, наприклад, число, час, простір, речовина, форма, рух, маса. Сучасне науково-теоретичне мислення прагне проникнути й пізнати сутність предметів і явищ об'єктивного світу. Це можливо за умови, коли діалектичний матеріалізм приймається як загальна методологія природознавства. Важливо, щоб теми дослідження відповідали задачам сучасного розвитку теорії й практики, запитам народного господарства й культури країни.

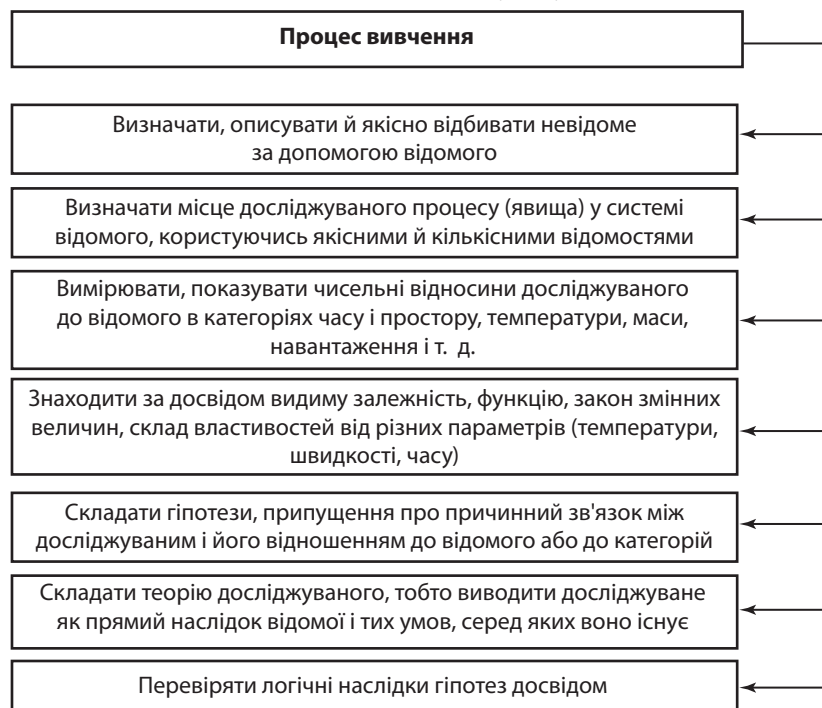


Рис. 17.6. Процес вивчення й пізнання об'єкта досліджень

Постановка ідеї у науковій методології вимагає цілісного підходу до об'єкта пізнання, застосування синтезу (як загальної риси сучасної науки), розгляду об'єкта в його виникненні й розвитку, тобто історичного підходу до об'єкта.

Відомо, що нові наукові результати і раніше накопичені знання знаходяться в діалектичній взаємодії. Краще й прогресивне зі старого переходить у нове і дає йому силу й дієвість. Іноді забуте старе знову відроджується на новій науковій основі і живе начебто друге життя, але в іншому, більш досконалому вигляді. Але може бути і таке: принципово нове науко-

мають право на помилку, бо творчості без помилок не буває. Але не помиляється тільки той, хто не виробляє нічого принципово нового, а задовольняється нетворчою працею. Не зайвим буде нагадати статистику: на кожен впроваджений у виробництво результат припадає 8 патентів, 98 технічно здійснених рішень та 540 ідей!

Вивчення діяльності творчо найобдарованіших дослідників показує, що право робити помилки окупається: у них помилка чи навіть декілька їх слугують тільки сходинкою до великого успіху. У цьому значенні помилка є своєрідним ультиматумом, що мобілізує творчі сили. Зрозуміло, щоб помилка відіграла позитивну роль, дослідник повинен мати певну мужність та впевненість у своїх силах.

Значення особистих стосунків між керівником та творчим працівником особливо різко виявляється у процесі оцінки ідей. Творець потребує співчутливого вуха, причому це «вухо» повинно мати авторитет і певне положення. Це вухо керівника. Виключно важливо швидко оцінити ідеї та пропозиції працівників, бо контакт між ними та керівником втрачається. Автор ідеї, віддавши її на суд, із нетерпінням чекає результатів, хоч звичайно намагається цього не показувати. Якщо керівник мовчить, затягує відповідь чи взагалі забуває про пропозицію, це болюче ранить підлеглого, відбиває у нього бажання до подальшої творчості.

Організація процесу ідей та вибору тем досліджень – одна з найважливіших проблем організації науки. Причому перший ступінь цього процесу полягає у постановці обліку ідей, що надходять, бо незаписана – це майже втрачена ідея внаслідок ненадійності людської пам'яті. Організація обліку та збереження ідей – завдання керівника, незалежно від того, запи-сує автор сам свої ідеї чи ні. До завдання керівника входить вибір вірного моменту для використання ідей із запасу.

Після того як ідею в цілому прийнято, необхідне її обговорення біль-шменш широким колом осіб. На основі практичного досвіду наукознавці зробили два цікаві висновки:

- 1) багаторазове обговорення та дискусії як метод відділення поганих ідей від хороших призводять до відсіву всіх ідей;
- 2) чим більше людей бере участь в обговоренні та дискусіях, тим у ідеї менше шансів вижити. Мабуть, в оцінці наукових ідей, які внаслідок новизни не піддаються логічному аналізу, суб'єктивний фактор довго ще буде грати вирішальну роль і вимога «демократизації» оцінки не може вважатися доцільною. Демократія передбачає рівну владу при рівній компетентності: в науці одна людина може бути компе-

тентнішою та далекогляднішою, ніж сто колег. Найкращий спосіб забезпечення максимальної вірогідності позитивної оцінки плідної ідеї – це мати на посаді «головного оцінника» ідеї найдалекогляднішого співробітника. Голосування тут неприйнятне.

Головне нещастя ідей полягає в загальній впевненості, що це ресурс даровий. Уже досить багато говорилось про те, як впливає ця впевненість на відношення до дарових ресурсів взагалі (зокрема до природних – води, повітря, корисних копалин і т. ін.), коли використовується лише те, що необхідно в даний момент у даному місці, а решта кидається напризволяще.

Приватна власність, у тому числі і на інтелектуальну власність, змушує фірми при ринковій економіці вести пошук ідей, скуповування патентів на винаходи по всьому світі, нові ідеї тримати за сімома замками, організовувати промислове шпигунство. У колишньому СРСР, при соціалізмі, як до природних ресурсів, так і до плідних ідей ставилися по-хижацькому – продавали патенти, а в себе не застосовували: яскравий приклад – безперервна розливка сталі, винайдена в СРСР, а розповсюджена у передових державах.

Творча діяльність дослідників не повинна вміщатися у вузькі рамки окремого напрямку, вона безперервно створює запас ідей, який не може бути увесь використано у даному місці й у даний момент. Завдання керівництва наукової установи полягає ще й у тому, щоб забезпечити проникнення таких надлишкових ідей у ті наукові колективи, де вони можуть принести користь. Зрозуміло, процес поширення надлишкових ідей трудомісткий та суперечливий. По-перше, поки що не розроблено достатньо ефективні заходи для формального захисту авторських прав. По-друге, поза тим колективом, де ідея народилась, вона зустрічає потужну протидію.

У науковому фольклорі це описується як синдром «не ми придумали»: навіть стало скорочено позначатися NIH (Not Invented Here). Тому, власне кажучи, розповсюдження нових ідей не можна порівнювати з вільною дифузією – це процес, що вимагає великої витрати енергії.

Остання проблема служить предметом багатьох наукознавчих досліджень, якими встановлено, що в кожному випадку історії ідеї – від зародження до впровадження в практику – вдається виділити одну-дві людини, які у здійсненні ідеї брали своєрідну участь. Саме вони – захисники, та носії ідеї – і бувають тією реальною силою, яка дозволяє ідеям долати загальний опір.

Нарешті, як інформацію до роздумів можна повідомити, що за розрахунками відомого американського наукознавця Д. Прайса, сто дослідників



Рис. 17.5. Етапи наукового дослідження та їх структура

3. Гнучкість або ригідність – здатність людини переключатися на інші види й способи діяльності адекватно вимогам дійсності на відміну від нездатності це робити.
4. Толерантність або нестійкість до нового досвіду, що суперечить знанням людини – здатність обробляти неструктуровану, невизначену, двозначну інформацію на відміну від нездатності це робити.
5. Вузькість або широта сканування. Здатність розподіляти й фокусувати увагу, точно й детально відбивати ситуацію, її значущі особливості, охоплювати різні аспекти проблеми.

17.3. Процес наукового вивчення й пізнання об'єкта дослідження

Процес пізнання містить у собі нагромадження фактів. Без систематизації й узагальнення, логічного осмислення фактів не може існувати ніяка наука. Хоча факти необхідні вченому як повітря, але окремо узяті вони ще не наука. Факти стають складовою частиною наукових знань, коли вони виступають у систематизованому узагальненому вигляді.

Наукове дослідження – це цілеспрямоване вивчення за допомогою наукових методів явищ і процесів, аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчення взаємодій між явищами з метою одержання переконливо доведених і корисних для науки й практики рішень. Наукові дослідження характеризуються об'єктивністю, повторюваністю, доведеністю й точністю.

Метою наукового дослідження є загальне, об'єктивне й обґрунтоване вивчення явищ, процесів, їх характеристик, взаємозв'язку на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також одержання корисних для діяльності людини результатів упровадження їх у виробництво для підвищення його ефективності.

На *рис. 17.5* наведено схему етапів (1 – 9) проведення наукових досліджень при виконанні наукової праці (дипломних і магістерських робіт). При складанні схеми використано матеріали роботи [15].

Будь-яке наукове дослідження, від творчого задуму до остаточного оформлення праці, здійснюється за якимось своїм індивідуальним, неповторним порядком. Але можна визначити і деякі загальні підходи й вимоги в тому творчому процесі, який прийнято називати «вивченням у науковому змісті».

Основні складові процесу вивчення й пізнання об'єкта (процесу, явища) дисертаційних досліджень подано на *рис. 17.6*. Зі схеми випливає, що вивчати що-небудь можливо лише тоді, коли щось уже визнається за

видають наукової продукції тільки в 3,3 разу більше, ніж один дослідник, тобто збільшення вартості досліджень пропорційне квадрату кількості вчених, які беруть у ньому участь. А ефективність досліджень пропорційна кореню четвертого ступеня з цього числа. Необхіден пошук способів інтенсифікації справжньої наукової творчості, а не простої інженерної праці, хоч це також необхідне.

Контрольні питання й завдання

1. *Що є рушійною силою творчого процесу?*
2. *Назвіть основні джерела виникнення творчих протиріч.*
3. *Які існують типові прийоми розв'язання технічних протиріч?*
4. *Яка різниця між потребою і споживчою функцією технічного об'єкта?*
5. *Що належить до безпосереднього й непрямого оточення об'єкта?*
6. *Дайте зображення графу цілей розвитку технічних систем, орієнтованих щодо інтересів суспільства.*
7. *Зобразіть схемою класифікацію системотехніки розвитку технічних об'єктів.*
8. *Поясніть роль адміністративних й людських факторів у підвищенні ефективності наукової роботи.*

4. ДІАЛЕКТИЧНІ ПРИНЦИПИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ В РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

4.1. *Поняття й склад технічних об'єктів і систем, технологій та їх взаємодії з навколишнім середовищем.*

4.2. *Стадії розвитку технічних об'єктів.*

4.3. *Умови й процеси розвитку технічної творчості.*

4.1. Поняття й склад технічних об'єктів і систем, технологій та їх взаємодії з навколишнім середовищем

Техніка – це цілий світ неживої природи. Вона оточує нас на виробництві, на вулиці, у полі, будинку, у космосі, кількість об'єктів техніки теоретично наближається до нескінченності. Від ефективності техніки залежить наше майбутнє, техніка – одна із заповнених прогресу.

Поняття «технічний об'єкт» і «технічна система» є синонімами, тому що відбивають те саме поняття, але з різними відтінками при використанні й описанні. Поняття «технічний об'єкт» більш широке, оскільки «технічні системи» є лише його різновидом. Технічним переважно називають об'єкт у тих випадках, коли мова про нього ведеться взагалі, без будь-якої структурної, функціональної і конструктивної конкретизації, у той час як термін «технічна система» використовується під час обговорення його внутрішнього змісту, при вивченні, аналізі, синтезі й конструюванні. Технічна система – це визначена сукупність упорядковано пов'язаних між собою елементів, що мають сукупні властивості, які не тільки підсумовують властивості вхідних у її структуру елементів, але й іншими якісно новими властивостями, не характерними для системостворюючих елементів, наприклад, автомобіль має властивості пересування, у той час як жоден із його окремо взятих елементів (кузов, шасі, двигун і т. д.) таких властивостей не має.

Важливо мати на увазі, що будь-яка технічна система складається з низки конструктивних елементів (ланок, блоків, вузлів, агрегатів), називаних «підсистемами», число яких, у загальному випадку, може бути рівним «*N*». У той же час у більшості технічних систем існують і надсистеми – технічні об'єкти більш високого конструктивного рівня, у які їх включено як функціональні елементи. У надсистему можуть входити від двох до «*M*»

переваги й недоліки, «нестандартно» мислити, знаходити власні вирішення, висувати нові наукові ідеї, уміти працювати з науковою апаратурою, комп'ютерною технікою, проводити самостійно експеримент, накопичувати й аналізувати необхідні факти, узагальнювати їх, систематизувати, теоретично пояснювати, оформляти у вигляді наукового звіту, статей, монографій, патентів, доповідей, винаходів.

Види науково-дослідної продукції наведено на рис. 17.4.



Рис. 17.4. Форми наукового викладу матеріалів досліджень

Індивідуальні знання формуються й упорядковуються за допомогою індивідуальних пізнавальних процесів. Людині властивий свій індивідуальний когнітивний (пізнавальний) стиль, що виявляється в індивідуальних розходженнях при сприйнятті та переробці інформації, а також внутрішньому контролю адекватності процесів пізнання, їх цілеспрямованості, погодженості з вимогами навколишнього середовища. Виділяють кілька когнітивних стилів [43].

1. Понятійна диференційованість або недиференційованість – схильність людини розрізняти об'єкти за допомогою великої кількості ознак і будувати більш точні судження про них на відміну від схильності бачити загальне й розрізняти об'єкти за невеликою кількістю ознак.
2. Згладжування або підкреслення розходжень – схильність людини спрощувати й утрачати деталі на відміну від схильності їх підкреслювати й зберігати.

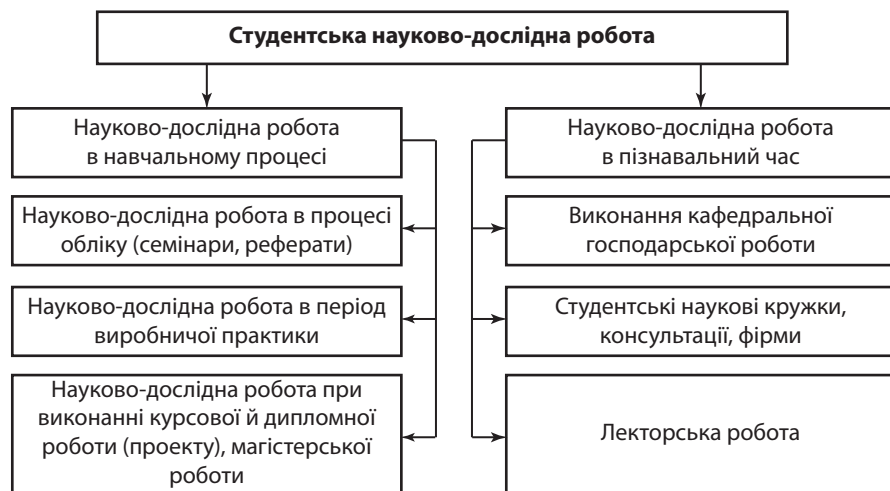


Рис. 17.3. Система науково-дослідної роботи студентів

прийнятої наукової концепції, наукової новизни роботи, їх конкретизації сприяють підвищенню наукової цінності досліджень, їх науково-методичного рівня і якості.

Одержання наукових результатів, оформлених у вигляді наукового звіту, має свої принципи, методи, техніку і технологію.

Виконавець наукової роботи повинен мати досить чіткі загальні уявлення про методологію наукової творчості. Здібності виконавця (науковця) визначаються, насамперед, результатами його роботи, ерудицією й кваліфікацією. Під ерудицією розуміються широкі й глибокі знання не тільки тієї галузі науки, у якій він працює, але і суміжних. Найбільш достовірні й міцні знання одержують із першоджерел. Виконавець наукової праці піддає їх критичному аналізу, творчій переробці, систематично використовує у своїй діяльності.

Кваліфікація виконавця визначається поєднанням високих знань предмета, ерудиції і творчих навичок у проведенні теоретичних і експериментальних робіт.

Сучасне науково-теоретичне мислення намагається дійти до суті явищ і процесів, що вивчаються. Це стає можливим за умов цілісного підходу до об'єкта вивчення, розгляду його в походженні й розвитку, тобто використання історичного аспекту.

Виконавець наукової праці, що має широку ерудицію і творчі навички, здатний критично осмислювати наукову інформацію, оцінювати її

технічних систем. Наприклад, якщо як «технічна система» розглядається електричний мотор для пральної машини, то саму машину можна розглядати як надсистему, а вхідні до складу електромотора конструктивні вузли (вал, підшипники, обмотки полюсів) – підсистемами. Ієрархія підпорядкованості ланок у технічних системах добре видно на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Ієрархія підпорядкованості ланок у технічних системах

Будь-який технічний об'єкт знаходиться у визначеній взаємодії з навколишнім середовищем. Вони виконують визначені функції (операції) із перетворення речовини (об'єктів живої й неживої природи), енергії або інформаційних сигналів. Обробка речовини, енергії або сигналів за допомогою технічних об'єктів виробляється шляхом виконання ряду технологічних операцій, що виконуються одна за одною у визначеній послідовності. Під технологією розуміється спосіб, метод або програма перетворення речовини, енергії або інформаційних сигналів із заданого початкового стану в заданий кінцевий стан за допомогою відповідних технічних систем (об'єктів). Стосовно до промислового виробництва технологія визначається як «сукупність методів обробки, виготовлення, зміни складу, властивостей, форми сировини, матеріалу або напівфабрикату, здійснюваних у процесі виробництва продукції». Задача технології як науки: виявлення фізичних, хімічних, механічних і інших закономірностей з метою визначення й використання на практиці ефективних і економічних виробничих процесів [1, 13, 14].

Взаємодія технічного об'єкта з навколишнім живим і неживим середовищем може відбуватися за різними каналами зв'язку, що доцільно підрозділити на дві групи (рис. 4.2). Перша група включає потоки речовини, енергії й інформаційних сигналів, переданих від навколишнього середовища до технічного об'єкта. До них належать: A_T – функціонально зумовлені (або керуючі) вхідні впливи, вхідні потоки в реалізовані фізичні операції; A_B – змушені (або збуджуючі) вхідні впливи: температура, вологість, пил, діяльність комах і т. п.

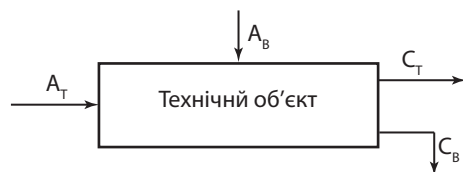


Рис. 4.2. Взаємодія технічного об'єкта з навколишнім середовищем

Друга група потоків зв'язку – це ті, що передаються від розглянутого технічного об'єкта в навколишнє середовище. До них належать: C_T – функціонально зумовлені (або регульовані, контрольовані) вихідні впливи, вихідні потоки реалізованих у об'єкті фізичних операцій; C_B – змушені (збурюючі) вихідні впливи у вигляді електромагнітних полів, забруднення води, атмосфери, землі і т. д.

4.2. Стадії розвитку технічних об'єктів

Життєвий цикл машини включає стадії досліджень, проектування й доведення, серійного виготовлення (виробництва), експлуатації й списання. Його розрахунок провадиться за формулою:

$$T_{ЦМ} = T_{ПР} + T_{ВИГ} + T_C,$$

де $T_{ПР}$ – календарний термін від початку розробки машини до приймальних випробувань; $T_{ВИГ}$ – тривалість серійного виготовлення машини, включаючи підготовку виробництва; T_C – термін служби машини.

Графічно цикл розвитку технічної системи можна подати графічно ламаною кривою (див. рис. 4.3), що ілюструє, як міняються в часі (t) характеристики (g) системи (продуктивність, витрата енергоносіїв, потужність, швидкість і т. ін.). У різних систем ця крива має свої індивідуальні особливості. Технічний рівень створюваних макетних і дослідних зразків не завжди (з технічних, економічних та інших причин) відповідає необхідному технічному рівню D . Нерідко з тих же причин можуть вироблятися ненадійні машини рівня якості B і Γ (див. рис. 4.3). Після ухвалення рішення про вдосконалення створена система A (ділянка 1) може швидко розвиватися до рівня Γ (ділянка 2) і вище до економічно обґрунтованих вимог D . На ділянці 3 темпи розвитку системи зменшуються, вона вичерпує свої потенційні можливості і настає старіння. Надалі система морально застаріває чи деградує (крива 5) або тривалий час зберігає досягнуті показники (ділянка 4). На стадії 4 об'єкт може модернізуватися або замінитися принципово новою системою B .

Очевидно, що в процесі розвитку технічного об'єкта перехід від однієї стадії до іншої у зоні E (див. рис. 4.3) відбувається тоді, коли фізичні або інтелектуальні можливості людини з подальшого підвищення актуальних

Стосовно до дисертаційних робіт, що мають спеціальний класифікаційний характер, більш прийнятною класифікацією є наукова спрямованість. За змістом і спрямованістю дисертації умовно можна розділити на чотири групи: теоретичні, прикладні, інформативні й комплексні.

У дисертаціях теоретичного характеру дослідник застосовує теоретичну розробку і логічне узагальнення експериментальних даних для виявлення закономірностей явищ і процесів. У таких роботах звичайно містяться матеріали, що вказують шляхи практичного застосування теоретичних положень. Власна логіка розвитку кожної науки (особливо математичних, філософських і соціальних) дозволяє виділяти і такі наукові результати, що поки не мають практичного застосування, але в обсязі дисертації розширюють коло знань за темою.

Дисертації прикладного характеру акцентують увагу на матеріальній стороні єдиного суспільно-історичного процесу пізнання і перетворення природи й суспільства. Головна мета таких робіт: показати й обґрунтувати кількісну і якісну сторони реалізації визначених теорій; нові реальні можливості їх застосування на практиці; технічну, соціальну, економічну, естетичну або іншу значущість конкретних теоретичних положень.

У дисертаціях інформативного характеру (ще порівняно рідких) розкриваються визначені сторони теорії наукової інформації як самостійної загальнонаукової дисципліни. У дисертаціях комплексного характеру теоретичні й практичні напрямки не виділяються, але утворюють певну єдність.

За методами й прийомами дослідження дисертації може бути умовно розділено на групи: експериментальні, описові, розрахунково-аналітичні, історичні, полемічні, змішані. Отже, є дисертації теоретичні експериментальні, теоретичні описові і т. п.

Систему науково-дослідної роботи студентів наведено на рис. 17.3.

17.2. Кваліфікаційні ознаки науковця

Будь-яке наукове дослідження повинно не тільки мати нове рішення науково-технічної проблеми, переглянути наукові факти в новому аспекті, на новому якісному рівні, але і чітко, логічно, обґрунтовано розкрити головні ознаки досліджень: ціль, задачі, наукову новизну, методологію, вірогідність результатів, практичну й економічну значущість, висновки. Ці ознаки є «візитною картою» наукової праці, вони якоюсь мірою характеризують не тільки науковий рівень проведеного дослідження, але й ступінь наукової зрілості виконавця. Вимоги чіткого, логічного викладу

Прикладні наукові дослідження – наукова й науково-технічна діяльність, спрямована на використання результатів фундаментальних досліджень для різних практичних задач, на основі яких розробляється нове обладнання, нові машини, способи організації виробництва, технологічні процеси й ін., з метою одержання економічного ефекту в конкретних галузях економіки. Прикладні дослідження піддаються плануванню, а фундаментальні планувати складно.

Науково-дослідна діяльність прикладного характеру виконується в НДІ у відділах, лабораторіях, секторах. Співробітникам НДІ присвоюються звання молодшого наукового співробітника, наукового співробітника, старшого наукового співробітника, провідного наукового співробітника, головного наукового співробітника, зав. науковим відділом, зав. лабораторією, заступника директора НДІ з наукової роботи.

Вищі навчальні заклади мають спеціальні підрозділи, що виконують науково-дослідні роботи за рахунок державних бюджетних і госпрозрахункових коштів. Дослідження виконують науково-педагогічні працівники з залученням студентів, молодих вчених, здобувачів кандидатських і докторських дисертацій з наукової тематики вищих навчальних закладів (див. *рис. 17.2*).

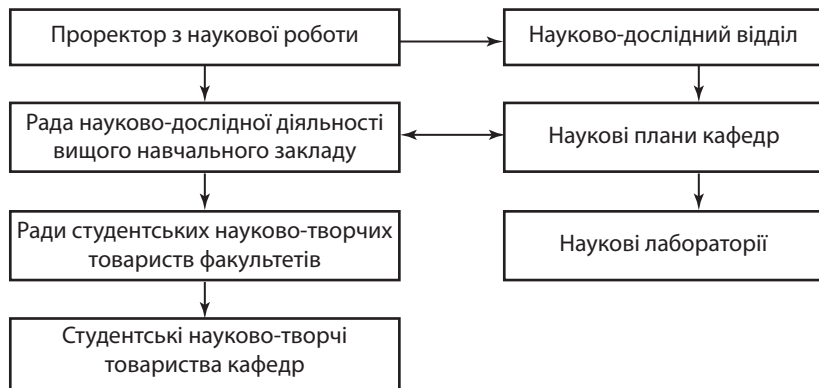


Рис. 17.2. Організаційна структура науково-дослідної діяльності у вищих навчальних закладах

Науково-педагогічні працівники у вищих навчальних закладах можуть займати посади: асистент, викладач, старший викладач, доцент, професор, зав. кафедрою, проректор з наукової роботи.

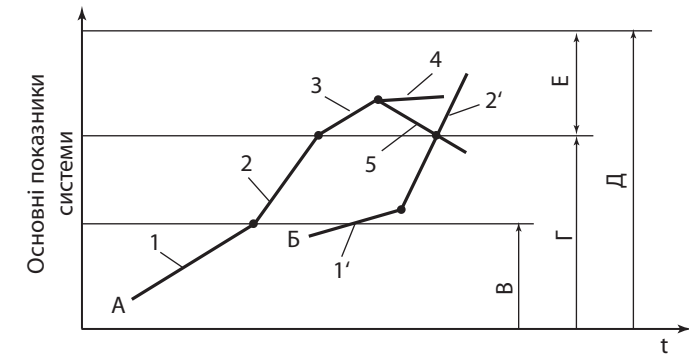


Рис. 4.3. Життєвий цикл технічних можливостей удосконалювання й економічної доцільності використання технічного об'єкта:

В – недопустимий технічний рівень; Г – допустимий; Д – необхідний технічний рівень; Е – зона необхідного техніко-економічного рівня показників

критеріїв надійності, витрат енергоносіїв і продуктивності виявляються вичерпаними. Тоді якість об'єкта можна підвищити лише при реалізації інших науково-технічних розробок (крива Б *рис. 4.3*). Середній термін створення машини (автомобіля, трактора і т. д.) від конструкторської розробки до промислового впровадження триває 5 – 10 років (див. *рис. 4.4*).

Процеси розвитку технічних об'єктів (ТО) того самого функціонального призначення й техніки в цілому являють собою об'єктивні закономірності: техніка в часі розвивається постадійно в напрямку передачі фундаментальних функцій праці від людини до технічного об'єкта. Увесь цикл розвитку технічного об'єкта має 4 стадії, що відповідають чотирьом фундаментальним функціям праці й машин з обробки й виробництва матеріальних продуктів (див. *рис. 4.5*).

Табл. 4.1 ілюструє місце і роль технічного об'єкта і людини (вони позначені відповідно як «ТО» і «люд.») на різних стадіях розвитку техніки.

Таблиця 4.1

Роль технічного об'єкта й людини на різних стадіях розвитку техніки

Фундаментальні функції праці	Стадії розвитку техніки			
	1	2	3	4
Технологічна (Т)	ТО	ТО	ТО	ТО
Енергетична (Е)	люд.	ТО	ТО	ТО
Керування (К)	люд.	люд.	ТО	ТО
Планування (П)	люд.	люд.	люд.	люд.

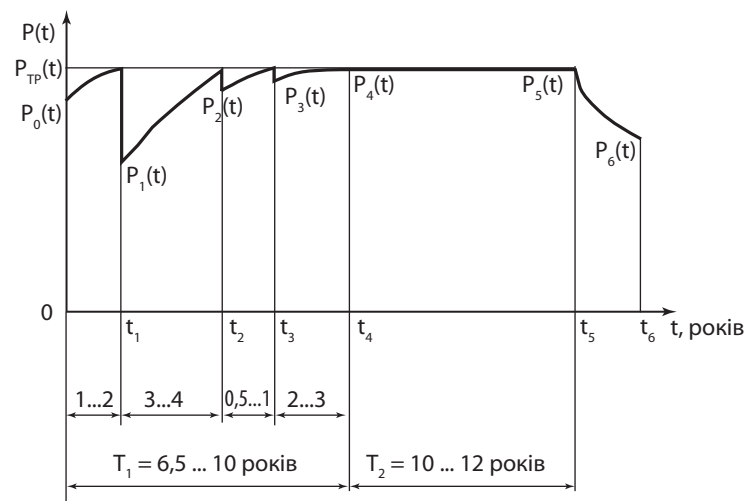


Рис. 4.4. Життєвий цикл складних машинних об'єктів техніки:

$P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи від початкового значення $P_0(t)$ до необхідної величини $P_{TP}(t)$; $0 - t_1$ – доведення надійності перших варіантів макетів шляхом введення надійних елементів складає 1 – 2 роки; $t_1 - t_2$ – період доробки на етапі випробувань дослідних зразків складає 3 – 4 роки; $t_2 - t_3$ – доведення на початковому етапі серійного виробництва складає 0,5 – 1 рік; $t_3 - t_4$ – період усунення відмовлень і несправностей на початковому етапі експлуатації складає 2 – 3 роки; $t_4 - t_5$ – тривалість експлуатації складає 10 – 12 років; $t_5 - t_6$ – помітне зниження надійності, інтенсивне старіння елементної бази і матеріалів складає 5 – 7 років; T_1 – період доведення; T_2 – відносно стійкі показники надійності

4.3. Умови й процеси розвитку технічної творчості

Одними з головних компонентів і умов розвитку творчої діяльності є включення людини-діяча (інженера, дизайнера, винахідника) в об'єктивні обставини, що зумовлюють саму цю діяльність, її виникнення й розвиток. Без включення в об'єктивні умови ніяка суб'єктивна позиція, пропозиція, чекання не має смислу. Кожному творчому акту в обов'язковому ступені має передувати визначений процес ознайомлення людини з конкретними об'єктами, їх перевагами і недоліками, умовами робіт із прогностичних позицій.

На основі такого аналізу недоліків і з прогностичних позицій формується вимога до розроблювального предмета. Вимога – форма вираження мети й процесу діяльності. Вимоги можуть носити об'єктивний і суб'єктивний характер.

Ніякої загальноприйнятої класифікації поки що немає. Їх поділяють на фундаментальні й прикладні, пошукові, тематичні й інші.

Фундаментальні (теоретичні) наукові дослідження означають: основні, головні. І наукова теоретична, і експериментальна діяльність спрямовані на пізнання законів, що керують поведінкою й взаємодією базисних структур природи, суспільства й людини. Розвиток сучасної техніки значною мірою залежить від прогресу в галузі фундаментальних наук – математики, теоретичної фізики.

Вищим державним науковим центром є Національна академія наук України (НАНУ). Вона поєднує всі напрямки науки і підтримує міжнародні зв'язки з науковими центрами інших країн. НАНУ очолює й координує разом із Державним комітетом з науки й технологій України фундаментальні й прикладні дослідження в різних галузях науки.

Відділення НАНУ поєднують науково-дослідницькі інститути (НДІ), що очолюють розвиток науки в конкретній галузі знань. У них сконцентровано провідні наукові сили. Структуру управління в НДІ показано на рис. 17.1.

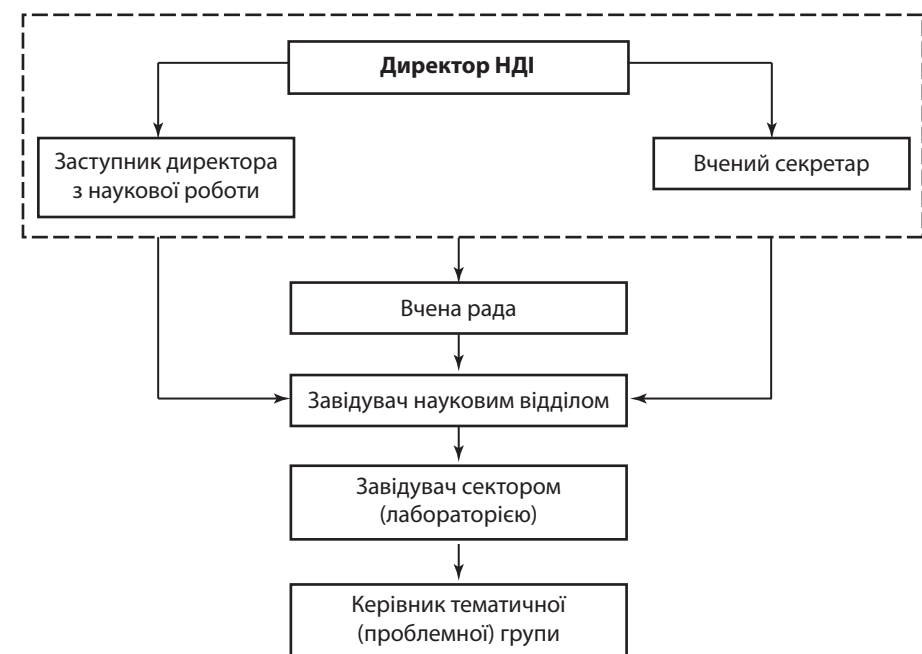


Рис. 17.1. Структура організації управління НДІ

17. ОРГАНІЗАЦІЯ, ВИДИ Й ПРОЦЕС НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

17.1. Організація наукової діяльності в Україні.

17.2. Кваліфікаційні ознаки науковця.

17.3. Процес наукового вивчення й пізнання об'єкта дослідження.

17.1. Організація наукової діяльності в Україні

Організацією науки в Україні займається Державний комітет з науки й технологій в Україні, що визначає разом із науковими організаціями напрямки розвитку наукових досліджень і використання їх у народному господарстві. Державний комітет подає плани розвитку науки уряду або Верховній Раді України на затвердження й забезпечення фінансування з державного бюджету або інших джерел. Така організація управління науковими дослідженнями дає можливість концентрувати й орієнтувати науку на виконання найбільш важливих завдань. Управління науковою діяльністю будується за територіально-галузевим принципом.

Сьогодні науково-дослідну роботу проводять:

- ♦ науково-дослідні й проектні організації й центри Національної академії наук України (НАНУ);
- ♦ науково-виробничі, науково-дослідні, проектні організації, системи галузевих академій;
- ♦ науково-дослідні, проектні організації й центри міністерств і відомств;
- ♦ науково-дослідні організації й кафедри вищих навчальних закладів;
- ♦ науково-виробничі, проектні організації й центри промислових підприємств і об'єднань;
- ♦ ієрархічну вершину цієї сукупності організацій, центрів, підприємств завершує Державний комітет з науки й технологій, що забезпечує єдину державну політику в галузі науки та її використання у практиці.

Загальна класифікація сучасних наук установлює взаємозв'язок між трьома головними розділами наукового знання: природознавством, суспільними (соціальними) науками й філософією, кожний з яких створює цілу систему наук.



Рис. 4.5. Стадії передачі фундаментальних функцій праці від людини до технічного об'єкта

Поняття «включення» зіставляється з такими поняттями, як «інтерес», «розуміння», «осмислення», що характеризують творчий контакт між суб'єктом і об'єктом. Процес включення людини в діяльну ситуацію зводиться до: визначення вимог і ресурсів у конкретній обстановці; формування діячем позиції щодо об'єктивних умов (вимог і ресурсів).

Але як би ретельно не було продумано недоліки існуючих технічних об'єктів (у плані виявлення вимог до нового), досягти оптимального результату не вдається доти, поки не буде визначено адекватні цим вимогам засоби їх досягнення.

Сформована позиція діяча щодо об'єктивних умов говорить про налагодження відносин «суб'єкт-об'єкт», початку творчого контакту, усвідомленого погляду діяча на навколишні обставини. Фактично тут діяч визначає для себе самого недостатність у вирішенні цього або іншого питання,

формує проблему діяльності, що він прагне далі вирішити. Поставити проблему – один із найскладніших і найголовніших кроків у творчості.

Показово, що збільшення кількості різного виду й типу вимог і ресурсів не особливо змінює таке положення: відкривається можливість повніше представити шуканий ідеал, повніше, але не цілком. У діяльності важливо досягти їх діалектичного «злиття». У цьому злитті і відбувається становлення якісно нового утворення, а саме – творчої пропозиції з досягнення шуканого рішення. Процес формування пропозиції виступає як конструювання технічного предмета. Схематично перехід від вимог і ресурсів до пропозиції, а потім і до остаточного рішення подано на *рис. 4.6*.

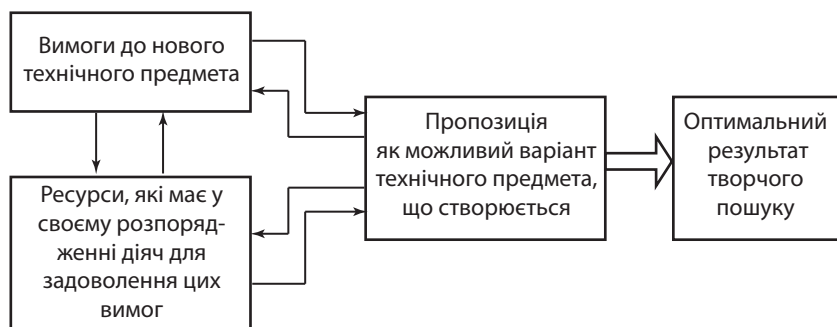


Рис. 4.6. Процеси розвитку творчого пошуку

Тільки через включення людини в об'єктивні умови як формування відносини «суб'єкт – об'єкт» може бути:

- ♦ створено нове в техніці;
- ♦ відкориговано, доведено вже наявну технічну систему;
- ♦ зрозуміло зміст старих технічних проектів і ідей;
- ♦ виявлено тенденції становлення майбутніх, ще невідомих конструкцій.

Саме виходячи з умов включення людини в конкретні обставини стає зрозумілою зумовленість пошуків конкретних рішень рівнем знань людини, її творчим пошуком, перевагами і тими цілями, що вона ставить перед собою й іншими людьми. У підготовці включення людини в умови діяльності особливу роль відіграє оволодіння нею знаннями і практичним досвідом. Тут позначається фактор розвитку в людини потенційно реальної можливості включатися в ті або інші конкретні ситуації у майбутній діяльності і гнучке відношення до використання виникаючих обставин.

У процесі дослідження йде осмислення діяльної умови контексту, виділення функціональних і морфологічних аспектів предмета і навколишнього

Системний аналіз, у більшості випадків, впроваджують із метою оптимізації процесів управління системами, що полягає у виборі оптимального варіанта управління (тобто такого процесу, при якому досягається мінімальне або максимальне значення заданої (обраної) характеристики процесу, який має назву «критерій оптимізації»). Вибір належного критерію оптимізації є складною проблемою, яка викликана тим, що на практиці при вирішенні завдань оптимізації та управління мають справу з багатьма критеріями, які досить часто є взаємно суперечливими. Математично правильна постановка завдання оптимізації припускає наявність лише одного критерію. Найбільш часто обирають якийсь один критерій, а для інших встановлюють граничні (гранично припустимі) значення. Іноді застосовують змішані критерії, що являють собою функцію від тих параметрів, які було визначено на початку досліджень. У багатьох випадках критерії оптимізації називають цільовими функціями (наприклад, рис. 13.2).

Для розробки досконалих математичних моделей окремих транспортних процесів і вибору критерію оптимізації необхідне використання розділів прикладної математики – дослідження операцій, які є теоретичною базою науки про управління виробництвом. У дослідженні операцій застосовуються різні наукові прийоми й методи, відомі з теорії експлуатації автомобілів, теорії ймовірності й математичної статистики.

Контрольні питання й завдання

1. Що являє собою модель? Що вона має відбивати?
2. Які бувають моделі?
3. Які сторони досліджуваного об'єкта повинна відбивати модель?
4. На чому базується моделювання об'єктів пізнання?
5. Що розуміється під абстрактним моделюванням?
6. Які основні етапи абстрактного моделювання?
7. Наведіть просту аналітичну й математичну моделі.
8. Наведіть схему побудови математичної моделі.
9. Опишіть математичний апарат, на базі якого будують математичну модель.
10. Які недоліки аналітичних і експериментальних моделей?
11. Наведіть структурні моделі процесів.
12. У чому полягає фізичне моделювання?
13. Що таке імітація й імітаційне моделювання?
14. Наведіть приклади імітаційного моделювання різних процесів на стадії проектування.

Імітаційні моделі широко використовуються для досліджень на ЕОМ складних об'єктів саме методом статистичних випробувань, названого «методом Монте-Карло». Коли випадкові фактори численні й істотні, детерміновані моделі або непридатні, або незручні. Використання датчика випадкових чисел для формування вхідних впливів і автоматизація всього процесу моделювання дозволяють швидко одержати прийнятний за точністю результат. Необхідне число реалізації визначається методами математичної статистики. Для цього випадку замість вираження «імітаційне моделювання» часто використовується термін «статистичне моделювання».

За допомогою методу Монте-Карло вирішують широке коло задач, де основна мета полягає у тому, щоб знайти найкраще вирішення проблеми з множини проаналізованих варіантів. Наприклад, відшукати найкращий варіант розміщення складів, підприємств, або визначити оптимальну кількість автотранспорту, що обслуговує певний об'єкт тощо.

Метод Монте-Карло (метод статистичного моделювання або статистичних іспитів), являє собою чисельний метод вирішення складних задач. Цей метод ґрунтується на використанні випадкових чисел, що моделюють ймовірні процеси. Результати вирішення за цим методом дозволяють встановити емпіричні залежності досліджуваних процесів. Не викликає сумніву той факт, що вирішення задач за методом Монте-Карло може бути ефективним лише з використанням швидкодіючих ЕОМ.

Для полегшення опису та перекладу описів складних систем на машинну мову створено спеціальні мови системного моделювання.

Методи системного аналізу (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія управління, теорія множини та ін.) широко поширені в останні часи, що в значній мірі зумовлено розвитком ЕОМ, які забезпечують швидке рішення та аналіз складних математичних задач. Під системним аналізом розуміють сукупність прийомів і методів для вивчення складних об'єктів – систем, які являють собою складну сукупність взаємодіючих між собою елементів. Взаємодія елементів системи характеризується прямими й зворотними зв'язками. Сутність системного аналізу полягає в тому, щоб виявити ці зв'язки та встановити їх вплив на поведінку всієї системи в цілому. Системний аналіз використовують для дослідження таких складних систем, як економіка залізничного або автомобільного транспорту та ін. (див. розділ 13). Найбільш часто використовують цей підхід при вивченні динаміки системи, тобто розвиток цих систем у часі. Методи системного аналізу ефективно зарекомендували себе при плануванні та організації технології виробничих процесів підприємств.

середовища. Відбувається розчленовування системи «предмет-середовище» на деякі складові елементи, що дозволяє виявити особливості побудови предмета, його специфіку, зв'язок з іншими частинами і з цілим (середовищем). Звичайно даний аналіз дозволяє виявити недоліки попередніх технічних рішень. У поле досліджень входить аналіз генетичних аспектів розвитку близьких об'єктивних умов функціонування, застосовуваних конструктивних принципів і систем.

Включення в конкретні обставини може бути випадковим і цілеспрямованим. Включенням, що має випадковий характер, можуть бути рішення як результат уважності, спостережливості автора-діяча. Орієнтацію на випадок не може бути визнана оптимальною при розробці технічних об'єктів. Включення, що носить характер цілеспрямованого дослідження пошуку рішення, спрямовано на орієнтовані обставини діяльних умов, що складаються, що має на увазі насамперед вивчення тенденцій розвитку технічної системи й аналіз прецедентів вирішення конфліктів, що виникають у ній.

Варіювання, пошуки підходящих (для поставлених цілей виходячи з наявних засобів) співвідношень вимог і ресурсів, «наробіток» нових якостей, виявлення невдалих рішень і їх «відмітання», поява нових сполучень компонентів і нова їх оцінка – от шлях пошуку нового результату. Такий ланцюг розробки рішення розвивається, шириться аж до деякої межі насичення, коли шуканий результат починає виявлятися досить точно і настає процес конкретизації рішення. Критерії оцінки насичення: а) досягнення найбільш прогресивних вимог за умови б) об'єктивно-реального використання адекватних ресурсів.

Таким чином, процес творчості і виступає як освоєння об'єктивних обставин відповідно до тих цілей, що людина поставила перед собою і які сформувалися (у тому числі були уточнені, відкориговані) у процесі розвитку діяльності. На цьому шляху і визначаються принципи управління процесом творчого пошуку, мова йде в цьому випадку головним чином про підпорядкування інформації потребам людини.

Перетворення інформації (конструювання) не є просто перебір деяких можливих комбінацій з вимог ресурсів між собою, а побудова цілісного органічного утворення, нового результату. Це – «згортання» інформації.

Включення людини в контекст діяльності й конструювання результату діалектично пов'язані між собою в напрямку творчої думки. Включення – це усвідомлення людиною «поля» його можливих творчих контактів і одночасне зняття психологічного бар'єра перед ухваленням рішення;

конструювання ж є обмеження сфери пошуку і домінантне визначення розроблювального варіанта технічного предмета – це ухвалення рішення.

Включення – це розширення фронту дій людини, пошуки інформаційних і методичних шляхів побудови нової техніки, виявлення вимог до неї і можливостей ці вимоги задовольнити; конструювання ж – це створення нового, «згортання» інформації, одержання необхідного продукту.

Включення являє собою входження в матеріальні й духовні аспекти культури; конструювання – це становлення нової культури.

Управління технічною творчістю – точніше, процесами, що приводять до його виникнення й успішного розвитку – ґрунтується на двох зустрічних діалектично взаємозалежних тенденціях:

- ♦ внутрішньої (суб'єктивної), зумовленої творчим зростанням самого фахівця, підвищенням його кваліфікації, рівня активності при підході до вирішення технічних питань, розвитком критичного відношення до існуючих технічних рішень і т. ін.;
- ♦ зовнішньої (об'єктивної), зумовленої суспільними відносинами, організацією оптимальної системи професійної підготовки й виховання фахівця, координацією технічної діяльності, систематичним виданням необхідних наукових праць, довідників, організацією контролю за вирішенням актуальних проблем, управління використанням ресурсів і т. ін.

Обидві ці тенденції необхідні – одна без іншої не може розвиватися повноцінно.

Контрольні питання й завдання

1. Чим відрізняються поняття «технічний об'єкт», «технічна система» і «технологія промислового виробництва»?
2. Охарактеризуйте стадії життєвого циклу машин.
3. Перелічіть стадії розвитку технічних об'єктів.
4. Наведіть основні стадії передачі фундаментальних функцій праці від людини до технічного об'єкта.
5. Охарактеризуйте поняття «суб'єкт – об'єкт», «включення людини в конкретні об'єктивні умови», «вимога розвитку об'єкта».

водського персоналу з методами управління на основі АСК, демонстрації можливостей нової системи управління, одержання практичних навичок із прийняття рішень в умовах автоматизованого управління.

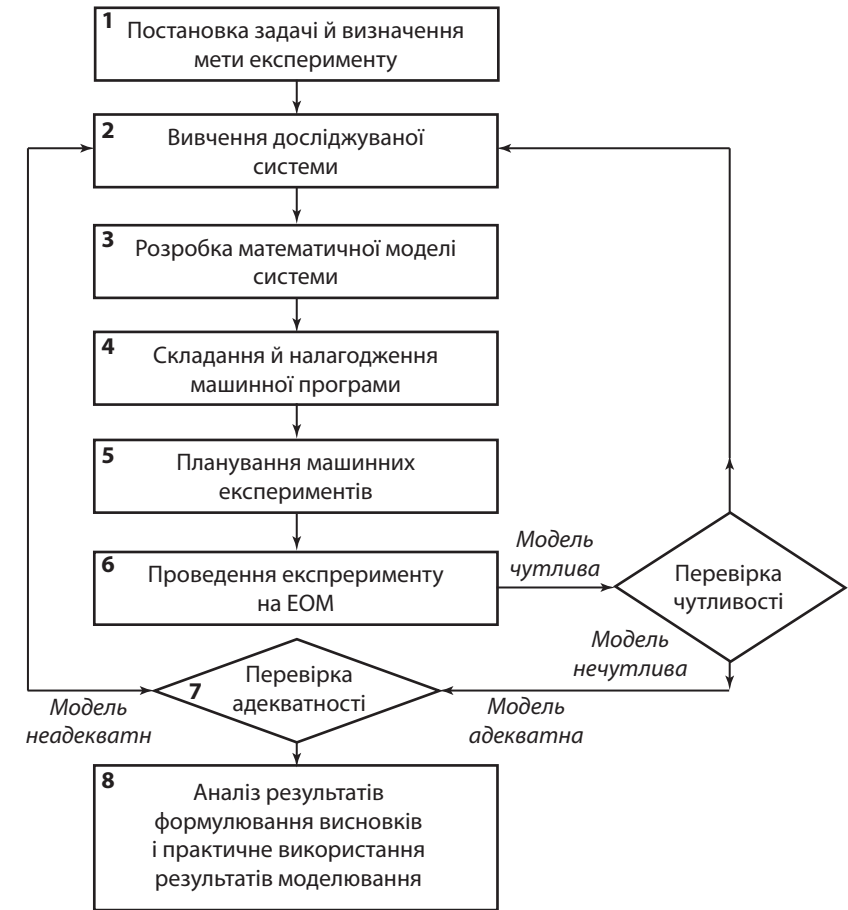


Рис. 16.12. Блок-схема етапів інформаційного моделювання

На етапі розробки АСК такий імітаційний комплекс дозволить знайти найкращий варіант побудови системи з безлічі можливих.

Його можна використовувати для оцінки економічного ефекту від упровадження АСК на даному підприємстві шляхом порівняння результатів моделювання і фактичних попередніх показників виробничо-господарської діяльності підприємства в умовах традиційного (неавтоматизованого) управління.

настільки трудомісткі, що імітаційна модель дає простіший спосіб розв'язання задачі.

Схему алгоритму процесу імітації наведено на *рис. 16.11* [31].

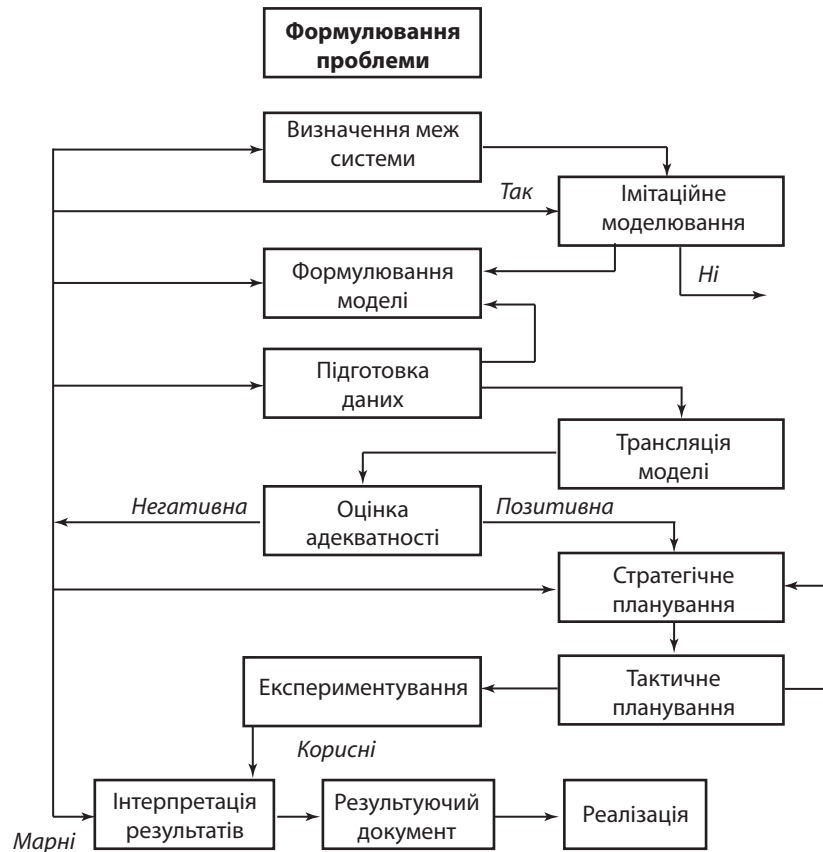


Рис. 16.11. Схema алгоритму процесу імітації

Іншою особливістю методу є можливість опису системи й побудови її моделі на основі розроблених для цієї мети алгоритмічних мов.

Слід зазначити, що останнім часом імітаційне моделювання розуміють у більш широкому змісті – як будь-яке відтворення в ЕОМ складного динамічного процесу і наступний аналіз безлічі варіантів його ходу. Основні етапи імітаційного моделювання (1 – 8) та їх взаємозв'язки показано на *рис. 16.12*.

Імітаційний комплекс, що складається з моделі АСК підприємства й моделі об'єкта управління, може служити інструментом ознайомлення за-

5. ЕВОЛЮЦІЙНІ Й РЕВОЛЮЦІЙНІ ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

5.1. Співвідношення темпів розвитку науки, техніки й виробництва.

5.2. Еволюція показників розвитку й попиту на технічні об'єкти.

5.1. Співвідношення темпів розвитку науки, техніки і виробництва

Закони розвитку в технічній сфері такі ж, як і в живій природі. Мають аналогічні життєві цикли й етапи розвитку. Підвищення якості машин досягається або удосконалюванням існуючих зразків, або створенням принципово нових, що втілюють прогресивні ідеї. Перший шлях відбиває еволюційний розвиток, другий – революційний. З моменту виникнення нового виду технічних об'єктів, яке відбулося в результаті революційного стрибка, його розвиток, йде шляхом кількісних змін. Однак це може відбуватися лише до визначеної межі, коли стає неможливим подальше поліпшення показників якості в межах існуючого виду. З цього моменту виникнення протиріч розвитку здобуває революційний характер і приводить до появи нового виду технічних об'єктів, що реалізують більш прогресивну технологію.

Ціль прогресивного розвитку техніки – поліпшення якого-небудь критерію розвитку при наявності визначених соціально-економічних потреб і науково-технічних умов. На *рис. 5.1* показано відносини в макросистемі «суспільство – економіка – наука і техніка», а на *рис. 5.2* – співвідношення темпів розвитку науки H , техніки T й виробництва B [2].

Математично розвиток науки в часі можна подати у вигляді [2]

$$H = H_0 e^{kt}, \quad (5.1)$$

де H_0 – досягнення науки до моменту відліку; e – основа натурального логарифма; k – постійна; t – час.

З розвитком науки з'являються нові знання, що дозволяють розробити нові матеріали, технічні рішення і використовувати їх для створення нового технологічного обладнання (об'єктів техніки). Нова техніка впроваджується у виробництво з метою підвищення його ефективності. Звідси очевидно, що темпи розвитку науки повинні випереджати темпи розвитку техніки й виробництва.

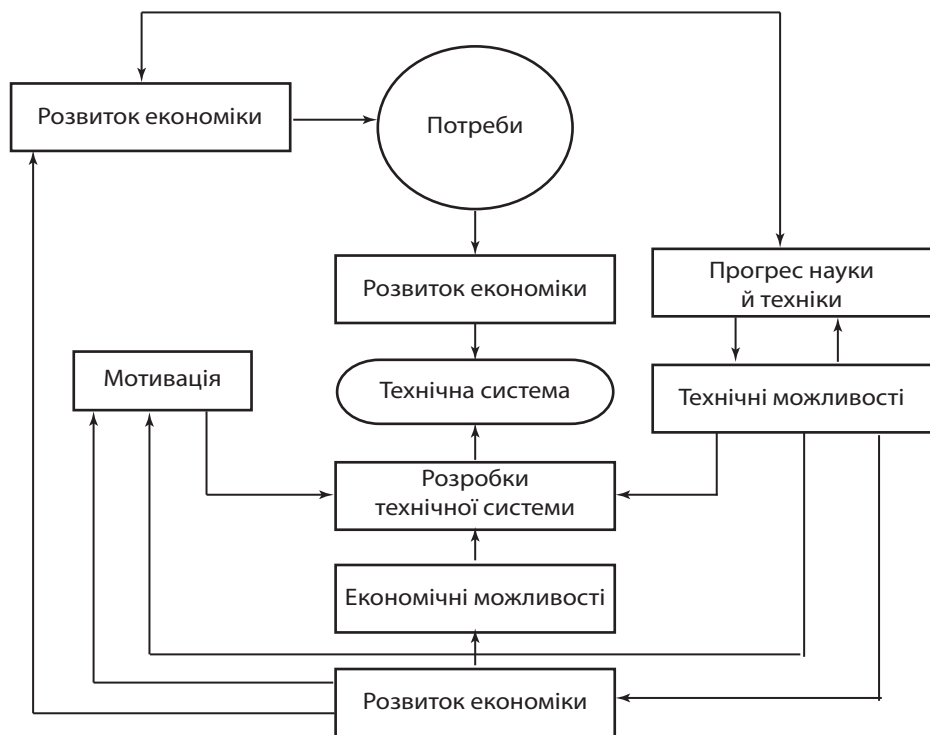


Рис. 5.1. Відносини в макросистемі
«суспільство – економіка – наука і техніка»

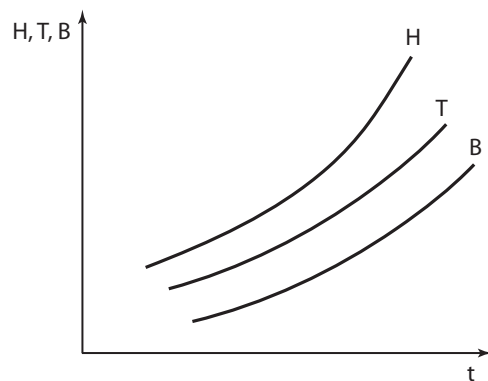


Рис. 5.2. Темпи розвитку науки (H), техніки (T) і виробництва (B)

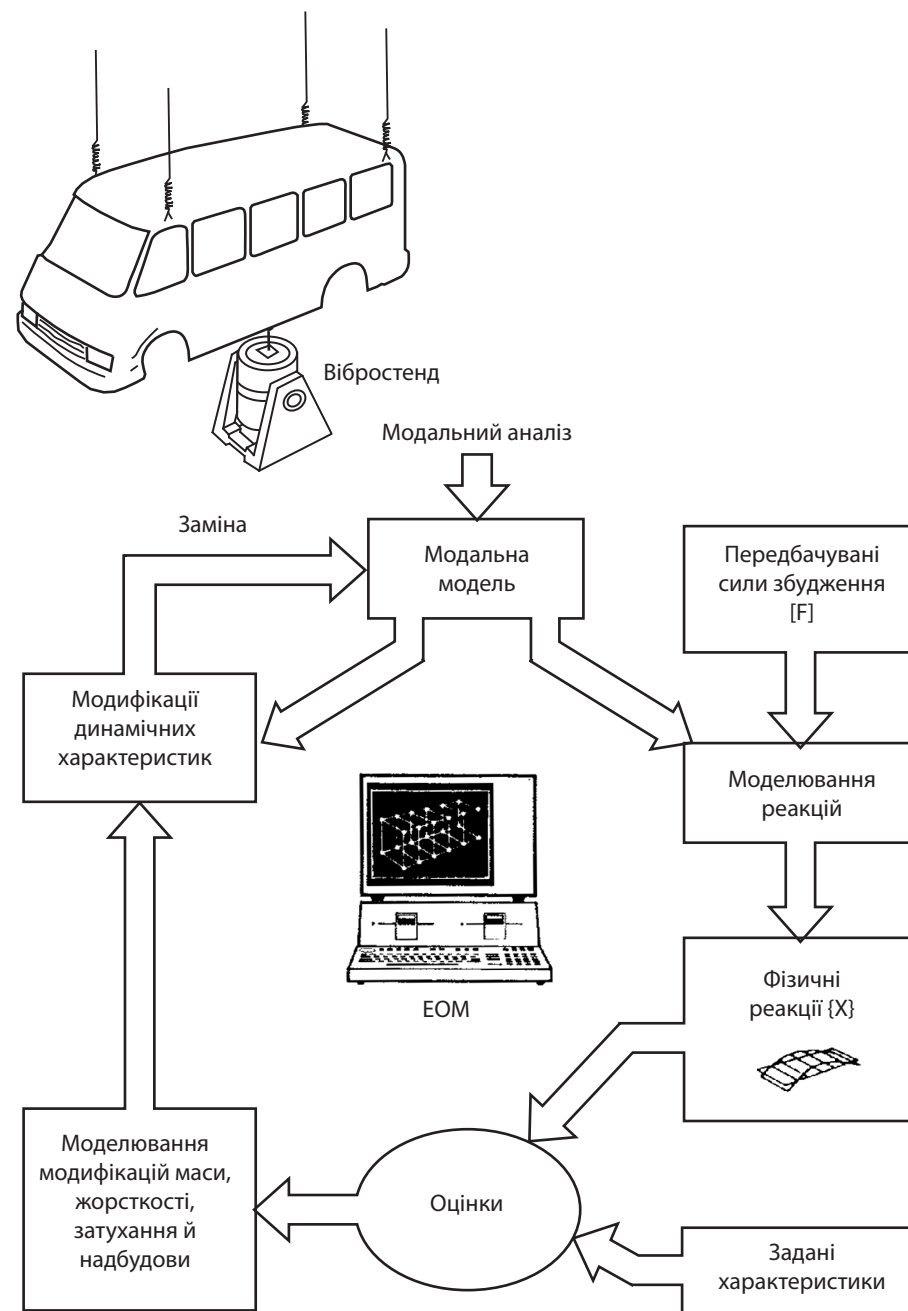


Рис. 16.10. Імітаційне моделювання на стадії проектування

мою. У методі імітаційного моделювання як математична модель функціонування системи виступає моделюючий алгоритм, відповідно до якого в ЕОМ виробляється інформація, що описує елементарні явища досліджуваного процесу при обов'язковому збереженні їх логічної структури і всієї необхідної інформації про стан системи. Параметри моделі обирають до початку імітаційного моделювання й не змінюють у процесі дослідження поведінки моделі. Функції збереження пов'язані зі збереженням яких-небудь станів, наприклад, безпеки, комфорту, ресурсу. Методи випробувань, моделювання й аналізу конструкцій поступово вдосконалилися. Разом із сучасною електронною апаратурою ЕОМ і програмним забезпеченням новітні інформаційні технології, наприклад, проектування – «Pro-Engineer», «ANSYS», «Cosmos», «Computer-Vision», забезпечують одержання необхідної для локалізації динамічних проблем і одержання оптимальних рішень у галузі динаміки механічних конструкцій і інших питань при внесенні визначених змін, дії зовнішніх сил.

У цьому відношенні дослідження систем методом імітаційного моделювання має деяку аналогію з натурним експериментом, із тією різницею, що моделювання проводиться з використанням ЕОМ і програмного забезпечення. Автоматизація процесу моделювання і забезпечує необхідну кількість випробувань у набагато більш короткі терміни, ніж при натурному експерименті. Імітаційне моделювання, наприклад, вібраційних процесів, може пророчити реакцію (механічні коливання) конструкції при порушенні різними силами, що діють у різних точках (див., наприклад, *рис. 16.10*). Завдяки високій швидкості ЕОМ і ефективності використовуваного програмного забезпечення, час, необхідний для виконання повного циклу нескладного об'єкту імітаційного моделювання, може складати усього кілька хвилин і менше. У той же час трудомісткість оптимізації систем складних об'єктів з використанням багатьох тисяч варіантів може складати десятки годин.

Застосування імітаційного моделювання при вирішенні технічних задач є доцільним при використанні кожної з умов [31]:

- ♦ експерименти з реальною системою є неможливими в результаті порушення нормальної роботи системи чи при неможливості дослідження альтернативних варіантів її поведінки;
- ♦ важко забезпечити підтримку тих самих умов при кожному повторенні експерименту;
- ♦ для отримання статистично значущих результатів необхідні великі витрати часу й засобів;
- ♦ не існує закінченої математичної постановки даної задачі й розроблених аналітичних методів її розв'язання або математичні методи

Як рекомендує А. І. Половинкин, якщо при наявності необхідного науково-технічного потенціалу перехід до нового технічного рішення або принципу дії забезпечує одержання додаткової ефективності, яка істотно перевищує додаткові інтелектуальні й виробничі витрати, то варто рішуче здійснити стрибок до нового технічного рішення або принципу дії (без вичерпання можливостей попереднього технічного рішення або принципу дії).

Це положення варто використовувати у зв'язку з використанням комп'ютерних технологій технічної творчості, за допомогою яких можна проводити глобальну, багатокритеріальну оптимізацію технічних рішень, охоплюючи одночасно всі етапи розвитку технічних об'єктів.

Кожна заново створена або удосконалена технічна система має в порівнянні з аналогом підвищений рівень споживчих властивостей P (або головної корисної функції) і технічної складності Π (зростання маси кількості підсистем, вартості комплектуючих і виготовлення). Причому зростання конструктивної складності технічних систем відбувається за нелінійною залежністю [2]:

$$\Pi = K \cdot P^B, \quad (5.2)$$

де K і B – емпіричні коефіцієнти.

Подальше протиріччя з показниками Π створеної системи переходить часто до еволюційного процесу використання нових фізичних принципів створення технічної системи, що забезпечує різке зниження показника Π при подальшому поліпшенні рівня головної корисної функції P . Так, за останні 50 років вдалося зменшити питому вагу дизельних двигунів (кг/кінську силу) у 250 разів, паросилових установок на теплових електростанціях – у 25 разів; у сотні разів знизилися габарити електронно-обчислювальних машин, у тисячу разів зменшилися розміри електронних підсилювачів і т. ін.

5.2. Еволюція показників розвитку й попиту на технічні об'єкти

У розробці нових технічних систем часто використовують оперативний принцип. Необхідність ітерацій впливає з наступного. Розробляючи складну технічну систему, неможливо охопити всі ситуації відразу, тому знання виявляються неповними, потребують доповнень, уточнень і порівнянь із дійсністю для виявлення й усунення упущень. Необхідна повнота знання й розуміння досягається лише в результаті низки ітерацій. На *рис. 5.3* подано схему процесу вирішення творчої задачі, на якій показано зворотні ітеративні зв'язки між етапами.

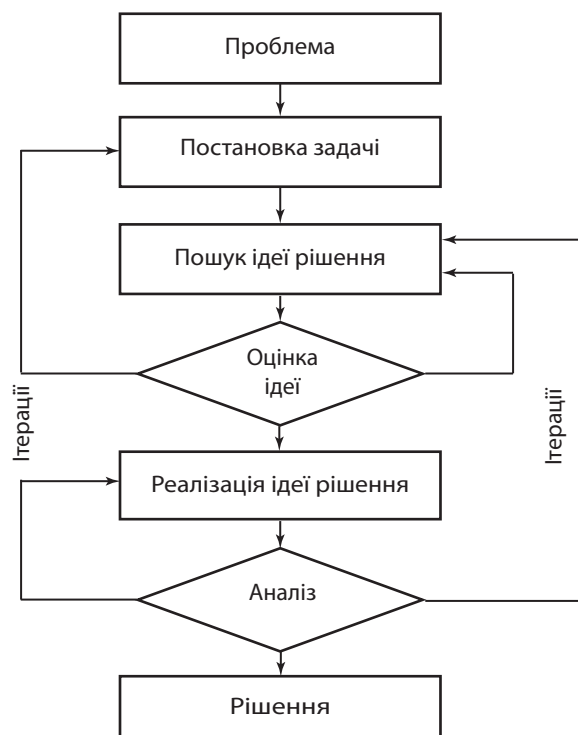


Рис. 5.3. Схема процесу вирішення творчої задачі

Будь-яка досить складна технічна система внаслідок неможливості простежити всі причинно-наслідкові зв'язки в самій системі й у навколишньому середовищі виступає як не цілком детермінований об'єкт, що вимагає врахування ймовірнісних фактів. Звідси при створенні нових технічних систем і технологічних процесів постає необхідність статистичного дослідження і ймовірнісної оцінки явищ, що протікають у системі й у навколишньому середовищі, шляхом збирання й обробки відповідних статистичних даних, аналогів і нових зразків створюваної техніки.

Оцінку того, коли варто поставити задачу створення принципово нового технічного об'єкта, можна встановити за показниками, які характеризують діяльність за розвитком і змінами попиту на технічну систему. На рис. 5.4 дано відбите порівняння кривої «життєвого циклу» технічної системи і її ділянок (рис. 5.4, а) з показниками, що характеризують винахідницьку діяльність за розвитком даної системи. Крива, зображена на рис. 5.4, б), показує зміну кількості винаходів у різні періоди «життєвого циклу» системи. Перший пік кількості винаходів відповідає періоду пере-

Імітаційне моделювання може бути використане при оптимізації виробничих ситуацій, багатофакторних технологічних і організаційних задач, визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування машин, аналізу систем масового обслуговування, ділових (господарчих) ситуацій, прийняття управлінських рішень, технічних інженерних задач. У цих випадках процес імітації включає такі основні етапи [21].

1. Опис системи, тобто встановлення внутрішніх взаємозв'язків, границь, обмежень і показників ефективності системи, яка підлягає вивченню.
2. Конструювання моделі – перехід від реальної системи до визначеної логічної схеми, що відображає процеси, які відбуваються в системі.
3. Підготовку й вибір даних, необхідних для побудови моделі.
4. Трансляцію моделі, яка включає опис моделі мовою, використовуваному ЕОМ.
5. Оцінку адекватності, що дозволяє судити про коректність висновків, отриманих на моделі, для реальної системи.
6. Планування експериментів: обсягів, послідовності.
7. Експериментування, яке полягає в реалізації на моделі імітації процесів реальної системи й одержанні необхідних даних.
8. Інтерпретацію – одержання висновків за результатами моделювання.
9. Реалізацію – практичне використання моделі й результатів моделювання при ухваленні рішення для реальної системи.

Імітаційне моделювання на ЕОМ полягає в імітації процесу функціонування й структури досліджуваного об'єкта. Строгий детальний опис окремих частин об'єкта в цьому випадку не передбачається, а процеси, що протікають у них, імітуються в інтегрованому вигляді, який дозволяє визначити лише основні дані, необхідні для прийняття рішень на більш високому рівні. Характерна риса роботи з імітаційною моделлю – використання як вихідну інформацію не тільки теоретичних і експериментальних даних, але й інтуїтивних, неформальних відомостей про досліджуваний процес. Цю інформацію може бути отримано як заздалегідь, так і в процесі дослідження. При імітаційному моделюванні істотну роль відіграє людина, що є складовою частиною складного об'єкта й працює у режимі діалогу з ЕОМ.

Імітаційне моделювання є ефективним методом дослідження керованих систем і, зокрема, автоматизованих систем управління (АСК) і систем автоматичного управління (САК).

При імітації відтворюють процеси, режими роботи, інші умови на моделях або натурних зразках технічних систем за випробувальною програ-

Зміст перших двох етапів практично не залежить від математичного методу, покладеного в основу моделювання (і навіть навпаки – їх результат визначає вибір методу).

Очевидно, в одних випадках більш кращим є аналітичне моделювання, в інших – імітаційне (чи поєднання того й іншого). Щоб вибір був вдалим, необхідно відповісти на два питання:

- ♦ з якою метою проводиться моделювання?
- ♦ до якого класу може бути віднесено модельоване явище?

Відповіді на ці питання може бути отримано в ході виконання двох перших етапів моделювання.

Загальна мета моделювання в процесі прийняття рішення – це визначення (розрахунок) значень обраного показника ефективності для різних стратегій проведення операції (чи варіантів реалізації проектованої системи). При розробці конкретної моделі мета моделювання має уточнюватися з урахуванням використовуваного критерію ефективності. Для критерію придатності модель, як правило, повинна забезпечувати розрахунок значень показників ефективності для всієї безлічі припустимих стратегій. При використанні критерію оптимальності модель повинна дозволяти безпосередньо визначати параметри досліджуваного об'єкта, що дають екстремальне значення ПЕ.

Таким чином, ціль моделювання визначається як метою досліджуваної операції, так і планованим способом використання результатів дослідження. Наприклад, проблемна ситуація, що вимагає ухвалення рішення, формулюється в такий спосіб: знайти варіант побудови обчислювальної мережі, який мав би мінімальну вартість при дотриманні вимог щодо продуктивності й надійності. У цьому випадку метою моделювання є визначення параметрів мережі, які забезпечують мінімальне значення показників ефективності, у ролі якого виступає вартість.

Задачу може бути сформульовано інакше: із декількох варіантів конфігурації обчислювальної мережі обрати найбільш надійний. Тут як показник ефективності обирається один із показників надійності (середнє напрацювання на відмову, імовірність безвідмовної роботи і т. д.), а метою моделювання є порівняльна оцінка варіантів мережі за цим показником.

Наведені приклади дозволяють нагадати про те, що сам по собі вибір показника ефективності ще не визначає «архітектуру» майбутньої моделі, оскільки на цьому етапі не сформульовано її концепцію, чи, як кажуть, не визначено концептуальну модель досліджуваної системи.

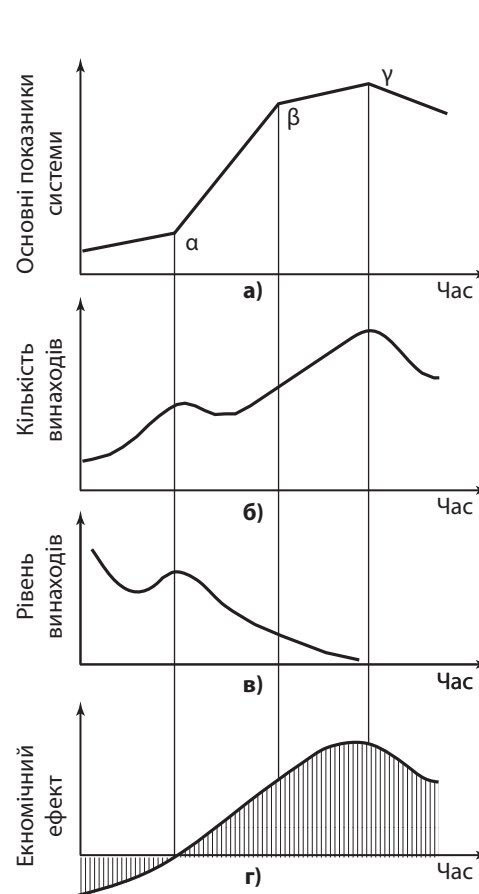


Рис. 5.4. Криві, що характеризують винахідницьку діяльність у різні періоди «життєвого циклу» технічної системи

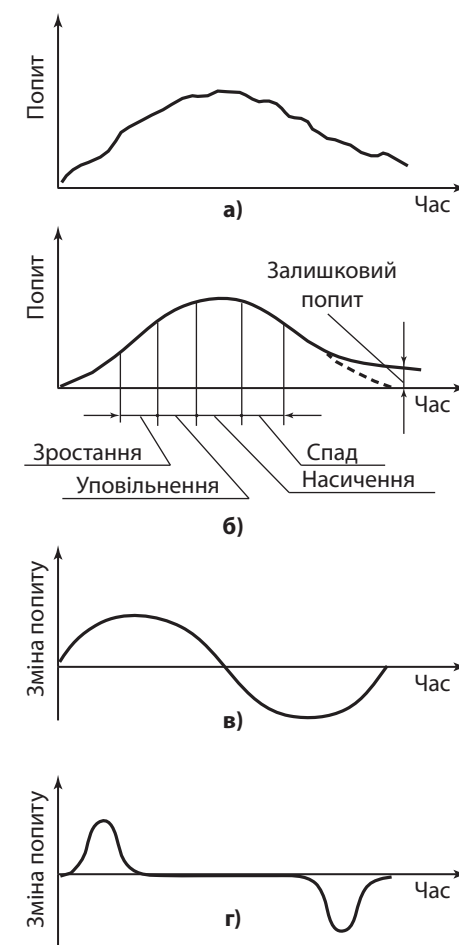


Рис. 5.5. Криві зміни попиту на технічну систему

ходу до масового застосування системи, другий зумовлено прагненням подовжити життя системи. Характер кривої, зображеної на рис. 5.4, в), показує, що перші винаходи, що створюють основу технічної системи, завжди високого рівня. Поступово цей рівень знижується, при цьому має місце пік, що відповідає винаходам, які забезпечують системі можливість масового використання. Незважаючи на те, що перші винаходи є винаходами високого рівня, вони не дають економічного ефекту, тому що техніч-

на система ще тільки створюється й у ній маються недоліки й недоробки. Ефект починає з'являтися тільки після переходу до масового застосування системи (рис. 5.4, з). У цей період навіть невелике вдосконалення приносить великий ефект [2].

Дійсна зміна попиту з часом відбувається приблизно так, як показано на рис. 5.5, а) і рис. 5.5, б) [2]. Попит на технічну систему навіть після розробки нових, більш ефективних систем не завжди падає до нуля. Старі машини будуть використовуватися і надалі, хоча й у менших масштабах.

Криву попиту на технічну систему можна подати також у вигляді першої похідної попередньої кривої. У результаті виходить крива типу синусоїди (рис. 5.5, в). Природно, що реальна крива не буде такою гладкою внаслідок впливу зовнішнього середовища (рис. 5.5, г).

Аналіз кривих попиту на різні об'єкти і технічні системи показує, що довжина хвилі цих кривих із часом коротшає. Отже, науково-технічний прогрес призводить до того, що тривалість використання виробів скорочується. З іншого боку, з прискоренням випуску нових виробів амплітуда попиту на них збільшується. Звідси випливає, що необхідно прискорювати розробку нових виробів і систем.

Корисний період існування технічної системи, тобто тривалість її використання, залежить від її цінності (технічного рівня), зносу і, крім того, появи нової, більш досконалої системи того ж призначення, тобто від темпів технічного прогресу. Тому, незважаючи на природне бажання споживача якнайдовше використовувати звичну технічну систему, потреба в більш ефективній системі виявляється сильнішою.

Контрольні питання й завдання

1. Яке співвідношення темпів розвитку науки, техніки й виробництва?
2. Які причини зміни попиту на технічний об'єкт і як це впливає на розвиток технічних об'єктів?
3. Коли варто ставити задачу створення принципово нового технічного об'єкта?

прийняття рішення). При цьому можуть уточнюватися мета й умови проведення операції, коректуватися модель переваг ОПР і модель самої операції. Очевидно, тривалість і успіх пошуку залежать не тільки від знань і навичок дослідника, але й від того, які інструменти він використовує у своїй роботі.

Системний аналіз є сукупністю наукових методів і практичних прийомів дослідження великих і складних проблем управління, методичним засобом реалізації системного підходу до них. Схема процесу системного аналізу значно складніша за схему процесу прийняття управлінських рішень. Системний аналіз складається з таких стадій (див. розділ 13):

- ♦ постановка задачі;
- ♦ розмежування об'єкта і зовнішнього середовища;
- ♦ вибір критеріїв побудови моделей і зовнішнього середовища;
- ♦ розробка моделей, їх дослідження та формулювання рекомендацій.

Перша стадія являє собою усвідомлення ситуації виявлення головної проблеми, попереднє вивчення системи, формулювання цілей і визначення критеріїв. Друга стадія – структурний аналіз об'єкта та розробка концепції його розвитку, виявлення найчутливіших точок системи. Третя стадія є основною – це розробка моделі та проведення аналізу. На четвертій стадії здійснюється синтез системи на основі отриманих унаслідок аналізу даних, її дослідження та вироблення рекомендацій.

Ступінь реалізації перерахованих принципів у кожній конкретній моделі може бути різним, причому це залежить не тільки від бажання розробника, але й від дотримання ним технології моделювання. А будь-яка технологія припускає наявність певної послідовності дій.

Комп'ютерне моделювання – це моделювання з використанням засобів обчислювальної техніки. Тут модель використовується як елемент, поряд із яким можуть бути і математичні, і нематематичні моделі. Відповідно технологія комп'ютерного моделювання припускає виконання таких дій [26]:

- ♦ визначення мети моделювання;
- ♦ розробка концептуальної моделі;
- ♦ формалізація моделі;
- ♦ програмна реалізація моделі;
- ♦ планування модельних експериментів;
- ♦ реалізація плану експерименту;
- ♦ аналіз і інтерпретація результатів.

На практиці можливі також змішані випадки, коли деякі стани системи можуть бути ідентифіковані як дискретні, а інші – як неперервні.

Зміна станів може відбуватися або у фіксовані моменти часу, безліч яких дискретна (наприклад, надходження нових заявок на обслуговування), або неперервна (зміна температури тіла при нагріванні). Відповідно до цього розрізняють системи з дискретним часом переходів (зміни станів) і системи з неперервним часом (точніше, які «живуть» у неперервному часі).

За умовами переходу з одного стану в інший розрізняють детерміновані й стохастичні системи [26].

У детермінованих системах новий стан залежить тільки від часу і поточного стану системи. Іншими словами, якщо є умови, які визначають перехід системи в новий стан, то для детермінованої системи можна однозначно вказати, у який саме стан вона перейде.

Для стохастичної системи можна вказати лише безліч можливих станів переходу і у деяких випадках – імовірнісних характеристик переходу в кожний з цих станів.

Розглянута схема класифікації систем важлива сама по собі. На етапі розробки концептуальної моделі вона, *по-перше*, дозволяє уточнити мету й задачі моделювання, і *по-друге*, полегшує перехід до етапу формалізації моделі. Крім того, значно пізніше, на етапі оцінювання якості розробленої моделі, знання класифікаційних ознак дає можливість оцінити ступінь її відповідності первинному задуму розробника.

Необхідно відзначити, що розглянуті класифікаційні ознаки (див. рис. 16.9) застосовні й для визначення типу моделі, що створюється. При цьому досліджувана система та її модель можуть відноситися як до одного, так і до різних класів. Наприклад, реальну систему може бути піддано впливу випадкових факторів і відповідно вона буде відноситися до класу стохастичних систем. Якщо розробник моделі вважає, що впливом цих факторів можна знехтувати, то створювана модель буде являти собою детерміновану систему. Аналогічним чином можливе відображення системи з неперервним часом зміни станів у модель з дискретними переходами і т. д. Зрозуміло, приналежність реальної системи та її моделі до одного класу говорить про коректність моделі, однак, із погляду інтересів дослідження, таке «дзеркальне відображення» далеко не завжди є корисним.

Найбільш примітним у даній схемі є те, що процес пошуку (вибору) рішення носить циклічний характер. Мається на увазі, що кожен з етапів процесу може повторюватися неодноразово доти, поки не буде знайдено рішення, що задовольняє вимоги ОПР (або не мине час, відпущений на

Розділ II

Методи наукових досліджень

6. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

6.1. Властивості інформації.

6.2. Основні джерела інформації.

6.3. Інформаційно-пошуковий апарат бібліотек і комп'ютерних систем.

6.4. Міжнародна класифікація патентів на винаходи, корисних моделей, промислових зразків і товарних послуг.

6.5. Патентний пошук документації.

6.6. Обробка й оцінка інформації.

6.1. Властивості інформації

Інформація – це відомості про навколишнє середовище, процеси, що протікають у ньому, події й стани, сприймані людьми, керовані машинами й системами. Інформація – це знання, що є об'єктом збереження, перетворення й поширення в системах науково-технічних комунікацій.

Творчість зводиться до зміни та встановлення нових зв'язків між вже наявними знаннями. Тому «наробітки» технічної думки в публікаціях, винаходах минулого ні в якому разі не повинні вважатися лише історичними етапами розвитку техніки. В ідеях минулих років як реалізованих, так і нереалізованих у конкретній технічній практиці утримується колосальний евристичний потенціал майбутнього. Перше правило наукової чесності говорить: перед початком будь-якої наукової праці необхідно ознайомитися з усіма джерелами наукової інформації, що присвячені даному питанню.

Досить складно визначити грань між інформацією й знаннями, оскільки інформація в строгому сенсі – це знання, включене безпосередньо в комунікативний процес. У загальному випадку інформацію можна визначити як відомості, що є об'єктом збереження, перетворення й поширення в системі наукових комунікацій. З цього випливає, що не всі відомості,

одержувані нами, можна віднести до розряду інформації. Основними ознаками наукової інформації є:

- ♦ її одержують у процесі розпізнавання закономірностей об'єктивної чутливості, доведеної практикою, і подають у відповідній формі;
- ♦ це документовані або публічно оголошені відомості про вітчизняні і закордонні досягнення науки, техніки, дослідницько-конструкторської, виробничої і господарської діяльності.

Для того щоб не допускати у своїй діяльності помилок, необхідно знати основні властивості інформації (див. рис. 6.1).

З цього можна зробити висновки: інформація не має властивості адитивності та комутативності й асоціативності; інформація, яка, на перший погляд, що не має відносини до досліджуваного питання, може дати поштовх до оригінального розв'язання проблеми. Ці властивості інформації створюють головні труднощі в її використанні. Збирання необхідної інформації є одним із найбільш трудомістких етапів творчої діяльності.

6.2. Основні джерела інформації

Проблеми, пов'язані з лавиноподібним наростанням інформації, люди усвідомили дуже давно. На глиняній табличці (шумерське письмо, четверте тисячоліття до нашої ери) археологи знайшли текст: «Прийшли важкі часи: діти перестали слухатися батьків і кожен силкується написати книгу».

У даний час великий вплив на характер інформаційної потреби робить галузь знання. У різних галузях знань інформаційні процеси займають різну питому вагу в загальному балансі робочого часу фахівця. За даними роботи [15] дослідник витрачає на пошук інформації близько 50% свого часу; за даними роботи [2] дослідники-хіміки витрачають на інформаційні процеси близько 40% робочого часу, інженери-радіотехніки – близько 30%, працівники легкої промисловості – приблизно 12%. Питома вага інформаційних процесів залежить, у свою чергу, від темпів старіння інформації у даній галузі знання (приблизно 4 – 5 років – у радіоелектроніці, 6 – 8 років – у машинобудуванні і т. д.) і від ступеня взаємодії даної галузі з іншими галузями знання, іншими словами – від потреби в суміжній і міжгалузевій інформації.

Великі витрати часу на пошук інформації пояснюються, *по-перше*, тим, що без неї не може бути проведено наукові дослідження; *по-друге*, інформація швидко старіє: 10% на місяць – для журналів, 10% на рік – для книг і монографій. Схему збирання й аналізу наукової інформації подано на рис. 6.2 [15].

стосовуються чисельні методи, які дозволяють за допомогою ЕОМ досить швидко наближено проаналізувати складну нелінійну систему, аналітичне розв'язування якої принципово неможливе.

Одним із них є потужність безлічі станів модельованої системи. За цією ознакою системи поділяють на статичні й динамічні (рис. 16.9). Система називається статичною, якщо безліч її станів містить один елемент. Якщо станів більше одного і вони можуть змінюватися в часі, система називається динамічною. Процес зміни станів називається рухом системи.

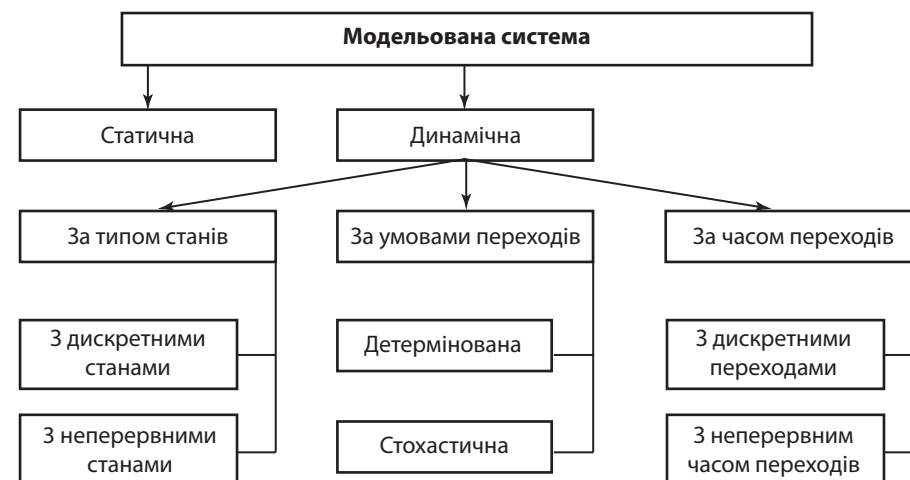


Рис. 16.9. Класифікація систем за типом поведінки

Розрізняють два основні типи динамічних систем:

- ♦ з дискретними станами (безліч станів чи їх обмежена кількість);
- ♦ з неперервно змінюваною безліччю станів.

Системи з дискретними станами характеризуються тим, що в будь-який момент часу можна однозначно визначити, у якому саме стані знаходиться система. Для такої ідентифікації обов'язково потрібно знати ту ознаку, яка відрізняє один стан системи від іншого. Наприклад, при дослідженні систем масового обслуговування як таку ознаку, зазвичай, використовують кількість заявок у системі. Відповідно зміна кількості заявок у системі інтерпретується як перехід системи до нового стану.

Якщо ж не вдається підібрати таку ознаку або її поточне значення неможливо зафіксувати, то систему відносять до класу з неперервно змінюваною безліччю станів.

випробування машин, тренажери для людей і т. д. На стендах з біговими барабанами можна моделювати будь-який вид дорожньої їзди автомобіля й об'єктивно контролювати технічний стан будь-якого агрегата колісної машини (рис. 12.9) [44]. І тут в основі моделювання лежить теорія подоби або аналіз розмірностей. Фізична подоба вимагає сталості співвідношень між параметрами, істотними для розглянутого фізичного явища (силами, моментами, швидкостями, температурами і т. д.). Існують способи повного й неповного (наближеного) моделювання.

Однак фізичне моделювання, незважаючи на його наочність і високу вірогідність результатів, використовується вкрай рідко через великі трудовитрати і вартість його реалізації.

За останні роки в практиці інженерного проектування, наукових досліджень і винахідництва досить широке застосування одержало моделювання за допомогою електронно-обчислювальних машин і спеціалізованих електронних моделюючих установок. Цей вид моделювання засновано на ізоморфізмі явищ, хоча і таких, що мають зовсім різну фізичну природу, але описаних однаковими математичними рівняннями.

Припустимо, що ми моделюємо на персональному комп'ютері процеси нагрівання якихось сталевих деталей у газовій печі. Очевидно, що процеси, які протікають у цій печі, за своєю фізичною природою зовсім не схожі з природою тих процесів, що мають місце в електронних блоках комп'ютера. Однак обидва ці явища описуються однаковими диференціальними рівняннями в окремих похідних, що і дозволяє з тим або іншим ступенем вірогідності досліджувати на запрограмованій комп'ютером моделі властивості процесу-оригіналу.

16.7. Імітаційне моделювання

Імітувати – це значить відобразити, збагнути суть явища, не вдаючись до фізичних експериментів на реальному об'єкті.

Імітаційне моделювання – це конструювання моделі реальної системи й постановка експериментів на цій моделі з метою багаторазового відстеження ходу протікання процесів для різних умов, з'ясування чи розуміння поведінки системи, а також оцінки різних стратегій, які забезпечують функціонування системи.

При імітаційному моделюванні використовується математична модель відтворює алгоритм («логіку») функціонування досліджуваної системи в часі при різних поєднаннях значень параметрів системи і зовнішнього середовища. Побудова імітаційної моделі не вимагає обов'язкового повного (строного) математичного опису реальної системи чи процесу. Широко за-

Основні властивості інформації	
Завжди знаходиться (закріплена) на матеріальному носії	←
У цілому не має властивості адитивності, комутативності й асоціативності (до елементів наукового повідомлення не можна застосувати прості алгебраїчні правила)	←
Має цінність для одержувача (ця цінність пов'язана з тією метою, яку одержувач хоче досягти за допомогою інформації або яку ця інформація заново ставить)	←
Має суспільну природу	←
Має семантичний характер: вона пов'язана з поняттями, змістом, значенням (це означає, що наукова інформація є мовним зв'язком тільки між людьми)	←
Має мовну природу (вона набуває сенсу, семантичного змісту тільки в результаті абстрактно-логічного мислення, що неможливо поза природною мовою)	←
Не залежить у своєму змісті від мови, на якій її виражено, і від виду фізичного носія, на якому її закріплено	←
Має властивість дискретності, що походить від дискретності мовних знаків, за допомогою яких її утворено, а також від «переривчастості» часових моментів, у які відбувається відчуження квантів інформації	←
Має властивість кумулятивності (кожен науковець може і повинен робити збільшення до сучасної будови науки, створюваної зусиллями попередніх поколінь)	←
Незалежна від її творців (у цьому наукова інформація відмінна від інформації естетичної)	←
Старіє специфічним чином (мова йде про наукову інформацію)	←
Піддається розсіюванню за науковими виданнями і творами (ця її властивість тісно пов'язана з процесами диференціації й інтеграції у науці)	←

Рис. 6.1. Основні властивості інформації

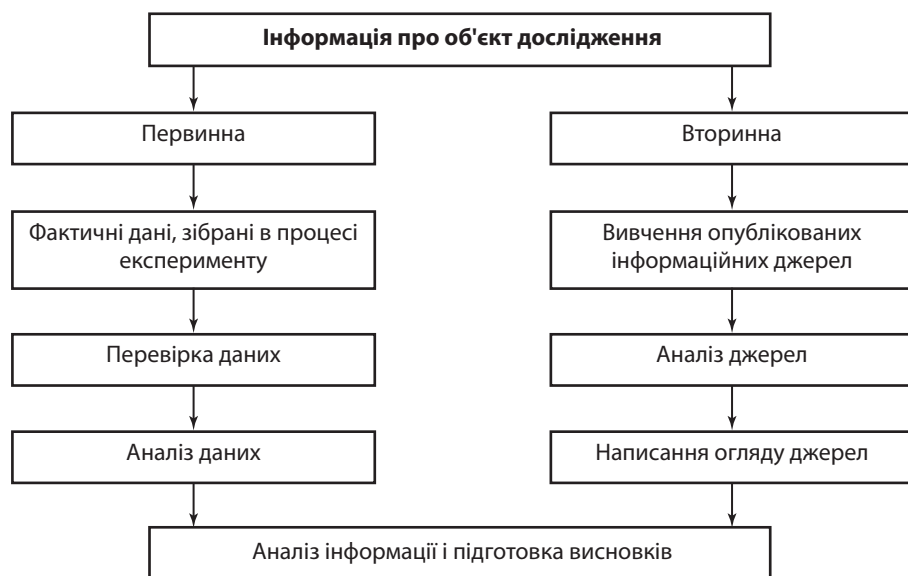


Рис. 6.2. Схема послідовності збирання й аналізу наукової інформації

Основними джерелами науково-технічної інформації є:

Реферативні журнали. У даний час усі великі бібліотеки мають у своєму розпорядженні серії періодичних видань, називаних реферативними збірниками («Abstracts») і покажчиками статей («Indexes»). Реферативні збірники й покажчики статей існують за всіма галузями знань.

Реферат – це короткий опис авторських статей з повідомленням про те, хто їх написав, коли і де їх опубліковано. Покажчики статей повідомляють прізвище, ім'я автора, назву статті, видання й дату публікації.

У реферативних журналах наводяться реферати монографій, статей, збірників навчальної літератури, періодичних видань і інших джерел.

Довідкова література – енциклопедії, енциклопедичні словники.

Патентна інформація – це відомості про відкриття, винаходи, промислові зразки і товарні знаки з усіх галузей людської діяльності в будь-якій країні світу.

Відомості про відкриття й винаходи звичайно зосереджено в патентних фондах великих бібліотек (обласних, міських і ін.), підприємств і організацій, у реферативних журналах, а також у бюлетенях про відкриття, винаходи, промислові зразки і товарні знаки, що випускаються чотири рази на місяць.

чення змінних величин оригіналу, які характеризують явища, повинні бути пропорційні тим же значенням для моделі. Це дозволяє робити відповідне перерахування отриманих даних.

Отже, умови перевірки машин на стендах із біговими барабанами трохи відрізняються від дорожніх умов: відсутній опір повітря й опір коченню передніх коліс, з'являються додаткові втрати енергії на подолання опору у механізмах стендів, змінюється коефіцієнт опору коченню коліс, збільшується деформація шин, змінюється коефіцієнт зчеплення колеса з барабанами. Тому при створенні стендів із біговими барабанами необхідно домагатися найбільшої подоби дорожніх умов роботи автомобіля на стенді [39, 43].

Фізично подібні моделі створюються з метою відтворити не стільки просторові властивості, скільки динаміку досліджуваних процесів, різного роду залежності й закономірності. Фізична подоба припускає однаковість чи подібність фізичної природи моделі й об'єкта та тотожність законів їх руху.

Особливо широко цей вид моделювання використовується в техніці, коли важко провести натурний експеримент. Так, макет автомобіля дозволяє при випробуваннях оптимізувати конструкцію, робочі процеси й режими управління в експлуатації. Макет гідроелектростанції дозволяє моделювати водні режими. Військові навчання дають можливість реаліше уявити ймовірні ситуації у війні. Слідчий експеримент відтворює обставини зробленого злочину. Ділова гра моделює управління підприємством. Лабораторна установка як маломасштабна модель дозволяє відробити технологічний процес, систему діагностування. При конструюванні нових морських судів спочатку роблять їх моделі (макети) із габаритами, зменшеними в десятки і сотні разів у порівнянні з проєктованими, і випробовують поведінку цих моделей у спеціальних випробувальних басейнах, створюючи в них ситуації, близькі до тих, що зустрічаються на морі (відтворюючи в них припливи, шторми, тайфуни і т. д.). При створенні великих і унікальних електричних машин їх параметри, властивості і конструктивні особливості звичайно відпрацьовуються на малогабаритних моделях. В основу фізичного моделювання покладено теорію подоби й аналіз розмірів. При цьому необхідною умовою є геометрична і фізична подоба моделі й оригіналу: у якісь моменти часу й у якихось точках простору значення змінних величин, що характеризують явища, для оригіналу повинні бути строго пропорційні тим же значенням для моделі.

Діагностику окремих вузлів і автомобіля в цілому можна розглядати як особливий вид фізичного моделювання, що сполучає фізичні моделі з натурними приладами. Прикладами такого моделювання є стенди для

лах. Перевірка може здійснюватися двома шляхами: перший – одержання шуканого результату безпосереднім виконанням перетворень об'єктів у світі речей, другий – одержання результату спочатку виконанням операції «абстрагування» і переходом у світ моделей, потім виконанням операції «перетворення моделей» і, нарешті, виконанням операції «конкретизація» із поверненням у світ реальних об'єктів із реалізацією шуканого результату на основі аналізу й перетворення моделі (див. рис. 10.1).

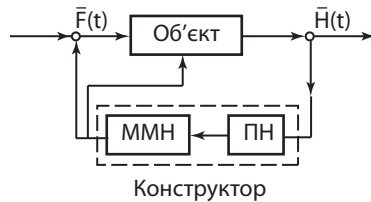


Рис. 16.8. Структурна схема процесу доведення з прогнозом (ПН) і математичною моделлю надійності (ММН)

Відзначимо, що на рис. 10.1 ясно видно розходження в задачах фундаментальних і інженерних наук.

Теоретики займаються внутрішніми проблемами теорій: розробкою абстрактних моделей, методів їх перетворення й аналізу. Вони цікавляться проблемами, що належать на рис. 10.1 галузі «світу ідей». Часто вони будують формальні структури взапас, для можливого використання в майбутньому. У значно меншому ступені їх цікавлять питання абстрагування й адекватності моделей, їх інтерпретація при різних способах застосування.

16.6. Фізичне моделювання

Фізичне моделювання полягає в заміні вивчення деякого об'єкта або явища експериментальним дослідженням його моделі, що має ту ж фізичну природу. У науці будь-який експеримент, проведений з метою виявлення тих чи інших закономірностей досліджуваного явища або для перевірки правильності й меж застосовності теоретичних результатів, фактично являє собою моделювання, тому що об'єкт дослідження – конкретна модель (зразок), яка володіє визначеними фізичними властивостями. У техніці фізичне моделювання використовують тоді, коли важко провести натурний експеримент. В основі фізичного моделювання лежать теорія подоби й аналіз розмірностей. Необхідною умовою реалізації цього виду моделювання є геометрична (форми) і фізична подоба моделі та оригіналу: у подібнісні моменти часу й у подібнісних точках простору зна-

До складу патентних фондів входять класифікатори патентів, описи патентів і винаходів, матеріали довідково-пошукового апарату, нормативна й методична література.

Патентні фонди підрозділяються на державний (центральный), територіальні та галузеві.

Спеціальні випуски технічних видань – це документи інформаційного, рекламного плану, аналітичні, статистичні дані з проблем.

Надруковані документи – це дисертації, звіти про науково-дослідні роботи, окремі роботи, звітні документи, методичні й інструкційні матеріали.

Довідково-інформаційний фонд – це зібрані первинні документи і довідково-інформаційний апарат, призначений для задоволення інформаційних потреб.

Інформаційні ресурси загального використання – це інформаційні ресурси державних органів науково-технічної інформації (бібліотека, фірма, організація).

Бюлетені сигнальної інформації включають бібліографічний опис літератури, що виходить за окремими галузями знань.

Експрес-інформація містить розширені реферати статей, опис винаходів й інших публікацій.

Аналітичні огляди дають уявлення про тенденції розвитку конкретної галузі науки й техніки.

Каталоги й картотеки бібліотек і довідково-інформаційних відділів.

Система Internet. На жаль, дуже часто матеріали повідомлень Internet не проходять рецензування.

Телеконференції Usenet призначено для одержання останніх новин, обміну ідеями й думками, одержання необхідних консультацій.

6.3. Інформаційно-пошуковий апарат бібліотек і комп'ютерних систем

Форми обслуговування читачів у бібліотеках майже скрізь однакові:

- ♦ довідково-бібліографічне обслуговування;
- ♦ читальний зал;
- ♦ абонемент або міжбібліотечний обмін (МБО);
- ♦ заочний абонемент;
- ♦ виготовлення фото- й ксерокопій;
- ♦ виготовлення мікрофільмів.

Для опрацювання джерел з обраної теми використовують інформаційно-пошуковий апарат бібліотеки.

У бібліотеках застосовується інформаційно-пошукова мова (ІПМ) бібліотечно-бібліографічного типу: універсальна десяткова класифікація (УДК) і бібліотечно-бібліографічна класифікація (ББК) [15].

УДК систематизує всі людські знання в 10 розділах, де кожен розділ має десять підрозділів та ін. При цьому кожне нове поняття отримує свій числовий індекс.

Кодове позначення	індексу знань	Найменування індексу знань
0		Загальний
1		Філософія, психологія
2		Релігія
3		Суспільні науки, економіка туризму
4		Філософія, мовознавство
5		Математика, природничі науки
6		Прикладні знання
7		Мистецтво, прикладне мистецтво
8		Художня література, літературознавство
9		Географія, історія

Кодовим позначенням індексуються всі наукові знання, явища, поняття. І кожне нове знання при його виникненні знаходить своє місце. Залежно від потреб поділу інформаційно-пошукової мови до основних індексів додаються інші знаки, чим підвищується спеціалізація УДК. Для зручності сприйняття кожні три знаки відокремлюються крапкою (наприклад, 5.337.6).

Багато років УДК застосовувалась як найбільш досконала класифікація знань. Але згодом виникнення нових понять у науковій і практичній діяльності людей зумовили впровадження бібліотечно-бібліографічної класифікації (ББК), яка має іншу систему класифікації й індексації людських знань. Основну частину її буквено-цифрових індексів побудовано за десятковим принципом. Основні поділи ББК розподілено у 21 відділі, кожен з яких має свій індекс із великих букв українського алфавіту, наприклад:

Індекси знань	Найменування індексів знань
А	Загальний
Б	Природничі науки
В	Фізико-математичні науки
Г	Хімічні науки
Д і т. д.	Науки про землю і т. д.
Усього: 21	

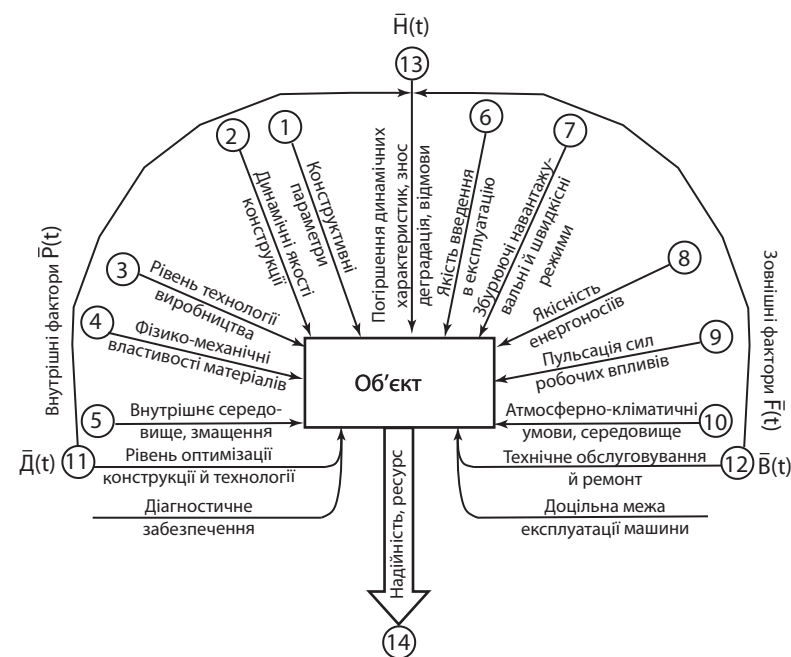


Рис. 16.7. Структурна схема моделі управління надійністю машин

Такими складними кібернетичними об'єктами (див. рис. 16.6 і 16.7) при використанні класичної теорії надійності керують за допомогою процесу навчання-доведення машин, що займає 7 – 10 років. Структурна схема такого процесу навчання зі зворотним зв'язком має вигляд, показаний на рис. 16.8. Наприклад, діагностична модель – це формальний опис об'єкта діагностування, що враховує можливі зміни його технічного стану під дією внутрішніх і зовнішніх факторів оточення. Від того, наскільки вдало обрано модель, залежить успіх дослідження, вірогідність отриманого за допомогою моделі результату. На жаль, не існує однозначних і вичерпних рекомендацій з побудови адекватних моделей, тобто добре відбиваючих властивості оригіналу. Тому розробка «хороших» моделей залишається значною мірою мистецтвом дослідника. Відповідність законів руху, зв'язків і відносин об'єктів моделі елементам реального об'єкта називається адекватністю, і ступінь адекватності визначає, чи застосовні такі результати до конкретної проблеми в реальному об'єкті. Часто адекватність моделі визначається поруч з умовами й обмеженнями на сутності реального об'єкта, і для того, щоб використовувати результати аналізу, отримані на моделі, необхідно ретельно перевіряти ці обмеження й умови. Достатня формалізація процесу повинна знаходитися в більш простих форму-

наслідків відмов; методи аналізу видів, наслідків і критичності відмов [41]; марковські методи аналізу надійності та ін. Для оцінки надійності систем застосовуються випадкові графи, тобто графи, які моделюють випадкові відмови елементів систем. Для кількісного аналізу системи з використанням графу застосовуються марковський і немарковський процеси [35, 42]. При оцінці надійності технічних систем структурні методи застосовують разом з методами аналізу видів і наслідків відмов та з методами аналізу видів, наслідків і критичних відмов. Аналіз дерева відмов є додатковим дедуктивним методом (див. розділ 8). Цей метод дозволяє здійснити логічний (див. розділ 10), якісний аналіз системи, оцінити логіку впливу одночасних, послідовних і альтернативних явищ, які призводять до небажаних наслідків, а у низці випадків також і якісний аналіз (див. підрозділ 13.4).

16.5. Структурні моделі процесів

Структурну модель об'єкта може бути виражено графічно, у вигляді матриці, графів, номограм та інших мов моделювання структур. Часто використовують ситуативне, кібернетичне й імітаційне моделювання.

Приклад складної структурної схеми математичної моделі управління й прогнозування надійності машин подано на *рис. 16.6*. Для наочності подамо цю структурну схему деяким набором конструктивних, технологічних і експлуатаційних параметрів 1...10, що визначають технічний стан машини (*рис. 16.7*). На цих рисунках (t) – вектор зовнішніх впливів; (t) – вектор середнього числа відмовлень за час t ; (t) – вектор перешкод, викликаних відхиленнями у процесі конструювання, виробництва і доведення конструкції (t) ; (t) – вектор експлуатаційних впливів, що приводять до зменшення шкідливого впливу низки факторів (профілактика, діагностика, ремонт, регулювання і т. д.). Дослідження надійності об'єкта полягає в тому, щоб за відомими векторами (t) , (t) , (t) визначити вектор (t) :

$$\bar{H}(t) = Q[\bar{F}(t), \bar{P}(t), \bar{B}(t)],$$

де Q – деякий оператор у загальному випадку різного виду (диференціальний, інтегральний, нелінійний, із випадковими параметрами, функціями і т. д.).

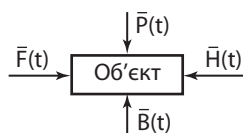


Рис. 16.6. Структурна схема математичної моделі надійності

Ці інформаційно-пошукові мови застосовуються при організації бібліотечних фондів. Основою інформаційно-пошукового апарату бібліотек є каталоги. Це розташовані в порядку алфавіту картки з описом видань. В алфавітному каталозі – за прізвищами авторів та назвами публікацій незалежно від їх змісту; у предметному – картки з описом літературних джерел згруповано за предметними рубриками теж в алфавітному порядку. Основні каталоги формуються за принципом алфавіту або принципом систематизації знань. Крім основних каталогів, створюються допоміжні: каталог періодики, картотеки статей і рецензій. Основними каталогами є систематичний і алфавітний.

Алфавітні каталоги містять картки на книги, розташовані в алфавітному порядку прізвищ авторів чи назв, при цьому береться спочатку перша буква слова, за яким іде опис, потім – друга і т. д.

Систематичні каталоги містять картки на книги, в яких назви робіт розташовано за галузями знань згідно з діючою класифікацією науки.

Предметні каталоги містять картки з назвами творів з конкретних проблем і питань одного змісту.

Щоб користуватись каталогами, потрібно добре знати принцип їх побудови.

Провідне місце належить алфавітним каталогам. За ними можна встановити, які твори того чи іншого автора є в бібліотеці. Картки каталогу розставлено за першим словом бібліографічного опису книги: прізвища автора або назви книги, яка не має автора. Якщо перші слова співпадають, картки розставляються за другим словом. Картки авторів з однаковим прізвищем – за алфавітом їх ініціалів тощо.

У систематичних каталогах картки згруповано в логічному порядку за галузями знань. Послідовність розміщення карток відповідає визначеній бібліографічній класифікації – УДК чи ББК.

Довідковий апарат систематичного каталогу включає посилання, відправлення, довідкові картки та алфавітно-предметний покажчик. Посилання вказує, де знаходиться література з близького чи суміжного питання («див. також»), відправні картки («див.») показують, у якому відділі знаходиться література з даного питання.

Предметний каталог концентрує близькі за змістом матеріали в одному місці, що дуже зручно для дослідника.

Ключем до каталогів бібліотеки є бібліографічні покажчики. Вони можуть бути різними за своїм завданням, змістом і формою. Для визначення стану вивченості теми потрібно звернутись до інформаційних видань, які

випускають інститути та служби науково-технічної інформації, центри інформації, бібліотеки, й охоплюють всі галузі народного господарства. Тут можна ознайомитись не лише з відомостями про надруковані праці, а й зі вміщеними ідеями та фактами. Їх характеризує новизна поданої інформації, повнота охоплення джерел і наявність довідкового апарату, що полегшує пошук і систематизацію літератури.

Збирання та обробку цих матеріалів в Україні здійснюють Книжкова палата України, Український інститут науково-технічної й економічної інформації (УкрІНТЕІ), Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського та інші бібліотечно-інформаційні установи загальнодержавного або регіонального рівня.

Основна маса видань названих установ поділяється на три види:

- ♦ бібліографічні;
- ♦ реферативні;
- ♦ оглядові.

Бібліографічні видання показують, що видано з питання, яке цікавить дослідника; часто це сигнальні покажчики без анотацій і рефератів. Цінність їх – в оперативності інформації про вихід у світ вітчизняної й зарубіжної літератури.

Реферативні видання містять публікації рефератів із коротким викладом змісту первинного документа, фактичними даними й висновками (експрес-інформаційні, реферативні журнали, збірники та ін.), наприклад: РЖ «Економіка. Економічні науки». Виданням Книжкової палати України є бібліографічні покажчики: «Літопис книг», «Літопис газетних статей», «Нові видання України» тощо.

Для пошуку та аналізу літератури, виданої в минулі роки, є ретроспективна бібліографія, призначення якої – підготовка й розповсюдження бібліографічної інформації про видання за певний період часу в минулому. Це можуть бути: тематичні огляди, прайс-листи видавництва, пристаттеві списки літератури тощо.

Поряд з інформаційними виданнями органів НТІ для інформаційного пошуку слід використовувати автоматизовані інформаційно-пошукові системи, бази й банки даних, Internet. Через службу Internet можна отримати різноманітну інформацію. Не випадково говорять, що Internet знає все.

За останні роки широко розвивається державна система збирання, обробки, зберігання, ефективного пошуку та передачі інформації з використанням сучасної обчислювальної техніки. Розробкою методології ство-

граничних умов призводить до того, що проводиться теоретичний аналіз не того процесу, що його було заплановано, а вже зміненого.

Крім зазначених недоліків аналітичних методів, у багатьох випадках не завжди можливо або взагалі неможливо, або надзвичайно важко відшукати остаточне аналітичне вираження з урахуванням умов однозначності, що найбільш точно відображають реальну фізичну сутність досліджуваного процесу. Іноді, досліджуючи складний фізичний процес із добре обґрунтованими граничними умовами, спрощують вихідні диференціальні рівняння через неможливість або надмірну громіздкість їх рішення, що спотворює фізичну сутність процесу. Таким чином, дуже часто реалізувати аналітичні підходи досить складно.

Аналітичні й експериментальні методи мають свої переваги й недоліки, що часто ускладнюють ефективне вирішення практичних задач. Результати будь-якого експерименту відбивають індивідуальні особливості тільки досліджуваного процесу. Їх не може бути поширено на інший процес, навіть близький за фізичною суттю. Тому надзвичайно плідним є поєднання позитивних сторін як аналітичних, так і експериментальних методів дослідження.

Явища, процеси вивчаються не ізольовано один від одного, а комплексно. Різноманітні об'єкти з їх специфічними характеристиками поєднують у групи, що характеризуються єдиними законами. Це дозволяє поширити результати аналізу одного явища на інші, або навіть на цілий клас аналогічних явищ. При такому принципі проведення досліджень зменшується кількість параметрів, вони замінюються узагальненими критеріями. Внаслідок цього спрощується шукане математичне співвідношення між параметрами. На такому принципі засновано методи поєднання аналітичних засобів дослідження з експериментальними методами аналогії, розмірностей, що є різновидом методів моделювання.

Абстрактну математичну систему може бути представлено графом (деревом подій та відмов), який складається із двох множин: вершин і ребер, а також відображення множин вершин у множині ребер (див. рис. 13.22). Математична теорія графів є досить зручним засобом для опису структур складних технічних систем. Графи використовуються в теорії надійності й діагностуванні для розробки математичних моделей переходів окремих елементів і систем в цілому із працездатного у непрацездатний стан і створення системи рівнянь, яка описує ці переходи. Математичний апарат теорії графів дозволяє виконувати чисельний аналіз надійності системи. До математичних методів оцінки надійності належать: методи аналізу видів і

Модуль передатної функції, наприклад, відносних переміщень кузова й коліс, буде дорівнювати:

$$|\Phi(iv)|_s = \frac{\sqrt{(h_2^2 v^2 + \omega_2^4) \cdot v^2}}{\sqrt{[v^2 - (\omega_0^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2 + h_0 h_2) v^2 + \omega_0^2 \omega_2^2]^2 + [(h_0 \omega_2^2 + h_2 \omega_0^2) v - (h_0 + h_1 + h_2) v^2]^2}}.$$

Для розв'язання диференціальних рівнянь широко використовують методи: розподілу перемінних, підстановок, інтегруючого множника, якісного аналізу та ін. Для одержання наближених розв'язок використовують метод послідовних наближень, метод функціональних рядів, метод Рунге – Кута, чисельні методи інтегрування та ін.

Багато задач досліджують за допомогою варіаційного числення. Щоб сформулювати задачу варіаційного числення, вводять поняття функціонала. Нехай, наприклад, є плоска крива $y = f(x)$ з областю визначення $x_0 \leq x \leq x_1$. Неважко побачити, що довжина кривої S_1 , площа P криволінійної трапеції, об'єм тіла обертання V залежать від вигляду заданої кривої [24, 31]:

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

Таким чином, функція $y = f(x)$ однозначно визначає величини S_1 , P , V , тобто відіграє роль своєрідного «аргументу». У цьому випадку величини S_1 , P , V , називаються функціоналами щодо функції $y = f(x)$.

Суть задачі варіаційного числення полягає в тому, якщо задано функціонал $F(y')$ в області $x_0 \leq x \leq x_1$, тоді потрібно знайти таку функцію $y = f(x)$ у заданій області визначення функціонала $F(y')$, за якої цей функціонал приймає мінімальне чи максимальне значення.

При дослідженні процесів методами варіаційного числення знаходять такі закономірності, при яких їх розвиток енергетично найбільш економічний. Дуже часто вони описуються експонентними функціями, що задовольняють принципам варіаційного числення.

Використання математичних моделей є одним з основних методів сучасного наукового дослідження. Але цей підхід також має важливі недоліки. Для того щоб з усього класу рішень знайти конкретне, властиве лише даному процесу, необхідно задати умови однозначності. Встановлення граничних умов вимагає проведення достовірного модельного експерименту і ретельного аналізу експериментальних даних. Неправильне визначення

рення ефективних інформаційних систем займається наука інформатика, яка має низку специфічних напрямків розвитку:

- ♦ технічне створення автоматизованих інформаційно-пошукових систем;
- ♦ програмний – забезпечення обчислювальних машин програмами для користувачів;
- ♦ алгоритмічний – розробка алгоритмів змісту баз і банків даних.

Сукупність уніфікованих інформацій та послуг, поданих у стандартизованому вигляді, називається *інформаційним продуктом* – це спеціалізовані нормативні видання, державні стандарти, будівельні норми і правила тощо.

Накопичення й зберігання великих інформаційних масивів – баз даних – дозволяє систематизувати документи за ознаками певної тематики, а також формувати банки даних, для оперативного багатоцільового використання відповідної інформації.

Досить популярним за останні роки стало використання інформаційної WEB-сторінки комп'ютерів.

Чи не є мережа WEB протиположною бібліотеці?

Ця мережа дає можливість в короткі терміни змінити найбільш важливі основи створення, розповсюдження й застосування знань у світі. Мільйони людей користуються мережею WEB для оперативного пошуку інформації, перевірки та дискусії.

Інтернет і WEB стають інформаційним джерелом для мільйонів людей. До того ж це найчастіше діти шкільного віку. Ці майбутні дорослі отримують умінь й навички накопичення інформації та роботи з нею, і для більшості з них ця мережа є більш привабливою, ніж бібліотека чи вчитель. Чому?

Її привабливість у тому, що користувачі мають доступ до інформації без будь-якої допомоги, участі чи керівництва іншої особи (викладача, бібліотекаря), її можна використати в будь-який час доби, не потрібно нікуди їхати, тим більше, що інформацію можна отримувати за потребою.

І все ж мережа WEB не є універсальною заміною бібліотеки.

У чому ж недоліки WEB?

1. Не всю інформацію розміщено на сторінках WEB, а та, що є, дуже коротка за обсягом, її зміст подано у цифровій формі, дуже обмежено порівняно з друкованими матеріалами.
2. WEB не завжди відповідає стандартам достовірності. Більшість матеріалів опубліковано без рецензій, без перевірки, гарантій (наприклад, з медицини – це думки й бачення окремих авторів).

3. WEB не має каталогізації (описання змісту, форми). Є лише мінімальна структура інформаційних матеріалів.
4. Не забезпечується ефективний пошук інформації фундаментальних наукових знань, і вона більше підходить для обміну свіжою інформацією й спілкування.

У майбутньому бібліотека буде існувати як:

- ♦ спеціально встановлені фонди документів, які мають знаходитись у приміщенні бібліотек;
- ♦ як фізичний простір для матеріалів у нецифровій формі і як пункт доступу для тих, хто не може дозволити собі мати необхідні засоби для отримання інформації;
- ♦ накопичення метаданих або опису змісту матеріалів для посилання та полегшення пошуку інформації;
- ♦ збереження документів і пов'язаних із ними метаданих;
- ♦ сфера доступу та послуги з інструктування.

Функціонування автоматизованих систем обробки інформації (АСОІ) ґрунтується на машинному перетворенні інформації з відповідної проблеми. АСОІ використовується у науково-дослідному процесі у зв'язку зі зростанням обсягів інформації до таких меж, коли досліджувати будь-яку проблему без ЕОМ неможливо. Структура інформаційної системи включає в себе банк даних: файл, секцію файлу, набір файлів, згрупованих у банку даних.

Банк даних є сукупністю наборів файлів, згрупованих у масивах даних.

Відомо, що в практиці міжнародних організацій у процесі обміну інформацією та при вирішенні завдань міжнародних економічних, науково-технічних, культурних, спортивних та інших зв'язків використовуються скорочені назви країн – блоки літерної та цифрової ідентифікації країн.

Міжнародна організація зі стандартизації (ІСО) розробила коди для кожної країни.

Щодо України традиційно вживають такі блоки літерної та цифрової ідентифікації:

- ♦ дволітерний алфавітний код України – UA, рекомендований Міжнародною організацією зі стандартизації (ІСО) для міжнародних обмінів; він дає змогу утворювати візуальну асоціацію із загальноприйнятою назвою України без будь-якого посилання на її географічне положення або статус;

дить через центр ваги підресореної маси, і симетрії автомобіля щодо позовжньої осі.

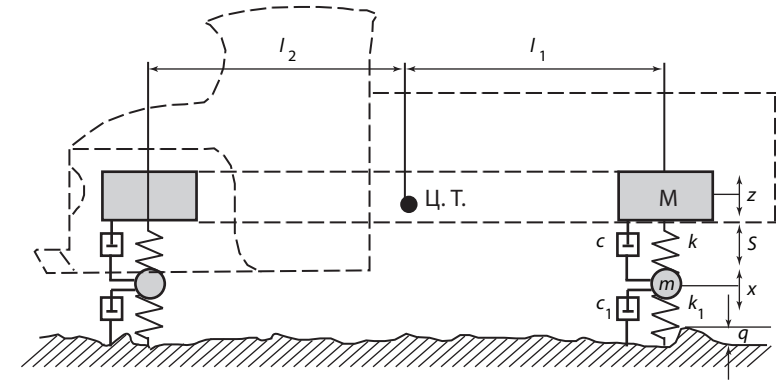


Рис. 16.5. Розрахункова динамічна модель автомобіля

При складанні диференціальних рівнянь руху автомобіля не враховується ні вага автомобіля, ні статична реакція, що дорівнює добутку твердості ресор на їх статичний прогин. Відлік сил і переміщень виробляється від «статичного рівня». Сили, спрямовані вниз, приймаємо за додатні, а нагору – за від'ємні.

Диференціальне рівняння можна записати в такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} M \cdot \ddot{z} + c \cdot \dot{z} + k \cdot z - c \cdot \dot{x} - k \cdot x &= 0; \\ m \cdot \ddot{x} - c \cdot \dot{z} - k \cdot z + c \cdot \dot{x} + k_1 \cdot x + c_1 \cdot \dot{x} &= k_1 \cdot q + c_1 \cdot \dot{q}. \end{aligned} \right\}$$

Позначивши $\frac{k}{M}$ через ω_0^2 , $\frac{k}{m}$ – через ω_1^2 , $\frac{k_1}{m}$ – через ω_2^2 , $\frac{c}{M}$ – через h_0 , $\frac{c}{m}$ – через h_1 , $\frac{c_1}{m}$ – через h_2 і $\omega_k^2 = \omega_1^2 + \omega_2^2$, одержимо диференціальні рівняння руху кузова і коліс:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z} + h_0 \cdot \dot{z} + \omega_0^2 \cdot z - h_0 \cdot \dot{x} - \omega_0^2 \cdot x &= 0; \\ \ddot{x} + h_1 \cdot \dot{x} + h_2 \cdot \dot{x} + \omega_1^2 \cdot x - h_1 \cdot \dot{z} - \omega_1^2 \cdot z + \omega_2 \cdot x &= \omega_2^2 \cdot q + h_2 \cdot \dot{q}. \end{aligned} \right\}$$

Останні рівняння дозволяють визначити переміщення й прискорення кузова й коліс та їх відносні переміщення при переїзді через нерівність вигляду $q = f(t)$ із різною швидкістю. Розв'язання цих рівнянь наведено в роботі [10].

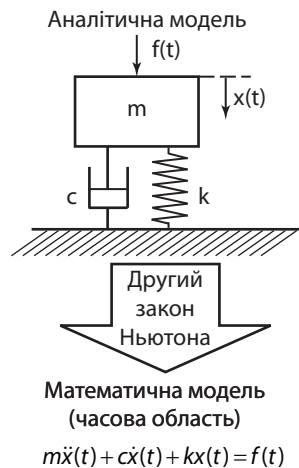


Рис. 16.4. Аналітична й математична моделі

Цю модель представлено у вигляді диференціального рівняння другого порядку. Більш просту в математичному відношенні модель, наприклад вібраційного процесу, може бути отримано в частотній області.

Математичну модель можна задати за допомогою функціонального співвідношення, у вигляді системи алгебраїчних, диференціальних або інтегральних рівнянь. Такі моделі звичайно містять велику кількість інформації. Характерною рисою математичних моделей є те, що їх може бути перетворено за допомогою математичного апарата. Так, наприклад, функціональні залежності можна спрощувати, використовуючи алгебраїчні перетворення; диференціальні або інтегральні рівняння можна вирішити. У результаті дослідник одержує нову інформацію про функціональні залежності й властивості моделей.

При виборі методу аналітичного дослідження керуються принципом відповідності зовнішньої й внутрішньої правдоподібності. Цей принцип аналогічний відомому правилу наближених обчислень: ступінь точності обчислень має відповідати ступеню точності вихідних даних. Вибір методу дослідження математичної моделі тим ефективніший, чим чіткіше поставлено мету і є більше даних про кінцеве вирішення задачі.

Розрахункова динамічна модель, еквівалентна автомобілю, що рухається по нерівній дорозі, показано на *рис. 16.5* [39].

Схему складено у припущенні незалежності вертикальних коливань передньої й задньої осей відносно поперечної осі автомобіля, яка прохо-

- ♦ цифровий порядковий код – 804, присвоєний статистичним бюро Організації Об'єднаних Націй, використовується для статистичних розрахунків.

Ці блоки ідентифікації України зафіксовані для використання Міжнародною організацією зі стандартизації у стандарті УСО 3166-88 «Коди для представлення назв країн».

ООН у своїй роботі також користується цими трьома блоками ідентифікації України.

6.4. Міжнародна класифікація патентів на винаходи, корисних моделей, промислових зразків і товарних послуг

Міжнародна патентна класифікація (МПК) охоплює всі види техніки. Вона являє собою ієрархічну класифікацію, якій притаманна функціонально-галузева структура. Структурними елементами МПК є такі: розділ, підрозділ, клас, підклас, група, підгрупа. Згідно з МПК всі винаходи підрозділяються на вісім розділів.

Розділи мають назви й індекси. Індекси позначаються заголовними літерами латині від А до Н [16, 17].

Назви розділів:

А – задоволення життєвих потреб людини;

В – різноманітні технологічні процеси;

С – хімія й металургія;

Д – текстиль і папір;

Е – будівництво;

Ф – прикладна механіка, освітлення й опалення, двигуни і насоси, зброя і боеприпаси;

Г – технічна фізика;

Н – електрика.

Кожен розділ може містити до 99 класів. Окремі номери класів можуть пропускатися з метою додання в разі потреби нових класів.

Як бачимо, назва і зміст розділу «В» відображає функціональний принцип. Розділи Д, Е, а також деякі інші є предметно-тематичними. Підрозділи мають тільки заголовки.

Назва класів містить заголовок, який відображає зміст класу й індекс, що складається з індексу розділу і двозначного арабського числа. Наприклад, розділ «D», має такі класи: D 01 «Натуральні та хімічні волокна, пря-

жа», D 02 «Пряжа, кінцева обробка пряжі або ниток механічними засобами, снуванням».

Клас містить один або більшу кількість підкласів. Індекс підкласу складається з індексу розділу й індексу класу. Після них стоїть заголовна латинська літера. Наприклад, клас D 03 має підкласи 3, D. Повні індекси підкласів мають такий запис: D 003 C, D 003 D, D 03. Заголовок визначає його зміст. Підклас поділяється на основні групи й підгрупи. Повний індекс основної групи складається з індексу підкласу, за яким стоїть одно-, двох- або тризначне число, похила лінія і два нулі. Наприклад, підклас D 03 D охоплює основні групи: 1/00, 3/00, 5/00 – 51/00.

Повний індекс підгрупи складається з індексу підкласу, одно-, двох- або тризначного числа його основної групи і похилої лінії, за якою стоїть дві, три або чотири цифри. Наприклад, група D 03 D 3/00 включає підгрупи 3/02, 3/04, 3/06, 3/08.

Існує спеціальна рада з МПК при Всесвітній організації інтелектуальної власності, що постійно вдосконалює патентну класифікацію МКІ й через кожні п'ять років видає її нову редакцію. При цьому чергова редакція МКІ позначається арабською цифрою і проставляється перед індексом.

Повний класифікаційний індекс складається з індексів розділу, класу, підкласу, основної групи і підгрупи.

Наприклад, представлений на рис. 6.3 індекс 6.H.01.B.^{8/05} означає: шоста редакція МПК, розділ H – електрика, клас 01 – елементи, підклас B – конденсатори, група 8 – електролітичні, підгрупа 05 – танталові.

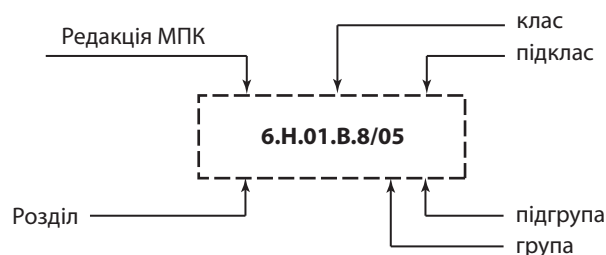


Рис. 6.3. Структура індексів винаходів за міжнародною патентною класифікацією

Кілька груп спорідненої тематики, що стоять одна за одною, поєднуються підзаголовком. Заголовки і рубрики можуть складатися з двох або більшої кількості частин, що розділяються крапкою з комою. Це робиться в тому випадку, коли різні технічні об'єкти не можуть бути адекватно узагальнені одним визначенням.

$$T = \frac{L}{R},$$

що характеризує інерційність розглянутого електричного ланцюга.

Будь-яка математична формула в механіці, фізиці, хімії є математичною моделлю будь-якого процесу або явища. Так, якщо V – постійна швидкість, скажімо, автомобіля, t – час руху, то формула

$$S = V \cdot t$$

є математичною моделлю процесу наростання пройденого автомобілем шляху (S).

Аналітичне моделювання. Аналіз різноманітних фізичних і економічних моделей багатьох досліджуваних процесів проводять за допомогою математичних методів, що можуть бути розділені на такі основні групи:

- ♦ аналітичні методи дослідження (елементарна математика, диференціальні й інтегральні рівняння, варіаційне вираховування та інші розділи вищої математики), що використовують для вивчення безперервних детермінованих процесів.
- ♦ методи математичного аналізу з використанням експерименту (метод аналізу, теорія подібності, метод розмірностей) та ін.

За допомогою аналітичних методів визначають математичну залежність між параметрами моделі. Ці методи дозволяють глибоко та всебічно вивчати процеси, встановлювати точні кількісні зв'язки між аргументами й функціями, аналізувати досліджувані явища. Аналітичні залежності дозволяють на основі функціонального аналізу рівнянь вивчати процеси в загальному вигляді, що є математичною моделлю визначеного класу конкретних процесів.

Аналітичну модель може бути, наприклад, побудовано у фізичній області. Вона являє собою абстрактну систему, що складається з точкової маси (m), яка спирається на безінерційну лінійну пружину (k) і зв'язану з в'язкісним демпфером (c). Масу встановлено таким чином, що вона може переміщатися тільки в одному напрямку (x), тобто система має один ступінь свободи (див. рис. 16.4).

Математичну модель у часовій області може бути отримано шляхом застосування другого закону Ньютона до аналітичної моделі (див. рис. 16.4). Зрівнюючи внутрішні (інерції, загасання й пружності) і зовнішні (порушення) сили, ми одержимо модель:

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = f(t).$$

2) визначення логіко-математичної моделі, тобто переклад інформаційної моделі на математичну мову;

3) дослідження функціонування моделі.

На першому етапі дається чіткий і однозначний словесний опис її інформаційної моделі: що відбувається, чому так відбувається і за яких умов можливий досліджуваний процес. На цьому етапі досліджень вимагаються глибокі знання предмету вивчення. На другому, не менш важливому, етапі словесні описи (найчастіше розмиті, розпливчасті) переводяться на відповідну математичну мову. Таким чином, на другому етапі інформаційна модель процесу перетворюється в логіко-математичну модель, що представляється у вигляді відповідних правил і математичних формул.

Третій етап моделювання – це дослідження функціонування моделі: її структури й параметрів, властивостей і їх подібності до властивостей процесу-оригіналу. Цей етап набагато простіше двох попередніх (творчих) етапів, особливо якщо в дослідника під рукою мають електронні обчислювальні засоби.

Проілюструємо сказане на прикладі моделювання системи автоматичного управління. Кожен елемент системи має цілком визначену фізичну природу. Однак, виходячи з поводження елементів у динамічних режимах, можна за допомогою ізолюючої абстракції виділити основні ознаки кожного з елементів, які не залежать від особливостей конструкції, джерел енергії й т. п. Ці ознаки можуть виражатися через константи, швидкості й прискорення. Описавши поводження кожного елемента системи алгебраїчним або диференціальним рівнянням разом із деякими обмежувачими умовами, одержимо систему рівнянь, яка являє собою абстрактну модель. Ця модель ізоморфна з конкретним класом реальних систем, які, на перший погляд, не мають між собою нічого спільного.

Як приклад можна взяти процес зміни в часі струму $I(t)$ в електричній котушці, що має індуктивність L і активний опір K , при її підключенні на затискачі електричного генератора з напругою $U(t)$. Для описаної інформаційної моделі процесу відповідно до закону Кирхгофа може бути складене диференціальне рівняння:

$$U(t) = R_i \cdot I(t) + L_i \cdot \frac{dI(t)}{dt},$$

що і є його математичною моделлю. Потім за допомогою цієї моделі можна аналітично або на комп'ютері розрахувати перехідний процес зміни струму в котушці (він буде наростати за експонентою) і визначити постійну часу:

Наприклад, G 03 G «Електрографія, магнітофони», G 03 G 9/00 «Проявники, вибір речовин для використання як проявники».

МПК широко використовує систему посилань між рубриками. Посилання беруться в дужки і йдуть за заголовком, підзаголовком або за текстом групи. Відповідне посилання стосується всіх рубрик, що з погляду ієрархії знаходяться нижче.

З метою підвищення ефективності МПК у деяких її підрозділах застосовуються так звані гібридні системи. Ці системи надають можливість присвоєння документу додаткових індексів. Як відрізнити індекс схем кодування від традиційних класифікаційних індексів? У цьому випадку необхідно звернути увагу на те, що між групою і підгрупою стоїть знак двокрапки. Застосування гібридних систем дозволяє більш повно відобразити зміст винаходу.

Якщо в техніці будуть виникати нові напрями, то, поза сумнівом, з'являться винаходи, що не укладаються в рамки підрозділів МПК. Для класифікації таких винаходів в індексах використовується позначення «Х», що може приєднуватися до індексу підкласу, класу, розділу або основної групи.

У МПК застосовуються такі основні правила індексування:

- 1) насамперед обирається розділ;
- 2) предмет винаходу індексується у класі (підкласі);
- 3) якщо відсутній потрібний клас, предмет індексується за застосуванням;
- 4) якщо відсутній клас за застосуванням, предмет індексується за отриманням.

Проробивши матеріал відносно МПК, що висвітлений лише в даній главі, малоімовірно, що читач зуміє безпомилково присвоїти індекс МПК якомусь технічному рішення.

Розглянемо приклад розшифровки змісту індексу МПК.

Припустимо, ви зустрічаєте індекс А 47 С 4/10. Подивимося, що ж за ним криється.

А – означає розділ МПК, що має назву «Задоволення життєвих потреб людини». Оскільки кожен розділ поділяється на класи (індекс яких складається з індексу розділу і двозначного числа), то за «Показником» знаходимо, що А 47 означає «Меблі. Предмети домашнього вжитку й побутові прилади. Машини для кави та спецій. Пілососи».

Кожен клас має один або більшу кількість підкласів. Індекс підкласу складається з індексу класу і заголовної букви латині. Знаходимо, що А 47 С означає «Стільці, дивани, ліжка».

Кожен підклас має підрозділи (рубрики), інше кажучи, групи. Індекс рубрики складається з індексу підкласу, за яким йдуть два числа, поділені похилою рисою, – у нашому випадку 4/10. У кінцевому результаті знаходимо, що технічне рішення, яке нас зацікавило, є «стільцем (табуреткою, ослоном, кріслом), який має ніжки, що шарнірно з'єднані з сидінням або нижньою рамою».

Міжнародна класифікація промислових зразків (МКПЗ)

Дану класифікацію затверджено Локарнською 1968 року угодою про встановлення міжнародної класифікації промислових зразків. Угода набрала чинності 27 квітня 1970 р.

МКПЗ, подібно МПК, періодично переглядається з метою її доповнення та вдосконалення.

МКПЗ складається з трьох частин і алфавітно-предметного покажчика. Перша частина МКПЗ – це перелік класів. Встановлено 31 клас. Причому 31-й клас позначено індексом 99.

У другій частині МКПЗ містяться індекси й назви класів та підкласів із примітками. Наприклад, клас 27 «Тютюнові вироби і приналежності для паління».

27-01 Тютюн, сигари і сигарети.

27-02 Трубки для паління, мундштуки для сигар і сигарет.

27-03 Попільниці.

27-04 Сірники.

27-05 Запальнички.

27-06 Портсигари, тютюнниці, баночки для тютюну. Примітка: не включає упакування (кл. 9).

27-99 Різне.

Третя частина МКПЗ – опис змісту підкласів. Просто кажучи, це – алфавітний перелік рубрик, у яких вказуються вироби, які належать до кожного підкласу.

Алфавітно-предметний покажчик – це перелік найменувань виробів зі вказівкою класу.

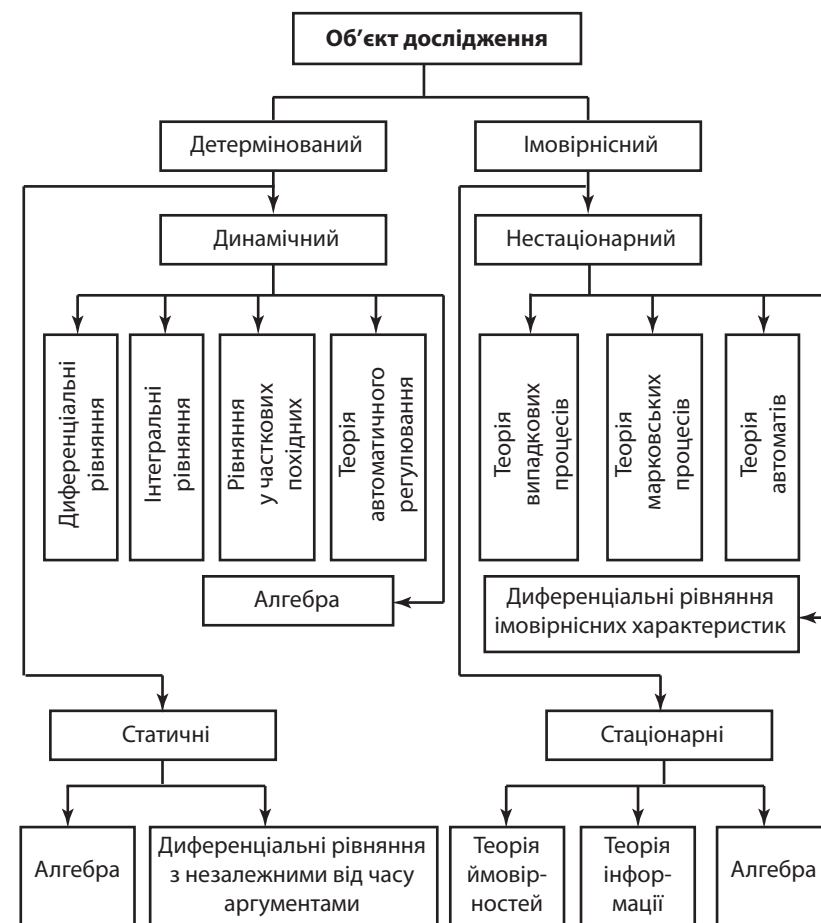


Рис. 16.3. Математичний апарат для побудови математичної моделі

16.4. Абстрактне моделювання

Абстрактне моделювання ґрунтується на аналітичному описі досліджуваного процесу або явища, мовою деякої наукової теорії, найчастіше математичною.

Основні етапи цього виду моделювання такі:

- 1) побудова описової (інформаційної) моделі процесу, тобто можливо більш чіткий і однозначний опис того, що відбувається й чому, за яких умов можливий досліджуваний процес;

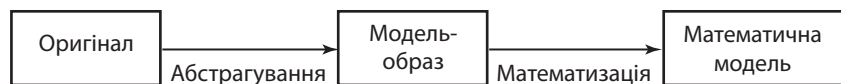


Рис. 16.2. Схема побудови математичної моделі

Наступна стадія – математизація моделі-образу, встановлення необхідної сукупності параметрів і характеристик, визначених зв'язків між ними. Тут, звичайно, використовуються деякі фундаментальні закони природи, інші встановлені раніше закономірності, що обмежують можливі значення параметрів об'єкта.

У результаті проведеної математизації й утвориться те, що прийнято називати математичною моделлю. З формальною моделлю можна виконувати різні перетворення й експерименти (спрощувати структуру моделі, застосовувати схеми заміщення і т. д.). Математичні моделі, чисельні методи й ЕОМ дали можливість проектувати складні технічні системи й одержувати характеристики, близькі до розрахункових.

Математична модель повинна бути за можливістю простою у поводженні і зрозумілою для тих, хто її використовує, представницькою у всьому діапазоні застосування, досить адекватною, щоб із необхідною точністю відображати досліджуваний об'єкт, а також орієнтованою на обчислювальні можливості, що є в розпорядженні дослідника.

Встановлення загальних характеристик системи дозволяє обрати математичний апарат, на базі якого будують математичну модель. Вибір математичного апарата може бути здійснено відповідно до схеми, представленій на рис. 16.3 [31].

Як видно з даної схеми, вибір математичного апарата не є однозначним і жорстким. Так, для детермінованих об'єктів може використовуватись апарат лінійної й нелінійної алгебри, теорії диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії автоматичного регулювання. Адекватним математичним апаратом для моделювання імовірнісних об'єктів є теорія детермінованих і випадкових автоматів з детермінованими й випадковими середовищами, теорія випадкових процесів, теорія марковських процесів, евристичне програмування, методи теорії інформації, методи теорії управління та оптимізації.

Застосування математичної моделі в дослідженнях часто іменують «обчислювальним експериментом».

Міжнародна класифікація товарних послуг (МКТП)

Цю класифікацію розроблено відповідно до Ніццької 1957 року угоди про Міжнародну класифікацію товарів і послуг для реєстрації товарних знаків, яка вже розглядалася нами вище.

Перелік класів товарів і послуг має 42 класи. Принципи класифікації різних товарів є різними. Готові вироби класифікуються за виконуваними функціями. Це так званий функціональний принцип. Віднесення сировини до певного класу проводиться з урахуванням відповідного матеріалу. Використовується також галузевий принцип. Товарам відведено 34 класи, послугам – 7. 42-й клас має назву «Різне».

Нижче наводимо перелік класів МКТП.

1. Хімічні продукти, призначені для промисловості, науки, фотографії, сільського господарства, садівництва, лісівництва.
2. Фарби, лаки, що фарбують речовини.
3. Препарати для відбілювання білизни, прання, чищення, полірування, мило, парфумерія, косметика.
4. Промислові жири, мастила й олії, маслянисті речовини, освітлювальні матеріали, пальні суміші.
5. Фармацевтичні препарати, перев'язочні матеріали, дезинфікуючі засоби.
6. Необроблені й напівоброблені метали.
7. Машини й верстати, двигуни.
8. Ручні засоби й інструмент, ножові вироби, виделки, ложки.
9. Наукові прилади й інструменти.
10. Хірургічні прилади й інструменти.
11. Освітлювальні пристрої.
12. Засоби пересування.
13. Вогнепальна зброя.
14. Дорогоцінні метали та вироби з них.
15. Музичні інструменти.
16. Папір і паперові вироби.
17. Гутаперча, пластмаси (напівфабрикати).
18. Шкіра і шкірозамінники, шорні вироби.
19. Будівельні матеріали.
20. Меблі, вироби з дерева, слонової кістки, перламутру.
21. Дрібне домашнє начиння, ємності для господарства й кухні, інструменти та матеріали для прибирання.

22. Мотузки, сітки, намети, мішки.
23. Нитки.
24. Тканини, ковдри, скатертини.
25. Одяг, взуття.
26. Мережива, стрічки, гудзики, голки, шпильки.
27. Килими, лінолеум, шпалери.
28. Гри, іграшки, спортивні товари.
29. М'ясо, риба, птиця, дичина, молочні продукти, харчові жири, консерви.
30. Кава, чай, какао, цукор, рис, хліб, кондитерські вироби.
31. Сільськогосподарські продукти, насіння, квіти.
32. Пиво й безалкогольні напої.
33. Вина й спиртні напої.
34. Тютюн, сірники, портсигари.
35. Рекламна справа.
36. Страхування й фінанси.
37. Будівництво та ремонт.
38. Зв'язок.
39. Транспорт і складування.
40. Обробка матеріалів.
41. Освіта та розваги.
42. Різне.

«Визначник змісту класів» призначено для встановлення потрібного класу, якщо відсутня назва товару або послуги в алфавітно-предметному покажчику, доданому до МКТП. У «Визначнику» міститься перелік товарів і послуг, яким надано номер (індекс).

Алфавітно-предметний покажчик класів товарів і відповідний покажчик для товарів і послуг – це незамінні інструменти для пошуку. Спираючись на ключові слова, які вони містять, можна визначити приналежність товару (послуги) до того або іншого класу.

6.5. Патентний пошук документації

Якщо говорити трохи спрощено, у цьому підрозділі йде мова про те, як відшукати потрібний патент.

На першому етапі здійснюється збирання фактичних даних (на основі роботи з літературою й технічною документацією, проведення натурних експериментів, збирання експертної інформації і т. д.), а також висування гіпотез щодо значень параметрів і змінних, для яких відсутня можливість отримання фактичних даних. Якщо отримані результати відповідають принципам інформаційної достатності й здійсненності, вони можуть бути основою для віднесення модельованої системи до одного з відомих типів (класів).

16.3. Схема побудови математичної моделі

Математична модель – кінцевий продукт процесу абстракції, формалізації досліджуваного явища; це система співвідношень: формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, які описують ті чи інші сторони досліджуваного об'єкта, явища, процесу. Математичні моделі дозволяють кількісно досліджувати процеси або явища, що важко піддаються вивченню за допомогою фізичних моделей.

При побудові моделі властивості і сам об'єкт звичайно спрощують, узагальнюють, що дозволяє досліджувати його з відключенням несуттєвих зв'язків, реалізовувати ті умови, які недосяжні на практиці. Чим ближча модель до оригіналу, тим вдаліше вона описується, тим ефективніше теоретичне дослідження і тим ближче отримані результати до прийнятої гіпотези дослідження й прогнозування стану об'єкта.

Математично подібні моделі не вимагають виконання умов фізичної й геометричної подоби. Тут відносини між моделлю і реальним об'єктом зводяться до аналогії. Ця аналогія може бути структурною чи функціональною (ізоморфізм чи ізофункціоналізм), що знаходить відображення у наявності однакового математичного формалізму. До цих моделей відносять всілякі аналогові моделі (наприклад, електричні моделі механічних, теплових, акустичних явищ та ін.), структурні, цифрові й кібернетичні функціональні моделі.

На *рис. 16.2* подано схему побудови математичної моделі. Першою стадією розробки математичної моделі є побудова зміцненого, схематизованого образу, «образної» моделі. Такими моделями-образами є, наприклад, у механіці образи матеріальної точки, абсолютно твердого тіла; в астрономії – планетна система як система матеріальних точок; у фізиці – планетарна модель атома і т. п. Вдала схематизація об'єкта визначає значною мірою успіх дослідження й побудови теорії явища. Так, зображення сонячної системи у вигляді системи матеріальних точок, що мають визначену масу, якій властива сила тяжіння, дозволило з високою точністю розраховувати рух планет.

Для побудови найкращої моделі необхідно мати глибокі й всебічні знання не тільки за темою, суміжними науками, але і добре знати практичні аспекти досліджуваної задачі.

Вивчити й проаналізувати об'єкт найбільш повно можна лише за умови, що його модель подана описом фізичної сутності і має математичний вид.

Математичні моделі можуть являти собою аналітичні залежності або графіки, диференціальні рівняння, що описують рух систем, таблиці або графіки переходів систем з одних станів в інші і т. д.

Аналогове моделювання ґрунтується на ізоморфізмі явищ, які мають різну фізичну природу, але описуваних однаковими математичними рівняннями. Аналогові моделі подібні з оригіналом тільки за деякими функціональними властивостями. За допомогою цих моделей можна статично й динамічно відтворити властивості технічних систем. Наприклад, за допомогою електронних аналогових обчислювальних машин (АОМ) моделюють динамічні процеси в системах різноманітної фізичної природи, які описуються тими ж диференціальними рівняннями, що й процеси в АОМ. Іншим прикладом може служити вивчення гідродинамічного процесу за допомогою дослідження електричного поля. Обидва ці явища описуються диференціальним рівнянням Лапласа в частинних похідних, розв'язання якого звичайними методами можливе тільки для окремих випадків. У той же час експериментальні дослідження електричного поля набагато простіше відповідних досліджень у гідродинаміці.

Іконічні моделі відтворюють оригінал у дво- або тривимірному вимірі, за необхідністю в зменшеному або збільшеному масштабі, наприклад креслення, об'ємні моделі машин і верстатів, фотографії. При цьому зовнішня подібність між моделлю й оригіналом велика.

16.2. Побудова концептуальної моделі

Концептуальна (змістовна) модель – абстрактна модель, яка визначає структуру модельованої системи, властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі й істотні для досягнення мети моделювання. Фактично це – формалізований опис досліджуваної системи, який складається з тексту, блок-схеми, таблиць, графіків й іншого ілюстративного матеріалу.

Побудова концептуальної моделі містить такі етапи [26]:

- ♦ визначення типу системи;
- ♦ опис робочого навантаження;
- ♦ декомпозиція системи.

Патентний пошук – це один з видів інформаційного. Його спрямовано на встановлення рівня технічного рішення, межі прав власника охоронного документа й умов реалізації зазначених прав.

Існує три основних види пошуку:

- 1) тематичний (предметний);
- 2) нумераційний;
- 3) іменний.

Тематичний пошук є найголовнішою і найбільш розповсюдженою процедурою. У якості пошукового зразка використовуються ключові слова (дескриптори), відповідні індекси різних систем класифікації, заголовки документів чи його елементи, які мають істотне значення (як правило, це – термінологічні словосполучення та ін.).

Тематичний пошук може виконуватися не тільки за фондом винаходів, але і за фондами заявок на винаходи, а також за фондами корисних моделей і промислових зразків.

Тематичний пошук передбачає застосування різноманітних інформаційно-пошукових систем. Такі системи все ширше спираються на електронно-обчислювальну техніку, про що мова буде йти далі.

Для тематичного пошуку використовують систематичні покажчики (які, у свою чергу, бувають поточними, річними, підсумковими). Застосовуються також вузькопрофільні інформаційно-пошукові системи. Патентний пошук починають зі встановлення класифікаційного індексу. Відповідно до другої та четвертої редакцій Міжнародної патентної класифікації такими індексами були:

МПК^{2,3,4}; F 01 D 5/00, 7/00, 9/00, 25/00, 25/08, 25/12; F 02 C 7/00, 7/12, 7/14, 7/16, 7/18.

Після того, як на питання: «Де шукати?» отримано відповідь (тобто, встановлено індекси МПК або національних систем класифікації), виникає питання «Що шукати?». Необхідно пам'ятати, що той самий об'єкт техніки може мати цілу низку синонімів або синонімічних словосполучень.

Для проведення якісного аналізу з масиву патентної документації необхідно відібрати низку охоронних документів, що стосуються винаходів, які, на думку фахівців, мали найважливіше значення.

Нумераційний пошук. Як можна відразу ж догадатися за назвою, мова йде про пошук, якщо відомий номер охоронного документа (або заявки). Інформація про такий номер може дійти до зацікавленої особи різними шляхами. Для знаходження потрібного номера необхідно, використовув-

ючи нумераційний показник, знайти наданий номеру індекс класифікації. Після цього слід шукати номер у фонді. У нумераційних показниках заявок для кожного номера заявки, як правило, вказується номер охоронного документа, виданого патентним відомством.

Іменний пошук. Під час проведення такого пошуку стартовою точкою є найменування (прізвище) власника патенту, свідоцтва, заявника, дійсного автора, представника заявника (патентного повіреного). Йде пошук установлення зв'язків між власниками патенту на той самий об'єкт промислової власності в різних країнах або між авторами винаходу і власниками патенту. При виконанні пошуку використовують торгово-економічні довідники, річні звіти компаній, рекламні буклети.

Пошукові системи. Існують такі пошукові системи: документальні, фактографічні, комбіновані (гібридні).

Перші з названих містять відомості, які відбивають зміст документів. Фактографічні системи концентрують формалізовану інформацію. За допомогою гібридних пошукових систем ведеться пошук як за формалізованими елементами (наприклад, за бібліографічними даними), так і спираючись на змістовний аналіз документа.

Пошукові системи за способом свого функціонування підрозділяються на ручні, механізовані й автоматизовані.

Більш докладні вказівки з патентного пошуку документації наведено в роботах [16, 17].

6.6. Обробка й оцінка інформації

Для зменшення часу пошуку потрібної інформації варто ввести поняття «ранг публікацій» і докладно вивчити публікації вищих рангів. Ранг публікації визначається за попереднім швидким ознайомленням з матеріалом або на підставі публікації у реферативному журналі. Можна виділити 10 рангів публікацій [2].

1. У публікації повідомляється про відкриття нових фізичних ефектів (під фізичним ефектом розуміється взаємозв'язок фізичних величин у природі, наприклад, ефект Пельтьє). Відкриття нових фізичних ефектів, як правило, породжує нові можливості і нові наукові напрямки.
2. У публікації досліджується залежність відомого ефекту від різних параметрів. Це важливі фізичні дослідження, що розкривають властивості відкритого ефекту.

Приклад 2. Емпіричною порівняльною оцінкою встановлено, що втрати на кочення на стенді зі співвідношенням (K_K) радіусом барабана (r_B) до радіуса колеса (r_K)

$$K_K = \frac{r_B}{r_K} = 0,6 \dots 1,0$$

подібні втратам на кочення у дорожніх умовах.

Критерії подоби будь-якого явища можуть перетворюватись у критерії іншої форми за допомогою операцій множення чи ділення раніше знайдених критеріїв один на одного.

Усі різновиди зв'язків подоби й моделювання може бути класифіковано як: повне, неповне, наближене моделювання.

Усі види моделювання можуть бути або детермінованими, що відображують процес з однозначно визначеними причинами та їх наслідками, або стохастичними, що відображують імовірнісні події. Моделювання будь-якого виду може проводитись як у реальному, так і у зміненому часі.

Просторово подібні моделі створюються у вигляді макетів. Фізично подібні моделі будуються для вивчення динаміки процесів, тотожності законам їх руху.

При фізичному моделюванні фізика явищ в об'єкті й моделі і їх математичні залежності однакові. При математичному моделюванні фізика явищ може бути різною, а математичні залежності однаковими. Математичне моделювання здобуває математичну цінність, коли виникає необхідність вивчити особливо складні процеси. Математично подібні моделі не вимагають виконання математичної й геометричної подібності, головною є аналогія.

Фізичні моделі дозволяють наочно зображати процеси, що протікають у природі. За допомогою фізичних моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на фізичні процеси. Математичні моделі дозволяють кількісно досліджувати явища, що важко піддаються вивченню на фізичних моделях. Натурні моделі являють собою масштабно змінювані об'єкти, що дозволяють найбільш повно досліджувати процеси, що протікають у натурних дослідженнях.

Стандартних рекомендацій з вибору й побудови моделей не існує. Модель повинна відображати істотні явища й процеси. Дрібні фактори, зайва деталізація, другорядні явища лише ускладнюють модель, утруднюють теоретичні дослідження, роблять їх громіздкими, нецілеспрямованими. Тому модель має бути оптимальною за своєю складністю, бажано наочною, але головне – досить адекватною.

творює найбільш характерні ознаки досліджуваного об'єкта, вибір яких визначається конкретною метою дослідження й обмежений рамками поставленої задачі. Зрозуміло, що модель має бути адекватна (ізоморфна, аналогічна) оригіналу.

Моделювання – одна з основних категорій теорії пізнання. На ідеї моделювання, власне кажучи, базується будь-який метод наукових досліджень – як теоретичний, так і експериментальний (з використанням предметних моделей).

Моделювання в конкретних науках виробляється з метою з'ясування властивостей якогось об'єкта, процесу або явища-оригіналу за допомогою іншого (аналогічного, ізоморфного, адекватного) об'єкта-моделі, між якими існують і вірогідно встановлені визначені кількісні співвідношення.

Моделювання спирається на строгу теоретичну базу, яка включає теорії аналогії й подоби. Моделі, побудовані на базі аналогій, називають «моделями-аналогами». У випадку застосування теорії подоби отримані моделі називають «моделями-подобами». Теорія подоби базується на трьох теоремах.

Теорема 1. Два фізичних явища подібні, якщо вони описуються однією й тією ж системою диференціальних рівнянь і мають подібні (граничні) умови однозначності, та їх визначальні критерії подоби чисельно рівні.

Теорема 2. Якщо фізичні процеси подібні, то критерії подоби цих процесів рівні між собою.

Теорема 3. Рівняння, які описують фізичні процеси, може бути виражено диференціальним зв'язком між критеріями подоби.

Приклад 1. У самому загальному вигляді подоба умов кочення коліс дорогою й на стенді з біговими барабанами може характеризуватися на основі принципу подоби пружних систем. При цьому коефіцієнт подоби K_{Π} визначається виразом:

$$K_{\Pi} = \frac{P}{EL^2},$$

де P – діюче навантаження;

E – модуль пружності;

L – лінійний розмір (площа контакту).

При ідентифікації величини модуля E подоба буде відзначатися співвідношенням

$$P_{\text{Пит}} = \frac{P}{L^2},$$

тобто питомим навантаженням.

3. Пропонуються математичні моделі (засоби кількісного опису фізичного явища).
4. Формулюються постановки нових задач, що можуть бути вирішені на основі відомих ефектів.
5. Пропонуються способи розв'язання нових задач.
6. Пропонуються інші, більш часткові, варіанти розв'язання науково-технічних задач.
7. Публікуються конкретні числові або функціональні залежності, знайдені автором.
8. Інформується про технологічні досягнення, побудову приладів або пристроїв на основі відомих фізичних явищ.
9. Повідомляється про деякі зміни в постановці, розв'язанні або реалізації на практиці раніше відомих (і вже вирішених) задач.
10. Під новими назвами, термінами або позначеннями описуються раніше відомі результати.

Для визначення рангу публікації, як правило, досить прочитати тільки введення й висновок. Якщо після прочитання публікації її ранг визначити не вдається, велика ймовірність того, що він дуже невисокий. При одержанні нової інформації варто прагнути до узагальнення, тобто спробувати осмислити її як розширення раніше відомих знань.

Обробку інформації можна поділити на дві групи.

1. *Первинна інформація* – це вихідна інформація, що є результатом безпосередніх експериментальних досліджень, вивчення практичного досвіду. Це фактичні дані, зібрані дослідження, їх аналіз і перевірка.
2. *Вторинна інформація* – це результат аналітичної обробки й публікації інформації з теми досліджень. Це опубліковані документи, огляд інформації з теми:
 - ♦ інформаційні видання: сигнальна інформація, реферативні журнали, експрес-інформація, огляд;
 - ♦ довідкова література: енциклопедії, словники;
 - ♦ бібліографічні видання.

Ця література може служити теоретичним і експериментальним матеріалом, основою проведення наукового дослідження, є доказом наукового обґрунтування роботи, її достовірності та новизни.

Схему процесу збирання й аналізу наукової інформації показано на рис. 6.4 [5].

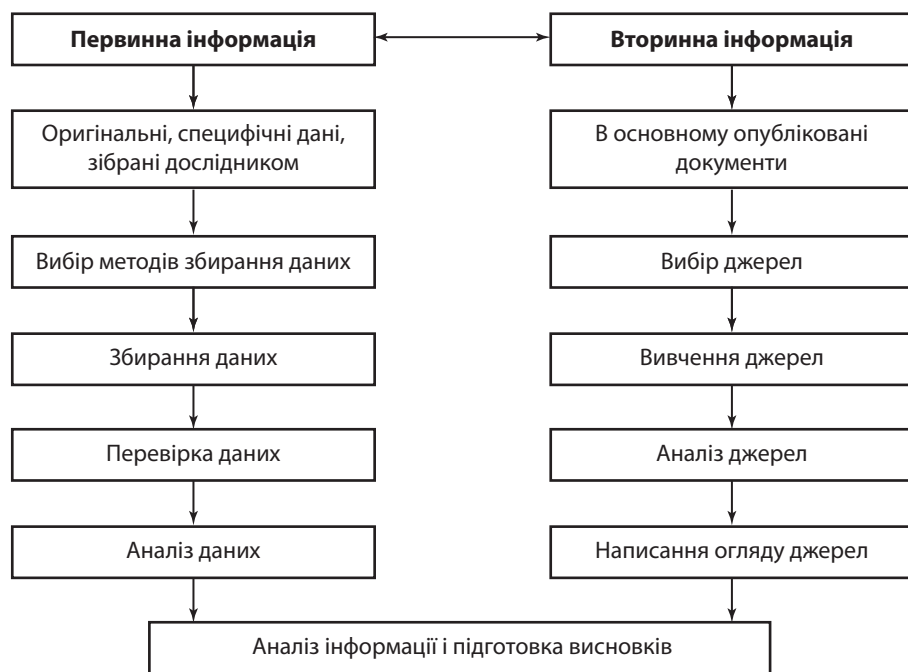


Рис. 6.4. Схема процесу збирання й аналізу наукової інформації

Із загостренням конкурентної боротьби між комерційними компаніями й появою неконтрольованих каналів поширення інформації (система Internet, «бульварна» преса, приватні видавництва і т. п.) різко розширився обсяг розповсюджуваної помилкової інформації. Поширення такої інформації може переслідувати різні цілі. Найбільш широко це використовується для маніпуляції свідомістю широких мас населення.

Щоб знизити ймовірність використання недостовірної інформації, необхідно користуватися декількома джерелами інформації і прибгати до послуг фахівців, особливо при прийнятті відповідальних рішень.

Контрольні питання й завдання

1. Поясніть поняття «наукова інформація».
2. Які властивості інформації?
3. Які етапи нагромадження й вивчення наукової інформації?
4. Викладіть основні ознаки наукової інформації.
5. Опишіть основні джерела інформації.

операції визначається стратегією використання наявних ресурсів. Тому замість виразу «спосіб проведення операції» частіше використовують термін «стратегія». Така термінологія зумовлена ще й тим, що поява цього розділу математики пов'язана з дослідженням, зокрема, воєнних операцій. Стратегії, які задовольняють накладеним обмеженням, називаються припустимими. Поняття «припустима стратегія» є відносним: безліч припустимих стратегій змінюється, якщо змінюються обмеження (чи розташовувані ресурси). У зазначеному сенсі оцінка якості проведення операції завжди є суб'єктивною. Проте для отримання такої оцінки повинні використовуватися об'єктивні методи.

Мірою ефективності проведення операції слугує показник ефективності. У загальному випадку він відбиває результат проведення операції, що, у свою чергу, є функцією трьох факторів: корисного ефекту операції (q), витрат ресурсів на проведення операції (c) і витрат часу на її проведення (t). Значення величин q , c й t залежать від стратегії проведення операції (i). У формальному вигляді вищезазначене можна записати так [21, 26]:

$$Y_{on} = Y\{q(i), c(i), t(i)\}. \quad (16.1)$$

Очевидно, що дійсну користь від моделювання може бути отримано тільки за дотримання двох умов:

- ♦ модель забезпечує коректне (адекватне) відображення властивостей оригіналу, істотних з погляду досліджуваної операції;
- ♦ модель дозволяє усунути перераховані вище проблеми, що існують при проведенні вимірювань на реальних об'єктах.

Відзначимо, що, як і реальні системи, їх моделі можуть класифікуватися за типом системи, що моделюється, мовою опису функціонування системи (логічні, інформаційні), областю досліджень системи (економічні, психологічні, фізіологічні та ін.), призначенням (дескриптивні, нормативні). Приклад техніко-економічної моделі, яка враховує потреби економіки, наведено на рис. 3.4.

Дескриптивні моделі призначено для пояснення факторів, що спостерігаються, чи прогнозу поведінки об'єкта. Вони відповідають на питання «як це відбувається, як буде розвиватись?». Нормативні – призначені для визначення найкращого чи припустимого з погляду дослідника стану об'єкта. Вони відповідають на запитання «як має бути?».

Моделювання – це дослідження об'єктів пізнання на їх моделях, це процес побудови, вивчення й використання моделей реально існуючих предметів, процесів, явищ і конструйованих об'єктів. Модель у широкому розумінні – це образ якого-небудь об'єкта, що є оригіналом. Вона від-

інформацією, початковими даними, обмеженнями, які накладаються на функціонування об'єкта. Математична модель знаходиться у певній відповідності до фізичного об'єкта і здатна замінити його з тією метою, щоб вивчення та дослідження моделі давало нову інформацію про поведінку об'єкта (механізм протікання процесів, динаміку, поведінку об'єкта як в минулому, так і в майбутньому тощо).

Математичні моделі може бути класифіковано за низкою ознак, відповідно до яких і обирається математичний апарат, покликаний служити мовою опису властивостей, структури і поводження оригіналу. Розрізняють апіорні й апостеріорні моделі. Перші виводяться на основі теоретичних міркувань, а другі – на основі емпіричних даних. Вибір математичного апарату залежить також від складу фактичної інформації. Описи функціонування екосистем звичайно характеризуються нерівномірністю вивченості окремих процесів. Часто не відомий не лише математичний вид залежностей між окремими компонентами, але й взагалі відсутні будь-які кількісні характеристики процесів.

Аналітичне моделювання припускає використання математичної моделі реального об'єкта у формі алгебраїчних, диференціальних, інтегральних і інших рівнянь, які пов'язують вихідні змінні зі вхідними і доповнені системою обмежень. При цьому передбачається наявність однозначної обчислювальної процедури отримання точного розв'язку рівнянь.

Іконічні моделі конструюються у свідомості людини з образів якихось реальних явищ чи об'єктів (рідини, газу, пари, потоки та ін.).

У змішаних моделях іконічна модель доповнюється рисунком, кресленням, схемою, графіком. Це додає іконічній моделі властивість наочності.

За якісною специфікою процесу чи об'єкта, що моделюється, розрізняють такі види моделей: динамічні й статичні; безперервні й дискретні; детерміновані, квазидетерміновані та імовірнісні; цілісні й часткові; концептуальні; структурні; функціональні; субстанціональні; процедурні та ін. (див. рис. 16.1).

В основі ухвалення рішення щодо науково-дослідної роботи студентів (НДРС) лежить дослідження операції. Під операцією в даному випадку розуміється процес досягнення мети системою (з урахуванням її взаємодії із зовнішнім середовищем). Дослідження операції полягає в оцінюванні й порівнянні можливих способів її проведення з урахуванням наявних обмежень. Обмеження, як правило, пов'язані з часовими, матеріальними, людськими чи іншими видами ресурсів, які знаходяться в розпорядженні сторони, яка оперує (суб'єкта операції). Таким чином, спосіб проведення

6. Як здійснюється обробка й оцінка інформації?

7. Поясніть поняття «ранг публікації».

8. Зобразіть схемою процес збирання й аналізу наукової інформації.

9. Яка техніка обробки інформації?

10. Яка інформаційно-пошукова класифікація застосовується в бібліотеках?

11. Що ви знаєте про бібліографічні класифікації УДК і ББК?

12. В якій формі подається інформація в реферативних журналах?

13. Наведіть структурні елементи Міжнародної класифікації патентів (МПК) на винаходи.

14. Наведіть структуру Міжнародної класифікації промислових зразків (МКПЗ).

15. Наведіть основні види пошуку патентної документації.

16. Наведіть принципи побудови міжнародної класифікації товарних послуг (МКТП) для реєстрації товарних знаків.

7. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ НАВКОЛИШНЬОЇ ДІЙСНОСТІ

7.1. Процеси пізнання об'єктивної дійсності.

7.2. Методичні принципи в науково-технічній творчості.

7.3. Методологія науки.

7.1. Процеси пізнання об'єктивної дійсності

Розуміння людиною незнання в будь-якій галузі буття викликає об'єктивну необхідність одержання й поширення нових знань.

Знання – це перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне її відображення у свідомості людини. Структуру процесу пізнання можна представити схемою *рис. 7.1* [15]. Процес руху людської думки від незнання до знання називається пізнанням. Це взаємодія суб'єкта й об'єкта, результатом якого є нове пізнання об'єктивної дійсності в процесі практичної діяльності людини (виробничої, наукової, розумової).

У процесі будь-якої творчої діяльності людині доводиться робити визначені види розумової роботи, користуватися тими або іншими канонами логіки, використовувати методи й прийоми системного аналізу, оцінювати й вимірювати отримані результати, порівнювати їх із раніше отриманими результатами, зіставляти з відомими аналогами й прототипами.

Наукове пізнання – це дослідження, характерне своїми цілями й задачами, методами одержання й перевірки нових знань. Дослідження прокладають шлях практиці, дають теоретичні основи для вирішення практичних проблем. Практика дає фактичний матеріал науці, якій необхідно його теоретично осмислити й обґрунтувати, що створює надійну основу розуміння сутності процесів і явищ об'єктивної дійсності.

Наукове пізнання нерозривно пов'язано з практикою засобами освоєння навколишньої дійсності. На практиці наукові знання використовуються як ідеальний спосіб, що забезпечує виробництво матеріальних цінностей. Наукове пізнання покликане визначити шлях практиці, давати теоретичні основи для розв'язання практичних проблем. Тому теорія має випереджати практику завдяки елементу наукового передбачення. Для науки забезпечення знаннями складає головну й безпосередню мету діяльності

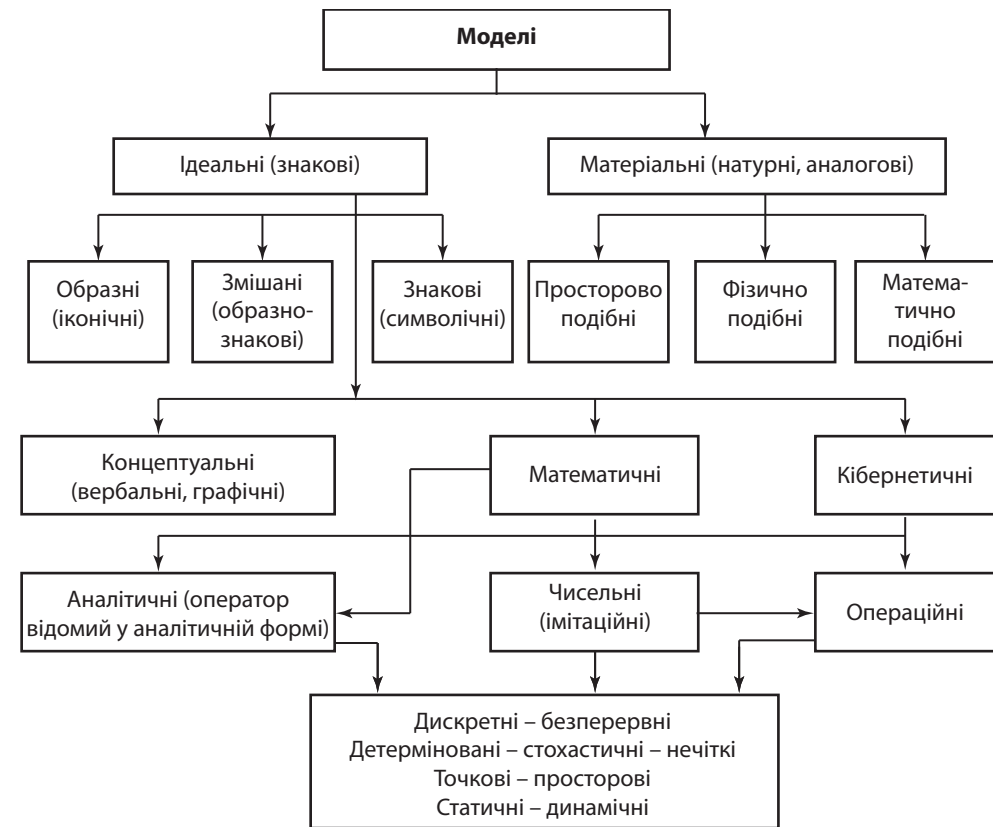


Рис. 16.1. Класифікація моделей

У знакових моделях властивість наочності відсутня, тому що поняття «знак» виключає подібність між ним і предметом чи явищем, що він позначає. У силу знаковості така модель за своєю фізичною природою не має вже нічого спільного з характером елементів об'єктів, що моделюються.

Ідеальні моделі залишаються уявними навіть тоді, коли їх втілено в якій-небудь матеріальній формі, у вигляді рисунка, креслення, схеми чи просто системи знаків (математичних формул). Усі перетворення в них, усі переходи в інший стан здійснюються подумки, тобто у свідомості людини. Без уявних перетворень рисунки, креслення та інше позбавляються смислу.

Знакові моделі поділяють на концептуальні й математичні.

Математична модель – сукупність математичних співвідношень, які пов'язують вихідні характеристики стану фізичного об'єкта зі вхідною

нал. Вона має дозволяти проводити експеримент не на натурному об'єкті (моделі), не на реальній фізичній моделі досліджуваного об'єкта, а за його описом. Модель повинна відбивати лише деякі риси й властивості об'єкта-оригіналу, істотні для одержання відповідей на питання, які зацікавляють дослідника. З того самого оригіналу може бути зроблено безліч моделей, що відбивають ті або інші якості оригіналу. Модель дозволяє вивчити властивості об'єкта-оригіналу (процесу, явища), коли вивчення природи неможливе, незручне, дороге, небезпечне, довгострокове і т. ін.

При побудові моделі об'єкт і його властивості подумки узагальнюються й спрощуються. Модель виконують оптимальною за складністю виходячи з мети дослідження.

Усі моделі можна класифікувати за двома ознаками:

- 1) способом побудови;
- 2) якісною специфікою процесу чи об'єкта, що моделюють.

Залежно від способу побудови моделі поділяють на два класи: матеріальні (реальні, речовинні) та ідеальні (уявні, умоглядні, гадані) (рис. 16.1).

Реальні (натурні, аналогові) моделі є об'єктами, які існують реально і створюються із реальних матеріалів. Такі моделі припускають, як правило, дійсне відтворення досліджуваного об'єкта і можуть бути геометрично подібні йому (наприклад, зменшені копії), фізично подібні (відтворюються фізичні процеси, які вивчаються, їх кінетика та динаміка, різного виду зв'язки) чи математично подібні (наприклад, аналогові моделі, побудовані на основі електромагнітних та електроакустичних аналогій). Наприклад, при проектуванні нового літака створюється його макет, який має ті ж аеродинамічні властивості; при плануванні забудови архітектори виготовляють макет, що відбиває просторове розташування її елементів. У зв'язку з цим натурне моделювання називають також макетуванням.

Матеріальні моделі нерозривно пов'язані з ідеальними, тому що людина, перш ніж побудувати модель з яких-небудь матеріалів, подумки уявляє собі майбутню матеріальну модель.

Ідеальні (знакові) моделі – це абстрактні описи того чи іншого об'єкта або явища реального світу, які дозволяють аналізувати його властивості. Переваги ідеальних моделей полягають у тому, що вони дозволяють порівняно простими та недорогими засобами аналізувати поведінку технічних і екологічних систем та передбачати характер їх змін при внесенні в систему тих чи інших змін. Ідеальні (знакові) моделі мають більше можливостей, ніж реальні, тому що майже не пов'язані технічними обмеженнями їх створення.

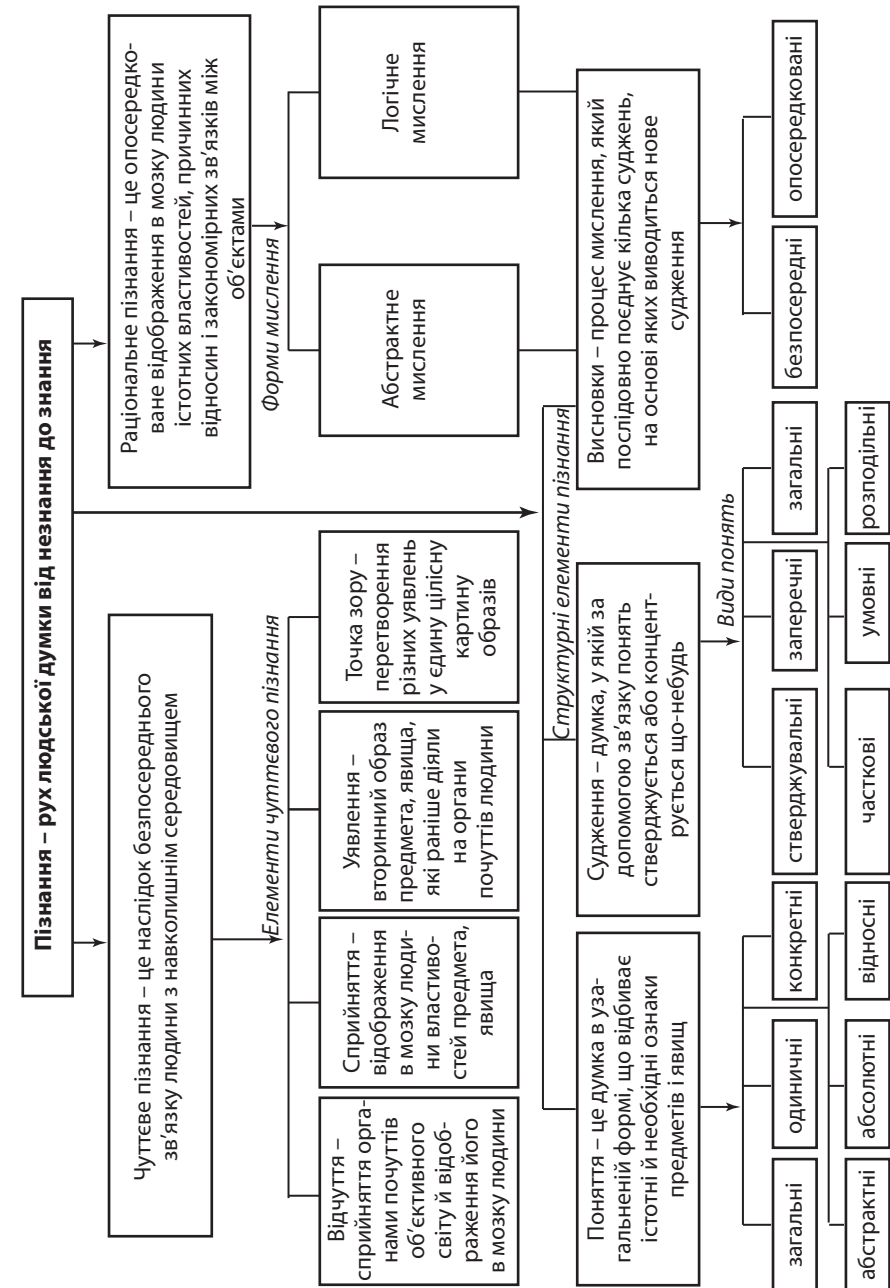


Рис. 7.1. Структура процесу пізнання

людини. Оскільки наука як процес і результат мислення людини узагальнюється в категоріях, закономірностях, законах і інших інтелектуальних формах, результати наукової творчості відбиваються в узагальненнях фактів, абстракцій, поняттях, теоріях, ідеях і т. д.

Наука завжди спирається на достовірні знання, точні виміри, строгі оцінки і коректні докази. Класифікацію наукових методів досліджень наведено на *рис. 7.2*. Разом із тим наукові знання можуть бути відносні, абсолютні й апіорні (див. *рис. 7.1*).



Рис. 7.2. Класифікація наукових методів дослідження

Відносні знання відрізняються неповнотою відповідності образу й об'єкта.

Абсолютні знання – це повне, вичерпне відображення узагальнених уявлень про об'єкт, що забезпечує абсолютну відповідність образу й об'єкта у визначений період пізнання.

Апіорні знання – ті, які не ґрунтуються на досвіді, а передаються йому і вказують шлях одержання наукових знань.

Пізнання може бути чуттєвим і раціональним (див. *рис. 7.1*).

16. МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОВІЙ І ТЕХНІЧНІЙ ТВОРЧОСТІ

16.1. Поняття про модель і моделювання. Види моделей і вимоги до їх побудови.

16.2. Побудова концептуальної моделі.

16.3. Схема побудови математичної моделі.

16.4. Абстрактне моделювання.

16.5. Структурні моделі процесів.

16.6. Фізичне моделювання.

16.7. Імітаційне моделювання.

16.1. Поняття про модель і моделювання. Види моделей і вимоги до їх побудови

Для того щоб найбільш повно зрозуміти той або інший процес, необхідно провести досить велику кількість спостережень і вимірів, що дозволяють сформулювати деяку базу даних.

На наступному етапі необхідно виділити головне і лише потім провести наукові дослідження деяких процесів або явищ, використовуючи сформульовану й систематизовану на першому етапі інформацію. Систематизація даних дозволяє «згустити їх» у таке абстрактне поняття, як «модель».

Під моделлю розуміють штучний об'єкт (систему) будь-якої фізичної природи, що відображає основні властивості досліджуваного об'єкта – оригіналу. У процесі пізнання людина завжди, більш-менш явно й свідомо, будує моделі ситуацій навколишнього світу і керує своїм поведінням відповідно до висновків, отриманих нею при вивченні моделі.

Модель – це зображення в зручній формі численної інформації про досліджуваний об'єкт. Вона знаходиться у визначеній відповідності з досліджуваним об'єктом, може замінити його при дослідженні і дозволяє одержати інформацію про вивчений об'єкт.

Модель – фізична, абстрактна, логічна, математико-аналітична, імітаційна, експериментальна, математико-машинна із залученням електронних моделей і ЕОМ, таблична, векторна, графічна або в іншій формі – завжди в тому або іншому відношенні простіша, доступніша за оригінал. Вивчення моделі як більш доступного об'єкта дає нові знання про оригі-

- ♦ офіційні назви держав;
- ♦ емблеми, скорочення або повні найменування міжнародних, між-державних організацій.

Згідно зі спеціальною угодою вилучений з реєстру знаків також «червоний хрест». Вилучений з реєстру товарних знаків і олімпійський символ згідно з Найробським договором про його охорону.

Правила оформлення заявки на товари й послуги наведено в роботі [38].

Контрольні питання й завдання

1. Які є об'єкти науково-технічної творчості?
2. Які є критерії оцінки рівня розв'язання науково-технічних задач?
3. Що являє собою відкриття?
4. Якими ознаками характеризується винахід?
5. Дайте визначення поняття «позитивний ефект винаходу».
6. У яких випадках винахідницька задача вважається вирішеною?
7. Наведіть послідовність опису винаходу. Яким вимогам має відповідати опис?
8. Які існують права на одержання патенту та які основні вимоги до оформлення заявки на винахід?
9. Чим відрізняється винахід від корисної моделі?
10. Що таке патентоспроможність корисної моделі?
11. Які існують права на одержання патенту на корисну модель?
12. Які є основні вимоги до оформлення заявки на корисну модель?
13. Які є основні функції знака для товарів і послуг?
14. Які є умови надання правової охорони знаку?

Чуттєве пізнання є наслідком безпосереднього зв'язку людини з навколишнім середовищем і реалізується через елементи чуттєвого пізнання: відчуття, сприйняття, уявлення й уяву.

Відчуття – це відображення в мозку людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, що сприймаються його органами почуттів.

Сприйняття – це відображення в мозку людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, що сприймаються його органами почуттів у деякий відрізок часу і формують визначений чуттєвий образ предмета, явища, процесу.

Уявлення – це вторинний образ предмета, явища, процесу, що у даний момент часу не діє на чуттєві органи людини, але обов'язково діяв раніш.

Уява – уявне перетворення досвіду й знання, що веде до формування наочних образів, які не спостерігаються. Це систематизація різних уявлень у мозку людини, об'єднання їх у цілісну картину образів.

Усі відомі методи пізнання й вирішення творчих задач можна умовно розділити на дві великі групи за ознакою домінування в них інтуїтивних (евристичних) або логічних (раціональних) процедур і відповідних їм правил діяльності.

Раціональне пізнання – це опосередковані й узагальнюючі відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами, явищами й процесами. Воно сприяє усвідомленню сутності процесу, визначає закономірність їх розвитку. Формою раціонального пізнання є абстрактне мислення, різні міркування людини, структурними елементами яких є поняття, судження, умовиводи (див. рис. 7.1).

У наукових дослідженнях широко використовується спосіб абстрагування.

Абстрагування – прийом мислення, який передбачає відображення в людській свідомості предметів і явищ об'єктивної дійсності, уявного відокремлення від їх другорядних властивостей і відносин та виділення загальної ознаки, яка характеризує клас предметів. Наприклад, при дослідженні роботи механізму аналізують розрахункову схему, яка відображає основні, суттєві властивості механізму, або формалізують у вигляді формул чи спеціальних символів.

Основними типами абстракції є: ізолююча (яка вичленовує досліджуване явище з певної цілісності), узагальнююча та ідеалізуюча (заміщення реального емпіричного явища ідеалізованою схемою). Поняття «абстрактне» протиставляється конкретному (див. підрозділ 9.3).

Сходження від абстрактного до конкретного – метод дослідження об'єкта, який полягає у переході від абстрактного й однобічного знання про нього до більш конкретного відтворення об'єкта в теоретичному мисленні – як системи наукових визначень; загальний закон розвитку людського пізнання, один з основних принципів діалектичної логіки.

Логіка – наука про способи доказів і спростувань; сукупність наукових теорій, в кожній з яких розглядаються певні способи доказів і спростувань. Засновником логіки є Аристотель. Розрізняють індуктивну й дедуктивну логіку, а в останній – класичну, інтуїтивну, конструктивну, модальну та ін. Усі ці теорії об'єднує прагнення до каталогізації таких способів суджень, які від правдивих суджень-посилань приводять до правдивих суджень-наслідків; каталогізація виконується, як правило, у рамках логічних виражень (див. підрозділ 10.1). Особливу роль відіграє застосування логіки в обчислювальній математиці, теорії автоматів, інформатиці та ін. [11]. Питання про правдивість чи хибність висловів розглядається й вирішується на основі вивчення способу побудови висловів із так званих елементарних висловів за допомогою логічних операцій кон'юнкції (І), диз'юнкції (АБО), заперечення (НЕ), імплікації (якщо..., то...) та ін. (див. підрозділ 10.1).

Наукове поняття – віддзеркалює наукові знання про предмет або явище. Для визначення наукових понять застосовуються наукові терміни – слово або група слів, у яких строго зафіксовано це наукове поняття. Сукупність наукових термінів, використовуваних в окремих галузях науки й техніки, створює термінологію галузі, закріплену у відповідних нормативних матеріалах. Наприклад, електричний привод визначається як електромеханічний пристрій, призначений для надавання руху робочому органу машини і для керування її технологічним процесом. Іншим прикладом відображення наукового знання може слугувати широко розповсюджений термін «автомат». Автомат – це самостійно діючий технічний пристрій, що виконує за заданою програмою без особистої участі людини процеси одержання, перетворення, передачі й використання енергії, матеріалу й інформації [19].

Термінологія – це мова науки, яка задає основні наукові терміни, їх значення й зв'язки між ними. Неправильне застосування наукових термінів вносить плутанину й непорозуміння у трактування наукових понять. Однак у наукових працях іноді необхідно вводити нове поняття або уточнювати раніше відоме, тому що знання з часом розвиваються та змінюються. Значення понять застаріває. Однак слід досить обережно відноситися до даної логічної дії, тому що тут можна легко припуститися помилки.

зображення всіляких предметів, іноді зі включенням літерних елементів.

Об'ємний знак представляє собою композицію у вигляді фігур (ліній) або їх комбінацій у трьох вимірах. Прикладом такого знака є: фігурне мило, оригінальний вид упаковки, флакона, пляшки, коробки для цигарок та ін.

Комбінований знак має вигляд комбінації елементів різноманітного характеру: найчастіше це словесно-зображувальні композиції.

До інших об'єктів знака можуть бути віднесені звукові, світлові, світло-звукові та інші позначення.

У міжнародній практиці, поряд із розподілом знаків за формою їх зображення, розрізняють індивідуальні й колективні знаки.

Індивідуальний знак – це позначення, зареєстроване на ім'я окремої юридичної або фізичної особи, яка займається підприємницькою діяльністю. Колективний – це знак спілки, господарської асоціації або іншого добровільного об'єднання підприємств (далі – об'єднання), призначений для позначення товарів, які ними випускаються або реалізуються, які мають спільні, якісні або інші загальні характеристики. Колективний знак має відповідати усім вимогам, які пред'являються до індивідуальних знаків. При цьому колективний знак є об'єктом виключного права об'єднання, а не права кожного підприємства, що входить до його складу.

Підприємства – учасники об'єднання можуть використовувати колективний знак як єдиний засіб для позначення товарів або використовувати його поряд із своїм індивідуальним товарним знаком.

Об'єднання як власник колективного знака має право контролю за його використанням. Умови використання колективного знака повинні відображатися в спеціальному правовому документі, що називається «статутом колективного знака».

За ступенем відомості знаки поділяють на *звичайні* та *загальновідомі*.

Звичайний знак – це будь-яке нове оригінальне позначення товарів (послуг), яке відповідає усім умовам надання правової охорони. Зокрема, необхідною умовою його охорони є державна реєстрація позначення. *Загальновідомим знаком* визнається таке позначення, яке відоме широкому колу споживачів завдяки його використанню для позначення певних товарів.

Згідно зі ст. 6^{bis} Паризької конвенції в державах – учасницях конвенції таким знаком надається правова охорона без реєстрації у національних відомствах.

Не можуть одержати правову охорону позначення, які зображують:

- ♦ державні герби, прапори та емблеми;

- ♦ Мадридської угоди про міжнародну реєстрацію знака – з 25.12.91 р.;
- ♦ договору про закони щодо товарних знаків – з 01.08.96 р.;
- ♦ Найробського договору про охорону олімпійського символу – з 13.03.98 р.

Правову охорону знака в Україні може бути одержано лише через його реєстрацію у Державному патентному відомстві України (далі – Відомство).

Свідоцтво є офіційним охоронним документом, що видається від імені держави уповноваженим на це державним органом (Відомством).

Свідоцтво засвідчує право власності на знак. Строк дії свідоцтва становить 10 років і продовжується, за клопотанням власника свідоцтва, щоразу на 10 років. Кількість продовжень не обмежується.

Свідоцтво України діє лише на території України.

Свідоцтво містить бібліографічні дані, які супроводжуються кодами INID, відомості про власника свідоцтва, зображення знака та перелік товарів і (або) послуг, для яких знак зареєстровано.

Для того щоб одержати свідоцтво на знак, необхідно подати до НДЦПЕ заявку, оформлену згідно з «Правилами складання, подання та розгляду заявки на видачу свідоцтва України на знак для товарів і послуг» (далі – Правила), затвердженими наказом Відомства від 28.07.95 р. № 116 у редакції наказу від 20.08.97 р. № 72, зареєстровані Міністерством юстиції України 22.09.97 р. за № 416/2220 та опубліковані в журналі «Юридичний вісник» у жовтні 1997 р.

Умови надання правової охорони знака. Правова охорона надається знаку, який не суперечить суспільним інтересам, принципам гуманності й моралі та на який не поширюються підстави для відмови в наданні правової охорони.

Об'єктом знака можуть бути: словесні, зображувальні, об'ємні та інші позначення або їх комбінації, причому вони можуть бути зареєстровані як у чорно-білому, так і в кольоровому виконанні або поєднанні кольорів.

Під словесним знаком розуміють позначення, яке має вигляд слова (слів) або сполучення літер, що мають словесний характер. Такі знаки набувають все більшого поширення, оскільки вони мають низку переваг перед іншими знаками. Ці знаки легше запам'ятовуються, простіше відтворюються, їх зручно рекламувати, особливо по радіо й телебаченню.

Зображуваний знак має вигляд зображення конкретного характеру або композиції ліній, плям, фігур будь-яких форм і кольорів на площині. Наприклад, орнаменти та символи, зображення тварин, птахів, стилізовані

Визначити поняття – значить пояснити його за допомогою інших, наприклад, більш відомих понять, і у результаті описати таким способом частину дійсності, для опису якої воно призначене. Типовим прикладом може слугувати визначення: вольтметр – це електровимірювальний прилад, призначений для виміру напруги. Тут обсяг поняття «електровимірювальний прилад» складає множина A , обсяг поняття «вольтметр» – множина B , причому B є підмножиною A ($B \subset A$).

7.2. Методичні принципи в технічній творчості

Наукова й технічна творчість починається з розуміння недостатності деякої «частки» (елемента, сторони, сфери) оточуючої людину дійсності: існуючої конструкції, технологічного процесу, співвідношення деталей у тому або іншому технічному комплексі, умов експлуатації техніки і т. д. Це і є не що інше, як включення в контекст, «поштовх» творчості (як проблема); це та іскра, що запалює багаття творчого вогню. Розсуд недостатності – от початок творчості. Якщо ви визначили, що потрібно змінювати, що важливо удосконалювати, перетворювати, ви вирішили половину справи. Без такого усвідомлення не з'являється необхідність пошуку, тобто немає творчої думки. Це основа підходу до нового, основа формування шляху руху до нового.

Проблема – це, по-перше, розсуд недостатності знань і розкриття, по-друге, шляхи перебування можливого рішення. Саме можливого, припустимого; це, за сутністю справи, «проторішення» – часто ще не зовсім ясне, чітке. При вирішенні проблеми (у кожному конкретному випадку) виявляється своя причина виникнення творчого початку, своя основа побудови (або пошуку шляхів такої побудови) нового технічного предмета.

Власне, обґрунтування технічної творчості виступає як основна причина створення, еволюції, зміни технічних об'єктів, процесів, явищ. Без обґрунтування не може бути створено жодного серйозного технічного виробу.

Через обґрунтування суб'єктивна сторона (суб'єктивні вимоги і суб'єктивні ресурси) спирається на об'єктивну: от бази включення діяча в контекст діяльності.

Обґрунтування дозволяють зрозуміти суть об'єднань компонентів технічної діяльності (об'єктивних вимог, і ресурсів, суб'єктивних вимог і ресурсів), а у визначеному змісті також і їх формування. У такому об'єднанні розкривається головний зміст творчого акту: з різноманіття властивостей і сторін дійсності людина «обирає» ті, котрі забезпечують (обґрунтовують) досягнення необхідного результату. Схематично структуру відносин відображено на *рис. 7.3*.

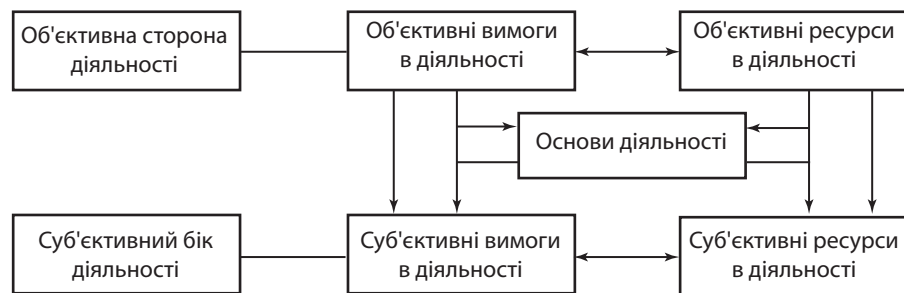


Рис. 7.3. Структура об'єктивних і суб'єктивних відносин діяльності людини

Відносини між об'єктивним і суб'єктивним (як сукупність основ) виступають у формі методу діяльності.

Метод – це сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретної задачі. Він виступає як характеристика прийомів, використовуваних для досягнення певної мети. У такому ракурсі розгляду метод може розцінюватися як своєрідна форма засобу діяльності, але засобу особливої властивості: «методичний» засіб, засіб-основа, засіб-принцип, прийом, правило, спосіб, підхід, система положень, категорій, законів і т. д. Фактично різниця між методом та теорією має функціональний характер: формуючись як теоретичний результат попереднього дослідження, метод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень.

Метод немовби складається з основ різного роду. Але це не механічне додавання, а своєрідний сплав. Найбільш істотними принципами при аналізі груп основ із позицій керування процесами в технічній творчості може бути названо позиції, зумовлені самим діячем відносно умов щодо діяльності за конкретних, об'єктивних обставин. Фактично мова йде про типи мислення людини: наочно-діючий, поняттєво-логічний і чуттєво-образний. У цьому плані можна сформулювати основи, які відбивають той або інший переважно орієнтований підхід діючої особи до розв'язуваних питань.

1. Наочно-діюче мислення є безпосередньою формою зв'язку з дійсністю на основі практики.

Практика – основа технічної діяльності, що визначає її з погляду конкретності дій, їх безпосереднього зв'язку з творчими задачами. Тут фігурують практичні основи, включаючи емпіричні оцінки існуючих технічних об'єктів, їх достоїнств і недоліків, визначених тенденцій перетворення іс-

Опис корисної моделі має викладатись настільки чітко й повно з усіма технічними деталями та підтверджувати обсяг правової охорони, визначений формулою корисної моделі, щоб фахівець у відповідній галузі міг її здійснити.

Правила опису й оформлення корисної моделі наведено в роботі [37].

15.5. Знаки для товарів і послуг та їх правова охорона

Знак для товарів і послуг (далі – знак) – це позначення, за яким товари й послуги одних осіб відрізняються від однорідних товарів і послуг інших осіб.

Однакові товари можуть виготовлятися різними виробниками та розповсюджуватись різними продавцями. При здійсненні покупки споживач орієнтується на знаки, які виступають гарантом якості уже відомого йому товару. Іншими словами, конкуруючі товари розрізняються лише знаками.

Основні функції знака:

- ♦ індивідуалізуюча, яка полягає в тому, що знак забезпечує необхідну відмінність однорідних товарів (послуг) різних виробників, дозволяючи розпізнавати й запам'ятовувати за зовнішніми ознаками товари (послуги), які випускаються конкретним підприємством;
- ♦ рекламна, яка полягає в тому, що знак виступає гарантом якості товару, відомого споживачам;
- ♦ рекламна, яка полягає в тому, що на основі психологічного впливу на споживача забезпечується стійкий інтерес до певного товару, що маркується знаком, та його виробника, який забезпечує таку популярність, тобто знак є неодмінним елементом реклами, за допомогою якої встановлюється зв'язок товару з його виробником.

Крім того, знак виконує й інші допоміжні функції, у тому числі стиmulюючу, психологічну, виховну.

Право на знак охороняється державою і засвідчується свідоцтвом.

Усі питання, пов'язані з одержанням та використанням права власності на знак в Україні, регулюються Законом України «Про охорону прав на знаки для товарів і послуг» (далі – Закон), введеним у дію Постановою Верховної Ради України від 23.12.93 р. № 3771–ХІІ та міжнародними договорами, учасницею яких є Україна.

Сьогодні Україна є учасницею Паризької конвенції про охорону промислової власності (далі – Паризька конвенція) з 26.12.91 р. та інших міжнародних договорів щодо знаків, а саме:

жання патенту за умови, що договором між винахідником та роботодавцем не передбачено інше.

Роботодавець може скористатись правом на подання заявки лише протягом чотирьох місяців від дати одержання письмового повідомлення від винахідника про створення корисної моделі.

Якщо роботодавець не подав заявку до Відомства у визначений Законом строк, право на одержання патента переходить до винахідника.

Договір, який укладається між винахідником та роботодавцем, може бути типовим (однаковим, наприклад, для всього інженерного складу) або індивідуальним (для окремих винахідників, що мають високий творчий потенціал).

Основні вимоги до оформлення заявки на корисну модель. Заявка на корисну модель – це сукупність документів, необхідних для видачі патента.

Заявка має стосуватися однієї корисної моделі (вимога єдності корисної моделі).

Заявка складається українською мовою та повинна містити:

- ♦ заяву про видачу патенту України на корисну модель за встановленою формою;
- ♦ опис корисної моделі;
- ♦ формулу корисної моделі;
- ♦ креслення або інші матеріали, якщо вони потрібні для розуміння сутності корисної моделі;
- ♦ реферат, який є скороченим викладом змісту опису корисної моделі.

Усі зазначені вище матеріали готуються та подаються у трьох примірниках.

Заява подається за встановленою формою. Усі розділи заяви необхідно заповнити, окрім тих, які призначено для відміток НДЦПЕ. У заяві необхідно вказати повне ім'я або найменування (для юридичної особи) заявника (заявників) та його (їх) адресу, а також навести дані про винахідника (винахідників).

Заява підписується заявником та проставляється дата підпису. Якщо заявник – юридична особа, заява підписується керівником (або уповноваженою на це особою) із зазначенням його посади, прізвища, ініціалів, а підпис завіряється печаткою.

Якщо заявник доручив ведення справ за заявкою патентному повіреному або іншій довірній особі, остання може ставити свій підпис замість заявника, а до заяви додається видана заявником довіреність.

нуючого парку машин, зміни побуту людини, реконструкції підприємств, житлових систем, транспорту... Орієнтація тут – на розвиток практично перетворюючої діяльності. Практика, різноманітно «зіштовхуючи» речі між собою, зі знаряддями праці, інструментами, приладами спостереження і т. п., дозволяє виявити причинний зв'язок явищ, їх властивості, просторові і часові відносини, закони руху речей і т. п.

Практичні (емпіричні) основи технічної діяльності виявляються у формі досвіду роботи, трудових навичок, уміння, виробничих (технологічних) традицій. Особливе значення тут має здатність «думати руками».

Практичні основи діяльності засвоюються учасниками технічного процесу в ході їх кваліфікаційної підготовки як відповідних фахівців (навчання, робота на визначених виробництвах, експлуатація тих або інших технічних об'єктів, їх ремонт і т. д.). У кожного з цих учасників складається свій конкретний арсенал практичних навичок і знань, що зумовлені масою факторів, як об'єктивних, так і суб'єктивних. Практичні основи в технічній творчості визначають найтісніші зв'язки діяльності інженера з конкретним «діяльним середовищем». Таке включення людини в конкретні обставини забезпечує успіх у творчих пошуках. Це ще раз підкреслює важливість включення діяча в контекст діяльності.

2. Понятійно-логічний тип мислення найтісніше пов'язаний з формуванням наукових основ технічної діяльності. Звертання до наукових основ у техніці є історичною необхідністю, оскільки використання тільки емпіричних основ недостатньо – вони не дозволяють із відповідним ступенем глибини розкрити принципи функціонування техніки. Необхідний вихід за межі досвіду індивіда у світ закономірностей природи: «без наукового обґрунтування виготовлення техніки заходить у глухий кут, придушється поглибленням протиріччя між соціальним характером техніки і відокремленим способом її конструювання».

Різнороманіття емпіричних знань одержує свій розвиток у системі цілої низки технічних наук; особливе значення при цьому має створення проектної мови: проекційне креслення, нарисна геометрія, схеми, графіки, діаграми, нормативні основи – стандартизації, уніфікації, типізації, взаємозамінності, як визначені принципи обмеження розмаїтості в техніці.

Не можна недооцінювати все зростаючу евристичну роль наукових обґрунтувань у технічній діяльності, що відображають сутність процесів, які відбуваються в техніці. Технічні винаходи, що відрізняються багатьма особливими якостями, оригінальністю, прогресивністю, походять саме з ідеї їх попереднього наукового обґрунтування.

3. Чуттєво-образний тип мислення пов'язано з образними основами діяльності. Особливу роль при цьому відіграють уява, фантазія. Чуттєво-образне мислення пов'язане з таким психічним відображенням дійсності, яке дає не байдужу копію об'єктивного світу (що властиво більш науковому підходу), а цілісний образ проблемної ситуації, що включає відношення до неї людини.

Особливу роль у чуттєво-образних аспектах діяльності у сфері створення техніки грає «візуальне мислення», продуктом якого є породження нових образів і створення нових візуальних форм, які несуть певне смислове навантаження, а також роблять значення видимим.

Особливу роль у розглянутому аспекті відіграє естетичне відношення до дійсності. Естетичне відбиває позицію діяча; воно насичене історично і біографічно визначеним змістом інтересів, прагнень, почуттів; виступає як «здатність бачити по-людськи», можливість наділяти світ значеннями, бачити в предметі «знак», «маску», як уособлення чогось іншого. Естетичне відношення до предмета є також свідченням високого професіоналізму й зрілості творчого погляду людини.

У процесі пошуку нового рішення провідна роль належить пошуку нових основ (нових методів) або ж зміні, перетворенню («переміщенню») існуючих. Зміна основ приводить до руйнування сформованої системи відносин між компонентами діяльності і розкриття нових можливостей у розвитку творчості.

7.3. Методологія науки

Методологія науки – це система методологічних і методичних принципів і прийомів, операцій і форм побудови наукових знань. Філософський рівень знань методології функціонує як загальна система принципів діалектики. У кожній галузі науки є, крім загальних, ще і свої специфічні теоретичні вихідні положення, що складають її теоретичний фундамент.

Питання «методологія» досить складне, оскільки саме це поняття тлумачиться по-різному. Багато закордонних наукових шкіл не розділяють методологію й методи досліджень. У вітчизняній науковій традиції методологія розглядається як навчання про методи пізнання або систему наукових принципів, на основі яких базується дослідження і здійснюється вибір сукупності пізнавальних способів, методів, прийомів, що використовуються в будь-якій науці. Методику розуміють як сукупність прийомів, що включають техніку та різні операції з фактичним матеріалом.

Методологія виконує такі функції (див. *рис. 7.4*) [15]:

- ♦ визначає способи одержання наукових знань, що відображають динаміку процесів і явищ;

Промислова придатність – це можливість використання корисної моделі в промисловості, сільському господарстві або інших сферах людської діяльності.

Основне значення вимоги «промислова придатність» полягає в можливості реалізації рішення, що заявляється, у вигляді конкретного матеріального засобу виробництва або предмета споживання.

Право на одержання патента на корисну модель. Заявку на видачу патента на корисну модель може подати винахідник або його спадкоємець, роботодавець або правонаступник винахідника чи роботодавця (далі – заявник). За дорученням зазначених осіб заявку може бути подано через представника у справах інтелектуальної власності (далі – патентний повірений) або іншу довірену особу.

Іноземці та інші особи, що проживають чи мають постійне місце проживання поза межами України, у відносинах із Відомством реалізують свої права через патентних повірених.

Громадяни та юридичні особи, що проживають чи мають постійне місце проживання в Російській Федерації та Республіці Білорусь, згідно з угодами про співробітництво у сфері охорони промислової власності між Урядом України та урядами цих держав мають право подавати заявки безпосередньо до Відомства (НДЦПЕ) особисто або через патентних повірених.

Винахідником визнається фізична особа, творчою працею якої створено корисну модель.

Закон чітко відокремлює винахідника від інших осіб, які надавали йому лише технічну, організаційну, матеріальну та юридичну допомогу або допомогу у проведенні дослідницької роботи та виготовленні технічної документації.

Якщо у створенні корисної моделі брали участь декілька фізичних осіб, всі вони визнаються винахідниками, а порядок користування правами, що їм належать, визначається угодою між ними.

Право авторства належить винахіднику і є його особистим немайновим правом. Воно є невідчужуваним: не передається іншим особам та охороняється безстроково, не переходить до правонаступника на відміну від майнових прав, засвідчених патентом. Авторство юридичних осіб не визнається.

Право роботодавця. Якщо корисну модель створено за дорученням роботодавця або у зв'язку з виконанням винахідником службових обов'язків і заявку подано роботодавцем, йому належить право на одер-

ходами. Простіший механізм захисту обумовлений достатньо швидким оновленням споживчого ринку в умовах конкуренції.

Як корисна модель згідно із Законом не охороняються рішення, що належать до способів, речовин, штамів мікроорганізмів, культур клітин рослин і тварини. Крім того, корисними моделями не визнаються проекти та схеми планування споруд, територій; пропозиції стосовно зовнішнього вигляду виробу, що направлені на задоволення естетичних потреб, а також інші об'єкти, які взагалі не підпадають під поняття «конструктивне виконання пристрою».

Патентоспроможність корисної моделі. Для визнання рішення корисною моделлю воно має бути новим та промислово придатним.

Корисна модель, як і винахід, є технічним вирішенням задачі.

Правова охорона надається не на будь-яке технічне рішення, а лише на те, яке стосується пристроїв, а саме: конструктивного виконання засобів виробництва та предметів споживання. До корисної моделі не ставляться вимоги щодо винахідницького рівня, але це не означає, що корисною моделлю може бути будь-яке визнане очевидним для фахівця вирішення задачі. Корисна модель має бути результатом самостійної винахідницької творчості.

Корисна модель визнається новою, якщо вона не є частиною рівня техніки, який включає всі відомості, що є загальнодоступними у світі до дати подання заявки до Відомства або до дати її пріоритету, якщо заявник скористається правом на пріоритет попередньої заявки на таку саму корисну модель. Законом устанавлюється принцип світової новизни.

Під «загальнодоступними» необхідно розуміти відомості, розповсюдження яких не обмежено, наприклад, грифом «секретно» тощо. Необхідно мати на увазі, що новизну можуть порочити всі заявки, що подані до Відомства за умови більш раннього пріоритету, незважаючи на те, що ці документи не може бути віднесено до категорії загальнодоступних.

Корисна модель визнається новою, якщо сукупність її суттєвих ознак невідома з рівня техніки. До суттєвих відносять всі ознаки, які впливають на очікуваний результат.

Розкриття сутності корисної моделі у загальнодоступному джерелі інформації винахідником, заявником або особою, що одержала від них відповідну інформацію прямо або опосередковано протягом 12 місяців до дати подання заявки до Відомства (до дати пріоритету), не впливає на визнання корисної моделі новою. Довести цей факт у разі виникнення спору має сам заявник.

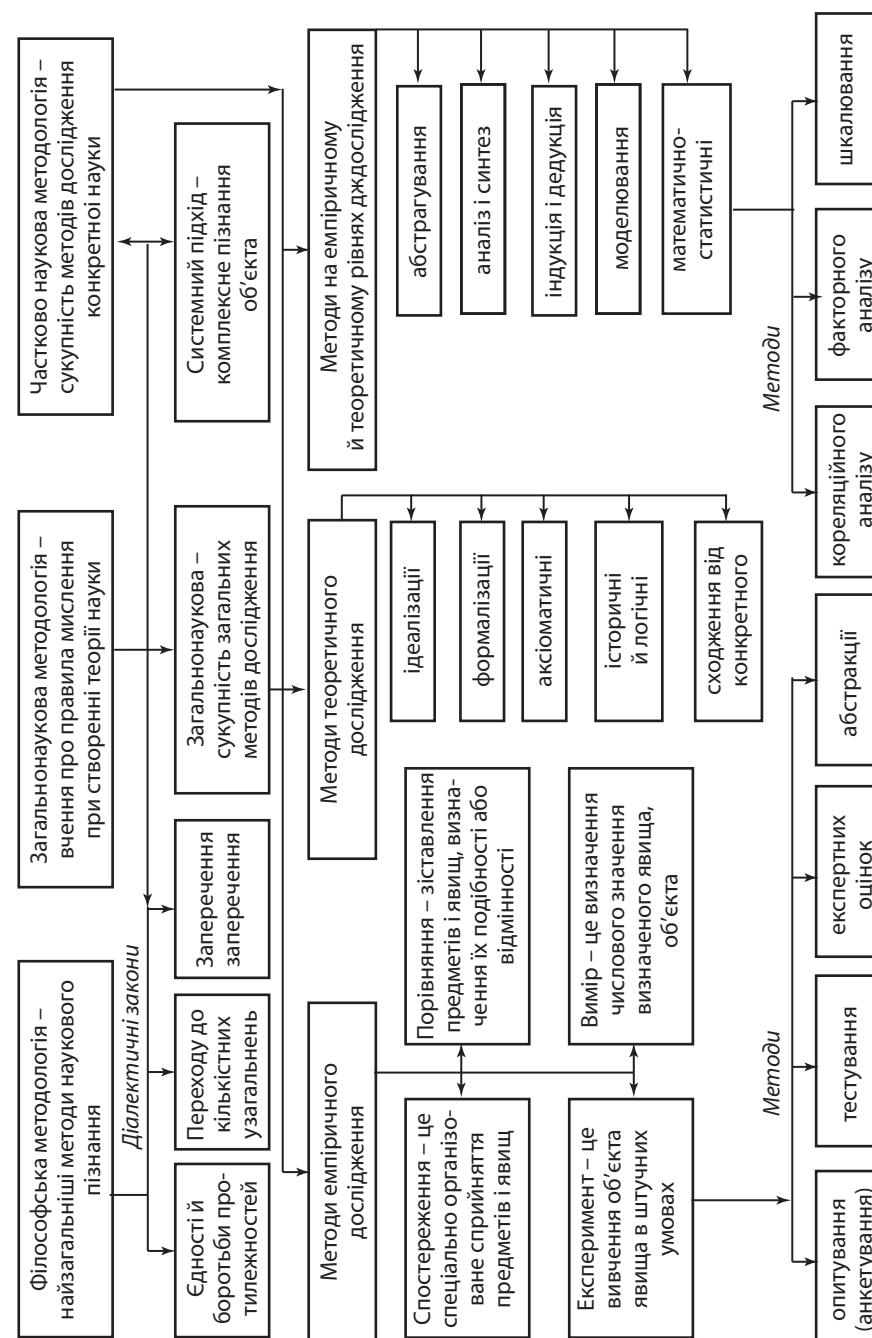


Рис. 7.4. Структура методології й техніки наукових досліджень

- ♦ передбачає особливий шлях, за допомогою якого може бути досягнуто науково-дослідну мету;
- ♦ забезпечує всебічне одержання інформації, що стосується процесу або явища, які вивчаються;
- ♦ допомагає введенню нової інформації;
- ♦ забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять;
- ♦ створює систему наукової інформації, що базується на об'єктивних явищах і логічно-аналітичному інструменті наукового пізнання.

Ці ознаки поняття «методологія», що визначають її функції в науці, дають можливість зробити такий висновок: методологія – це концептуальний виклад мети, змісту методів дослідження, що забезпечують одержання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси і явища. Розрізняють три види методології.

1. *Філософську, або фундаментальну* – систему діалектичних методів, що є найбільш загальними і діють на всьому полі наукового пізнання, конкретизуючи і через загальнонаукову, і через часткову методологію.
2. *Загальнонаукову*, котра використовується в переважній більшості наук і базується на загальнонаукових принципах дослідження: історичному, логічному, системному, моделювання і т. п. Сучасні дослідники в наукових розробках віддають перевагу системно-діяльному підходу, тобто дослідженню комплексної взаємодії істотних компонентів: потреба → суб'єкт → об'єкт → процеси → умови → результат. Це забезпечує цілісність, комплексність, структурність, взаємозв'язок з зовнішнім середовищем, цілеспрямованість і самоорганізацію дослідження, створює умови комплексного вивчення будь-якої сфери людської діяльності.
3. *Частково-наукову* – сукупність специфічних методів кожної конкретної науки, що є базою для розв'язання дослідницької проблеми.

Філософська, або фундаментальна, методологія є вищим рівнем методології науки, що визначає загальну стратегію принципів пізнання особливостей явищ, процесів, сфер діяльності. Філософська методологія виконує дві функції. *По-перше*, вона виявляє сутність наукової діяльності та її взаємозв'язку з іншими сферами діяльності, тобто розглядає науку щодо практики, суспільства, культури людини. *По-друге*, методологія вирішує задачу вдосконалення, оптимізації наукової діяльності, спирається на розроблені нею світоглядні й загально-методологічні орієнтири й постулати.

15.4. Корисна модель. Патентоспроможність, умови надання правової охорони й основні вимоги до оформлення заявки

Корисна модель – це результат творчої діяльності людини в будь-якій галузі технології.

Право на корисну модель охороняється державою й засвідчується патентом.

Усі питання, пов'язані з одержанням та використанням права власності на корисні моделі в Україні, регулюються Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» від 15 грудня 1993 р. № 3687–ХІІ (далі – Закон).

Патент на корисну модель – це охоронний документ, що видається від імені держави уповноваженим на це державним органом.

Патент засвідчує: право власності на корисну модель; пріоритет корисної моделі; авторство творця корисної моделі; виключне право власника патенту на використання об'єкта, що охороняється.

Строк дії патенту України на корисну модель становить п'ять років від дати подання заявки до Державного патентного відомства України (далі – Відомство) за умови сплати збору на підтримання його чинності й може бути продовженим за клопотанням власника патенту, але не більше як на три роки.

Дія патенту України на корисну модель поширюється тільки на території України.

Для одержання патенту України на корисну модель (якщо є на це право) необхідно подати заявку до Науково-дослідного центру патентної експертизи (далі – НДЦПЕ), який є експертним органом Відомства, оформлену відповідно до Правил складання та подання заявки на видачу патенту України на винахід (корисну модель) від 27 грудня 1994 р. № 318/528 (далі – Правила).

Умови надання правової охорони корисної моделі. Правова охорона надається корисній моделі, яка не суперечить суспільним інтересам, принципам гуманності й моралі та відповідає умовам патентоспроможності.

Корисну модель називають «малим винаходом», тобто це – винахід, який є новим, але має невисокий творчий рівень.

Об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою.

Охорона корисних моделей ставить за мету прискорення та здешевлення механізму захисту конструктивних розробок у порівнянні з вина-

Під «службовим винаходом» розуміється винахід, створений за дорученням роботодавця або у зв'язку з виконанням винахідником службових обов'язків.

Якщо заявку на винахід подано роботодавцем, йому належить право на одержання патенту за умови, що трудовим договором (контрактом) між винахідником та роботодавцем не передбачено інше.

Роботодавець може скористатись правом на подання заявки лише протягом чотирьох місяців від дати одержання письмового повідомлення від винахідника про створений винахід.

Якщо роботодавець не подає заявку до Відомства у визначений Законом строк, право на одержання патенту переходить до винахідника.

Договір, який укладається між винахідником та роботодавцем, може бути типовим (однаковим, наприклад, для всього інженерного складу) або індивідуальним – для окремих винахідників, які мають високий творчий потенціал.

Основні вимоги до оформлення заявки на винахід наведено в роботі [36].

Основні вимоги до оформлення заявки на винахід. Заявка на винахід – це сукупність документів, необхідних для видачі патента.

Заявка повинна стосуватися одного або групи винаходів, що пов'язані єдиним винахідницьким задумом (вимога єдності винаходу).

Заявка складається українською мовою та має містити:

- ♦ заяву про видачу патенту на винахід;
- ♦ опис винаходу;
- ♦ формулу винаходу;
- ♦ креслення або інші матеріали, якщо вони потрібні для розуміння сутності винаходу;
- ♦ реферат, який є скороченим викладом змісту опису винаходу.

Усі зазначені вище матеріали готуються та подаються у трьох примірниках.

Заява подається за встановленою формою. Усі розділи заяви слід заповнити, окрім тих, які призначено для відміток НДЦПЕ. У заяві слід указати повне ім'я або найменування (для юридичної особи) заявника (заявників) та його (їх) адресу, а також навести дані про винахідника (винахідників).

Правила опису й оформлення винаходу наведено в роботі [36].

Усі досягнення минулого було вироблено у вигляді діалектичного методу пізнання реальної дійсності, в основу якого було покладено зв'язок теорії й практики, принципи пізнавальності реального світу, взаємодії зовнішнього й внутрішнього, об'єктивного й суб'єктивного і т. п. Проблеми наукового пізнання стали предметом постійного протистояння різних наукових поглядів на світ, сутність науки й знання через антиномію в гносеології – антиномію раціоналізму-емпіризму.

Виходячи з того, що кожне наукове дослідження може відбуватися на двох рівнях – емпіричному, коли здійснюється процес нагромадження фактів, і теоретичному, на якому здійснюється узагальнення знань – відповідно до цих рівнів загальні методи пізнання умовно поділяють на три групи (див. рис. 7.4):

- ♦ емпіричного дослідження: спостереження, порівняння, вимір, експеримент;
- ♦ теоретичного дослідження: ідеалізація, формалізація, аксіоматичний метод, логічні й історичні методи, гіпотези й допущення, системний підхід;
- ♦ використовувані на емпіричному й теоретичному рівнях: абстрагування, аналіз і синтез, індукція й дедукція, моделювання.

Окремий аналіз цих методів наведених на рис. 7.4, подано у главах 8 – 12.

Контрольні питання й завдання

1. Що ви вкладаєте в поняття «методологія досліджень»?
2. Які вам відомі види методології?
3. Дайте визначення поняттям «знання» і «наукове пізнання».
4. У чому полягає процес наукового пізнання?
5. Які структурні елементи наукового пізнання?
6. Дайте визначення поняттям «абсолютні» і «апріорні» знання.
7. Дайте визначення поняттю «раціональне пізнання».
8. Назвіть типи мислення, використовувані в технічній творчості.
9. Охарактеризуйте наочно-діючий тип мислення пізнання об'єктивних обставин.
10. Охарактеризуйте поняттєво-логічний тип мислення в обґрунтуванні діяльності.
11. Дайте визначення поняттю «методологія науки».
12. Що собою являє фундаментальна методологія?
13. Які загальні методи пізнання використовуються в наукових дослідженнях?

8. МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

8.1. *Творчий процес теоретичних досліджень.*

8.2. *Індукція, дедукція й ідеалізація.*

8.3. *Наукові ідеї, гіпотези і допущення.*

8.4. *Теорія та її структурні елементи.*

8.1. Творчий процес теоретичних досліджень

Теоретичні дослідження мають бути творчими. Творчість – це створення за задумом нових цінностей, нові відкриття, винаходи, встановлення невідомих науці фактів, створення нової, цінної для людства інформації.

Спростувати існуючі або створити нові наукові гіпотези, глибоко пояснити процеси або явища, що раніш були незрозумілими або слабовивченими, зв'язати воедино різні явища, тобто знайти стрижень досліджуваного процесу, науково узагальнити велику кількість дослідних даних – усе це неможливо без теоретичного творчого мислення.

Творчий процес вимагає свідомого вдосконалення відомого рішення. Удосконалення є процесом переконструювання об'єкта мислення в оптимальному напрямку. Коли переробка досягає меж, визначених раніше поставленою метою, процес оптимізації припиняється, створюється продукт розумової праці. У теоретичному аспекті це – гіпотеза дослідження, тобто наукове передбачення.

За певних умов процес вдосконалювання приводить до своєрідного, оригінального теоретичного рішення. Оригінальність виявляється у своєрідній, неповторній точці зору на процес або явище.

Творчий характер мислення при розробці теоретичних аспектів наукового дослідження полягає у створенні представлень уяви, тобто нових комбінацій з відомих елементів, і базується на таких прийомах: збиранні й узагальненні інформації; постійному зіставленні, порівнянні, критичному осмисленні; виразному формулюванні власних думок, їх письмовому викладі; вдосконаленні й оптимізації власних положень.

Творчий процес теоретичного дослідження має кілька стадій: вибір проблеми; знайомство з відомими рішеннями; відмовою від відомих шляхів рішення аналогічних задач; перебір різних варіантів рішення; рішення.

виявлено, але не підтверджено відомість впливу відрізняючих ознак заявленого винаходу на технічний результат, вказаний заявником у заявці.

Будь-який винахід можна охарактеризувати деякою сукупністю суттєвих ознак, кожна з яких необхідна, а всі разом є достатніми для досягнення технічного результату, який забезпечує винахід.

Промислова придатність – це можливість використання винаходу в промисловості, сільському господарстві або в інших сферах людської діяльності.

Основне значення вимоги «промислова придатність» полягає в можливості реалізації рішення, що заявляється, у вигляді конкретного матеріального засобу виробництва.

Право на одержання патенту. Заявку на видачу патенту може подати винахідник або його спадкоємець, роботодавець або правонаступник винахідника чи роботодавця (далі – заявник). За дорученням заявника заявку може подати представник у справах інтелектуальної власності (далі – патентний повірений) або інша довірена особа.

Громадяни та юридичні особи, що проживають чи мають постійне місце проживання в Російській Федерації та Республіці Білорусь, згідно з угодами про співробітництво у сфері охорони промислової власності між урядом України та урядами цих держав мають право подавати заявки безпосередньо до Відомства або Науково-дослідного центру патентної експертизи (НДЦПЕ) особисто або через патентних повірених.

Винахідником визнається фізична особа, творчою працею якої створено винахід.

Закон чітко відокремлює винахідника від інших осіб, які надавали йому лише технічну, організаційну, матеріальну та юридичну допомогу або допомогу у проведенні дослідницької роботи та виготовленні технічної документації.

Якщо у створенні винаходу брали участь декілька фізичних осіб, всі вони визнаються винахідниками, а порядок користування правами, що їм належать, визначається угодою між ними.

Право авторства є особистим немайновим правом і належить винахіднику. Воно є невідчужуваним: не передається іншим особам та охороняється: безстроково, не переходить до правонаступника на відміну від майнових прав, засвідчених патентом.

Юридична особа не може визначатися як автор.

Штам – спадково однорідні культури мікроорганізмів, що продукують корисні речовини або використовуються безпосередньо.

Спосіб – процес виконання дій над матеріальним об'єктом (об'єктами) за допомогою матеріальних об'єктів.

Законом визначено, які результати діяльності людини не визнаються винаходами. До них належать:

- ♦ відкриття, наукові теорії та математичні методи;
- ♦ методи організації та управління господарством;
- ♦ плани, умовні позначення, розклади, правила;
- ♦ методи виконання розумових операцій;
- ♦ програми для обчислювальних машин;
- ♦ результати художнього конструювання;
- ♦ топографії інтегральних мікросхем;
- ♦ орти рослин і породи тварин тощо.

Патентоспроможність – це властивість, якої набуває об'єкт господарської діяльності (продукт або спосіб) у разі відповідності умовам надання правової охорони винаходу згідно із Законом.

Закон визначає три основні вимоги, яким має відповідати патентоспроможний винахід:

- ♦ бути новим;
- ♦ мати винахідницький рівень;
- ♦ бути промислово придатним.

Винахід визнається новим, якщо він не є частиною рівня техніки, який включає всі відомості, що стали загальнодоступними у світі до дати подання заявки до Відомства або до дати її пріоритету, якщо заявник скористається правом на пріоритет попередньої заявки на такий самий винахід. Законом установлюється принцип світової новизни.

Під «загальнодоступними» необхідно розуміти відомості, розповсюдження яких не обмежено, наприклад, грифом «секретно» тощо. Необхідно мати на увазі, що новизну можуть порочити всі заявки, що подані до Відомства за умови більш раннього пріоритету, незважаючи на те, що ці документи не може бути віднесено до категорії загальнодоступних.

Винахід має винахідницький рівень, якщо для фахівця він не впливає з рівня техніки, тобто не виявлено рішення, які мають ознаки, що збігаються з відрізняючими ознаками заявленого винаходу, або якщо такі рішення

Творче рішення часто не вкладається в заздалегідь намічене планом. Іноді оригінальні рішення з'являються «раптово», після здавалося б тривалих і марних спроб.

Чим більше відомих (типових, шаблонних) рішень, тим трудніше домогтися оригінального рішення. Часто вдалі рішення виникають у фахівців суміжних областей, на яких не давить вантаж відомих рішень. Творчий процес представляє, власне кажучи, розрив звичних уявлень і погляд на явища під іншим кутом.

Власні творчі думки, оригінальні рішення виникають тим частіше, чим більше сил, праці, часу затрачається на постійне обмірковування об'єкта дослідження, чим глибше науковця захоплює дослідницька робота.

Успішне виконання теоретичних досліджень залежить не тільки від кругозору, наполегливості й цілеспрямованості науковця, але й від того, якою мірою він володіє методами й способами наукового дослідження, і в першу чергу – діалектичним методом.

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

8.2. Індукція, дедукція й ідеалізація

Індукція й дедукція є найбільш розвинутою формою логічного мислення, результатом якого є умовивід. Ці методи застосовуються на емпіричному й теоретичному рівнях досліджень.

Індукція – вид узагальнення, пов'язаний з передбаченням результатів спостережень і експериментів на основі даних минулого досвіду. Це процес переходу від знань окремих фактів і подій до більш загальних знань, від фактів – до гіпотези, від досвіду – до теорії. Процес індукції звичайно починається з нагромадження результатів спостережень і експериментів, їх порівняння й аналізу. У міру розширення безлічі таких даних може виявитися регулярна повторюваність якої-небудь властивості досліджуваного об'єкта або якісь співвідношення між його параметрами.

Існує кілька варіантів встановлення спадкоємного зв'язку методами наукової індукції [18] (рис. 8.1).

- а) *Метод єдиної подібності*: якщо два або більше випадків досліджуваного явища мають лише одні загальні обставини, а всі інші – різні, то саме ця подібна обставина є причиною явища, що розглядається.
- б) *Метод єдиного розходження*: якщо випадок, у якому досліджуване явище настає і випадок, у якому воно не настає, у всьому подібні і відрізняються тільки однією обставиною, то саме ця обставина,

необхідна в одному випадку і відсутня в іншому, є причиною явища, що досліджується.

в) *Об'ємний метод подібності й розходження* – комбінація двох перших методів.

г) *Метод супровідних змін*: коли виникнення або зміна одного явища викликає деяку зміну іншого явища, то обое вони перебувають у причинному зв'язку одне з одним.

д) *Метод залишку*: якщо складне явище викликане складною причиною, яка є сукупністю перших обставин і відомо, що декі з них є причиною частини явища, то залишок цього явища викликається обставинами, що залишилися.

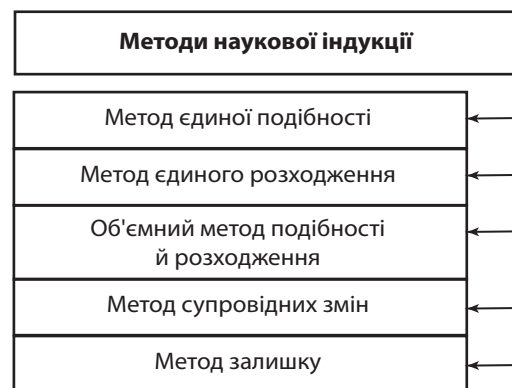


Рис. 8.1. Варіанти встановлення спадкоємного зв'язку

Розрізняють повну й неповну індукцію. При повній індукції умовивід вичерпно розглядає досліджуване явище. Більш частий прийом у наукових дослідженнях – неповна індукція, який включає розгляд якихось ознак вибірково, що дозволяє одержати за короткий час, хоча і недостовірну, але орієнтовну, попередню думку про предмет.

Дедукція – це операція мислення, що полягає в тому, що нові знання виводяться на основі знань більш загального характеру, отриманих раніше шляхом узагальнення спостережень, дослідів, практичної діяльності, тобто індукції. Принцип дедукції: «від загального – до часткового», тобто коли з загальних положень і аксіом виводяться окремі положення. При використанні дедуктивного методу ми виходимо з загальних правил або уявлень, а потім шляхом логічних міркувань виводимо з них окремі наслідки або пророкування. Якщо, наприклад, припустити, що затемнення Місяця викликаються тим, що Земля виявляється на шляху сонячних променів

- 2) галузь техніки, до якої відноситься винахід, і переважна галузь її використання;
- 3) характеристика аналогів винаходу;
- 4) характеристика прототипів;
- 5) критика прототипу;
- 6) сутність винаходу;
- 7) перелік фігур, графічних зображень (за необхідності);
- 8) приклади конкретного виконання винаходу;
- 9) техніко-економічна або інша ефективність;
- 10) формула винаходу.

15.3. Винахід. Право на одержання патенту й основні вимоги до оформлення заявки

У розділах 15.3, 15.4 і 15.5 використано роботи [36, 37, 38].

Винахід – це результат творчої діяльності людини в будь-якій галузі технології. Право на винахід охороняється державою і засвідчується патентом.

Патент на винахід – це юридично-технічний документ, який засвідчує: право власності на винахід; пріоритет винаходу; авторство творця винаходу й виключне право власника патенту на використання об'єкта, що охороняється.

Патент України на винахід діє тільки на території України. Строк дії патенту на винахід становить 20 років від дати подання заявки до Державного патентного відомства України (далі – Відомства) за умови сплати збору за підтримання його чинності.

Об'єктом винаходу може бути будь-яке рішення задачі, яка заявляється як винахід:

- ♦ продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослин і тварин);
- ♦ спосіб.

Пристрій – машини, механізми, прилади, деталі, вузли або сукупність взаємопов'язаних деталей і вузлів.

Речовина – штучно створена сукупність взаємозв'язаних інгредієнтів, індивідуальні хімічні сполуки, об'єкти генетичної інженерії, композиції та продукти ядерного перетворення.

Технічні рішення, які мають новизну й промислову корисність, але не мають винахідницького рівня, згідно з «Патентним законом України» підлягають правовій охороні як корисні моделі.

Корисні моделі (їх іноді називають «малими винаходами») – це, в основному, конструктивні пристрої з області механіки, засобів виробництва й предметів споживання. Автор нового технічного рішення за своїм розсудом може зареєструвати створений ним об'єкт (що відповідає всім вимогам усіх трьох критеріїв ідентифікації винаходів) як винахід або ж як корисну модель.

Відмінність винаходу від корисної моделі в основному є правовою, однак процедура видачі посвідчення на корисну модель небагато простіша й швидша, ніж на видачу патенту на винахід. Багатьох авторів приваблює й те, що за реєстрацію корисної моделі стягується більш низьке мито, ніж за одержання патенту.

Формула винаходу – це складена за встановленими правилами коротка словесна характеристика, що відбиває технічну сутність винаходу ознаками об'єкта винаходу (машини, вузла, деталі, операції, параметра режиму і т. ін.).

Формула винаходу на використання характеризує використання відомих пристроїв, засобів і речовин за новим призначенням. Вона виражає технічну сутність трьох типів винаходів:

- ♦ щодо об'єктів, один із яких призначено для одержання, здійснення або використання іншого об'єкта;
- ♦ варіантні рішення, що містять формули винаходу, які неможливо охопити одним пунктом;
- ♦ які відносяться до цілого об'єкта та його частин.

Опис винаходу має цільове призначення й одночасно інформаційний і правовий характер. Опис має відповідати таким вимогам:

- ♦ цілком розкривати технічну сутність винаходу в обсязі, достатньому для подальшої розробки й використання;
- ♦ давати точне і ясне уявлення про новизну;
- ♦ давати істотні відзначні й позитивні ефекти технічного рішення;
- ♦ мати відмінні риси внеску від упровадження винаходу в дану галузь народного господарства.

Опис винаходу здійснюється у вигляді окремих абзаців без заголовків у такій структурі:

- 1) назва винаходу й рубрика МПК;

і відкидає тінь на Місяць, то шляхом дедукції можна дійти висновку, що затьмарення повинні знову й знову повторюватися через проміжок часу, достатній для того, щоб Сонце й Місяць, рухаючись по своїх еліптичних орбітах, повернулися в те ж саме положення стосовно Землі. Цей проміжок часу повинен бути «найменшим загальним кратним» одного лунного місяця і одного сонячного року, тобто близько 18 років [1].

Недоліком дедуктивного способу дослідження є обмеження, які витікають із загальних закономірностей, на основі яких досліджується окремий випадок. Щоб усебічно дослідити рух автомобіля, недостатньо знати лише закони механіки, необхідно застосувати також інші принципи, які витікають з аналізу системи «водій-автомобіль-навколишнє середовище».

Індуктивний метод – це такий спосіб дослідження, при якому за окремими фактами й явищами встановлюються загальні закони й принципи. Наприклад, Д. І. Менделєєв, використовувачи окремі факти про хімічні елементи, сформулював періодичний закон. Науковий співробітник, обґрунтовуючи гіпотезу наукового дослідження, встановлює її відповідність загальним законам діалектики та природознавства (дедукція). У той же час гіпотезу формулюють на основі відособлених факторів (індукція).

При усій своїй протилежності індукція й дедукція тісно пов'язані між собою, являючи різні сторони єдиного діалектичного методу пізнання.

Ідеалізація – це представлення реальних предметів або явищ спрощеними схемами з метою більш ефективного використання методів і засобів їх дослідження. Процес ідеалізації зводиться до чисельного конструювання об'єктів або понять, що не існують у дійсності або практично не здійснюються, а їх подобу, що є у реальному світі. Наприклад, у фізиці використовуються поняття «абсолютно тверде тіло», «абсолютно чорне тіло». У геометрії використовується поняття «точка», під якою мається на увазі просторовий об'єкт, що не має розмірності. Очевидно, що таке уявлення про точку є «найчистішою» ідеалізацією, оскільки в реальному світі не існує просторових об'єктів, які б не були вимірюваними.

Мета ідеалізації – позбавити реальні об'єкти деяких їх властивостей і наділити подумки ці об'єкти деякими нереальними й гіпотетичними властивостями. При цьому мета досягається завдяки:

- ♦ багатоступінчастому абстрагуванню;
- ♦ переходу продумування до кінцевого випадку в розвиток визначених властивостей;
- ♦ простому абстрагуванню.

Однак будь-яка ідеалізація правомірна лише в певних межах.

Особливу роль у теоретичних дослідженнях відіграють способи аналізу й синтезу.

Аналіз – це спосіб наукового дослідження, при якому явище розчленовується на складові частини. **Синтез** – протилежний аналізу спосіб, який полягає в дослідженні явища в цілому, на основі об'єднання пов'язаних один з одним елементів у єдине ціле. Більш докладно ці методи розглядаються у підрозділі 13.

У теоретичних дослідженнях використовують логічний та історичний методи. Логічний метод включає в себе гіпотетичний й аксіоматичний.

Аксіоматичний метод засновано на очевидних положеннях (аксіомах), прийнятих без доказу. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Більш широке поширення він одержав у теоретичних науках (математика, математична логіка й ін.).

Історичний метод дозволяє досліджувати виникнення, формування й розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявити внутрішні й зовнішні зв'язки, закономірності й протиріччя. У прикладних науках історичний метод використовується при вивченні основних етапів розвитку й формування тих або інших галузей науки й техніки.

Первинним у пізнанні фізичної сутності процесів виступають спостереження. Будь-який процес залежить від багатьох діючих на нього факторів. Кожне спостереження або вимір може зафіксувати лише деякі фактори. Для того щоб найбільш повно зрозуміти процес, необхідно мати велику кількість спостережень і вимірів. Виділити головні і потім глибоко досліджувати процеси або явища за допомогою великої несистематизованої інформації важко. Тому таку інформацію прагнуть «згустити» у деяке абстрактне поняття – «модель».

8.3. Наукові ідеї, гіпотези і допущення

В основі вибору проблеми досліджень лежить ідея (задум) дослідника. **Ідея** – це продукт людського мислення, форма відображення в думках дійсних процесів і явищ об'єктивної реальності. Наукова ідея узагальнює досвід попереднього розвитку знань і практики і слугує як принципи об'єднання нових, раніше невідомих явищ і закономірностей.

Наукова ідея – форма відображення в мисленні нового розуміння об'єктивної реальності. Тому наукова ідея є своєрідним стрибком думки за межі вже раніше пізаного. Більшість наукових ідей народжуються з

До помилкових рішень, насамперед, належать недієздатні (нездійсненні) пропозиції. Іноді нездійсненність розв'язання в пропозиції не є настільки очевидною і вимагає детальної перевірки.

Рішення, що поліпшує одні якості роботи, але погіршує інші, не може бути визнане винаходом.

Новизна. Винахід має бути новим. Цей критерій свідчить про наявність творчості. У винахідницькому праві новизна передбачає лише урахування її наявності або відсутності, без оцінки ступеня творчості.

При експертизі заявки на винахід рішення визнають новим, якщо до дати надходження заявки сутність цього або подібного рішення не було розкрито в Україні або за її межами для визначеного кола осіб настільки, що стало можливим його здійснення. Пріоритет винаходу встановлюється на день надходження заявки в Держкомітет.

Причому під рівнем існуючої техніки розуміють сукупність будь-яких технічних відомостей, які стали загальнодоступними у світі на момент подачі заявки.

Винахідницький рівень технічного рішення має місце, якщо складові його нових ознак явно не випливають з рівня існуючої світової техніки.

Винаходом визнається не будь-яке, а тільки технічне рішення, що характеризується важливим самостійним критерієм захищеності. Технічною вважається відмінність, що має механічну, фізичну, хімічну, біологічну й кібернетичну природу.

Промислова застосовність технічного рішення вважається доведеною, якщо воно може бути здійснене або використане в промисловості, на транспорті, у медицині, сільському господарстві й інших областях життєдіяльності людини, *по-перше*, за допомогою відомих у техніці засобів і, *по-друге*, забезпечує той або інший технічний ефект.

Позитивний ефект винаходу – це новий, більш високий результат, що суспільство одержить при використанні винаходу у порівнянні з результатом, одержуваним від об'єкта-прототипу або інших порівнюваних рішень.

Відсутність більш високих результатів при будь-яких умовах є ознакою відсутності позитивного ефекту. Але до винаходів належать рішення, які не можуть бути використані негайно в запланованих умовах або позитивний ефект яких можливий у перспективі при досягненні відсутніх зараз умов.

Позитивний ефект може представляти як безпосередній, так і опосередкований результат рішення. Істотні відмінності залежать від розвитку техніки.

торських робіт, вивчення існуючого стану техніки, розробка технічного завдання, рукопису статей і книг.

Об'єктами винаходів є пристрої, способи, речовини, штами мікроорганізмів, культури клітин, рослин і тварин, застосування відомих по-новому. Об'єктом науково-технічної творчості найчастіше є пристрої й способи, рідше – речовини.

Наявність задачі у визначенні винаходу передбачає позитивний ефект. Задача – це поставлена мета, а позитивний ефект – можливість досягнення мети в результаті використання винаходу.

Відповідно до критерію «наявність задачі» всі пропозиції розподіляються на три категорії:

- ♦ пропозиції, що містять суспільно важливі задачі, розв'язання яких припускає позитивний ефект;
- ♦ пропозиції, що не містять суспільно важливих задач. Вирішення їх не може бути ефективним. Їх не може бути визнано винаходом;
- ♦ пропозиції, що містять антигромадські задачі, вирішення яких дає негативний результат.

Розв'язання задачі повинно мати не пізнавальний, а утилітарний характер, має бути пов'язаним із задоволенням практичних потреб.

У зв'язку з цим наукові положення, у тому числі відкриття, не визнаються як винахід. Нездійснені, помилкові пропозиції також не визнаються винаходом.

Розв'язання задачі – одне з найважливіших властивостей, що суб'єктивному відношенню є результатом творчої діяльності людини. Творчість не входить у число нормативних критеріїв винаходу, тому що вона утримується в критеріях «рішення» і «новизна» і є їх результатом.

Досягнення позитивного ефекту є головною ознакою вирішення задачі. Задача вважається вирішеною, коли рішення відповідає трьом умовам:

- ♦ пропозиція має вимоги на технічні засоби вирішення;
- ♦ рішення розкриває принципово важливі моменти;
- ♦ рішення реалізоване, тобто є придатним для використання.

Відомі різні випадки відсутності розв'язання задачі в заявці на винахід. У загальному випадку їх розділяють на чотири групи:

- ♦ постановка задачі (без її розв'язання);
- ♦ помилковість розв'язки;
- ♦ неповнота фактичної розв'язки;
- ♦ нерозкритість рішення в описі або формулі винаходу.

експерименту або тією чи іншою мірою пов'язані з експериментом. Інші галузі наукового мислення – чисто умоглядні. Структурні елементи теорії пізнання схематично показано на *рис. 8.2*. Наукова ідея залежно від повноти охоплення нових знань і узагальнень може набувати форми й найменування правил, принципів, законів, концепцій, парадигм (див. *рис. 8.2*).

Ідея відрізняється від інших форм мислення і наукових знань тим, що в ній не тільки відбито об'єкт вивчення, але й усвідомлення мети, прогнозування пізнання і практичного перетворення дійсності. Нові ідеї можуть виникати під впливом парадоксальних ситуацій, коли виявляється несподіваний результат, що сильно розходиться із загальновідомими положеннями науки – парадигмами. Наш сучасник академік Б. Н. Кедров її поняття сформулював так: «Парадигма – це пануюча у визначений період часу стійка система взаємозалежних наукових теорій, що погоджуються між собою, понять, принципів і концепцій».

При цьому одержання нових знань здійснюється за такою схемою: парадигма – парадокс – нова парадигма. Можна стверджувати, що розвиток науки – це зміна відмітних парадигм, методів, стереотипів мислення. Перехід від однієї парадигми до іншої не піддається логічному опису, тому що кожна з них відкидає первісну і несе принципово новий результат досліджень, якого не можна логічно вивести з існуючої теорії. Особливу роль тут відіграють інтуїтивні механізми наукового пошуку, що не ґрунтуються на формальній логіці.

Матеріалізованим вираженням наукової ідеї є гіпотеза.

Гіпотеза – науково обґрунтоване припущення про факт, що безпосередньо спостерігається, або про закономірний порядок, що пояснює відому сукупність процесів або явищ. На відміну від теорії, що відбиває достовірні наукові знання, гіпотеза є формою можливого наукового знання. Існує два типи гіпотез:

- ♦ теоретична гіпотеза, в основу якої покладено наукові закономірності, методологічні положення, логічні судження, аргументоване прогнозування, фундаментальні знання;
- ♦ емпіричні гіпотези обґрунтовуються результатами попереднього практичного досвіду.

Гіпотези – це такі припущення або здогади, до яких вдаються при побудові теорії або при постановці експерименту, що має за мету безпосередню перевірку якоїсь теорії, якщо це представляється можливим. Гіпотеза є керівною ідеєю дослідження. Вона визначає напрямок і обсяг теоретичних розробок. Після перевірки висунута гіпотеза може виявитися правильною

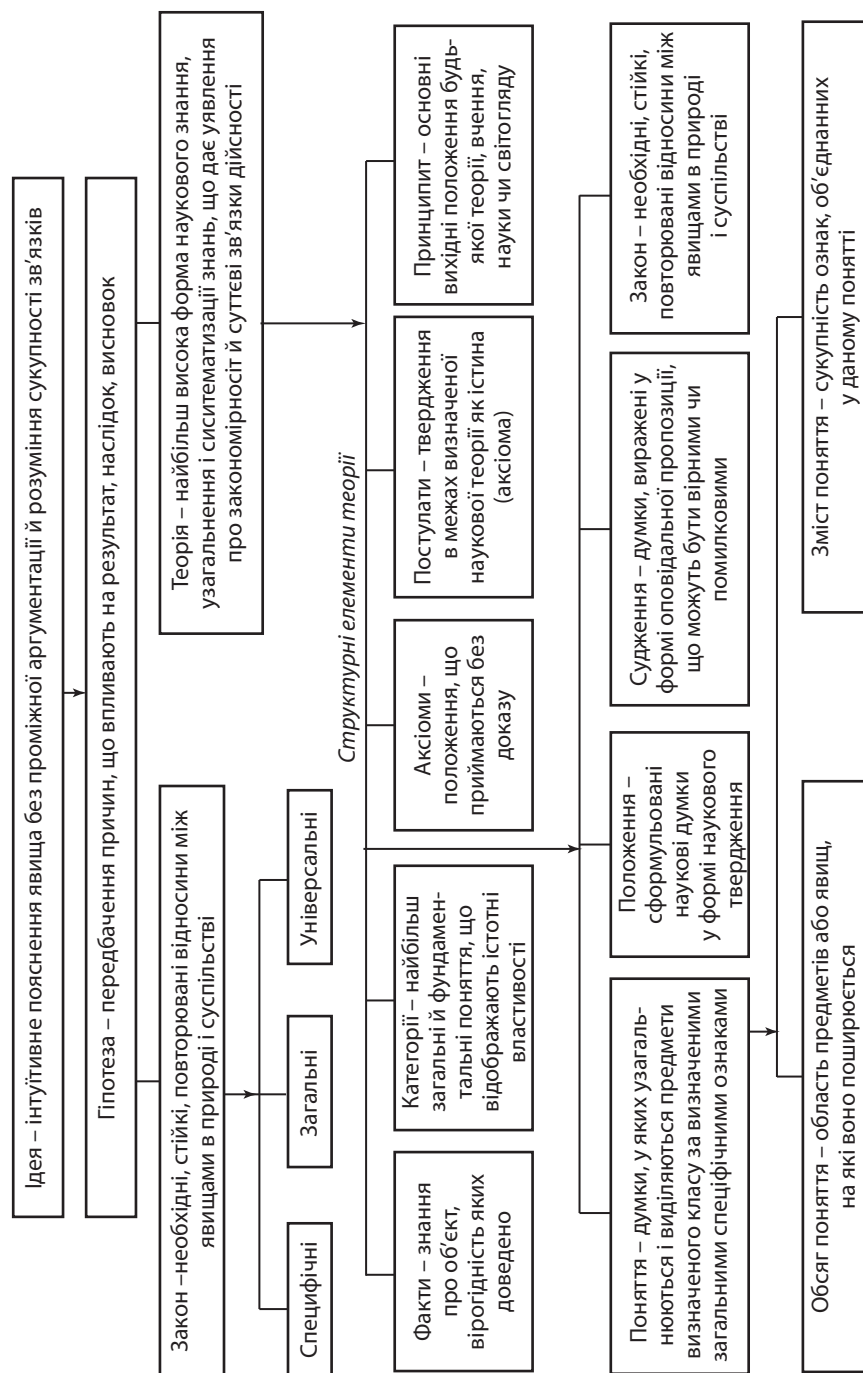


Рис. 8.2. Основні структурні елементи теорії пізнання

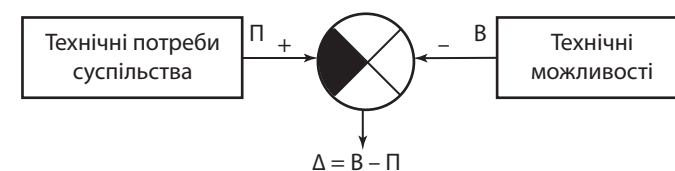


Рис. 15.5. Схема протиріч

Технічні рішення чисто наукових задач, вирішення задач у будь-якій технічній галузі й інших сферах суспільної діяльності, спрямовані на задоволення суспільних потреб, відносять до винаходів.

Винахідництво – це творчий процес, що приводить до нового рішення задачі в будь-якій галузі техніки, культури, охорони здоров'я, оборони, і позитивний ефект який воно дає.

Винахід у широкому розумінні слова – це нове технічне рішення задачі, що підвищує існуючий рівень техніки. Винахідницька задача – це така, що містить технічне протиріччя, нерозв'язне відомими технічними засобами й знаннями, причому умови задачі виключають компромісне рішення. Якщо технічне протиріччя переборене, то винахідницьку задачу вирішено.

Технічність, новизна, істотні відмінності, позитивний ефект як критерії захистоспроможності винаходів мають відношення не до задачі, а до її розв'язання, хоча аналогічні ознаки задачі можуть побічно впливати на ознаки рішення.

Досягнення, що може бути визначено винаходом, називається захистоспроможним за рядом критеріїв: задача, розв'язка, технічний характер рішення, новизна, істотні відмінності, позитивний ефект. Основні критерії ідентифікації винаходів наведено на рис. 15.6.



Рис. 15.6. Критерії ідентифікації винаходів

Заявка на винахід. Винахід необхідно виявляти вчасно й правильно. На будь-який винахід оформляється заявка. Джерелом виявлення винаходів є використання науково-дослідних або дослідницько-конструк-

15.2. Критерії оцінки рівня розв'язання науково-технічних задач

При розв'язанні винахідницьких задач використовуються в основному евристичні методи пошуку нових ідей і найкращих конструкторсько-технологічних рішень.

Вищими результатами науково-технічної творчості є відкриття, винаходи й корисні моделі (рис. 15.4).

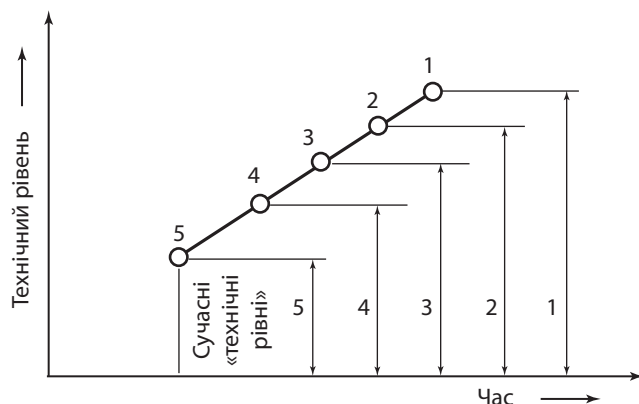


Рис. 15.4. Еволюційна крива для деяких областей діяльності й відповідні «технічні рівні»:

1 – винаходи й відкриття; 2 – дослідження; 3 – розробки; 4 – виробництво;
5 – експлуатація

Кількість відкриттів і винаходів та їх економічний ефект – найбільш важливі критерії наукового прогресу, основна форма розвитку й створення нової техніки й технології.

Відкриття складають основу науково-технічної революції. Вони визначають сутність принципово нових напрямків розвитку науки й техніки і здійснюють революційний вплив на суспільне матеріальне виробництво.

Одним з основних джерел розвитку техніки є невідповідність між технічною потребою й можливостями задовольнити цю потребу (див. рис. 14.10). Протиріччя між технічними потребами (Π) суспільства і його можливостями B виявляються у вигляді неоліку (Δ) (див. рис. 15.5) [2]. Якщо різниця $\Delta < 0$, то технічній системі властивий неолік, викликаний наявністю технічного протиріччя, який можна усунути шляхом винахідницької діяльності. Схему виявлення й усунення технічних протиріч показано на рис. 14.10.

або помилковою. Одним із багатьох джерел генерування наукових гіпотез є використання аналогій. Умовивід за аналогією – це процес, коли знання, отримані з розгляду якого-небудь відомого об'єкта, переносяться на менш вивчений об'єкт, подібний до нього за якимись істотними властивостями й ознаками.

Гіпотези, як і ідеї, носять вірогіднісний характер і проходять у своєму розвитку три стадії:

- ♦ нагромадження фактичного матеріалу й висування на його основі допущень;
- ♦ формування й обґрунтування гіпотези;
- ♦ перевірка отриманих результатів на практиці і на основі уточнення гіпотези.

На основі гіпотез здійснюються пошуки нових наукових результатів – у цьому суть і призначення гіпотези як форми розвитку науки. Гіпотеза висувається в надії на те, що вона, якщо не в повному обсязі, то хоча б частково перетвориться в достовірне знання. Так, наприклад, висловлені у свій час гіпотези про можливість перетворення теплової й електромагнітної енергії у механічну, побудовані на базі закону збереження й перетворення енергії, стали достовірними знаннями після того, як було винайдено парові машини й електричні двигуни.

Якщо отриманий практичний результат відповідає допущенням, то гіпотеза перетворюється на наукову теорію, тобто стає достовірним знанням. На практиці може формуватися кілька гіпотез з одного і того самого невідомого процесу або явища, тому що будь-яке явище багатогранне й взаємозалежне з іншими. Наявність різних гіпотез забезпечує необхідний різнобічний аналіз, без якого неможливо строге наукове узагальнення.

Процедури, за допомогою яких встановлюється істинність будь-якого твердження, називається доказом. Доказами гіпотез у дослідженнях об'єкта можуть бути відомі дані експериментів, сформовані теорії. У доказах використовують два способи встановлення істини: безпосередній і опосередкований.

При безпосередньому способі істина встановлюється в процесі практичних дій – це може бути спостереження, демонстрація, виміри, розрахунок і ін. При опосередкованому способі, доказом є логічна процедура встановлення істини будь-якої вимоги за допомогою інших тверджень, істинність яких уже доведена, у структурі доказів можуть бути такі елементи: теза (положення, спостереження, думки), аргумент і демонстрація (ілюстрації макетів, таблиць, схем).

Теоретична й винахідницька діяльність і особливо наукові дослідження базуються на використанні загальних законів логіки, законів і форм мислення.

8.4. Теорія та її структурні елементи

Одним із результатів наукової діяльності є формулювання теорії. Будь-яка наукова теорія пов'язана з загальними й частковими методами досліджень.

Теорія – це найбільш висока форма узагальнення й систематизації знань, яка дає цілісне уявлення про закономірності й основні зв'язки дійсності. Теорія будується на результатах отриманих на емпіричному рівні досліджень. Вона описує й роз'яснює сукупність явищ деякої частини дійсності і зводить відкриті в цій галузі закони до єдиного узагальнюючого початку. У теорії ці результати упорядковані, вписуються в струнку систему, об'єднану загальною ідеєю, уточнюються на основі введених до теорії абстракцій, ідеалізацій і принципів.

Теорія виступає як форма синтетичного знання, у межах якого окремі поняття, гіпотези й закони втрачають минулу автономність і перетворюються в елементи цілісної системи наукових знань. Наукова теорія, що ґрунтується на пізнанні об'єктивних законів природи, дозволяє передбачати явища, що можуть виникати в майбутньому як результат дій цих законів (наприклад, періодичний закон Д. І. Менделєєва передбачав неіснуючі на той час елементи). Структуру теорій формують факти, поняття й судження, положення, закони, аксіоми, постулати й принципи (див. *рис. 8.3*).

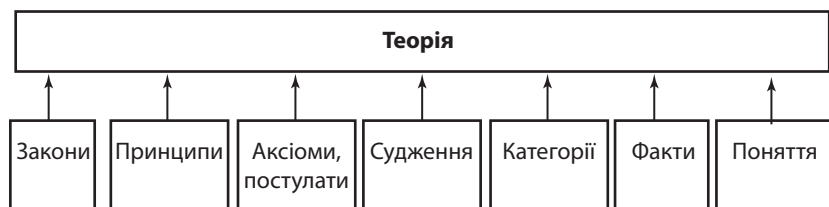


Рис. 8.3. Структура формування теорії

До нової теорії висуваються такі вимоги [18]:

- ♦ адекватність наукової теорії описаному об'єкту, що дозволяє у визначених межах замінити експериментальні дослідження теоретичними;
- ♦ повноту опису конкретної галузі діяльності;
- ♦ необхідність пояснення взаємозв'язків між різними компонентами в межах самої теорії. Наявність зв'язків між різними положеннями забезпечить перехід від одних тверджень до інших;

Способи – це процеси виконання визначених дій над матеріальними об'єктами з використанням інших матеріальних об'єктів. Способи характеризуються такими типовими ознаками:

- ♦ наявністю дій;
- ♦ послідовністю дій;
- ♦ умовами й режимами виконання дій;
- ♦ матеріалами й пристосуваннями, застосовуваними при виконанні дій.

Оскільки при реалізації способів усі дії виконуються людьми (операторами), то у формулюваннях ознак способу дії мають виражатися дієсловами у дійсному (теперішньому) стані дійсного способу, причому у 3-й особі множини (наприклад: свердлять, ріжуть, збирають і т. п.).

Патентній охороні підлягають також речовини, отримані хімічним шляхом, різні розчини, суміші й сплави, а також продукти ядерного перетворення. Типовими ознаками речовини є:

- ♦ склад і кількісні співвідношення компонентів;
- ♦ форма компонентів, їх структура й розміри;
- ♦ фізичний стан речовини або її окремих компонентів.

Оскільки речовина характеризується ознаками як продукт, готовий до вживання, то у формулюваннях його ознак варто вживати дієслівні форми, що показують цей стан речовини (наприклад, містить, складається, введений і т. п.).

Автором винаходу визнається людина (за юридичною термінологією – фізична особа), творчою працею якої його було створено. Якщо ж об'єкт промислової власності створювався спільно декількома особами, то всі вони вважаються рівноправними авторами. У цьому випадку порядок користування правами авторів визначається угодою між ними.

Право на винахід і промисловий зразок засвідчується патентом, а на корисну модель і товарний знак – посвідченням. Ці офіційні охоронні документи видаються патентною установою.

Патент – це документ, що засвідчує:

- ♦ право авторства;
- ♦ пріоритет, установлюваний з дати одержання патентною установою авторської заявки;
- ♦ виключне право автора на використання винаходу або промислового зразка.

- ♦ винаходи;
- ♦ корисні моделі;
- ♦ промислові зразки;
- ♦ товарні знаки;
- ♦ найменування місць походження об'єкта.

До об'єктів патентного права належать тільки три перші види об'єктів: винаходи, корисні моделі й промислові зразки. Патентним правом називають сукупність норм, що визначають та регулюють немайнові й майнові відносини, які виникають у зв'язку зі створенням і використанням об'єктів промислової власності. Норми патентного права встановлено «Патентним законом України» (див. підрозділи 15.3, 15.4).

Об'єктами винаходів можуть бути: пристрої; способи; речовини; штами мікроорганізмів, культури клітин, рослин і тварин (рис. 15.3). Об'єктами науково-технічної творчості найчастіше є пристрої й способи, рідше – речовини, тому далі приділимо увагу лише цим видам винаходів.



Рис. 15.3. Види об'єктів винаходів

Визначити, до якого виду відноситься той або інший об'єкт, можна шляхом аналізу його істотних ознак і їх зіставлення з типовими ознаками видів об'єктів винаходів. Істотним вважається така ознака, що визначає зміст структури й склад об'єкта. Для того щоб визначити, чи є суттєвою та чи інша ознака, її умовно виключають з об'єкта. Якщо при цьому об'єкт стає непрацездатним або різко погіршується його ефективність, це означає, що розглянута ознака є суттєвою.

Пристрої характеризуються такими типовими ознаками:

- ♦ наявність вузлів, деталей, елементів;
- ♦ взаємозв'язком вузлів, деталей і елементів;
- ♦ формою й взаємним розташуванням деталей, вузлів і елементів;
- ♦ розмірами, масою й іншими параметрами вузлів, деталей, елементів;
- ♦ матеріалами, із яких їх виконано.

- ♦ відсутність внутрішньої несуперечності теорії й відповідність її дослідженим даним.

Теорія має бути евристичною, конструктивною і простою. Евристичність теорії відображає її можливості передбачення й пояснення. Математичний апарат теорії повинен не тільки забезпечувати точні кількісні передбачення, але і допомагати відкривати нові явища. Конструктивність теорії полягає в можливостях простої, здійснюваної за деякими правилами, перевірки основних її положень, принципів і законів. Простота теорії досягається введенням узагальнюючих законів, скорочень і подачі інформації у стислій формі за допомогою символів [6].

Постулат – це твердження, що сприймається в межах конкретної наукової теорії як істина, без доказовості, і виступає в ролі аксіоми.

Основою великих теоретичних узагальнень є принцип.

Принцип – це головне вихідне положення будь-якої наукової теорії, увчання, науки або світогляду, виступає як перше і найбільш абстрактне визначення ідеї, як початкова форма систематичних знань.

Формалізація – метод вивчення різних об'єктів шляхом відображення їх структури у відомій формі за допомогою штучної мови, наприклад, мовою математики. Використання математичних моделей є одним з основних методів сучасного наукового дослідження.

За допомогою аналітичних методів визначають математичну залежність між параметрами фізичної моделі. Математичну модель можна виразити за допомогою функціонального співвідношення у вигляді системи алгебраїчних, диференціальних або інтегральних рівнянь. За допомогою аналітичних методів визначають математичну. Такі моделі мають велику кількість інформації.

Перевагами формалізації є:

- ♦ забезпечення узагальненого підходу до вирішення проблеми;
- ♦ використання символів створює лаконічність і чіткість фіксації значень;
- ♦ однозначність символіки (немає багатозначності звичайної мови);
- ♦ дає можливість формувати окремі моделі об'єктів і змінювати розуміння реальних процесів вивчення цих моделей.

Однак математична формалізація має й істотні недоліки. Для того щоб у всьому класі знайти конкретне рішення, властиве лише даному процесу, необхідно задати умови однозначності. Визначення граничних умов вимагає проведення достовірного модельного експерименту і докладного аналізу експериментальних даних. Неправильне визначення граничних

умов приводить до того, що проводиться теоретичний аналіз не того процесу, що був запланований, а вже зміненого. У багатьох випадках не завжди можливо, або зовсім неможливо, або дуже складно кінцеве аналітичне вираження з урахуванням умов однозначності, що найбільш точно відображають реальну фізичну сутність досліджуваного процесу. Часто, досліджуючи складний фізичний процес із добре обґрунтованими граничними умовами, спрощують диференціальні рівняння через неможливість або зайву громіздкість їх рішення, що змінює його фізичну сутність. Таким чином, дуже часто реалізовувати аналітичні підходи вельми складно.

Поняття – це результат відображення у свідомості людини загальних властивостей (або ознак) якоїсь групи предметів або явищ, що істотні й необхідні для виділення розглянутої групи. Наприклад, поняття «електродвигун» отримано шляхом узагальнення істотних ознак численних електродвигунів (зокрема, здатності перетворювати електромагнітну енергію в механічну).

Кожне поняття має зміст і обсяг. Зміст поняття – це множина ознак, які відрізняють це поняття від іншого. Обсяг поняття – сукупність предметів, явищ, відбиваних у самому понятті.

Наприклад, в українській мові поняття «людина» визначається через такі ознаки: жива істота, яка володіє мисленням, мовою, здатна створювати та користуватися знаряддями праці, на відміну, наприклад, від німецької, де поняття «людина» має ознаки: логічне мислення, мова, здатність розрізняти добро та зло, приймати моральні рішення й бути вищою живою істотою.

Поняття є відображенням найбільш важливих і властивих предмету, явищу або процесу ознак. Вони можуть бути загальними, частковими, складеними, абстрактними, конкретними, абсолютними й відносними.

У процесі розвитку наукових знань зміст понять може уточнюватися, до нього можуть додаватися нові ознаки. Найбільш узагальнені й фундаментальні поняття називаються «категоріями». Це форми логічного мислення, у яких розкриваються внутрішні найбільш важливі сторони й відносини досліджуваного предмета.

При будь-якому узагальненні ознаки обираються доцільно. Ціль змінюється у часі, тому кожне поняття має історичний зміст. Наприклад, зміст поняття «атом» (від давньогрецького *atomos* – неподільний), введене Демокритом, досить істотно відрізняється від сучасного змісту цього поняття.

Аксіома – це положення, що сприймаються без доказів у зв'язку з їх очевидністю.

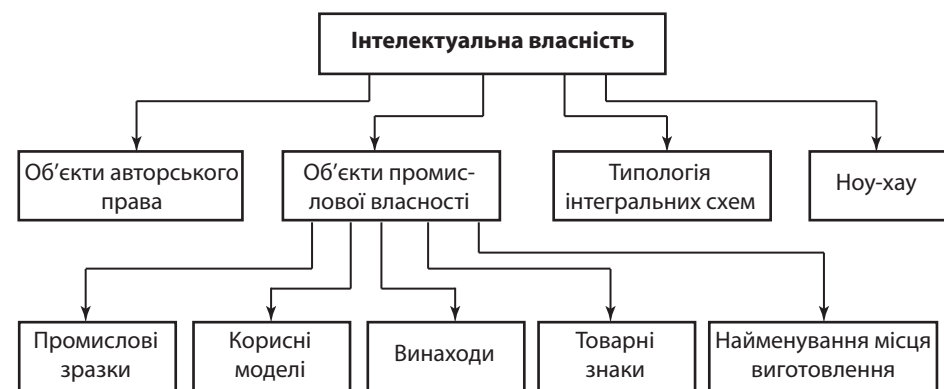


Рис. 15.2. Групи й види інтелектуальної власності

Об'єктами авторського права є художня й наукова література, музичні й хореографічні твори, кіно- й телефільми, твори живопису та скульптури, архітектури й ін. До цієї групи об'єктів авторського права належать також програми для ЕОМ, курсові й дипломні проекти студентів, творчі проекти й конкурсні роботи учнів.

Для захисту прав автора на кожному екземплярі його твору міститься знак охорони авторського права, що складається з трьох елементів: латинської букви «С» усередині кружка – ©, імені автора або найменування власника прав, року першого видання.

Комп'ютерні програми й типологія інтегральних мікросхем реєструються в Українській агенції з правової охорони програм для ЕОМ, баз даних й типологій інтегральних мікросхем, яке видає на них відповідні посвідчення.

Під «ноу-хау» (англ. *know how* – «знати, як зробити», «вміти») розуміють службову й комерційну таємницю. «Ноу-хау» – це сукупність різних знань наукового, технічного, виробничого, адміністративного, фінансового або іншого характеру, досвіду, практично застосовуваних у діяльності підприємства або професійної діяльності, але які ще не стали загальним надбанням. Об'єктами «ноу-хау» можуть бути економічні відомості; досвід ведення комерційних операцій; знання кон'юнктури ринку; управлінські структури, методи й схеми управління виробництвом; незахищені як об'єкти промислової власності технічні об'єкти, або незахищені об'єкти авторського права.

Промислова власність – це нематеріальні об'єкти технічної творчості. До складу цієї групи об'єктів включено:

Об'єкти творчої й винахідницької діяльності людини показано на *рис. 15.1*.

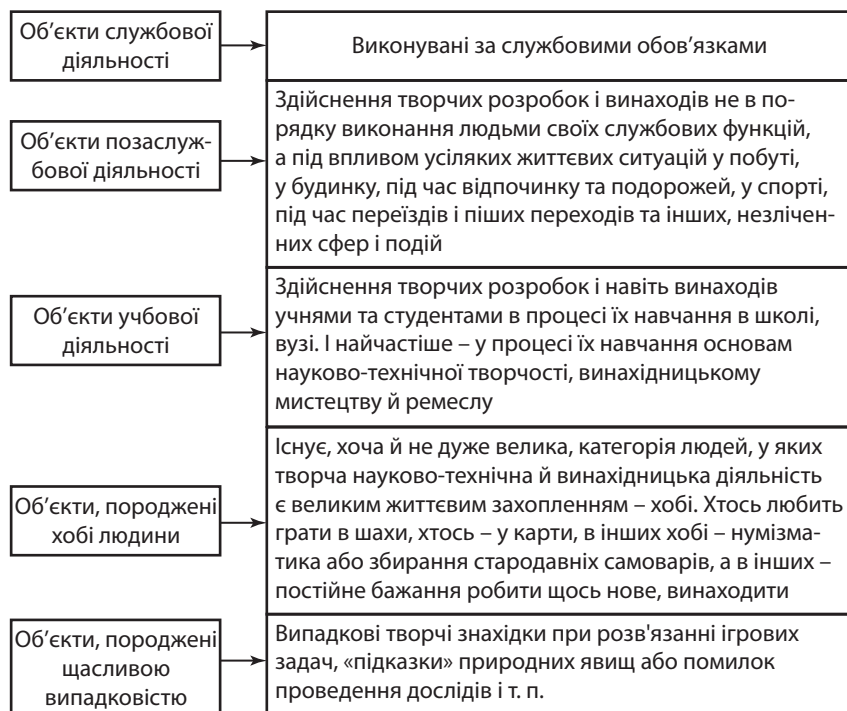


Рис. 15.1. Об'єкти творчої й винахідницької діяльності

Будь-який результат розумової творчої праці є інтелектуальною власністю. Інтелектуальна власність (*рис. 15.2*) підрозділяється на чотири групи:

- ♦ промислова власність, куди входять нематеріальні об'єкти технічної творчості, пов'язані з технікою й виробництвом, охоронювана на основі патентного права;
- ♦ здобутки науки й мистецтва, охоронювані на основі авторського права;
- ♦ типологія інтегральних мікросхем;
- ♦ «ноу-хау».

Оскільки книгу присвячено методології, способам і засобам створення промислової власності, у даному розділі будуть розглядатися тільки питання захисту об'єктів промислової власності. Проте, для читачів також цікавим буде ознайомлення з іншими групами інтелектуальної власності.

Контрольні питання й завдання

1. Що розуміють під теоретичним завданням дослідження?
2. Методи теоретичних досліджень і їх коротка характеристика.
3. Дайте визначення індукції й дедукції.
4. Які існують методи наукової індукції?
5. Дайте визначення ідеалізації.
6. Як ви розумієте гіпотезу досліджень?
7. Дайте визначення наукової ідеї, теорії й закону.
8. Наведіть структуру формування теорії.
9. Яка структура формування теорії?
10. Визначіть ознаки нової теорії.
11. Дайте визначення методу формалізації.

9. МЕТОД ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

9.1. *Спостереження й порівняння.*

9.2. *Вимір і експеримент.*

9.3. *Абстракція й узагальнення.*

Метод – це спосіб досягнення якої-небудь поставленої мети, теоретичного або практичного розв’язання тієї або іншої задачі. Метод – це якась сукупність прийомів або операцій теоретичного, практичного, експериментального вивчення й пізнання дійсності, спрямованих на вирішення конкретної задачі. Поняття «метод» дуже близьке до поняття «теорія». Фактичне розходження між ними носить лише функціональний характер: метод відбиває теоретичний результат уже виконаних раніше досліджень і виступає як вихідний пункт і умова проведення майбутніх досліджень.

Емпіричними методами досліджень у соціальній сфері є: інтерв’ю, анкетування, рейтинг, самооцінка й ін.

Методами емпіричного дослідження в теоретичних науках є: спостереження, порівняння, вимір і експеримент, статистика. Отримані цими методами дані є основою для подальшого теоретичного осмислювання пізнавальних процесів і створюють цілісну єдність наукового пізнання.

9.1. Спостереження й порівняння

Спостереження – метод пізнання, при якому систематично вивчається об’єкт без втручання в нього.

З метою підвищення ефективності спостереження мають відповідати таким вимогам:

- ♦ проводиться для конкретної, заздалегідь чітко поставленої задачі;
- ♦ проводиться за планом (планомірно), складеним відповідно до поставленої задачі;
- ♦ спостерігатися мають лише конкретні сторони явища, що становлять інтерес для досліджень;
- ♦ спостерігач активно шукає об’єкти, особливості явища;
- ♦ проводиться безупинно або за деякою системою.

15. ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ ТА ЇХ ПРАВОВА ОХОРОНА

15.1. *Об’єкти науково-технічної творчості.*

15.2. *Критерії оцінки рівня розв’язання науково-технічних задач.*

15.3. *Винахід. Право на одержання патенту й основні вимоги до оформлення заявки.*

15.4. *Корисна модель. Патентоспроможність, умови надання правової охорони й основні вимоги до оформлення заявки.*

15.5. *Знаки для товарів і послуг та їх правова охорона.*

15.1. Об’єкти науково-технічної творчості

Кожен різновид діяльності людини, у тому числі творча й винахідницька діяльність, зумовлено його прагненням задовольнити ті або інші матеріальні та духовні потреби. До їх числа, насамперед, належать потреби, пов’язані з поліпшенням якості життя людини: створення нових і більш якісних виробів, товарів і продуктів харчування, одягу й взуття, більш комфортних і безпечних умов праці, поліпшення екології навколишнього середовища і т. п. Сюди ж варто віднести потреби людини у збереженні або відновленні здоров’я, вдосконаленні освіти, розвитку мистецтв і ремесел, поліпшенні комунікаційних зв’язків між людьми (транспорт, зв’язок, радіо, телебачення) і т. п.

Велику роль у мотивації та ініціюванні творчої й винахідницької діяльності відіграють потреби людини у використанні своїх здібностей і таланту, аби робити щось корисне для інших людей і суспільства, тим самим відчуваючи повноцінність і зміст свого життя.

Іншими словами, об’єктами науково-технічної творчої й винахідницької діяльності людини можуть бути які-небудь технічні пристрої, від найпростіших до найскладніших, у будь-яких областях техніки, медицини, зв’язку, транспорту, сільського господарства, космосу, спорту, комунального й домашнього господарства та інших незліченних сфер прикладення людського розуму.

Види й форми наукового викладу матеріалів дослідження описано в розділі 17.

шення), то для умов визначеності задача ухвалення рішення формулюється в такий спосіб. Як визначити елементи рішення (x_m), які забезпечують за заданих умов (a_n) одержання екстремального (U_{min} мінімального або U_{max} максимального) значення цільової функції? За умов визначеності оптимальне значення цільової функції може бути отримано графічно або аналітично (диференціюванням функції, методами множників Лагранжа, програмуванням, моделюванням і іншими методами).

Контрольні питання й завдання

1. Охарактеризуйте поняття «проектування», «проект» і «конструкція».
2. Які цілі нормалізації й стандартизації в системі проектування?
3. Які основні методи використовуються в практиці проектування й конструювання?
4. Наведіть основні принципи конструювання.
5. Наведіть процедуру моделі проектування.
6. Наведіть основні етапи пошуку й вибору найкращого технічного рішення.
7. Побудуйте схему одержання інформації про технічний стан машин при доведенні надійності машин.
8. Побудуйте схему пошуку розв'язання задачі за допомогою показника фізичних ефектів і явищ.
9. Наведіть шість стадій творчого процесу (алгоритму) вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера.
10. Які з 40 відомих (за Г. С. Альтшуллером) прийомів усунення технічних протиріч ви знаєте?
11. Які загальні критерії оцінки технічних схем ви знаєте?
12. Наведіть фізичні ефекти й явища, які використовуються при вирішенні технічних задач.
13. Які бази даних з фізичних ефектів ви знаєте?
14. Наведіть процедуру пошуку оптимального варіанту прийняття технічного рішення.
15. На чому засновані комп'ютерні системи вирішення творчих задач, які ви знаєте?
16. Наведіть класифікацію методів прийняття інженерних рішень при оптимізації вимог технічної експлуатації машин.

Спостереження як метод пізнання дає можливість одержати першу інформацію у вигляді сукупності емпіричних вимог. Емпірична сукупність створює деяку схематизацію об'єктів реальності – вихідних об'єктів наукового дослідження.

Порівняння – це процес встановлення подібних або відзначних ознак предметів і явищ, а також наявності загального, властивого двом або декільком об'єктам.

Порівняння – це операція мислення, за допомогою якої класифікується, упорядковується й оцінюється зміст дійсності. У процесі порівняння виробляється попарне зіставлення об'єктів творчої діяльності з метою виявлення їх подібних і відмітних ознак, співвідношень їх властивостей і технічних характеристик. При використанні методу порівняння виконуються такі вимоги:

- ♦ порівняння має сенс тільки стосовно до сукупності однорідних предметів, що утворюють визначений клас, групу;
- ♦ порівняння повинне здійснюватися за найбільш важливими суттєвими ознаками й параметрами (у плані конкретного завдання).

Порівнянність предметів у заданому класі здійснюється за ознаками, істотними для даного розгляду; при цьому предмети, порівнювані за однією ознакою, можуть бути непорівнянні між собою за іншою ознакою.

У практиці творчої й винахідницької діяльності робиться порівняння нових розробок з відомими у світовій практиці аналогами й прототипом.

Аналог – це щось, що являє собою подібність, відповідність іншому предмету, явищу, поняттю, пристрою або способу.

Прототип – це єдиний з безлічі, але найбільш близький аналог; це такий аналог, що має найбільшу кількість ознак, загальних із розглянутим об'єктом.

За допомогою порівняння інформація про об'єкт виходить двома шляхами:

- ♦ безпосередній результат першого порівняння;
- ♦ результат обробки первинних даних.

9.2. Вимір і експеримент

Вимір – це визначення чисельного значення деякої величини за допомогою одиниці виміру. Це операція, за допомогою якої визначається відношення однієї вимірюваної величини до іншої однорідної їй величини-еталону, звичайно прийнятої за одиницю. Число, що виражає таке

відношення, називається числовим значенням вимірюваної величини. За сутністю будь-який вимір двох або більшої кількості величин зводиться до їх порівняння за обраною ознакою (масою, довжиною, потужністю, швидкістю і т. п.). Для точних наук характерний органічний зв'язок спостережень і експериментів із перебуванням числових значень характеристик досліджуваних об'єктів. Видатний вчений-хімік Дмитро Іванович Менделєєв з цього приводу говорив: «Наука починається з того часу, як починають вимірювати».

Будь-який вимір передбачає наявність таких основних елементів:

- ♦ об'єкта виміру, властивість або стан якого характеризує вимірювана величина;
- ♦ одиниця виміру;
- ♦ спосіб виміру;
- ♦ технічні засоби виміру, проградуйовані в обраних одиницях;
- ♦ спостерігач або пристрій, що реєструє, сприймає результат.

Розрізняють прямий і непрямий вимір. При прямому вимірі результат одержують безпосередньо під час операції виміру. Освоєні виміри базуються на використанні відомих залежностей між шуканим значенням величини й значеннями безпосередньо вимірюваних величин.

Це, наприклад, визначення діючих зусиль на конструкцію за величиною їх пружних деформацій, оскільки, відповідно до закону Гука, ця деформація (вигин, стиск) пропорційна прикладеній силі; визначення величин зазору в деталях, що сполучаються (підшипниках або зубчастій передачі) за величиною збільшення вібрацій, зміна якої пропорційна зміні зазору.

Вимір – більш могутній і універсальний пізнавальний спосіб у порівнянні зі спостереженням. Цінність цієї процедури полягає в тому, що вона дає точні кількісні відомості про об'єкт досліджень (див. підрозділ 12).

Експеримент – апробація знань досліджуваних процесів, явищ у контрольованих природних або штучно створених умовах. Експеримент – це найбільш загальний емпіричний метод пізнання, у якому роблять не тільки спостереження. Це такий метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно й цілеспрямовано впливає на об'єкт шляхом створення заданих умов, необхідних для виявлення необхідних властивостей. Експеримент – важливий елемент наукової практики, вважається основою теоретичних знань, критерієм їх дійсності.

Експеримент проводять при:

- ♦ необхідності відшукати у об'єкті раніше невідомі властивості;

Третя група факторів – заздалегідь невідомі умови ($z_1 \dots z_k$), вплив яких на ефективність системи невідомий або вивчений недостатньо. Наприклад, конкретні погодні умови «на завтра»; кількість вимог на ТР протягом наступної зміни, яка визначає простий автомобілів у ремонті, завантаження постів і персоналу; психофізіологічний стан водія, який впливає на безпеку руху й експлуатаційну надійність автомобіля, й ін.

При раціональному управлінні значення цільової функції поліпшується, а при оптимальному – стає найкращим (мінімальним або максимальним).

Перша й третя групи факторів іноді умовно поєднуються загальним поняттям «умови експлуатації», яке характеризує всі зовнішні для системи умови, які впливають на результат операції, заходу, програми.

Залежно від обсягу й характеру наявної інформації рішення підрозділяються на: прийняті за умов визначеності; за наявності ризику; в умовах невизначеності.

За умов визначеності стан природи – перша й третя групи – в цільовій функції відомі, тобто третя група факторів (14.1) відсутня або може прийматися постійною, перетворюючись у першу групу.

Коли діють усі три групи факторів, задача вибору рішення формулюється в такий спосіб: при заданих умовах з урахуванням дії невідомих факторів потрібно знайти елементи рішення, які за можливістю забезпечували б одержання екстремального значення цільової функції.

Якщо може бути визначено або оцінено ймовірність появи тих або інших експлуатаційних станів (умов) – факторів третьої групи) – рішення приймається за умов ризику.

Якщо ймовірність експлуатаційного стану (умов) невідома, то задача вирішується за умов невизначеності.

Залежно від апарата ухвалення рішення, в основному, використовуються методи, описані в розділі 2 і представлені на рис. 14.17.

За умов визначеності при ухваленні рішення можливі два підходи.

У стандартних ситуаціях цільова функція в кожному конкретному випадку не будується (передбачається, що її було побудовано при розробці відповідних правил і нормативів), а рішення приймається відповідно до розроблених правил за схемою ідентифікації ситуації з однією зі стандартних; вибір стандартних умов, які відповідають ситуації; ухвалення рішення на основі стандартних правил.

Якщо виробнича ситуація нестандартна, тобто їй немає аналогів у сукупності стандартних рішень (або вони невідомі особам, які приймають рі-

Залежно від способів прийняття рішень методи підрозділяються на стандартні й нестандартні (рис. 14.17).

Стандартні рішення застосовуються в часто повторюваних виробничих ситуаціях. Вони містяться в законах, стандартах, правилах, нормах і іншій діючій документації, досвіді інших фахівців і організацій. Наприклад, при гальмовому шляху, більшому за припустимий (правила дорожнього руху), автомобіль не допускається до експлуатації; після визначеного пробігу автомобіль направляється на відповідний вид ТО (Положення про ТО й ремонт) і ін.

В інженерно-технічній службі 80 – 85% усіх рішень (у інженера АТП – 80 – 83%, у головного інженера – 45 – 55%) припадає на подібні повторювані виробничі ситуації. Рішення при цьому приймаються за такою схемою: аналіз ринкової або виробничої ситуації → її ідентифікація з однією зі стандартних → ухвалення рішення за правилами або за аналогією зі стандартним.

Знання й використання стандартних правил і вимог нормативних документів дозволяє: скоротити час на ухвалення рішення; зменшити ймовірність прийняття помилкових рішень; вивільнити час для прийняття нестандартних, нових або складних інженерних і виробничих рішень, які вимагають збирання інформації, її аналізу, розрахунків, об'єднаних поняттям «дослідження операцій».

Операція – це конкретна дія (захід, програма), спрямована на досягнення системою поставлених цілей. Кожна операція оцінюється ефективністю – внеском у досягнення мети при її виконанні.

У загальному випадку показник ефективності або цільова функція може залежати від трьох груп факторів (або підсистем) [21]:

I II III

$$ЦП = U = U(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, x_1, x_2, x_3, \dots, x_m, z_1, z_2, z_3, \dots, z_k). \quad (14.1)$$

Перша група факторів ($a_1 \dots a_n$) характеризує умови виконання операції, які задані й не можуть бути змінені в ході її виконання. Для конкретного АТП це: кліматичні умови району розташування підприємства, які впливають на надійність парку; дорожні умови обслуговуваного регіону, які впливають на надійність і продуктивність автомобілів і ін.

Друга група факторів ($x_1 \dots x_m$), яка іноді називається «елементами рішення», може мінятися при управлінні, впливаючи на цільову функцію. Ці керовані фактори обираються з дерева систем ТЕА (рис. 13.26). Приклади другої групи факторів: якість ТО й ТР, кваліфікація персоналу, рівні механізації й ін.

- ♦ перевірки правильності теоретичної будови;
- ♦ демонстрації явища.

Переваги експериментального вивчення об'єкта в порівнянні зі спостереженнями такі:

- ♦ у процесі експерименту можна визначати явища, звільнившись від побічних факторів, що затіють основний процес;
- ♦ в експериментальних умовах можна досліджувати майже всі властивості об'єкта;
- ♦ повторюваність експерименту стільки разів, скільки це необхідно.

У науковому дослідженні експеримент і теорія найбільш взаємозалежні. Будь-яке ігнорування експерименту призводить до помилок. Розширення експериментальних досліджень є одним з основних шляхів розвитку сучасної науки.

Методологія експерименту визначається його загальною структурою, постановкою й послідовністю проведення визначених дій:

- ♦ розробка плану – програми експерименту;
- ♦ вибір засобів для проведення експерименту;
- ♦ проведення експерименту;
- ♦ обробка й аналіз експериментальних даних; висновки.

Розділяють лабораторні й виробничі експериментальні дослідження.

У науковому дослідженні експеримент і теорія найтісніше взаємопов'язані. Будь-яке ігнорування експерименту неодмінно призводить до помилок, тому всебічне розгортання експериментальних досліджень являє собою один з найважливіших шляхів розвитку сучасної науки. Більш докладно експериментальні дослідження викладено в підрозділі 12.

9.3. Абстракція й узагальнення

Метод абстракції використовується на емпіричному й теоретичному рівні досліджень (див. рис. 7.4).

Абстракція – це метод наукового дослідження, заснований на тому, що при вивченні або аналізі деякого об'єкта дослідник подумки виділяє найбільш істотні властивості й ознаки цього об'єкта, які його цікавлять, відсторонюючись у той же час від низки його менш значущих у даній ситуації ознак і зв'язків. Він припускає, що явища і їх властивості, які протікають в об'єкті, нібито не залежать одне від одного. Такий підхід дозволяє спростити картину досліджуваних явищ, відокремити найбільш істотні й загальні ознаки від інших, менш істотних і часток.

Процес абстрагування має два ступеня. Перший: виділення найголовнішого у явищах і встановлення факту незалежності або незначної залежності досліджуваних явищ від деяких фактів, які можна не враховувати. Наприклад, якщо об'єкт *A* не залежить безпосередньо від фактора *B*, то можна лишити його осторонь як несуттєвий. Другий ступінь: реалізація можливостей абстрагування. Сутність абстрагування полягає в тому, що один об'єкт замінюється іншим, більш простим, котрий виступає як «модель» першого.

Абстрагування може застосовуватися до реальних і абстрактних об'єктів, тобто таких, що пройшли абстрагування раніше. Багатоступінчасте абстрагування приводить до абстракцій усе більш зростаючого ступеня обґрунтування. Абстрагування дає можливість замінити в пізнанні складне простим, але таким простим, котре відображає основне в цьому складному.

«Абстрагуватися» означає не що інше, як уявне відокремлення від ряду властивостей предметів і відносин між ними з метою виділення їх істотних ознак. Абстракції, у залежності від цілей їх використання, можуть бути таких типів: ізолюючі, ототожнення, узагальнюючі і такі, що ідеалізують, конструктивізації, актуальної нескінченності, потенційного здійснення [5, 18].

Ізолююча абстракція використовується з метою вичленовування досліджуваного явища з деякої цілісності об'єкта з метою виявлення й фіксації його якісних і кількісних закономірностей. Це виділення властивостей і відносин, нерозривно пов'язаних із предметом, і позначення їх деякими «іменами», що додає абстракціям статус самостійних предметів (наприклад, «надійність», «технологічність»). Різниця між цими двома абстракціями полягає в тому, що в першому випадку ізолюється комплекс властивостей об'єкта, а в іншому – єдина його властивість.

Ототожнення – утворення поняття через об'єднання предметів, пов'язаних відношеннями типа рівності, в особливий клас, залишаючи при тому осторонь деякі індивідуальні якості предметів.

Ідеалізація – це представлення реальних предметів або явищ спрощеними схемами з метою більш ефективного використання методів і засобів їх дослідження. Процес ідеалізації зводиться до уявного конструювання понять про неіснуючий або про практично нездійснений об'єкт, але які мають прообрази у реальному світі. Наприклад, у геометрії використовується поняття «точка», під якою мається на увазі просторовий об'єкт, що не має розмірності. Очевидно, що таке уявлення точки є «найчистішою» ідеалізацією, оскільки в реальному світі не існує просторових об'єктів, які не

область (уже давно освоєна математикою) оптимізаційних розрахунків і аналізу. Але поки ще повільно йде програмування сучасних високоефективних методичних засобів пошуку ідей. У результаті отримані в більшості випадків творчі рішення мають невисокий рівень, що найчастіше не задовольняє існуючі потреби.

Отут на допомогу можуть прийти інформаційні технології творчості (третього покоління), засновані на ідеології сучасних креативних технологій.

14.10. Методи прийняття інженерних рішень при оптимізації умов технічної експлуатації машин

Методи прийняття інженерних рішень можна розділити на три групи залежно від: способу ухвалення рішення, наявного обсягу й характеру інформації, апарата ухвалення рішення, *рис. 14.17*. Розглянемо представлені на *рис. 14.17* три групи елементів, використовувані у виробленні рішення на прикладі управління підприємством технічного обслуговування автомобілів [21].



Рис. 14.17. Класифікація методів прийняття рішень

потокової функціональної структури. У першій схемі наочно показано взаємозв'язок між елементами об'єкта й виконуваними ними функціями, у другій – напрямки потоків (руху) речовини, енергії і/або інформаційних сигналів. На основі аналізу схем людиною будується підсумкова схема фізичного принципу дії об'єкта, яка містить набір інформації, необхідної для подальшого творчого конструювання.

Функціонально-фізичний аналіз лежить в основі параметрично-структурного методу творчості, який базується на енергоінформаційних моделях.

Автоматизація пошукового конструювання привела до розробки комплексної системи «Автоматизований банк даних фізико-технічних ефектів» (АБД «Інженер»). Інформаційне забезпечення АБД включає як міжгалузеву частину, до якої входить переважно інваріантна креативна інформація, так і частини, призначені для конкретних галузей промисловості або видів техніки. Програмне забезпечення передбачає наявність пакетів прикладних програм підтримки пошуку нових фізичних принципів дії та технічних рішень, програм математичного моделювання, аналізу й оптимізації технічних рішень [27].

АБД орієнтовано на творчий пошук нових технічних рішень і створення САПР із формуванням у них підсистем пошукового конструювання.

Автоматизований пошук технічних рішень може здійснюватися при різних співвідношеннях роботи людини й комп'ютера. При великому обсязі роботи комп'ютера вже говорять про проектування й навіть конструювання з комп'ютерною підтримкою. Збільшення частки комп'ютеризації в пошуку принципової ідеї рішення при існуючому рівні креативних знань має свої межі. Їх розширення пов'язане з роботами зі створення штучного інтелекту.

Для прикладних цілей застосовують представлені вище технології комп'ютерної підтримки. Слід зазначити, що інформація, яка закладається в ці системи, істотно сконцентрована до рівня КТЗ, тобто організована й оптимально пристосована для успішного творчого пошуку, що значно підвищує його швидкість і ефективність. Однією з форм такої концентрації є запис інформації й рекомендацій, що впливають із неї, у викладі видних учених, винахідників і фахівців. Така інформація виявляється дуже продуктивною для творчого пошуку. Подібні інформаційні теми одержали назву експертних систем,

Оцінка розвитку різних систем комп'ютерної підтримки творчого пошуку показує, що відбувається відносно швидко комп'ютеризація допоміжного інформаційного забезпечення й досить активно розвивається

можна було б обміряти. Адже навіть діаметр ядра атома має розмірність, і він, до речі, чисельно дорівнює одному ангстрему, тобто 10^{-10} м.

Аналогічний характер ідеалізації мають поняття «пряма», «інерція», «абсолютно чорне тіло», «ланка, яка диференціює» та ін.

Ознака наукової ідеалізації, що відрізняє її від безплідної фантазії, полягає в тому, що створені ідеалізацією об'єкти у визначених умовах знаходяться тлумачення в термінах неідеалізованих (реальних) об'єктів. Саме практика, включаючи практику наукового спостереження й експерименту, підтверджує правомірність процесів, які породжує ідеалізований об'єкт, і служить критерієм плодотворності ідеалізації у процесі пізнання. Сучасний дослідник часто спочатку ставить задачу спрощення досліджуваного явища й побудови його абстрактної ідеалізованої моделі. Ідеалізація виступає тут як вихідний пункт у побудові теорії. Зокрема, створення лінійної теорії автоматичного керування базується, насамперед, на такому ідеалізованому понятті, як «лінійна детермінуюча ланка». Критерієм плодотворності даної ідеалізації є задовільний у багатьох випадках збіг теоретичних і емпіричних результатів дослідження [19].

Конструктивізація – відхилення від незвичайності між реальними об'єктами (безперервний рух зупиняється і т. ін.).

Актуальна нескінченність – відхилення від незавершеності (і неможливості завершення) процесу створення нескінченної безлічі, від неможливості задати його конкретним переліком усіх елементів. Така безліч розглядається як явне.

Потенційне здійснення – відхилення від реального між людськими можливостями, зумовленими обмеженістю життя у часі і просторі. Нескінченність розглядається як потенційно здійснювана.

Сучасний дослідник із самого початку ставить задачу спрощення досліджуваного явища й побудови його абстрактної, ідеалізованої моделі. Ідеалізація при цьому слугує вихідним пунктом у побудові теорії. Критерієм же правомірності будь-якої ідеалізації, прийнятих при цьому допущенні й спрощенні слугує експеримент і практичний досвід, ступінь подібності теоретичних і емпіричних результатів. Часто в побутовому середовищі можна почути такі приповідки: «поживемо-побачимо», «ідеальний друг». Вони є концентрованим вираженням людиною своєї думки й ідеалізації. Але висловлена ідея до її повного визнання ще підлягає перевірці життєвим досвідом.

Узагальнююча абстракція використовується з метою одержання загальної картини досліджуваного явища, створення поняття через

об'єднання предметів, пов'язаних відношенням типу однаковості в особливий клас. На основі однаковості деякої безлічі предметів, подібних за своїми ознаками, виробляється побудова абстрактного предмета. Наприклад, таке абстрактне поняття, як «підсилювач», узагальнює в одну функціональну групу безліч підсилювальних пристроїв, апаратів і механізмів, різних за своєю фізичною природою, енергоносіями (магнітними, гідравлічними, пневматичними), галузями техніки й іншими ознаками. У той же час усі вони характеризуються тими самими властивостями: коефіцієнтом підсилення, смугою частот, що пропускаються, інерційністю, запізнюванням і т. п., що є першочерговими і найбільш значущими при синтезі й конструюванні нових технічних об'єктів.

Узагальнення – логічний процес переходу від одиночного до загального, або від менш до більш загального знання. Це продукт розумової діяльності, форма відображення загальних ознак і якостей об'єктивних явищ.

Узагальнення – це перехід на більш високу ступінь абстракції шляхом виявлення загальних ознак (властивостей, відносин, тенденцій розвитку і т. п.) предметів розглянутої галузі. Це один із найважливіших засобів наукового пізнання, що дозволяє витягати з безлічі хаотичних явищ загальні принципи й закономірності, ототожнювати й уніфікувати в єдиній формулі безліч предметів і подій. У результаті узагальнень в одних випадках з'являються нові поняття, закони й теорії, а в інших – даються їх нові версії, варіанти, модифікації.

За семантико-гносеологічним (значеннєвим, пізнавальним) змістом узагальнення поділяються на два типи.

1. Узагальнення, які породжують нові поняття, закони, принципи й теорії, які не визначаються вихідним семантичним полем. Усі так звані «теоретичні узагальнення», або «узагальнення через абстракцію», яким у пізнанні відповідає перехід до абстракції більш високого рівня, відносяться до даного типу узагальнень. Зокрема, це узагальнення, зроблені на основі ідеалізованого уявного експерименту, що породжує умоглядні принципи, подібні до принципів інерційності й відносності. Це й узагальнення через ототожнення за властивостями, що дозволяє виявити загальну сутність по-різному сприйманих явищ, наприклад, те, що магнетизм, електрика й світло – лише різні прояви електромагнітного поля.

2. Узагальнення, які не породжують нових понять, а дають лише нові варіанти старих. Це може бути екстраполяція – поширення принципів, відомих в одній області знань, на іншу. До таких узагальнень належать, наприклад, неповна індукція – поширення на всі речовини відомого з об-

Механізація й автоматизація стереотипної задачі розумової праці. Комп'ютеризація багатьох елементів інженерної й розумової праці реалізується й сьогодні за допомогою різних систем автоматизації проектування – САПР (виконання розрахунків підготовки креслень та іншої проектно-конструкторської документації), наукових досліджень (АСНД) і управління (АСК).

Розвиток інформаційно-пошукових систем (ІПС) – див. розділ 11. Розробка методів комп'ютерної підтримки пошукового конструювання почалося ще в 60-ті роки минулого століття під керівництвом А. Н. Половинкина [7].

Сутність одного з методів автоматизованого пошуку технічних рішень полягає в тому, що в пам'ять ЕОМ заздалегідь закладено інформацію про відомі технічні рішення й прототипи у визначеній області техніки. Таку інформацію може бути зафіксовано у вигляді своєрідної багаторівневої морфологічної таблиці. Комп'ютерний пристрій, володіючи великою швидкістю, робить перебір можливих сполучень, закладених у таблицю конструктивних елементів і ознак, і в підсумку пропонує безліч комбінацій. Зрозуміло, що обрати прийнятні, найбільш ефективні рішення можна лише шляхом послідовного скидання безглузвих, непридатних для використання сполучень. Для цього застосовують різноманітні прийоми, головний зміст яких – уведення в комп'ютер списку обов'язкових вимог до технічних рішень, які визначають потрібні характеристики розроблювальної нової техніки. На основі такого вибору можна одержати кілька варіантів найбільш прийнятних технічних рішень. Остаточний вибір і перетворення обраного технічного рішення до рівня практичної придатності робить фахівець, що творчо вирішує такі задачі.

Істотний недолік методу в тому, що фізична основа шуканих рішень тут задається заздалегідь, використовуються відомі принципи дії. Хоча зрозуміло, що тільки по-новому побачені людиною фізичні ефекти й невідомі раніше їх сполучення можуть вивести його пошук на принципово нові, високоефективні рішення [29].

Перше застосування методу – комп'ютерний синтез нових фізичних принципів дії, тобто перебування нових ідей рішення. Цей синтез здійснюють або морфологічним методом, або підбором потрібного нового ефекту для заданої (відомої) фізичної операції.

Особливістю іншого методу – функціонально-фізичного аналізу – є те, що за допомогою комп'ютера формуються дві графічні схеми: конструктивно-функціональної структури технічного об'єкта та його так званої

ційне моделювання. Ці об'єкти, звичайно сприймані як частини автоматизованих систем або як спеціальні, що використовують ЕОМ, методи дослідження, є важливими поняттями системного аналізу на сучасному етапі.

Основне завдання проектування зводиться до дослідження необхідності створення нової системи та її соціального значення. Проблему необхідності пов'язано з потребами й процесом їх задоволення.

Потреби можуть бути актуальними й потенційними. До актуальних належать ті, які починають задовольнятися з моменту їх виявлення. До потенційних потреб належать такі, які починають вимальовуватись у світі перспектив розвитку.

Організацію ухвалення рішення подано на *рис. 14.16*.

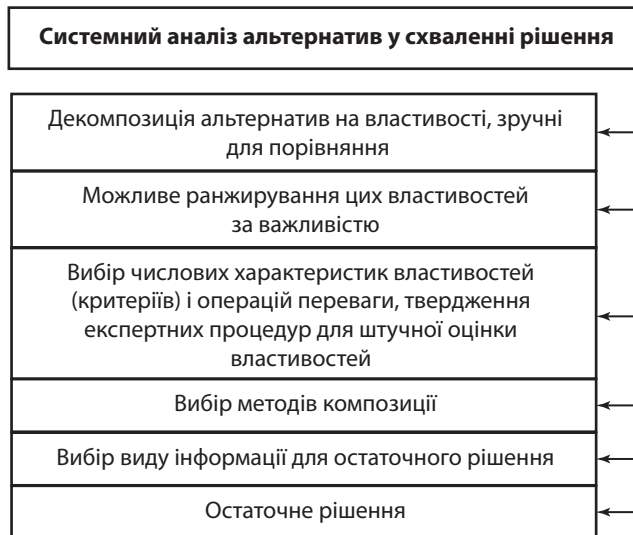


Рис. 14.16. Організація ухвалення рішення

14.9. Розвиток інформаційних технологій комп'ютерної підтримки творчості

В основі розвитку інформатизації творчості лежить комп'ютерна техніка. Розвиток автоматизації конструкторського й технологічного проектування йде шляхом створення: механізації й автоматизації розумової праці; розвитку інформаційно-пошукових систем (ІПС); розвитку інформаційних технологій комп'ютерної підтримки творчості [29, 30].

меженої кількості досвідів властивості речовин знаходиться в декількох агрегатних станах.

Контрольні питання й завдання

1. Дайте визначення емпіричного завдання й методів досліджень.
2. Охарактеризуйте методи спостереження й порівняння.
3. Якими вимогами можна підвищити ефективність спостережень?
4. Охарактеризуйте експериментальний метод пізнання.
5. У яких випадках проводиться експеримент?
6. Які переваги експериментального вивчення в порівнянні зі спостереженнями?
7. Яка послідовність проведення експерименту?
8. Охарактеризуйте методи абстракції й узагальнення.
9. Охарактеризуйте поняття потенційного здійснення й узагальнення.

10. ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ ПОШУКУ ІДЕЇ Й ВИРІШЕННЯ НАУКОВИХ І ТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ

10.1. Логіка й інтуїція. Логічні операції й закони математичної логіки.

10.2. Методи проб і помилок та асоціативні методи.

10.3. Метод «мозкового штурму» і метод Дельфі.

10.4. Метод контрольних питань.

10.5. Метод «букета проблем» та інверсій.

10.6. Метод синектики й емпатій.

10.1. Логіка й інтуїція. Логічні операції й закони математичної логіки

З тих пір як людина стала усвідомлено вдосконалювати існуючі і винаходити нові, невідомі йому технічні об'єкти, вона одночасно почала створювати й удосконалювати методи знаходження найбільш раціональних і ефективних технічних, технологічних і підприємницьких рішень. Підвищення продуктивності мислення в галузі технічної творчості стає однією з головних проблем сучасної науки, основним напрямком і джерелом підвищення результативності і якості підприємницької й винахідницької діяльності.

Усі існуючі методи, способи й прийоми творчої діяльності людини за природою розумових операцій умовно підрозділяються на три види: інтуїтивні, евристичні, алгоритмічні (комп'ютерні).

Інтуїція – спроможність безпосереднього розуміння істини. Результати інтуїтивного пізнання з часом логічно доводяться й перевіряються практикою.

Інтуїція – безпосереднє збагнення істини (без усякого логічного обґрунтування в умовах неповноти вихідної інформації про об'єкт), засноване на проникливості, інтелектуальному чутті й освіченості людини. Саме в силу цієї властивості інтелекту деяким людям у процесі розробки нового технічного об'єкта або підприємницького проекту вдається знайти найбільш раціональне і краще з кращих рішень за рахунок власної інтуїції. Але, як правило, інтуїтивний метод приносить гарні результати лише невеликій кількості щасливчиків: досвідченим професіоналам або особливо обдарованим людям у формі схованого від самого суб'єкта наявного в нього знання.

способів відкидання тих із них, що вочевидь поступаються іншим. В усіх задачах вибору необхідно у вихідній безлічі знайти найкращий у заданих умовах, тобто оптимальний варіант за критерієм «ефективність – вартість» або «вартість – ефективність». Підвищення надійності й екологічності об'єктів при відповідних обмеженнях. Оптимізація системи за названим критерієм є головною задачею системного аналізу. Перебування оптимальних варіантів особливо важливе для оцінки стану сучасної техніки, технологій і систем діагностування й визначення перспектив їх подальшого розвитку. Поняття оптимальності одержало строге й точне представлення в математичних теоріях, міцно увійшло в практику проектування й експлуатації технічних систем. Багато задач проектування технічних систем може бути досить добре формалізовано, тобто зведено до математичних моделей, що дозволяють ставити й вирішувати оптимізаційні задачі. Однак чим складніша система, тим обережніше і скептичніше варто ставитися до її оптимізації, навіть після успішного подолання складнощів формалізації системотехнічних проблем. Системний аналіз припускає, що аж ніяк не всі задачі варто формалізувати. У визначених ситуаціях рішення, прийняті людиною та ті, що не формалізуються, – більш прийнятні.

У даний час в оцінці можливих альтернатив плідно використовується ЕОМ, тобто застосовуються проблемно орієнтовані людино-машинні системи. Такі системи розрізняються за типами задач вибору. У даний час існує кілька самостійних напрямків розвитку людино-машинних систем (див. розділ 11).

1. Програми й пакети програм для розв'язання конкретних, добре визначених задач вибору, Прикладом може служити математичне забезпечення ЕОМ для статистичної обробки даних (тобто вибору в умовах стохастичної невизначеності). До цього ж напрямку належать системи програмного забезпечення оптимізаційних задач, сучасні бази даних і ін.
2. Створення баз знань і експертних систем. Експертна система визначається як втілення в ЕОМ компоненти досвіду експерта, заснованої на знанні в такій формі, що машина може дати інтелектуальну пораду або прийняти інтелектуальне рішення щодо виконуваної функції.
3. Участь особи, що приймає рішення, у спробах формалізувати задачу вибору у порівнянні й оцінюванні за допомогою ЕОМ різних альтернатив різними способами.

Особливе місце при аналізі й ухваленні рішення займають такі порівняно нові об'єкти, як інформаційна база (банки даних), діалогові системи, іміта-

Якщо цілі частково нейтральні, частково кооперовані, а частково конкурують між собою, то задача формулюється таким чином, що потрібно брати до уваги тільки конкуруючі цілі. Розгляд нейтральних або кооперуючих цілей не представляє особливих труднощів, бо проблеми, орієнтовані на безліч цілей, насамперед має бути розглянуто в частині конкуруючих цілей, оскільки всі вони разом не можуть бути виражені одним параметром. Найчастіше це виглядає так, що кожного разу послідовно вважають змінною одну з цілей і оптимізують її, а інші цілі розглядаються як обмеження. Це досить раціональний метод, у процесі якого одна задача зводиться до іншої, орієнтованої на єдину ціль. У загальному випадку сильні обмеження звужують простір оптимізації в більшому або меншому ступені доволіно. Це нерідко може привести до такої ситуації, коли оптимум досягнутий не буде й оптимальний варіант рішення знайти не вдається.

Якщо окремі цілі вдається розташувати у графі визначеного ієрархічного порядку й завдяки різній вазі цілей цей порядок яскраво виражено, то можна обрати лексикографічний метод рішення. На першому етапі визначають безліч варіантів рішення, які задовольняють цілі найвищого рангу. За певних умов тут може бути попередньо задано область рівноцінних стосовно до бажаної цілі рішень. Сформована в такий спосіб безліч рішень на другому етапі обмежується далі, так само, як на першому, але вже стосовно до наступної за важливістю цілі у низці пріоритетів, і цей процес продовжується, поки не залишається один варіант рішення. Якщо не вдається дійти єдиного рішення, то з декількох, що залишилися, приходить робити суб'єктивний вибір. Оскільки це стає необхідним тільки відносно цілей нижчого рангу, небажаний вплив такого суб'єктивного втручання є, звичайно, досить обмеженим. Описаний метод простий і його широко практикують при розв'язанні технічних задач [14, 34]. Оптимальність тут не гарантується. Хоча, звичайно, не можна категорично вказати або однозначно назвати одну домінуючу мету з безлічі даних, вибудовування цілей за ранжиром, власне кажучи, заздалегідь припускає наявність деякої метацилі.

Описуваний нижче шлях виходить із наявності такої домінуючої цілі; при цьому розходження в розмірності обходять шляхом нормування. Як метацилі розглядаються максимізація, мінімізація або оптимізація в напрямку досягнення нормованих часткових цілей оцінної функції розглянутої задачі.

Метою застосування системного аналізу до конкретної проблеми є підвищення ступеня обґрунтованості прийнятого рішення, розширення безлічі варіантів, серед яких здійснюється вибір, з одночасною вказівкою

З погляду психології, евристика – наука, що вивчає творче мислення. Філософія вважає евристичними ті судження, що сприяють новим відкриттям. Евристичні операції є різновидом мислення, що створюють нову систему дій або відкривають невідомі раніше закономірні явища об'єктів науки.

Під евристичними методами розуміють такий спосіб розв'язання задачі, що або обмежує вибір варіантів рішення, або звужує їх до мінімальної кількості, що приводить до розв'язання складної, нестандартної задачі. Евристичні методи, як готові схеми (отриманого досвіду з метою), є об'єктом евристичної логіки і можуть бути представлені у вигляді окремої логічної схеми математичної логіки, коли за відомими правилами, за аналогією можна вирішувати будь-яке завдання.

Основним елементом евристичного наукового пізнання є логіка наукового дослідження, під якою розуміють визначений шлях у науковому пошуку. Наукове дослідження вимагає логічної послідовності визначених етапів, основу яких складає раціональне мислення, як відображення закономірностей реальної дійсності, що відповідає таким вимогам: конкретність, послідовність, обґрунтованість.

Логіка – наука про закони, прийоми правильної побудови думки, спрямованої на пізнання об'єктивної дійсності. Основними задачами логіки є: досягнення істинності знань; побудова структури уявного процесу; використання правильних методів пізнання й ін.

Логіка – це сукупність цілої низки наук про закони й форми мислення, які відрізняються лише тим, які саме закони мислення складають їх предмет (математична, комбінаторна, діалектична логіка й ін.). До форм мислення й законів логіки належать такі категорії, як «поняття», «судження», «умовивід», «міркування», «постулат», «аксіома», «принцип», «категорія» (див. рис. 8.2). При цьому використовуються: математична, комбінаторна, діалектична логіка й ін. Правильне застосування законів математичної логіки є необхідною, але не завжди достатньою умовою досягнення істини. Діалектична логіка містить у собі загальні методи руху мислення до нових результатів, логічні принципи переходу від відомих до нових знань. Вивчення й використання окремих методів, прийомів і понять цієї величезної науки, до того ж досить важливої для творчої особистості, передбачено багатьма шкільними, а слідом за ними вузівськими навчальними дисциплінами.

Перед інженерами стоїть задача побудови й аналізу реальних об'єктів, але замість вирішення її безпосередньо вони спочатку абстрагуються від усіх деталей реальності, що несуттєві для розв'язання поставленої пробле-

ми, обирають модель, яка відбиває істотні деталі реальності, користуються розробленими теоретиками методами перетворення й аналізу моделей, після чого вирішують вихідну задачу за допомогою інтерпретації й застосування цих теоретичних результатів у реальному об'єкті. Для інженерів проблема перевірки й забезпечення адекватності використовуваних моделей є визначальною. Важливою є також проблема вибору серед безлічі формальних такої моделі, у рамках якої вихідна проблема має рішення. Найчастіше рамки моделі накладають істотні обмеження на застосовність результатів цього підходу в реальному об'єкті. На рис. 10.1 представлено галузь головних інтересів інженерів – проблеми зв'язку світу реального і світу ідей, тобто питання адекватного використання існуючих моделей для розв'язання конкретних задач практики.

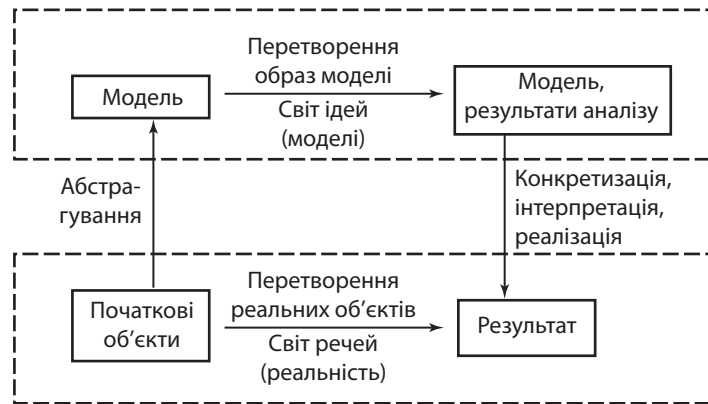


Рис. 10.1. Співвідношення моделей і реальних явищ

Отже, у сучасній науці склався розумний поділ праці: теоретики звичайно не займаються питаннями використання своїх теоретичних конструкцій, а інженери звичайно не будують нові формальні моделі.

Логіка вивчає форми мислення й способи їх вираження в мові. Формальна математична логіка вирішує проблеми перевірки правильності міркувань у природній мові (реальний світ), будуючи свої моделі і правила їх перетворення. Для цього логіка вводить свої мови – систему формальних позначень (формули) і правила їх перетворення. Тому логіку можна розглядати як безліч правил маніпулювання формулами, що описують твердження природної мови.

Існує ціла наука – алгебра логіки – предметом якої є логічні операції над судженнями. Розглянемо п'ять найбільш розповсюджених логічних операцій над судженнями [1].

ють низку більш детально дискретизованих альтернатив і з більшою точністю наближаються до оптимуму.

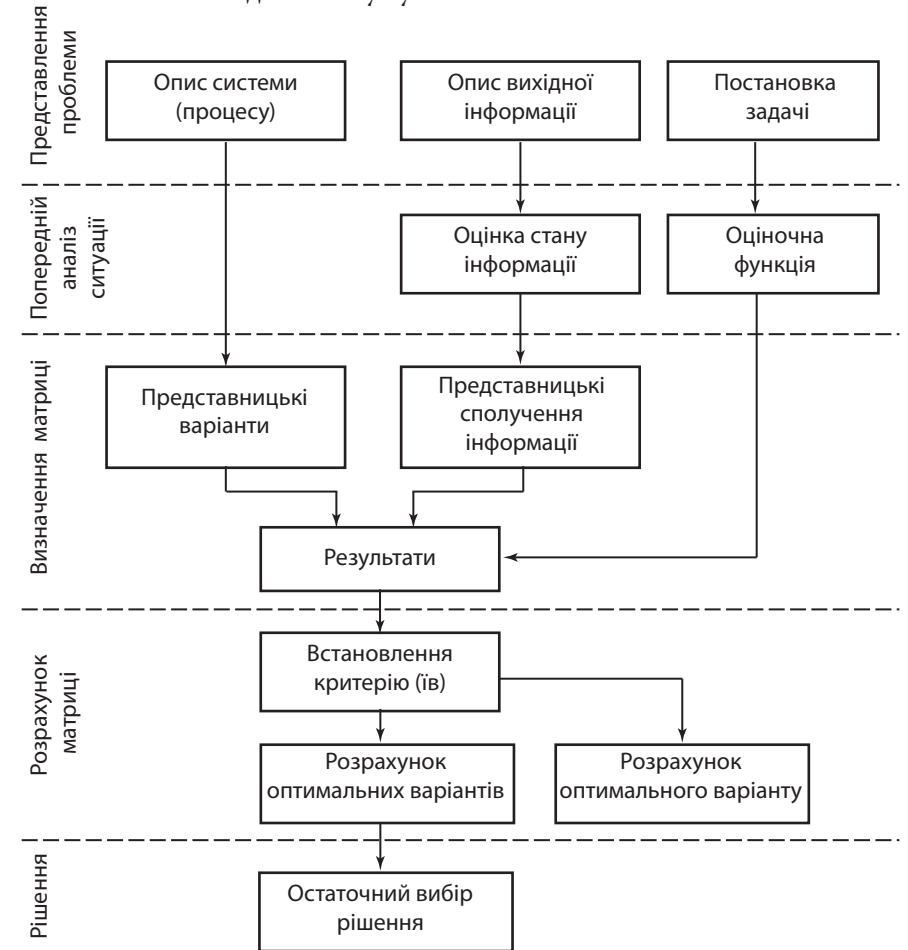


Рис. 14.15. Процес вибору рішення відповідно до класичних критеріїв

Багатовимірні цілі можуть знаходитися одна з одною в таких відносинах [34]:

- 1) взаємно нейтральні. Система або процес можуть стосовно до окремих цілей характеризуватися й розглядатися незалежно;
- 2) кооперуються. Тут, як правило, систему або процес вдається розглядати стосовно до однієї цілі, а інші досягаються одночасно;
- 3) конкурують. У цьому випадку однієї з цілей можна досягти лише за рахунок іншої.

ним. Вплив прийнятих розподілів імовірностей і критеріїв вибору розглядається в роботі [34].

Необхідно шукати раціональні способи досягнення поставленої мети. Вона може бути відомою з самого початку або може характеризуватися великою кількістю варіантів і для її оцінки необхідна відповідна постановка задачі. Часто немає необхідності докладно описувати саму задачу, тому що її структура досить ясна й спосіб рішення певним чином впливає з життєвого досвіду. Такі рутинні рішення звичайно протікають за схемою: ініціатива (замовлення) – ознайомлення з задачею – порівняння з аналогічними або схожими рішеннями – визначення раціональних варіантів. Для складних або нових задач (див. рис. 13.12) з однозначними параметрами необхідна точна й докладна постановка задачі. У цьому випадку необхідно мати значний обсяг інформації, яка стосується також цілі задач 4 – 11 рис. 13.12. Необхідно скласти представницьку безліч раціональних варіантів розв'язання й потім обрати оптимальний варіант із великим або меншим обсягом обробки даних. Цей обсяг, коли ми маємо справу з неоднозначними параметрами, принаймні не менший, а звичайно набагато більший, ніж при однозначних параметрах. Інші особливості виявляються при наявності додаткової інформації. Те ж саме стосується і стадії ініціативи, перевірки результатів і оформлення рішення. Процес прийняття нових рішень при багатозначних параметрах може бути різним залежно від того, чи застосовують класичні, похідні чи гнучкі критерії. Відповідні процеси представлено на рис. 14.15 [34]. У той час як при використанні класичних критеріїв увага приймаючого рішення має концентруватися на заключному етапі вибору, застосування гнучкого критерію характеризується більш важливою роллю аналізу інформації в ухваленні рішення. Сам акт вибору, тобто вибір оптимального варіанта рішення із сукупності домінуючих, в останньому випадку може бути передано пристрою обробки даних. Для застосування похідних критеріїв необхідно задати деякі додаткові умови. Деякі критерії самі визначають ці додаткові параметри, а такі параметри, як границі ризику, довірчі фактори або вагові характеристики має бути задано. При попередньому аналізі потрібно у всякому разі знайти достатнє обґрунтування, чому вибір рішення визначається саме цим критерієм. В іншому процес пошуку оптимального рішення ідентичний пошуку при використанні класичних критеріїв [34]. Якщо яка-небудь природна дискретизація відсутня, вона обирається приймаючим рішення. Для цього не можна вказати який-небудь загальний підхід. Надійним є ітераційний метод. Спочатку проводять грубу дискретизацію й розраховують рішення в першому наближенні. Потім поряд цього наближеного рішення форму-

1. Заперечення (логічна операція «не»). При цій операції виходить нове судження, що є правдивим, якщо вихідне судження помилкове, і навпаки. Покладемо, що маються два судження:

A – «Електричний настільний вентилятор працює» і

B – «Вилку, за допомогою якої вентилятор підключається до електромережі, у розетку не вставлено».

Тоді висловлення B – істинно, якщо висловлення A – помилково. Записується ця операція математичної логіки як $A = \bar{B}$, де риска над символом « B » означає заперечення, а запис читається як « A дорівнює не B ».

2. Кон'юнкція (логічна операція «і») утвориться з двох або більшої кількості суджень і вірна, коли кожне з цих вихідних суджень істинно, і помилкова, коли принаймні одне з вихідних суджень невірне. Якщо, наприклад, говориться, що електричний вентилятор працює, оскільки A – «вилку електрошнура вентилятора вставлено в розетку електромережі» і B – «електрична мережа знаходиться під напругою», то це судження правдиве. Якщо ж одне з двох суджень A або B – невірне, тобто або вилку не вставлено в розетку або в електромережі з якоїсь причини відсутня напруга, то судження про працюючий вентилятор буде помилковим. Записується ця операція через символ $\wedge$ ($A \wedge B$), а читається як « A і B ».

3. Диз'юнкція (логічна операція «або») також утвориться з двох або більш простих суджень. Вона вірна тоді, коли істинне хоча б одне з вихідних суджень, і помилкова, коли помилкові усі вихідні судження. Наприклад, судження про те, що вентилятор буде працювати, якщо він A – «підключений вилкою до електричної мережі, що знаходиться під напругою, або B – коли він в аварійному режимі підключається до зарядженого акумулятора буде істинно, якщо під напругою знаходиться хоча б одне з двох названих джерел, і невірне, якщо обидва джерела одночасно знеструмлені. Операція диз'юнкції записується через символ $\vee$ ($A \vee B$), а читається « A або B , або обое разом».

4. Імплікація – це логічна операція, що зв'язує два висловлення в складне висловлення за допомогою логічного зв'язування, яке у повсякденній мові відповідає сполучнику «якщо ..., то ...». Символічно вона зображується знаком « $\rightarrow$ », що ставиться між судженнями A і B ($A \rightarrow B$), і читається як « A тягне B » або «якщо A ..., то B ...».

Наведемо приклад імплікації.

Якщо вилку електровентилятора вставлено в розетку електричної мережі (A), що знаходиться під напругою (C), то електровентилятор буде працювати (B).

Імплікація означає, що судження B невірне тоді, коли C істинно, а A – невірне. Справді, якщо вилку не включено в розетку (судження помилкове), то не буде працювати і вентилятор (помилкове судження). Імплікація завжди являє собою умовне судження, але не завжди припускає причинні зв'язки між A і B .

5. Еквіваленція суджень A і B – судження C , що істинно тоді, коли A і B одночасно правдиві або одночасно помилкові. Операція еквівалентності позначається знаком «тильда» ($\sim$), тобто $A \sim B$ і читається так: « A ... тоді і тільки тоді, коли B ...». Еквіваленція, так само як і імплікація, є умовним судженням.

Приклад еквіваленції: висловлюється судження, що електровентилятор буде працювати (A) тоді і тільки тоді, коли вилку його включено в розетку електричної мережі (B), а електрична мережа знаходиться під напругою (C). З іншого боку, еквівалентність A і B помилкова тоді і тільки тоді, коли одне з висловлень, що входять у це складне висловлення, неправдиве, а інше істинне. Справді, і при відсутності напруги в живильній мережі ($C = 0$), але при включеній вилці ($B = 1$) і при мережі, що знаходиться під напругою ($C = 1$), але при вийнятій з розетки вилці ($B = 0$) на електродвигун вентилятора напруга подаватися не буде і, відповідно, вентилятор не буде працювати.

Розглянуті вище логічні операції для кращої наочності їх тлумачення можна уточнити за допомогою *табл. 10.1*.

Таблиця 10.1

Логічні операції істинності

A	B	$\bar{A}$	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \rightarrow B$	$A \sim B$
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1

При описі результатів досліджень і аналізі творчих розробок широко використовують обидва типи умовних суджень – імплікацію й еквіваленцію. При цьому, щоб уникнути непорозумінь, обов'язково треба обмовляти, яке саме судження мається на увазі. Припустимо, висловлено таке умовне судження: «Якщо по провіднику протікає електричний струм (судження A), то провідник нагрівається (судження B)». Відповідно до відомого закону фізики це судження правдиве. Але якщо це суджен-

ки яких може бути описано єдиною, наприклад фінансовою, категорією параметрів, таких, як ціна, витрати, прибуток або збиток. При багатоцільових рішеннях оцінити й порівняти окремі цілі в єдиних універсальних одиницях не можна.

Якщо, наприклад, для якого-небудь приладу мають значення вартість виготовлення, термін постачання, надійність, простота монтажу, зручність обслуговування та вплив на інші прилади, а зазначені властивості будуть визначатися вибором варіанта рішення – ми маємо справу з багатоцільовим рішенням. Це вимагає, як правило, упорядкування цінностей або переваг, щоб зважити важливість часткових цілей. Приймаючий рішення має або одержати необхідні для цього об'єктивні дані, або суб'єктивно встановити їх. Більш докладні вказівки на образ дій при прийнятті багатоцільових рішень викладено в розділах 10, 11.

Функція корисності й кількість реалізацій рішення виходять із конкретних даних про розглянуту систему або процес. Для ситуації вибору техніко-економічних рішень часто характерна невизначеність наявної інформації, яка змушує приймаючого рішення виявити характеристики оточення, які залежать від різних параметрів. Невизначеність наявної інформації може бути наслідком похибки у визначенні параметра та власне невизначеності. Причиною цього можуть бути як відхилення, так і помилки (див. підрозділи 10.2...10.6 і розділ 11).

Топологічна схема (граф) може давати добре загальне уявлення про стан деякої системи, альтернативні шляхи протікання й результати якого-небудь процесу. При колективних рішеннях, що часто практикуються, необхідно також брати до уваги взаємний вплив безлічі думок. Дуже часто спостерігаються неясності щодо мети, яку переслідує розв'язання задачі. Особливо це виявляється при: безлічі цілей; залежних від часу цілях; багатоетапних рішеннях із цілями, які змінюються. Визначення мети часто недооцінюють або навіть зневажають, оскільки думають, що визначення постановки задачі входить у коло обов'язків замовника, а при самостійному формулюванні задачі ціль може здаватися з самого початку цілком визначеною. До грубих помилок веде упередженість як у відношенні вихідних даних і варіантів рішень, так і у відношенні результатів. Завдання неминуче виглядає несерйозним, коли до фактично вже прийнятого з різних причин рішення шукають обґрунтування. При аналізі інформації помилка може виникнути через те, що поспішно й необачно миряться з нестачею інформації замість того, щоб зробити всі можливі зусилля для її одержання. Помилка може виникнути й через те, що встановлення меж діапазону змін невідомого параметра виявиться недостатньо обґрунтова-

У загальному випадку процедура прийняття рішення включає такі етапи: ініціативу, опис проблеми, аналіз ситуації, постановку задачі, аналіз наявної інформації, дискретизацію й комбінування зовнішніх умов, розробку альтернатив, перевірку результатів, оформлення рішення.

Схему процесу прийняття рішення показано на *рис. 14.14* [34].

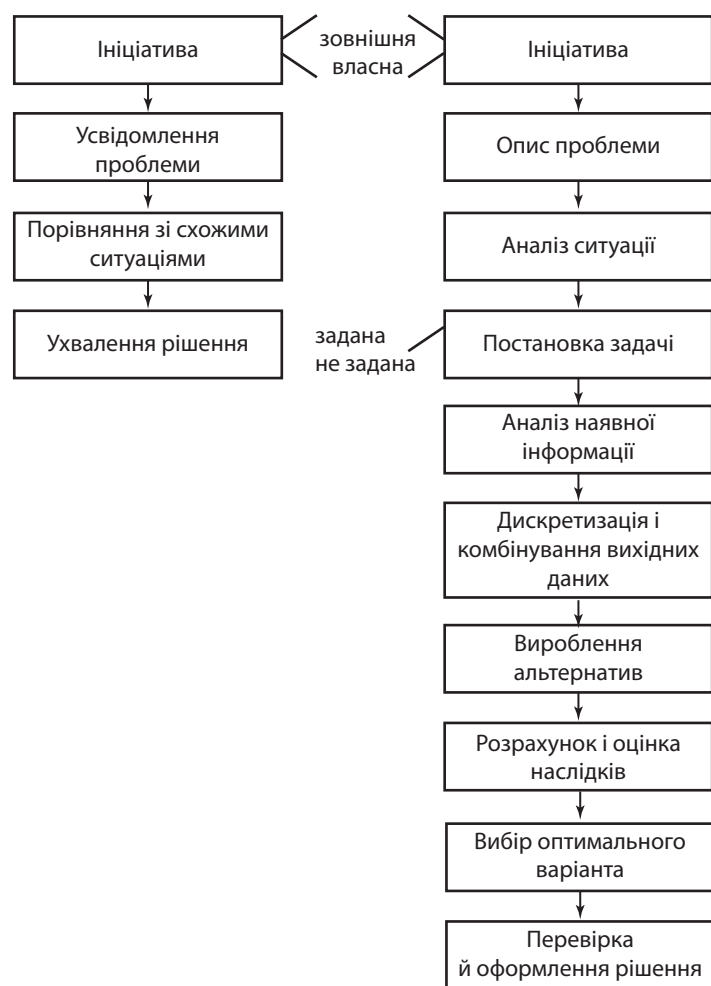


Рис. 14.14. Процеси прийняття рішень – рутинного й заснованого на дослідженні моделі

Ситуації ухвалення рішення можуть характеризуватися єдиною або багатьма цілями. До орієнтованих на єдину ціль належать рішення, наслід-

ня конвертувати й сказати: «Якщо провідник нагрівається, то по ньому тече електричний струм», то воно може виявитися помилковим, тому що провідник може нагріватися або шляхом теплопередачі з навколишнього повітря або навіть за рахунок сонячної енергії. Іншими словами, імплікація не має властивості симетрії, тобто, $A \rightarrow B \neq B \rightarrow A$.

При розв'язанні різних задач, які виникають у процесі проведення наукових досліджень, застосування апарата алгебри логіки виявляється досить плідним.

Приклад. Технічний пристрій складається з групи елементів. У результаті експерименту виявлено, що 70% елементів (множина A) виходить із ладу внаслідок підвищення температури і 60% (множина B) – через посилення вібрацій. Яка частина елементів виходить із ладу в результаті підвищення температури й посилення вібрацій? Тільки підвищення температури? тільки посилення вібрацій? Передбачається, що елементи, що не належать ні множині A , ні множині B , відсутні. Мовою алгебри логіки це означає, що диз'юнкція A й B істинна ($A \vee B = 1$).

Рішення. Визначимо, яка частина елементів виходить із ладу внаслідок підвищення температури й посилення вібрацій, тобто знайдемо перетинання множин A й B (кон'юнкцію $A \wedge B$):

$$A \wedge B = A + B - A \vee B = 0,7 + 0,6 - 1 = 0,3.$$

Виявимо, яка частина елементів виходить із ладу тільки через підвищення температури:

$$A \wedge \bar{B} = A - A \wedge B = 0,7 - 0,3 = 0,4.$$

Встановимо, яка частина елементів виходить із ладу тільки після посилення вібрацій:

$$\bar{A} \wedge B = B - A \wedge B = 0,6 - 0,3 = 0,3.$$

Умовивід – форма мислення або логічна дія, у результаті якої з одного або декількох відомих нам і певним чином пов'язаних суджень (називаних посиленнями) виходить нове судження, у якому утримується нове знання. Наприклад, якщо є два посилення: «Усі рідини пружні» і «Вода – це рідина», то з них можна зробити умовивід: «Вода має пружність». Таким чином, у процесі умовиводу отримано нове знання, у той час як із жодного з вихідних суджень, узятих окремо, це нове знання почерпнути було неможливо. Обмежимося тут тільки цими найпростішими відомостями про умовиводи. Справа в тому, що теорія умовиводів – це досить великий, складний і самостійний розділ математичної логіки, вона далеко виходить за рамки даного посібника і тому тут не розглядається.

Основними законами математичної логіки, використання яких дозволяє досліднику робити правильні судження і правдиві умовиводи, є чотири закони.

1. Закон тотожності – це загальнолюдський закон правильної побудови думок у процесі міркування, відкритий ще Аристотелем за три з половиною століття до нашої ери, що має велике практичне значення. Закон тотожності символічно записується як $A = A$, тобто A тотожно A , або $A \in A$. Це означає, що зміст і обсяг розглянутого поняття залишаються незмінними. Зокрема, при проведенні наукових досліджень і експериментів їх об'єкт має залишатися незмінним. Строго кажучи, ця вимога майже нездійснена, тому що будь-який об'єкт дослідження піддається впливу нескінченно великої кількості факторів, що безупинно змінюються. Однак при цьому мається на увазі, що основні й істотні ознаки й властивості цього об'єкта змінюються у припустимих межах. Це допущення і дозволяє дотримати закон тотожності.

Закон тотожності не можна витлумачувати в тому розумінні, що будь-яке поняття має назавжди зберігати свій, один раз встановлений визначений зміст. Зміст поняття може мінятися у зв'язку зі зміною того предмету, що відображається в даному понятті; можуть розкриватися нові сторони, більш істотні ознаки в досліджуваному предметі. Однак після того як встановлено, у якому саме відношенні мислиться дане поняття у всьому процесі даного міркування, це поняття треба брати в одному змісті, інакше в наших міркуваннях не буде ніякої визначеності, зв'язку й послідовності.

2. Закон протиріччя означає, що не може бути того, щоб у той самий час, за однакових умов мала місце і не мала місця та сама ознака. Символічно цей закон записується як $A \wedge \bar{A} = 0$ і читається як «Для всякого A не може бути одночасно правдивим твердження A і заперечення того ж A ».

Цей закон, як і попередній закон тотожності, виражає відносну стійкість оточуючих нас світу, природи. Він же є й основою відтворюваності досвідів.

3. Закон виключення третього формулюється так: при двох судженнях, з яких одне стверджує те, що інше заперечує, не може бути третього судження. Або A істинно, і тоді – невірне, або ж – істинно, а A – невірне.

Символічно цей закон записується у вигляді $A \vee \bar{A} = 1$, де « $\vee$ » – символ, що означає « A або, але не обое разом». З цього закону випливає таке правило: якщо відкидається одне із суджень, то варто прийняти протилежне йому.

Технічна творчість як найважливіша систематична діяльність сучасного інженера вимагає постійного розширення знань фахівцям із фондів фізичних, хімічних, геометричних і інших ефектів і явищ, що можуть бути корисні для вирішення винахідницьких задач.

14.8. Процедура пошуку оптимального варіанта прийняття технічного рішення

Під ситуацією вибору рішення варто розуміти всі елементи задачі, такі, як стани вихідні даних, варіанти рішення та їх наслідки, а також усі зовнішні фактори, які істотно впливають на рішення, як об'єктивного, так і суб'єктивного характеру.

У табл. 14.6 ці елементи показано в їх найважливіших зв'язках. Область впливу особи, яка приймає рішення, досить велика. Проте варіанти рішення визначаються, головним чином, параметрами системи або процесу. Фактори, які впливають на ухвалення рішення, займають діапазон від край суб'єктивного, зумовленого компетенцією та поінформованістю приймаючого рішення, й такі, що виявляються в прискореному виборі або затягуванні рішення, до таких об'єктивних умов, як технічні дані, характеристики, моделі, методи й допоміжні засоби всілякого роду. Спостереження показують, що при прийнятті техніко-економічних рішень часто виходять, крім того, просто з інтуїції та життєвого досвіду. У повсякденній практиці приймаючі рішення орієнтуються лише на загальний наявний у них запас математичних знань. Лише деякі процедури ухвалення рішення цілком математично моделюються й улаштовуються. За витраченими для обробки засобами всі рішення можна розбити на три групи: 1) емпіричні; 2) ті, що спираються на деякі кількісні порівняльні оцінки; 3) прийняті на підставі побудованої з висерпною повнотою моделі. Величина можливих помилок знаходиться у зворотній залежності стосовно ступеня точності опису задачі та витрачених на вибір рішення зусиль і є найбільшою при емпіричних рішеннях.

Таблиця 14.6

Елементи ситуації вибору рішення

Особа, яка приймає рішення	Суть рішення, процес рішення, цілі, переваги
Система (процес)	Варіанти, функція корисності, кількість реалізацій, критерій вибору
Зовнішні умови	Стани

Для застосування у винахідницькій практиці зручно мати короткий довідник, складений у компактній формі, що включає опис фізичного ефекту за чотирма параметрами: вплив, фізичний об'єкт, умови обмеження, результат ефекту.

При збігу результату одного фізичного ефекту з впливом іншого елементарні ефекти можуть утворювати нові, більш складні, які складаються з ланцюга двох і більш послідовно з'єднаних ефектів.

Наприклад, ефект Джоуля – Ленца (електричний струм – провідник – тепло) і ефект термоелектронної емісії (тепло – оксидна суспензія – випуск електронів) у послідовному сполученні дають комбінований ефект (при проходженні електричного струму через провідник відбувається випуск електронів), який закладено у принцип дії електровакуумних приладів.

Повна база даних з ефектів включає інформацію не тільки з фізичних, але й хімічних, геометричних і деяких інших ефектів. Аналіз патентного фонду показує, що нерідко високорівневі, особливо оригінальні творчі рішення виходять при використанні сполучень декількох ефектів.

Найбільш проста й зручна форма довідника, застосовуваного як інструмент у практичному винахідництві, є форма покажчика, складена у вигляді нижчеподаних таблиць.

Для ілюстрації в табл. 14.5 наведено зразки компактної інформації з ефектів (без розшифровки їх фізико-хімічної сутності) у вигляді фрагмента покажчика.

Такі покажчики-таблиці нерідко дозволяють швидко вирішувати прямі винахідницькі задачі (на зміну системи) і корисні на етапі пошуку ідеї рішення після того, як сформульовано умови задачі, виявлено технічне та фізичне протиріччя й визначено в загальному вигляді дію, необхідну для розв'язання протиріччя.

У табл. 14.5 як приклад наведено «стиснуті» інформаційні дані з використання фізичних ефектів для вирішення винахідницької задачі.

Можна вирішувати й зворотну задачу (на застосування ефекту): для конкретного фізичного ефекту (або їх групи) знаходять технічну задачу, у якій з його допомогою усувається який-небудь недолік, розв'язується технічне протиріччя. Так, наприклад, інженерами було зроблено безліч винаходів, які спеціалізуються по геометричних ефектах, пов'язаних із властивостями куль, або по щітках, по гофрах тощо. Те ж було зі згаданою уже властивістю магнітних речовин і полів [29].

4. Закон достатньої основи: думка правдива тоді і тільки тоді, коли є достатня основа, під якою розуміються правдиві, раніше доведені положення або дані досвіду.

Іншими словами, усяку правдиву думку має бути обґрунтовано іншими думками, істинність яких достатня. Символічно закон достатньої основи зображується формулою: «Якщо є B , тобто його основа – A ». Вимога обґрунтованості мислення відображає одне з корінних властивостей матеріального світу. У природі й суспільстві кожен факт, кожен предмет, кожне явище підготовлені попередніми фактами, предметами, явищами. Жодне явище у природі й суспільстві не може з'явитися, якщо воно не підготовлено; якщо воно не має причини в попередніх матеріальних явищах. Важливо відзначити, що вимоги закону достатньої основи поширюються і на процес навчання. Про це говорив Аристотель в одному зі своїх творів: «Усяке знання і всяке навчання засноване на деякому вже раніше існуючому знанні».

За допомогою логіки будуються процеси мислення, у якому виділяють такі типи: теоретичні, інтуїтивні і практичні.

Величезна цінність евристичних методів творчості полягає в тому, що вони дозволяють вирішувати задачі в умовах неповноти вихідної інформації, коли ті або інші досліджувані процеси або явища не можна цілком чітко й замкнуто описати логічно.

Найбільш розповсюдженими евристичними технологіями творчості є: методи проб і помилок; метод «мозкової атаки»; колективного пошуку нових ідей; метод синектики; метод морфологічного аналізу; функціонально-вартісний аналіз; метод контрольних евристичних питань.

Евристичні методи не виключають, а припускають можливість евристичного планування, використання інформаційно-пошукових систем, персональних комп'ютерів при розв'язанні варіаційних задач прийняття рішень. Алгоритмічні (комп'ютерні) методи пошуку нових ідей технічних рішень у літературних джерелах часто називають «інтелектуальними», «логічними», «машинними».

10.2. Методи проб і помилок та асоціативні методи

Метод проб і помилок – найдавніший метод винахідництва й пошуку нових технічних рішень. Цей метод випадкового пошуку варіантів не містить ніяких правил генерування й оцінки ідей. Ключем до розв'язання задачі може бути будь-яка ідея, що прийшла в голову розроблювачу завдяки щасливому випадку або інтуїції. Шлях до ідеального технічного рішення

даним методом трудомісткий і малопродуктивний, оскільки в результаті оцінки однієї невдалої ідеї замість неї висувається чергова нова ідея і все багаторазово повторюється, поки не буде знайдено прийнятне рішення.

Проте навіть великі винахідники і вчені успішно користувалися цим методом і домагалися великих успіхів у корабле-, літако-, автомобілебудуванні, будівництві будинків і т. д.

Метод проб і помилок мобілізує творчі можливості людини, але він не захищений від психологічної інерції інтелекту. Його доцільно застосовувати при розв'язанні задач із невеликою (не більш 20) кількістю варіантів. При розв'язанні задач великої складності він стає неефективним. Методикою активізації творчої діяльності людини може бути використання відомих наробітків ідей, що виключають повернення до тих самих ідей.

Асоціативні методи. Для активізації пошуку нових ідей застосовуються так звані асоціативні методи (аналогії, фокальних об'єктів, гірлянд випадків і асоціацій).

Процес пошуку нових ідей за допомогою асоціативних методів здійснюється шляхом пошуку аналогів об'єкта, що удосконалюється, переносу знань з однієї області в іншу, інтерпретації нового за допомогою відомих понять і т. д. У зв'язку з цим у творчому процесі досить ефективно використовуються такі джерела генерування нових ідей, як асоціації, метафора й аналогія.

Асоціація – це зв'язок між окремими уявленнями, при якому одне уявлення викликає інше. **Метафора** означає перенесення властивостей одного предмета (явища) на інший об'єкт на основі загальної для обох ознаки. Вона відіграє важливу роль у побудові уявного образу й моделі реальності шляхом уподібнення нового, невідомого або складного об'єкта (явища) уже знайомому або більш простому. Незвичайність, новизна й своєрідність установок дослідника зумовлюють процеси образів, моделей, абстракцій, конструкцій.

Аналогія віддзеркалює подібність предметів, явищ, процесів у яких-небудь властивостях. Можна виділити асоціації за подібністю; за кольором, який здійснює психологічний вплив на людину; за контрастом, наприклад, класичний-сучасний, модний-старомодний.

Іноді аналогія очевидна, іноді ж вона охоплює суттєві зв'язки, які не кидаються в очі, та може бути встановлена за допомогою складних абстракцій. Два різні будинки можуть бути аналогічними в тому змісті, що мають однакове планування кімнат. Аналогія використовується при моделюванні, створенні поетичної метафори, допомагає наслідуванню й навчанню і т. ін.

Таблиця 14.5

Показник застосування деяких фізичних і фізико-хімічних ефектів і явищ при вирішенні технічних задач (фрагмент)

№ з/п	Необхідна дія, властивість	Фізичне явище, ефект, фактор, спосіб
1	Вимір температури	Теплове розширення і викликана ним зміна власної частоти коливальних. Ефект Зеебека. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Спектр випромінювання. Зміна оптичних, електричних, магнітних властивостей речовин. Перехід через точку Кюрі. Ефекти Гопкінса й Бархаузуна
2	Зниження температури	Фазові переходи. Ефект Джоуля – Томсона. Ефект Ранка. Магнітокалоричний ефект Рігі – Ледюка. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Явища переносу. Ефект Дюфура. Ендотермічні реакції
3	Підвищення температури	Фазові переходи. Ефект Джоуля – Томсона. Ефект Ранка. Магнітокалоричний ефект Рігі – Ледюка. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Явища переносу. Ефект Дюфура. Ендотермічні реакції
4	Стабілізація температури	Фазові переходи (у тому числі перехід через точку Кюрі)
5	Індикація положення й переміщення об'єкта	Введення речовин-міток, що перетворюють зовнішні поля (люмінофори) або створюють свої поля (ферромагнетики) і тому легко виявляються. Відображення й випускнення світла. Фотоефект. Деформація. Рентгенівське й радіоактивне випромінювання. Люмінесценція. Зміна електричних і магнітних полів. Електричні розряди. Ефект Доплера
6	Управління переміщенням об'єктів	Дія магнітним полем на об'єкт або на ферромагнетик, з'єднаний з об'єктом. Дія електричним полем на заряджений об'єкт. Передача тиску рідинами й газами. Механічні коливання. Відцентрові сили. Теплове розширення. Світловий тиск
7	Управління рухом рідини й газу	Капілярність. Осмос. Ефект Томса. Ефект Бернуллі. Хвильовий рух. Відцентрові сили. Ефект Вайссенберга. Ефект Смітті
8	Управління потоками аерозолів (пил, дим, туман) і т. п.	Електризація. Електричні й магнітні поля. Тиск світла

На практиці для задоволення широкого попиту проектувальники обґрунтовано розробляють великий типаж транспортних машин різного призначення й умов експлуатації. Оцінка технічних систем машини виконується за відповідністю технічних параметрів нормам стандартів безпеки, екологічності, ресурсу, надійності й вимог замовника з продуктивності, вартості й технічного обслуговування [35].

14.7. Розвиток фондів фізичних ефектів

Складання фонду, довідника, покажчика фізичних ефектів і явищ – надзвичайно трудомісткий процес, тому що їх приходится виявляти не тільки в спеціальній літературі, але також у конкретних технічних рішеннях, де вони знаходяться в схованому, завуальованому вигляді, іноді в сполученні з іншими ефектами й евристичними прийомами. (Саме в такий спосіб у даному окремому випадку вирішується задача з концентрування креативної інформації.)

Взагалі під фізичним ефектом розуміють результат фізичної взаємодії двох або більшої кількості об'єктів, який може бути обмірено і повторно отримано при тотожності умов.

Власне ефект може бути найрізноманітнішим, пов'язаним з електричним струмом, рухом, розщепленням спектральних ліній, електромагнітним полем, зміною псевдогустини рідини, оптичною анізотропією і т. д.

Інформація про фізичні й інші ефекти звичайно систематизується [27, 28] у вигляді таблиць (карт), які містять, як правило, такі дані: назва ефекту та його шифр; фізичні об'єкти; тип впливу; характеристики впливу; результат впливу (ефект); кількісна характеристика результату впливу; модель фізичного ефекту; опис сутності фізичного ефекту; опис застосування фізичного ефекту (області техніки, де він використовується або можливе його використання). Зразком такого представлення можуть бути «стиснуті» інформаційні дані, наведені в прикладі *табл. 14.5*.

Так, наприклад, оформлений фонд фізичних ефектів узагальненого евристичного алгоритму, який містить більш 700 ефектів і має довідково-пошуковий апарат як за типами впливу, так і за досягненими результатами (ефектами). Завдяки цьому він може бути використаний і при комп'ютерному пошуку рішень технічних задач, і при безмашинних методах творчості.

Результати впливу фізичних ефектів, які є у фонді, дозволяють сформулювати й скласти список функцій, які може бути реалізовано з їх допомогою (причому функції представлено в узагальненому вигляді: нагрівання, розширення, коливання, електризація, переміщення і т. ін.).

Аналогію засновано на порівнянні предметів переважно однієї і тієї ж природи. Умовиводи за аналогією належать до класу ймовірнісних висновків. Тому вважається, що доказова сила їх невелика. Слід однак мати на увазі, що належну оцінку вивідні операції даного типу можуть дістати лише в досить широкому контексті конкретних обставин, які можуть істотно підвищити або знизити ймовірність висновку. Висновки за аналогією можуть давати достовірні результати, зокрема, якщо між порівнюваними системами має місце відношення ізоморфізму або гомоморфізму. Системи називаються ізоморфними тільки тоді, коли кожному елементу, властивості або відношенню однієї системи відповідає єдиний елемент, властивість або відношення іншої системи, і навпаки. Системи називаються гомоморфними, якщо кожному елементу, властивості або відношенню однієї системи відповідає єдиний елемент, властивість або відношення іншої системи, але не навпаки.

Асоціативні методи засновано на властивості мозку встановлювати ті або інші зв'язки між словами, поняттями, думками, а потім згадувати, відновлювати такі зв'язки.

Сутність асоціативного мислення полягає в тому, що спогади, враження, не пов'язані безпосередньо з розглянутим предметом, здатні викликати думки та їх ланцюжки, які перекривають місток поміж цими спогадами й очікуваною задачею та здатні наштотхнути на несподівані нові ідеї. Цікаво, що задача, яка засіла у свідомості, звичайно притягує й повертає до себе щораз знову ланцюжки асоціацій, які знов розвиваються. Причому вони можуть виникати й розвиватися підсвідомо, а у свідомості спливає лише готова відповідь [20].

Свідоме включення асоціативного мислення досягається шляхом створення відповідних умов і використання низки правил, що у сукупності й складають основу найбільш розповсюджених і перевірених практикою подібних методів творчості.

Застосування асоціацій, метафор і аналогій допомагає знаходити підказки розв'язання різних інженерних задач. Це властивість асоціацій, метафор і аналогій послужила основою для створення асоціативних методів активізації творчого мислення.

До асоціативних методів належить метод фокальних об'єктів. Назва методу пояснюється тим, що предмет (об'єкт), який вдосконалюється, як би береться у фокус нашої уваги. Ідея методу полягає в тому, що коли на об'єкт, який вдосконалюється, перенести ознаки інших, випадково обраних об'єктів, то різко зростає кількість несподіваних варіантів розв'язання.

Метод дає добрі результати при пошуку нових модифікацій відомих предметів, пристроїв, способів, а також при пошуку нових модельних рішень, розширенні функціональних можливостей, тренуванні творчої уяви.

Метод гірлянд випадків і асоціацій запропонував Г. Я. Буш [23]. Гірлянди випадків формуються у вигляді списку синонімів або асоціацій. Потім елементи з різних гірлянд попарно поєднують. Асоціативні методи активізації творчості є універсальними. Вони застосовні в техніці, науці й управлінні.

Метод гірлянд асоціацій може бути застосовано в тому випадку, коли об'єкту проектування хочуть додати нові властивості. Для цього до його назви підбираються синоніми (якщо це можливо), а потім випадковим чином називають інші об'єкти і складають комбінації з тих і інших. Кожну комбінацію доповнюють тією або іншою ознакою випадкового об'єкта або асоціаціями, що він викликає. Основний зміст методу полягає в тому, щоб «розхитати» стереотипне уявлення про об'єкт, перебороти інерцію мислення.

Загальний недолік асоціативних методів активізації творчості – їх відносно низька ефективність.

10.3. Метод «мозкового штурму» і метод Дельфі

Метод «мозкового штурму» називають ще методом «мозкової атаки». Це один з найбільш розповсюджених методів психологічної активізації творчої діяльності, генерування нових ідей шляхом творчого співробітництва групи зацікавлених учасників. У його основу покладено такий психологічний ефект. Припустимо, у творчій групі розроблювачів якогось технічного об'єкта є 5 – 8 осіб. Якщо кожній людині з цієї групи запропонувати індивідуально й незалежно одна від одної висловити ідеї й пропозиції з рішення якоїсь задачі створення нового технічного об'єкта, то в сумі можна зібрати N ідей. Якщо ж ця група людей, кількість яких позначимо буквою K , буде висловлювати ідеї з рішення тієї ж задачі колективно, спільно, то в результаті буде зібрано N_k ідей, причому кількість N_k завжди виявляється набагато більшою ($N_k \gg N$). Звичайно досвідчені фахівці за 15 – 30 хвилин при індивідуальній (ізолюваній від інших) роботі генерують і висловлюють не більш 10 – 20 ідей, а при колективній (при дотриманні визначених правил) група за той же час генерує 50 – 150 різних ідей. Психологи вважають, що під час сеансу «мозкової атаки» відбувається немов би ланцюгова реакція виникнення ідей, що приводить до інтелектуального вибуху.

«Мозковий штурм» організує колективний пошук технічних рішень. Звичайно його проводять люди, не навчені спеціальним творчим прийо-

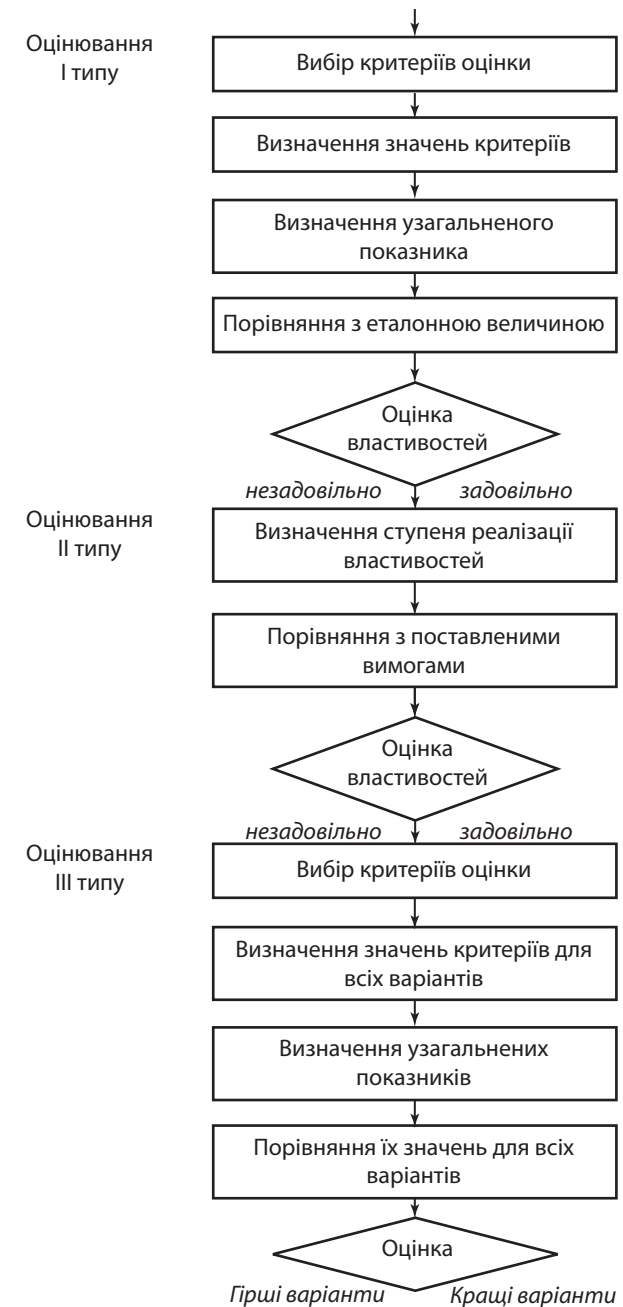


Рис. 14.13. Схеми оцінювання

14.6. Вибір критеріїв й проведення оцінки технічних систем

Якщо сформулювати питання: Який автомобіль?, то для відповіді на нього потрібно не тільки обрати й оцінити визначальні властивості автомобіля, але й об'єднати їх в узагальненому показнику. Однак це нелегка задача, якщо властивості різні, наприклад, швидкість, потужність, оснащення салону автомобіля, зовнішній вигляд, надійність і міцність і т. д. (див. рис. 13.3). Тільки якщо вдасться знайти такий узагальнений показник, можна об'єктивно стверджувати, що один автомобіль кращий за інший, тобто має кращі властивості. У принципі можливі три схеми оцінювання; вони характеризуються питаннями, наведеними в *табл. 14.4*. Оцінювання проводиться двома способами: а) інтуїтивно; б) об'єктивно, тобто на основі визначальних критеріїв.

Таблиця 14.4

Схеми оцінювання

Схема	Оцінюваний об'єкт	Тип оцінного питання
I	Реалізована технічна система	Яка технічна система?
II	Постановка задачі (перелік вимог) і варіант рішення або зразок	Чи відповідає система (модель) даній постановці задачі?
III	Постановка задачі й різні можливі рішення, які технічно відповідають постановці задачі	Яке рішення є найкращим (оптимальним)?

Інтуїтивну оцінку, незважаючи на її суб'єктивність, не може бути цілком відкинуто. Вона визначається не тільки суб'єктивними відчуттями, але й часто довголітнім досвідом, тому слід систематично розвивати навички інтуїтивних оцінок. Тільки тоді можна довіритися так званому «конструкторському чуттю». Це особливо важливо при недостатньо повній інформації, що характерно для початку процесу проектування.

У роботі [14] оцінювання рекомендують проводити за схемами *рис. 14.13*. У процесі оцінювання виконуються операції трьох типів.

Знайти узагальнений критерій оцінки (цінності) оптимальних рішень показників 4...11, представлених на рис. 13.13, при проектуванні транспортних машин представляється досить складним. Критеріями, які оцінюють ефективність використання автомобілів, є: надійність, імовірність безвідмовної роботи, параметри відмовлень, наробіток на відмовлення, питомі витрати на технічне обслуговування й ремонт. Однак вони завжди враховують низку факторів експлуатації, економічних показників, індивідуального використання й енергетичних критеріїв [8].

мам. Керівник збирає групу фахівців, як правило, не більш десяти чоловік, і ставить перед ними задачу. Кожен учасник сеансу «мозкового штурму», що продовжується не більш 1 години, може висловлювати будь-які ідеї. Аналіз і критика їх під час сеансу не допускаються. Основний девіз методу: «Чим більше ідей – тим краще». Якщо в ході сеансу, на думку керівника, висловлено мало ідей, його може бути повторено, можливо, з іншим складом учасників. Усі висловлення певним чином фіксуються.

Метод «мозкового штурму» («атаки») часто розділяють на: пряму «мозкову атаку», подвійну «мозкову атаку» при декількох обговореннях однієї проблеми, масову «мозкову атаку» з кількістю учасників аудиторії від 20 до 60 осіб, зворотну «мозкову атаку» зі складанням повного списку недоліків і уточнення постановки, розробки технічного завдання й експертизи; оцінки ефективності прийнятих рішень на стадії створення й початку експлуатації технічної системи.

Метод «мозкового штурму» («атаки») добре викладено в роботах [1, 2]. Наведемо з роботи [2] приклади використання «мозкової атаки» для активізації творчої діяльності.

Метод «мозкової атаки». Метод і термін «мозкова атака», або «мозковий штурм», запропоновано американським вченим А. Ф. Осборном як поліпшений варіант діалогу Сократа із широким використанням вільних асоціацій, одночасним створенням психоевристичного мікроклімату в малих групах людей для підвищення ефективності розв'язання творчих, особливо винахідницьких, задач. А. Ф. Осборн вважав, що творчі здібності є у всіх людей, але вони дрімають під гнітом установки про «неможливість діяти», нездатності правильно сформулювати й оформити ідею розв'язання.

Евристичний діалог «мозкової атаки» базується на низці психологічних і педагогічних закономірностей, але перш ніж їх сформулювати, варто коротко зупинитися на тих теоретичних передумовах, якими керувалися творці цього методу. Винахідниками було відзначено, що колективно генерувати ідеї ефективніше, ніж індивідуально.

У звичайних умовах творча активність людини часто стримується явно і неявно існуючими бар'єрами (психологічними, соціальними, педагогічними і т. ін.). Цю ситуацію зручно виразити за допомогою моделі «шлюзу».

У цій моделі творча активність уподібнюється енергії води, стримуваної шлюзом. Тому потрібно відкрити «шлюз», щоб цю активність звільнити. Твердий стиль керівництва, страх помилок і критики, суцільно професійний і занадто серйозний підхід до справи, тиск авторитету більш здібних

товаришів, традиції та звички, відсутність позитивних емоцій – усе це виконує роль «шлязу».

Діалог в умовах «мозкової атаки» виступає в ролі засобу, який дозволяє знищити «шляз», визволити творчу енергію учасників розв'язання творчої задачі.

У цей час вироблено кілька модифікацій методу «мозкової атаки».

Пряма «мозкова атака». Одним із найбільш розповсюджених методів активізації творчої діяльності є використання так званої «мозкової атаки» (МА). Цей метод було введено в практику винахідницької діяльності А. Ф. Осборном після Другої світової війни. Однак це не означає, що аналогічними прийомами пошуку нових рішень люди не користувалися задовго до Осборна.

Ще у часи Колумба існувала традиція, відповідно до якої при виникненні на судні екстремальної ситуації для прийняття плану дій збиралася рада, на яку запрошувалися всі без винятку члени екіпажу. Капітан вислуховував думки всіх, хто зібрався, починаючи з юнги й закінчуючи своїми помічниками, і після цього приймав рішення. Такий порядок було заведено для того, щоб пропозиції старших членів команди не робили тиску на молодших. Аналогічний спосіб застосовував під час своєї служби на флоті й А. Ф. Осборн [22].

«Мозкова атака» як метод, що не вимагає спеціальної підготовки учасників, найчастіше використовується педагогами на уроках технології при виконанні проектів. На жаль, не всі педагоги розуміють, що не будь-яке колективне обговорення нової ідеї є «мозковим штурмом». «Мозковий штурм», як і будь-який інший метод пошуку нових рішень, має свою мету й методику проведення.

Метою «мозкової атаки» є одержання максимальної кількості нових ідей за шляхом взаємного стимулювання членів групи до інтенсивного інтелектуального пошуку. Перевага методу полягає в необмеженості спектра проблем, до яких його може бути застосовано: за допомогою методу «мозкової атаки» можна розглядати будь-яку проблему, якщо її досить просто і ясно сформульовано. Цей метод використовується на будь-якій стадії проектування як на початку, коли проблему ще остаточно не визначено, так і пізніше, коли вже виділено складні підпроблеми. Його можна також використовувати для генерування інформації, а не ідей, тобто для з'ясування джерел інформації або формулювання питань анкети [25].

Ще одна перевага методу полягає в тому, що від учасників «мозкового штурму» потрібна мінімальна попередня підготовка. У ряді випадків вияв-

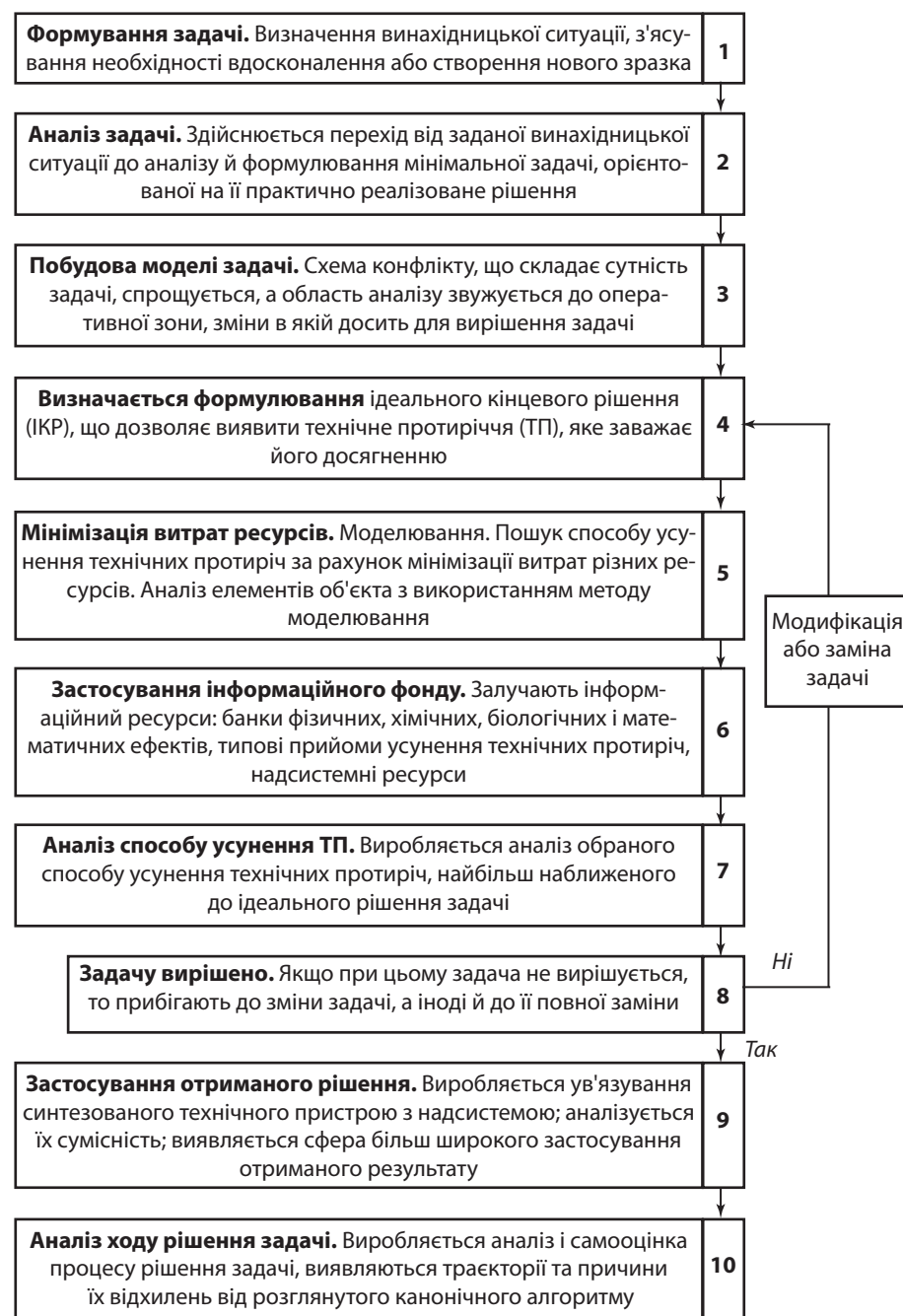


Рис. 14.12. Структура алгоритму вирішення винахідницьких задач

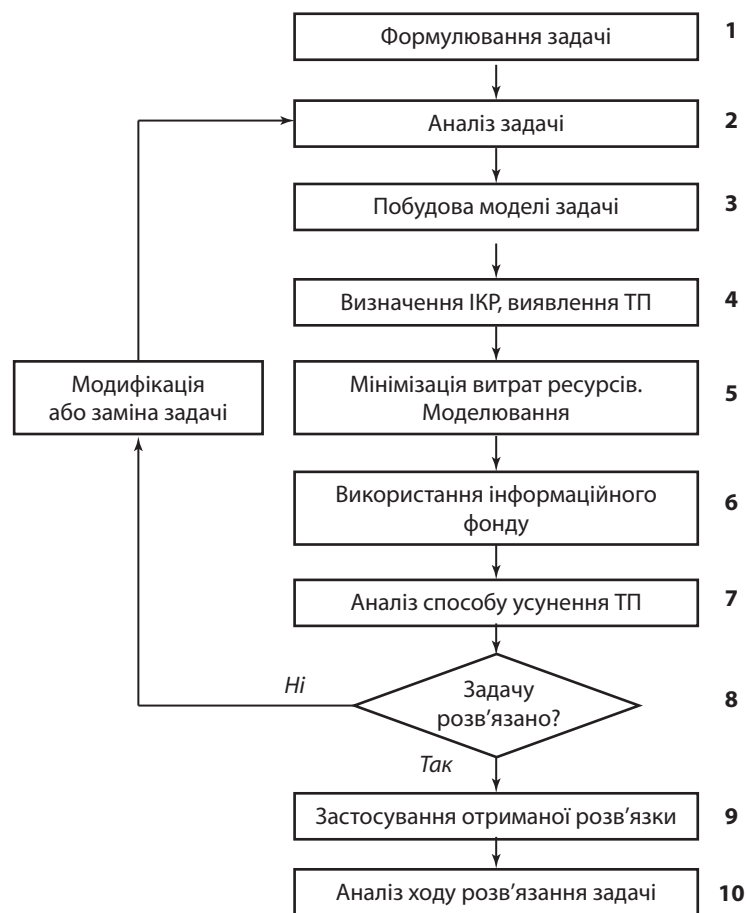


Рис. 14.11. Структура алгоритму розв'язання винахідницьких задач
Г. С. Альтшуллера

Кожен з окремих етапів пошукової роботи виконується строго за алгоритмом, кожний з них пов'язано впливає з попереднього етапу. Однак така логічна послідовність аж ніяк не заважає появі нових, оригінальних ідей як за рахунок варіантного вибору типових прийомів усунення технічних протиріч, так і за рахунок використання різних евристичних методів і прийомів розв'язання задачі на міні- й макрорівнях. Випадковому характеру мислення при розв'язанні задачі методом проб і помилок наведений алгоритм протиставляє високу організованість мислення в сполученні з неординарністю розумових операцій і свідомим використанням великого масиву інформаційних ресурсів [1].

ляється корисним залучення людей, які ніколи раніше не займалися обговорюваними проблемами. План дій полягає в такому.

1. Відібрати групу осіб для генерації ідей.
2. Ввести правило, що забороняє критикувати будь-яку ідею, якою б «диною» вона не здавалася, і довести до свідомості учасників, що вітаються будь-які ідеї, що необхідно одержати багато ідей і що учасники повинні спробувати комбінувати або удосконалювати ідеї, запропоновані іншими.
3. Зафіксувати висунуті ідеї й потім дати їм оцінку.

У літературі [2, 22] рекомендується, крім групи «генераторів» ідей, відразу ж залучати до проведення «мозкової атаки» й групу експертів. Одна група «генераторів ідей» тільки висуває ідеї без права їх критики, атакуючи задачу протягом невеликого відрізка часу, не більше 20 – 30 хв. (рис. 10.2). Інша група – експертів – виносить колективне судження про цінність висунутих ідей. Оптимальна чисельність групи «генераторів» ідей складає 7 – 12 осіб. Чисельність групи експертів може бути меншою. Ідея одночасного формування груп «генераторів» і експертів дуже правильна. Участь у групі «генераторів» людини, орієнтованої тільки на критику, може дезорганізувати роботу групи. Тому доцільно всіх «критиків» не відстороняти від роботи, що особливо складно зробити в класі або студентській групі, а сконцентрувати в групі експертів.

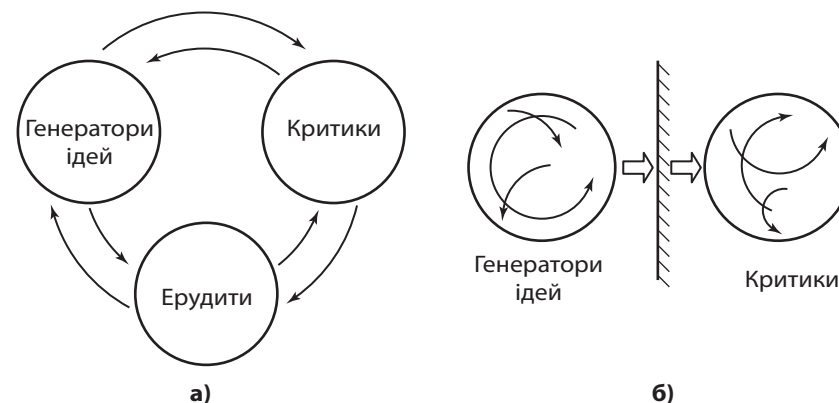


Рис. 10.2. Взаємодія учасників пошуку нових ідей при «мозковій атаці»:
а) пряма «мозкова атака»; б) тіньова «мозкова атака»

Можна передати функцію фіксації ідей, висловлюваних у ході «мозкової атаки», групі експертів, щоб не відволікати «генераторів» на їх запис. Припустимий також магнітофонний або відеозапис сеансу.

Деякі люди, які за своєю природою є «генераторами», соромляться висловлювати перед великим колективом свої ідеї. Щоб використовувати потенціал таких людей, застосовується так звана тіньова «мозкова атака». При цьому поряд зі звичайною групою «генераторів» формується тіньовий кабінет, що працює одночасно з першою групою, але члени якого не висловлюють своїх ідей уголос, а фіксують їх на папері.

Активна й тіньова групи розміщуються в одному приміщенні на визначеній відстані. Вони можуть бути й у різних приміщеннях, а зв'язок між ними встановлено за допомогою телемонітора. Є також досвід проведення «мозкової атаки», у якій членами тіньового кабінету виступали глядачі телепрограми, що надіслали після її закінчення свої рішення на адресу редакції програми.

Ефективність «мозкової атаки» можна підвищити, заздалегідь повідомивши «генераторам» суть обговорюваної проблеми. Незалежно від того, чи будуть «генератори» спеціально продумувати шляхи вирішення повідомленої їм задачі, пошук рішення буде відбуватися на рівні підсвідомості.

Успіх і результативність будь-якої «мозкової атаки» в дуже великому ступені залежать від ведучих (голови наради), які здійснюють оперативне керування МА. Протягом усього сеансу МА він повинен підтримувати невимущену обстановку і підбадьорювати учасників. Крім того, на нього покладаються такі обов'язки [7].

1. Ведучий повинен на початку сеансу представити всіх учасників (якщо група збирається вперше), даючи їм коротку позитивну характеристику. Далі він викладає правила для учасників сеансу МА.
2. Ведучий викладає формулювання задачі як у спеціальному, так і в загальнодоступному вигляді. При цьому необхідно змусити учасників сприйняти задачу як свою головну проблему, підсилюючи постановку задачі висловленнями типу:

«Уявіть себе на місці такої-то особи».

«Що ви зробили б, якби вам довелося відповідати за цю справу?»

3. Ведучий повинен уміти забезпечити дотримання учасниками всіх правил МА, не користуючись при цьому критичними зауваженнями.

4. Ведучий має забезпечувати безперервність висловлення ідей, заповнюючи паузу заохочувальними репліками, наприклад:

«У свій час пропонувалося те й те»;

«Давайте три хвилини висловлювати тільки зовсім фантастичні ідеї»;

«Що думає з цього приводу Іван Іванович?»;

- 31) застосування корисних матеріалів;
- 32) принцип зміни фарбування, прозорості;
- 33) принцип однорідності – об'єкти, які взаємодіють із даним об'єктом, повинні виготовлятися з таких само матеріалів;
- 34) принцип відкидання та регенерації частин;
- 35) зміна фізико-хімічних регенерацій параметрів об'єкта;
- 36) застосування фазових переходів;
- 37) застосування термічного розширення;
- 38) застосування сильних окислювачів;
- 39) застосування інертного середовища;
- 40) застосування композитних матеріалів.

Сучасний винахідник має добре знати типові прийоми усунення технічних суперечностей. Без цього неможлива ефективна наукова організація творчого процесу.

Істотний прорив у цьому напрямку було досягнуто у результаті робіт із перекладання ТРІЗ на мову ЕОМ, проведений у 80-ті роки в Мінському радіотехнічному інституті колективом під керівництвом В. М. Цурикова. Цей колектив створив інтелектуальну систему підтримки розв'язання винахідницьких задач, назвавши її «винахідницька машина» (ВМ).

Іншим прикладом є продукт «Касандра» – система інтелектуальної підтримки розроблювача (проектувальника), розроблена фахівцями кишинівської школи ТРІЗ під технічним керівництвом Л. А. Каплана і науковим керівництвом Б. А. Злотіна [1,30].

Досвід використання ВМ став поштовхом до розробки аналогічних комп'ютерних технологій, спрямованих на забезпечення комп'ютерної підтримки розв'язання нестандартних задач уже у сфері бізнесу, управління, виробництва й інших галузях.

Однією з таких інформаційних технологій є програмний продукт «Інтелектуальний партнер» (ІП), розроблений до кінця 1990 р. фахівцями мінської бізнес-школи «Рейтинг» і фірми Интелпарт (науковий керівник А. С. Олександров) [29].

У найзагальнішому вигляді структуру евристичного алгоритму вирішення винахідницьких задач зображено на *рис. 14.11*. Кожен із блоків цієї структури являє собою відповідний укрупнений етап дій розроблювача технічного об'єкта. Мінімальні задачі алгоритму вирішення винахідницьких задач показано на *рис. 14.12*.

- 4) принцип асиметрії – замінити симетричну форму асиметричною;
- 5) принцип об'єднання – з'єднати однорідні та суміщені об'єкти чи об'єднати їх у часі;
- 6) принцип універсальності – об'єкт виконує декілька функцій і потреба в інших об'єктах відпадає;
- 7) принцип «матрьошки»;
- 8) принцип антиваги – компенсувати вагу об'єкта підйомною силою іншого об'єкта;
- 9) принцип попереднього напруження – наперед надати об'єкту напруження, яке урівноважувало б робочі напруження;
- 10) принцип попереднього напруження – наперед виконати необхідні зміни;
- 11) принцип «наперед підкладеної подушки» – компенсація ненадійного стану аварійними засобами;
- 12) принцип еквіпотенціальності – змінити умови так, щоб об'єкт не треба було ні піднімати, ні опускати;
- 13) принцип «навпаки»;
- 14) принцип «сферодіяльності»;
- 15) принцип динамічності;
- 16) принцип часткового чи надлишкового рішення – дати циркуляцію;
- 17) принцип переходу в інший вимір;
- 18) використання механічних коливань;
- 19) принцип періодичної дії;
- 20) принцип безперервності корисної дії;
- 21) принцип перестрибування;
- 22) принцип перетворення шкоди у користь;
- 23) принцип зворотного зв'язку;
- 24) принцип «посередника»;
- 25) принцип самообслуговування;
- 26) принцип копіювання;
- 27) дешева недовговічність замість дорогої довговічності;
- 28) заміна механічної схеми оптичною, акустичною, електричною і т. п.;
- 29) використання пневмо- та гідроконструкцій;
- 30) використання гнучких оболонок та тонких плівок;

«Як вирішити цю задачу, якщо забрати таку-собі умову?»;
 «Ми висловили вже 37 ідей, давайте дотягнемо до 40!»;
 «Як би ми вирішили проблему, якби мали мільйон карбованців?».

5. Ведучий має стежити, щоб обговорення не йшло занадто вузько або в занадто прагматичному напрямку. Своїми репліками він повинен розширювати сферу пошуку. (Наприклад, якщо обговорюється, які вироби з тканини можна зшити на уроках технології, то не можна допустити, щоб обговорення звелось до уточнення фасону або кількості кишень у фартуха.)

6. Ведучий має стежити за регламентом роботи. Говорити, скільки залишилося до закінчення роботи. Тактовно зупиняти учасника, що занадто довго (більш півхвилини) формулює одну ідею.

МА – інтенсивний творчий процес, який протікає швидко. Тому не може бути єдиної остаточної схеми проведення «мозкової атаки». Кожен колектив «генераторів» і ведучий у ході роботи створюють свій індивідуальний стиль, що дозволяє взаємодіяти з найбільшою ефективністю.

На закінчення необхідно відзначити, що при наявності часу на підготовку учасників МА варто відробити з творчою групою або з її ядром техніку проведення МА на учбово-тренувальних заняттях. Навчальні задачі мають:

- ♦ бути загальнозрозумілими для всіх учасників МА;
- ♦ містити потенційно велике число можливих рішень;
- ♦ викликати інтерес у учасників МА.

У ході МА може бути висловлено ідеї, що можуть стати основою раціоналізаторських пропозицій або заявок на винахід. Тому після закінчення МА доцільно уточнити й визначити список авторів найбільш цікавих ідей і погодити його з усією творчою групою, що брала участь у сеансі МА.

Подвійна «мозкова атака». Ідея більш ефективного використання можливостей підсвідомості закладено в методі подвійної «мозкової атаки» (ПМА). Люди давно помітили доцільність проведення декількох обговорень однієї й тієї ж проблеми та сформулювали цю мудрість у «крилатому» виразі: «Гарна мисля приходить опісля». Суть методу ПМА полягає в проведенні через якийсь час після першої, повторної «мозкової атаки». Як показала практика використання цього методу, під час повторної мозкової атаки часто висловлюються більш цікаві й глибокі ідеї, ніж при першому обговоренні. Це викликано інтенсивною роботою мозку на підсвідомому рівні в період між обговореннями. Цей період може варіюватися в досить

широких межах – від декількох годин до декількох днів. Досвідчені адміністратори часто не знають про існування методу подвійної «мозкової атаки», проте використовують його у своїй роботі. Наприклад, вони проводять індивідуальні обговорення проблеми з членами адміністративної ради напередодні наради, на якому передбачається прийняття рішень зі складних проблем. Аналогічні цілі досягаються шляхом попереднього поширення серед членів ради повістки наради та проектів рішення.

Масова «мозкова атака», запропонована Дж. Дональдом Філіпсом (США), дозволяє істотно збільшити ефективність генерування нових ідей у великій аудиторії (кількість учасників варіюється від 20 до 60 осіб).

Особливість цієї модифікації методу полягає у тому, що присутніх поділяють на малі групи чисельністю 5 – 6 осіб. Керівник кожної групи є одночасно керівником усієї сесії. Після поділу аудиторії на малі групи кожна проводить самостійну сесію прямої мозкової атаки.

Тривалість роботи малих груп може бути різною або визначеною, наприклад, 15 хвилин. Після генерування ідей у малих групах проводиться їх оцінка. Потім обирають найбільш оригінальну.

Метод зворотної «мозкової атаки» широко використовується у творчій діяльності. У його основі лежить закономірність прогресивної конструктивної еволюції технічних об'єктів, відповідно до якої перехід до нових зразків і поколінь відбувається шляхом виявлення й усунення вже існуючих недоліків (протиріч).

Задачі розвитку технічної системи вимагають усунення виникаючих протиріч. Різного роду протиріччя можуть не проявитися в явному вигляді й через це можуть випасти з поля зору проєктувальників нових систем на стадії їх створення. Крім того, низка протиріч може виявитися тільки через якийсь час після початку експлуатації системи. Тому при створенні нової системи або окремого виробу вирішуються дві творчі задачі.

1. Виявляються наявні або очікувані в найближчій перспективі протиріччя в існуючій системі або технічному об'єкті.
2. Знаходяться шляхи усунення цих недоліків у знов створюваних системах і об'єктах.

Перша задача виявляється не менш простою, ніж друга, оскільки методи її розв'язання мають забезпечувати не тільки виявлення усіх відомих, а й прогнозування всіх майбутніх недоліків. Інакше кажучи, повний список недоліків (незалежно від причини їх виникнення) має відбивати всі можливі відхилення дійсно існуючого положення від бажаного. Для

6. Синтетична стадія:

6.1 – визначити, як необхідно змінити надсистему;

6.2 – перевірити, чи може змінена система змінитися по-новому;

6.3 – використати знайдену ідею чи протилежну знайденій при розв'язанні інших технічних задач.

Розвиток АРВЗ іде двома напрямками:

- ♦ повніше враховуються психологічні фактори, що робить його гнучкішим;
- ♦ вдосконалюється система пошуків на всіх стадіях творчого процесу, що робить його точнішим.

Дві перші стадії творчого процесу винахідника присвячено вибору задачі та уточненню її умов, бо вихідне її формулювання майже завжди неточне чи навіть буває помилковим.

Оператор РВВ – серія розумових експериментів, які допомагають подолати звичні уявлення про об'єкт. При його застосуванні розглядаються зміни задачі при зміні розміру (Р), ваги (В) та вартості (В) від нуля до безкінечності.

Третя частина розпочинається з визначення ідеального кінцевого результату, вірно сформулювати який означає надійно вийти на ефективний шлях розв'язання задачі. Існують два правила, які допомагають точніше визначити ідеальний результат:

- 1) не слід загадувати наперед, можливий чи неможливий ідеальний результат;
- 2) не треба думати наперед про те, як і якими шляхами буде досягнуто ідеальний кінцевий результат.

Є безліч винахідницьких задач. Але суперечності, які в них є, досить часто повторюються, тобто існують типові суперечності, і, отже, повинні існувати типові прийоми їх усунення. Дійсно, статистичне дослідження винаходів виявляє 40 найефективніших прийомів усунення технічних суперечностей. Ось вони:

- 1) принцип дроблення – розділити об'єкт на незалежні частини, виконати його розбірним, здрібнити об'єкт;
- 2) принцип винесення – відділити від об'єкта «зайву» частину чи виділити «необхідну»;
- 3) принцип місцевої якості – перейти від однорідної структури до неоднорідної;

- 1.3 – визначити, розв’язання якої задачі доцільніше – прямої чи обхідної;
- 1.4 – визначити необхідні кількісні показники;
- 1.5 – внести поправку на час;
- 1.6 – уточнити вимоги, викликані конкретними умовами впровадження.

2. Уточнення умов задачі:

- 2.1 – уточнення задачі на основі патентної літератури;
- 2.2 – застосування оператора РВВ (розмір, вага, вартість);
- 2.3 – аналіз умов задачі – виділення елементів, які можна міняти, важко міняти, неможливо міняти.

3. Аналітична стадія:

- 3.1 – складання ІКР (ідеального кінцевого результату);
- 3.2 – накреслити те, що було до ІКР, і те, що стало після ІКР, у частині, яка не може здійснити необхідної дії при необхідних умовах;
- 3.3 – подумати, чому ця частина не може цього зробити;
- 3.4 – за яких умов вона це може зробити;
- 3.5 – що необхідно зробити, щоб виділена частина об’єкта набула властивостей, відзначених у п. 3.4;
- 3.6 – сформулювати спосіб, який може практично бути здійснено;
- 3.7 – дати схему пристрою для здійснення способу.

4. Попередня оцінка знайденої ідеї:

- 4.1 – оцінити, що досягається пропозицією – поліпшення, погіршення, подорожчання;
- 4.2 – вирішити, що необхідно зробити для попередження погіршення;
- 4.3 – розібратися, у чому погіршення;
- 4.4 – порівняти виграш та програш.

5. Оперативна стадія:

- 5.1 – перевірити можливість застосування прийомів усунення – вирішення технічної суперечності;
- 5.2 – перевірити можливість застосування фізичних ефектів та явищ;
- 5.3 – перевірити можливість зміни у часі;
- 5.4 – подумати, як розв’язуються аналогічні задачі;
- 5.5 – перевірити можливість змін в об’єктах, працюючих спільно з даним об’єктом.

розв’язання зазначеної задачі вітчизняним дослідником Є. А. Олександровим було запропоновано метод зворотної мозкової атаки (ЗМА), що був надалі модифікований Г. Я. Бушем. Цей метод називають іноді діалогом із деструктивною віднесеною оцінкою [23].

Метод ЗМА може бути використано при розв’язанні, наприклад, випливаючих питань і задач:

- ♦ уточнення постановки винахідницьких і раціоналізаторських задач;
- ♦ розробка технічного завдання або технічної пропозиції;
- ♦ експертиза проекту на будь-якій стадії розробки;
- ♦ оцінка ефективності закуповуваних виробів;
- ♦ оцінка ефективності прийняття адміністративних рішень.

Ефективність проведення ЗМА багато в чому залежить від чіткості формулювання задачі. Формулювання задачі для ЗМА має містити короткі й досить вичерпні відповіді на такі питання.

Що являє собою система, яку потрібно поліпшити?

Які недоліки системи, пов’язані з її виробництвом, функціонуванням, експлуатацією, обслуговуванням і утилізацією вже відомі?

Що потрібно одержати в результаті проведення «мозкової атаки»?

На що потрібно звернути особливу увагу?

Якщо формулювання задачі містить дуже спеціальні й не зрозумілі для учасників обговорення терміни, необхідно зробити другу загальнодоступну редакцію попереднього формулювання – без спеціальних термінів.

У деяких випадках найбільш ефективним виявляється комбінування методів прямої та зворотної «мозкових атак». Таку комбінацію можна використовувати, наприклад, для прогнозування розвитку техніки (й не тільки техніки). Для цього за допомогою зворотної «мозкової атаки» виявляють усі недоліки існуючого виробу або системи й виділяють серед них головні. Потім проводять пряму «мозкову атаку» з метою усунення виявлених головних недоліків і намічають шляхи удосконалення об’єктів даного класу. Для прогнозування недоліків технічного об’єкта проводять спочатку пряму МА і готують проекти найбільш перспективних рішень, а потім проводять ЗМА для виявлення можливих недоліків цих рішень.

Передбачається поетапне виконання таких процедур:

- ♦ формування малих груп, оптимальних за чисельністю й психологічною сумісністю;

- ♦ створення групи аналізу проблемної ситуації, формування вихідної винахідницької задачі в загальному вигляді, повідомлення задачі разом з описом деструктивної відносно оцінки всім учасникам діалогу;
- ♦ генерування ідей за правилами прямої колективної «мозкової атаки» (особлива увага звертається на створення творчої, невимушеної обстановки);
- ♦ систематизація й класифікація ідей. Вивчаються ознаки, за якими можна об'єднати комплексні ідеї, і, згідно з цими ознаками, ідеї класифікуються в групи. Складається перелік груп ідей, що відбивають загальні принципи, підходи до розв'язання творчої задачі;
- ♦ деструктування ідей, тобто оцінка ідей на можливість реалізації у процесі «мозкової атаки». «Мозкову атаку» на цьому етапі спрямовано тільки на всебічний розгляд можливих перешкод на шляху до реалізації висунутих ідей;
- ♦ оцінка критичних зауважень, висловлених під час попереднього етапу, та складання остаточного списку практично використовуваних ідей. У список вносяться тільки ті ідеї, що їх не було відкинуто внаслідок критичних зауважень і контрідей.

Найбільш ефективні результати досягаються у випадках, коли всі учасники «мозкової атаки» раціонально розподіляються на такі групи: генерування ідей; аналізу проблемної ситуації й оцінки ідей; генерування контрідей.

Вище коротко описано найтипівіші модифікації методу «мозкової атаки». Зустрічаються й інші назви цього методу: «мозкового штурму», «віднесеної оцінки».

Термін «мозкова атака» нам представляється не зовсім вдалим, оскільки «мозок» – поняття фізіологічне, а «атака», «штурм» – поняття, запозичені з військового лексикону. В. І. Андреев вважає, що, з педагогічної точки зору, більш вдало даний метод назвати «методом колективного пошуку оригінальних ідей».

Метод колективного пошуку оригінальних ідей базується на педагогічних закономірностях і відповідних їм принципах:

- ♦ співтворчості (співробітництва) педагога й учнів. Педагог, спираючись на демократичний стиль спілкування, заохочуючи фантазію, несподівані асоціації, стимулює зародження оригінальних ідей і виступає як їх співавтор. Чим більш розвинені здібності педагога до співробітництва (співтворчості), тим ефективніше, за інших умов, способи розв'язання творчих задач його учнями;

може бути суперечливий відносно цілої групи показників. У цьому випадку має місце так зване технічне протиріччя, яке полягає в тому, що поліпшення показника z_n викликає погіршення показника z_k . У цьому випадку завдання інженера полягає у відшуванні способів подолання технічного протиріччя, тобто у відшуванні такого евристичного прийому, який дозволяє поліпшити z_i без відповідного погіршення z_n . Якщо й цей прийом приводить до нового протиріччя (наприклад, замість погіршення z_n відбувається погіршення z_1), необхідно знайти новий додатковий прийом, що усуває й це протиріччя. У кінцевому рахунку завдання полягає у відшуванні такої сукупності евристичних прийомів, які дозволять перебороти всі основні технічні протиріччя [2].

Поняття про технічне протиріччя засноване на тому, що будь-яка технічна система, машина або процес характеризуються комплексом взаємозалежних параметрів: z_1 – продуктивність; z_2 – маса; z_3 – вартість; z_4 – надійність і т. д. Спроба поліпшити один параметр z_i при розв'язанні задачі відомими способами неминує приводить до погіршення якого-небудь іншого параметра z_n , тобто $(z_i) \uparrow \rightarrow (z_n) \downarrow$. Типовими технічними протиріччями є: міцність – маса, продуктивність – точність, якість – вартість і т. д.

14.5. Алгоритми розв'язання винахідницьких задач

У широкому розумінні алгоритмом називають будь-яку програму планомерно спрямованих дій, які показують, як і в якій послідовності можна одержати результат, однозначно зумовлений вихідними даними. Програмі вирішення винахідницьких задач названо алгоритмом саме у цьому розумінні. Як будь-який аргумент, АРВЗ дає результати, які залежать від знання методів наукових досліджень (див. підрозділи 6...10), фізичних ефектів та вміння ними користуватися.

Дотепер створено багато модифікацій алгоритмів пошуку технічних рішень, в основі яких лежить алгоритм винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера [4, 6, 12]. Модифікації алгоритмів призначено тільки для одержання загальної стратегії розв'язання задачі і вони не передбачають конструктивно-технологічне пророблення отриманого рішення.

АРВЗ розвивався та удосконалювався Г. С. Альтшуллером протягом 25 років. Тому за роками їх публікації є АРВЗ-59, АРВЗ-61, АРВЗ-64, АРВЗ-68 та АРВЗ-71. Розглянемо АРВЗ-71. Він поділяє творчий процес на шість стадій, які складаються з кроків:

1. Вибір задачі:

- 1.1 – визначити кінцеву мету розв'язання задачі;
- 1.2 – перевірити обхідний шлях;

сформульовано, якщо визначено: реальну технічну систему та її недолік, ідеальний кінцевий результат (ідеальна технічна система) і виявлено протиріччя між ними.

Ідеальний кінцевий результат – ідеальне рішення – це найбільш сильне з усіх мислимих і немислимих рішень даної задачі. Воно засновано на поняттях: ідеальна машина (тобто машини нема, але необхідна дія виконується); ідеальний спосіб (тобто витрати енергії й часу нема, але необхідна дія виконується) та ідеальна речовина (тобто речовини нема, а її функція виконується) і т. д.

Під ідеальним кінцевим результатом (ІКР) розуміється деяка сукупність ідеальних значень $z_1^0, z_2^0, \dots, z_i^0, \dots, z_n^0$ тих часткових показників якості системи (пристрою) $z_1, z_2, \dots, z_n$, кожний з яких бажано одержати в процесі рішення винахідницької задачі ідеальним (екстремальним). Звичайно ідеальне значення z_i^0 показника z_i – це найкраще значення, яке можна одержати в результаті вирішення задачі як граничне без порушення основних законів природи. При цьому не приймаються до уваги різні технічні обмеження як на даний показник якості системи, так і на інші показники. Таким чином, ідеальним значенням показника якості є його екстремальне значення, тобто або $z_i \rightarrow 0$, або $z_i \rightarrow \infty$.

Сформулювати ІКР – це значить представити систему (пристрій, процес), яка має визначену сукупність ідеальних показників якості, і визначити їх ідеальні значення.

Нехай у рамках ілюстративного прикладу основними показниками, які характеризують розроблювану швейну машину, є такі: z_1 – продуктивність; z_2 – маса; z_3 – вартість; z_4 – імовірність відмов у заданий проміжок часу; z_5 – споживана потужність і ін.

Для цих параметрів як ІКР бажано було б обрати систему, у якої $z_1 \rightarrow \infty$, $z_2 \rightarrow \infty$, $z_3 \rightarrow \infty$, $z_4 \rightarrow \infty$, $z_5 \rightarrow \infty$.

Задача досягнення ІКР може виявитися нереальною, якщо збільшувати кількість показників якості розроблюваної системи та прагнути одержати її ідеальною. Тому звичайно інженер у своїй діяльності прагне обмежити кількість ідеалізуємих показників якості. Так, якщо при розробці системи відомі прототипи мають цілком прийнятні значення показників z_i і z_n , але незадовільні значення інших параметрів, винахідницьку діяльність інженера має бути спрямовано на створення системи, ІКР якої складається із сукупності $z_1 \rightarrow \infty$, $z_2 \rightarrow \infty$, $z_i \rightarrow \infty$, $z_n \rightarrow \infty$.

Відзначимо, що в процесі формулювання ІКР деякі показники якості можуть бути або суперечливими відносно один одного, або один з них

- ♦ довіри до творчих сил і здібностей учнів. Усі учні виступають на рівних: жартом, вдалою реплікою вчитель заохочує найбільшу творчу ініціативу своїх учнів;
- ♦ оптимального сполучення інтуїтивного й логічного. В умовах генерування ідей оптимальним є послаблення активності логічного мислення й усіляке заохочення інтуїції. Цьому чимало сприяють і такі правила, як заборона критики, відстрочені логічний і критичний аналіз генерованих ідей.

У чому цінність методу колективного пошуку оригінальних ідей? До безсумнівних достоїнств варто віднести те, що він урівнює всіх членів групи, тому що авторитарність педагогічного керівництва у процесі його застосування неприпустима. Лень, рутина мислення, раціоналізм, відсутність емоційного «вогника» в умовах застосування цього методу як би автоматично знімаються. Доброзичливий педагогічний мікроклімат створює умови для розкритості, активізує інтуїцію й уяву.

Недоліки й обмеження методу полягають у тому, що його застосування дозволяє висунути, знайти творчу ідею лише в найзагальнішому вигляді.

Метод не гарантує ретельну розробку ідеї. Він також незастосовний або має обмеження в застосуванні, якщо творча задача вимагає великих попередніх розрахунків, обчислень.

Застосування методу колективного пошуку оригінальних ідей вимагає порівняно високої педагогічної майстерності, здібностей до імпровізації, почуття гумору. У процесі його застосування іноді створюється ілюзія якогось найбільш імовірного засобу, прийому, підходу до розв'язання творчої задачі. Логіка мислення групи спрямовується найчастіше саме в цьому напрямку, але цей найбільш очевидний підхід для тих, хто розв'язує задачу, іноді виявляється помилковим.

У табл. 10.2 наведено основні правила застосування методу колективного пошуку оригінальних ідей (у тому числі й технічних), що запропонував В. І. Андреев для роботи зі школярами.

Метод Дельфі. Назва методу є умовною і пов'язана з давньогрецьким містом Дельфі [21]. На відміну від методу «мозкової атаки» його може бути названо незалежним інтелектуальним експериментом, оскільки кожен експерт висловлює свою думку незалежно від думки своїх колег. При цьому заохочується ізолюваність експертів, дотримується професійна таємниця письмового діалогу між прогнозістом і кожним експертом, що сприяє виключенню впливу авторитетів і «тиску» на експерта.

Таблиця 10.2

**Евристичні правила застосування методу колективного пошуку
оригінальних ідей (за В. І. Андрєєвим)**

Для педагога	Для учнів (студентів)
Учні класу поділяються на малі навчальні групи по 5 – 7 чоловік: а) групу генерування ідей; б) критичного аналізу запропонованих ідей; в) захисту ідей, що піддані критиці; г) остаточної оцінки запропонованих ідей. Не виключена можливість, що всі учні класу поетапно виконують усі вищевказані функції розв'язання творчої задачі послідовно	Обговорення проблеми починайте з далеких підходів, бажано неодноразово її переформулювати
Прагніть до доброзичливого, демократичного стилю спілкування, а для цього необхідно надавати всім учнем рівні права для висловлення будь-яких ідей, міркувати вголос, використовувати підходящу репліку, жарт	Висунуті ідеї доцільно фіксувати, наприклад, записувати в зошиті, на дошці або за допомогою магнітофона
Постійно заохочуйте й направляйте хід дискусії, прилучаючи до розв'язання творчої задачі всіх її учасників	На етапі генерування ідей будь-яку критику заборонено
На перших етапах (генерування ідей) ніхто з учнів не має права критикувати пропозиції, висунуті ідеї, висловлювати іронічні зауваження. Педагог має домагатися абсолютної заборони критики	Будьте доброзичливими один до одного, не забувайте, що почуття гумору і позитивні емоції добре стимулюють фантазію й уяву
У процесі генерування ідей постійно заохочуйте й направляйте хід дискусії, спонукайте учнів до пошуку аналогій, об'єднання або, навпаки, роз'єднання елементів, інтенсифікації або, навпаки, уповільнення аналізованих процесів, пошуку всіх нових функцій об'єкта і т. д.	Використовуйте аналогії, спробуйте об'єднати або, навпаки, роз'єднати елементи, інтенсифікувати або сповільнити аналізований процес і т. д.
На етапі критики ідей будь-яку форму їх захисту заборонено. Автор висловленої ідеї має і сам висловити думку про її недоліки	
На заключних етапах дискусії критику знову заборонено, висловлюються лише пропозиції на користь конкретизації, розвитку найбільш оригінальної ідеї, пропозиції до її практичного здійснення	
Загальний підсумок висунутих ідей, узагальнюючих критичних зауважень підводить педагог	

Технічне рішення вважається позитивним або ідеальним, якщо воно забезпечує технічному об'єкту зменшення габаритів, маси, енергоспоживання; підвищення ККД, якості матеріалів, надійності роботи, що знижує негативний вплив на людину і навколишнє середовище та низку інших. Для пошуку ідеальних технічних рішень треба на якийсь час стати фантастом, спробувати уявити і докладно описати технічне рішення майбутнього технічного об'єкта заданого класу. Це рішення має забезпечити реалізацію тієї або іншої названої функції, надати технічному об'єкту трохи або хоча б одну з важливих перерахованих ідеальних властивостей. На цій базі пізнання об'єкта формується ідеальне рішення або ідеальний кінцевий результат (ІКР) і визначається фізичне протиріччя, що заважає його досягненню (див. *рис. 14.10*) [2, 4].

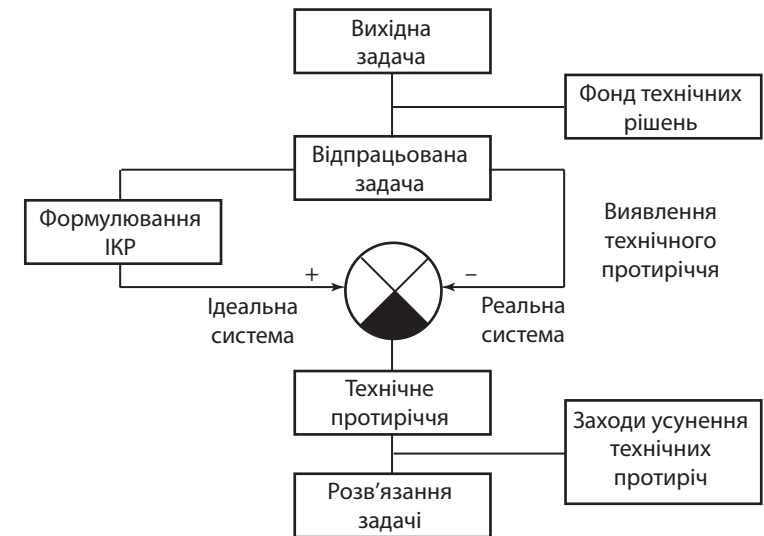


Рис. 14.10. Схема виявлення й усунення технічного протиріччя

Найвищим досягненням конструкторської розробки є розв'язання задачі на рівні відкриття й винаходу (див. підрозділ 15.2). Винахідницька – це задача, яка містить технічне протиріччя, нерозв'язне відомими технічними засобами й знаннями, причому умови задачі виключають компромісне рішення. Якщо технічне протиріччя переборене – винахідницьку задачу вирішено, отримано винахід. Поява нових винаходів – основна форма розвитку й створення нової техніки та технології.

Думаючи, що винахід – це нове технічне рішення, отримане у результаті подолання протиріччя, вважають, що умови винахідницької задачі

тіла – тверді, рідкі, газоподібні речовини, їх сполучення, а також елементарні частки, іони, молекули, атоми і т. д. Якщо піддати фізичний об'єкт визначеному впливу, то має місце фізичний ефект, тобто результат такого впливу.

До впливів належать різні поля (електричні, магнітні, гравітаційні, теплові й ін.), а також різного роду зміни параметрів об'єкта (вологість, температура, швидкість і т. д.). Результати впливу, тобто власне ефекти, можуть бути також найрізноманітнішими: зміна температури, міцність матеріалів, виникнення електричного струму, руху і т. д. Вивчення й застосування тих або інших фізичних ефектів і явищ, аналіз корисних і шкідливих їх проявів дає можливість знайти оптимальне рішення. Схему пошуку розв'язання задач за допомогою показника фізичних ефектів і явищ подано на *рис. 14.9*.

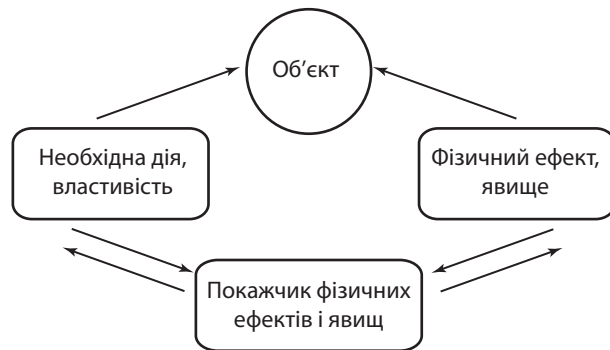


Рис. 14.9. Схема пошуку розв'язання задачі за допомогою показника фізичних ефектів і явищ

Прикладами деяких технічних рішень, заснованих на застосуванні фізичних ефектів і явищ, є: термометри опору; високочастотне зварювання матеріалів, ультразвукові пристрої (датчики) зміни відстані; інші різні датчики (акселерометри).

Для широкого застосування фізичних ефектів у практичній роботі розроблено алгоритми розв'язання винахідницьких задач та універсальний фонд фізичних ефектів, описаних в підрозділах 14.5, 14.7. У даний час він містить близько 1000 ефектів, але не всі фізичні ефекти забезпечені довідково-пошуковим апаратом як за типом впливу, так і за результатами. У той же час у фізиці вже зараз відомо майже 5 тисяч ефектів. Більшість із цих фізичних ефектів може бути успішно використано при створенні апаратних засобів, датчиків, систем управління й діагностування машин.

Розрізняють чотири основні різновиди методу Дельфи: простої ранжировки (метод переваги), завдання вагових коефіцієнтів, послідовних порівнянь, парних порівнянь. Метод простої ранжировки полягає в тому, що кожного експерта просять розташувати ознаки в порядку переваги. Метод завдання вагових коефіцієнтів – присвоєння кожній з ознак вагових коефіцієнтів, які може бути представлено двома способами: усім ознакам призначають вагові коефіцієнти так, щоб сума коефіцієнтів дорівнювала якому-небудь фіксованому числу (наприклад, одиниці, десяти, ста і т. д.); найбільш важливій з усіх ознак додають ваговий коефіцієнт, рівний якомусь фіксованому числу, а іншим – коефіцієнти, рівні часткам цього числа.

Метод парних порівнянь застосовують при наявності великої кількості альтернатив. Відповідно до цього методу всі ознаки попарно порівнюють між собою і на основі оцінок парних порівнянь шляхом подальшої обробки знаходять оцінку кожної ознаки. Для полегшення процедури попарного порівняння ознак звичайно складають таблицю матриці парних порівнянь.

У даний час метод Дельфі – це ітераційна процедура, що дозволяє піддати думку кожного експерта критичному аналізу з боку всіх інших.

Наведемо практичний приклад з роботи [21]. Припустимо, перед групою експертів, що складається з 12 фахівців, поставлено задачу оцінки тривалості виконання визначеного заходу, наприклад, перехід парку автомобілів на газове паливо.

Порядок застосування даного методу такий:

- керівник експертизи індивідуально ставить задачу перед експертами й одержує їх оцінки, тобто тривалість реалізації заходу;
- при обробці оцінки експертів розташовуються в порядку зростання, наприклад:

експерт №	Оцінка експертами (перший тур) тривалості заходу, місяці
E9	10
E8	11
E5	12
E7	13
E12	14
E10	16
$Q_1 \text{ (або } \bar{x} - \sigma) = 12,5$	
$M = Q_2 \text{ (або } \bar{x}) = 17$	

E4	18	Q_3 (або $\bar{x} + \sigma$) = 21,5
E3	20	
E11	21	
E1	22	
E2	24	
E6	25	

3) на шкалі оцінок наносяться квантилі Q_1 , $M = Q_2$, Q_3 таким чином, щоб кількість експертів і оцінок розділити на чотири рівні частки. M – медіанне значення результатів опитування експертів, що поділяє їх на дві рівні частини. Іноді як оцінки приймається $\bar{x} - \sigma$ (замість Q_1), (замість M), $\bar{x} + \sigma$ (замість Q_3);

4) після обробки даних кожному члену групи індивідуально повідомляються такі результати першого туру: $Q_1 = 12,5$, $M = 17$, $Q_3 = 21,5$ міс. і пропонується в другому турі переглянути свою оцінку, причому, якщо нова оцінка більше $Q_3 = 21,5$ або менше $Q_1 = 12,5$, експерту рекомендується в письмовому вигляді обґрунтувати свою думку;

5) визначаються результати другого туру й нові значення Q_1' , M' , Q_3' повідомляються всім експертам. Як правило, після кожного туру дисперсія оцінок скорочується. Звичайно процедура продовжується 3 – 4 рази, після чого аргументи експертів повторюються, а варіації оцінок стабілізуються. Як групова думка приймається медіана завершального туру, тобто $M_{ЗАВ}$.

Точність методу Дельфі збільшується зі зростанням кількості експертів та кількості ітерацій і скорочується зі збільшенням інтервалу часу між турами й відповідями членів групи.

Переваги даного методу – анонімність, оперативність, керований зворотний зв'язок, можливість оцінки мотивації при зміні думки експерта.

Основний недолік методу: вплив думки більшості на експертів, які дали крайні оцінки (менше Q_1 і більше Q_3), у наступних за першим туром ітераціях.

10.4. Метод контрольних питань

Метод контрольних питань полягає в пошуку рішень задачі за допомогою спеціально підготовленого переліку (списку) навідних запитань. Існує велика розмаїтість списків контрольних питань від дуже простих до досить складних. Достаток питань у списку не означає, що відповідь на

Існує переконання, що конструктор впливає на величину виробничих витрат. Однак ці витрати залежать, переважно, від підготовки виробництва й самого виробничого процесу. Однак більш глибоке дослідження показує, що конструкторські роботи можуть визначальним образом впливати на собівартість виробу (рис. 14.8). Рис. 14.6 – 14.8 [14] мають орієнтовний якісний характер. Основні фактори, від яких залежить цінність сконструйованої системи: кваліфікація конструктора (рис. 14.6), час конструювання та кількість удосконалень.



Рис. 14.8. Приблизний розподіл витрат при одиничному виробництві складних виробів

14.4. Вибір цілей і засобів у пошуках вирішення протиріч у технічній творчості

Межі розвитку технічних об'єктів часто проходять за стилями прогресивних конкурентоздатних і тупикових (нежиттєздатних і неконкурентоздатних) технічних рішень.

Вибору нового технічного рішення можуть допомогти прийоми ідеального технічного рішення. Технічне рішення вважається ідеальним, якщо воно забезпечує технічному об'єкту надання корисних якостей (або усунення шкідливих) без погіршення інших якостей (або появи шкідливої якості).

Для ідеального розв'язання задачі може бути використано фізичні ефекти та явища, закони та наукові відкриття. Саме ці результати пізнання лежать в основі всіх конкретних технічних рішень, формуючи принцип дії або ідею рішення. Фізичними об'єктами можуть бути матеріальні

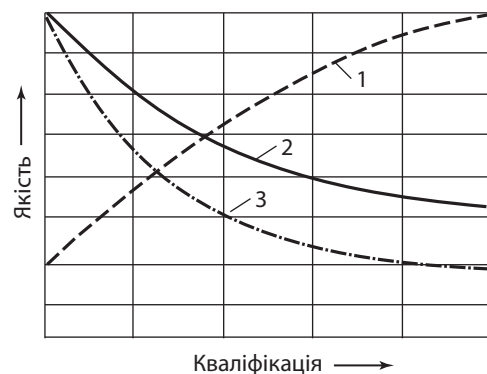


Рис. 14.6. Вплив кваліфікації конструкторів на якість розробки:

1 – сукупна цінність (якість); 2 – витрати матеріалів; 3 – виробничі витрати

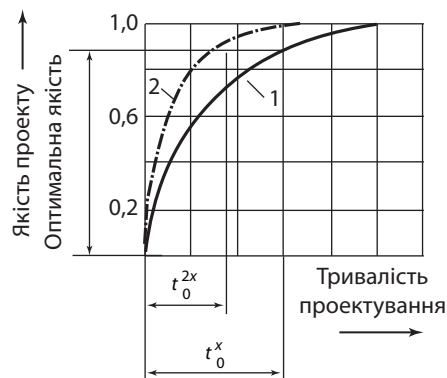


Рис. 14.7. Залежність якості проекту від тривалості процесу конструювання й кількості конструкторів:

1 – x конструкторів; 2 – 2x конструкторів

прискорення роботи. Графік рис. 14.7 підходить тільки для добре підібраного й організованого конструкторського колективу, який має певний обсяг спеціальних знань. Для іншого колективу графік виглядав би інакше; так, наприклад, для більш слабкого колективу відстань між кривою й асимптотою ідеального рішення на графіку була б значно більшою, а нахил кривої – менш крутим. Будь-яке вдосконалення існуючої технічної системи має приводити до одержання нових властивостей або до досягнення більш високих рівнів існуючих властивостей. Однак можливості вдосконалення існуючих технічних систем обмежені (див. рис. 4.3).

кожне з них має привести до нової ідеї. Схему методу контрольних питань наведено на рис. 10.3. Надія покладається на те, що при відповіді на поставлені питання настає те «осяяння», що приводить до потрібної ідеї вирішення задачі. Метод може застосовуватися або у формі монологу інженера, що звертається до самого себе, або діалогу, наприклад, у вигляді питань, що задаються керівником «мозкового штурму» членам групи «генераторів» ідей.

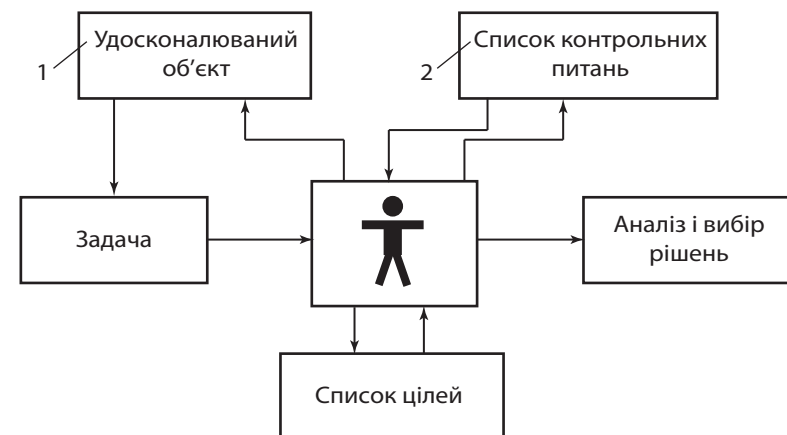


Рис. 10.3. Схема методу контрольних питань

Залежно від специфіки розглянутого об'єкта або цілей аналізу питання можуть бути найрізноманітнішими – від дуже простих до досить складних. Велика кількість питань у списку не означає, що відповіді на кожне з них повинні привести до нової ідеї. Якщо в результаті пошуку рішення за допомогою цього методу буде отримано хоча б одну цікаву ідею, можна вважати, що запитальник свою задачу виконав. Деякі списки містять не питання, а короткі рекомендації, в інших є і те й інше.

Існує велика розмаїтість списків контрольних питань. Однак частіше інших застосовуються універсальні запитальники, складені А. Осборном і Т. Ейлоартом [2, 24, 25].

Список контрольних питань за А. Осборном містить дев'ять груп питань.

1. Яке нове застосування технічному об'єкту ви можете запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?
2. Чи можливе розв'язання винахідницької задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує вам даний технічний

об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи були в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт потрібно випередити?

3. Які модифікації технічного об'єкта можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, скручування, повороту? Які зміни призначення (функції), кольору, руху, запаху, форми, обрисів можливі? Інші можливі зміни?
4. Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна приєднати? Чи можливе збільшення часу служби, впливу? Збільшити частоту, розміри, міцність? Підвищити якість? Приєднати новий інгредієнт? Дублювати? Чи можлива мультиплікація робочих елементів або всього об'єкта? Чи можливі перебільшення, гіперболізація елементів або всього об'єкта?
5. Що можна в технічному об'єкті зменшити? Що можна замінити? Чи можна що-небудь ущільнити, зжати, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, скоротити, звузити, відокремити, роздрібнити?
6. Що можна в технічному об'єкті замінити? Що, скільки замінити і з чим? Інший інгредієнт? Інший матеріал? Інший процес? Інше джерело енергії? Інше розташування? Інший колір, звук, висвітлення?
7. Що можна перетворити в технічному об'єкті? Які компоненти можна взаємно замінити? Змінити модель? Змінити розбивку, розмітку, планування? Змінити послідовність операцій? Транспонувати причину й ефект? Змінити швидкість або темп? Змінити режим?
8. Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати додатне й від'ємне. Чи можна обміняти місцями протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед? Перевернути низом нагору? Обміняти місцями? Поміняти ролями? Перевернути затиски?
9. Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі? Чи можна створити суміш, сплав, новий асортимент, гарнітур? Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати цілі? Комбінувати привабливі ознаки? Комбінувати ідеї?

Список контрольних питань, складений Т. Ейлоартом, являє собою програму роботи талановитого винахідника, зумовлену питаннями й завданнями, що вимагають розвиненої уяви та глибоких різнобічних знань. За сутністю, він дав програму роботи талановитого винахідника з фанатичною наполегливістю, що намагається розв'язати задачу методом проб і

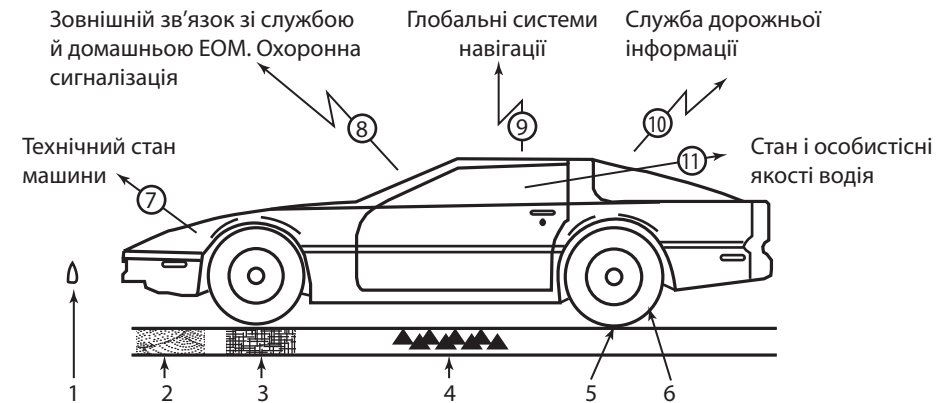


Рис. 14.4. Схема системи «людина-машина-умови експлуатації»:

- 1 – погодні умови; 2 – дорожнє покриття; 3 – раптова зміна дорожнього покриття;
4 – стан дорожнього покриття; 5 – вага автомобіля й колеса при ковзанні;
6 – стан шини; 7 – технічний стан автомобіля, оснащеного і не оснащеного АБС;
8...11 – бортові системи зовнішнього зв'язку і технічного стану автомобіля



Рис. 14.5. Схема одержання інформації про технічний стан машини

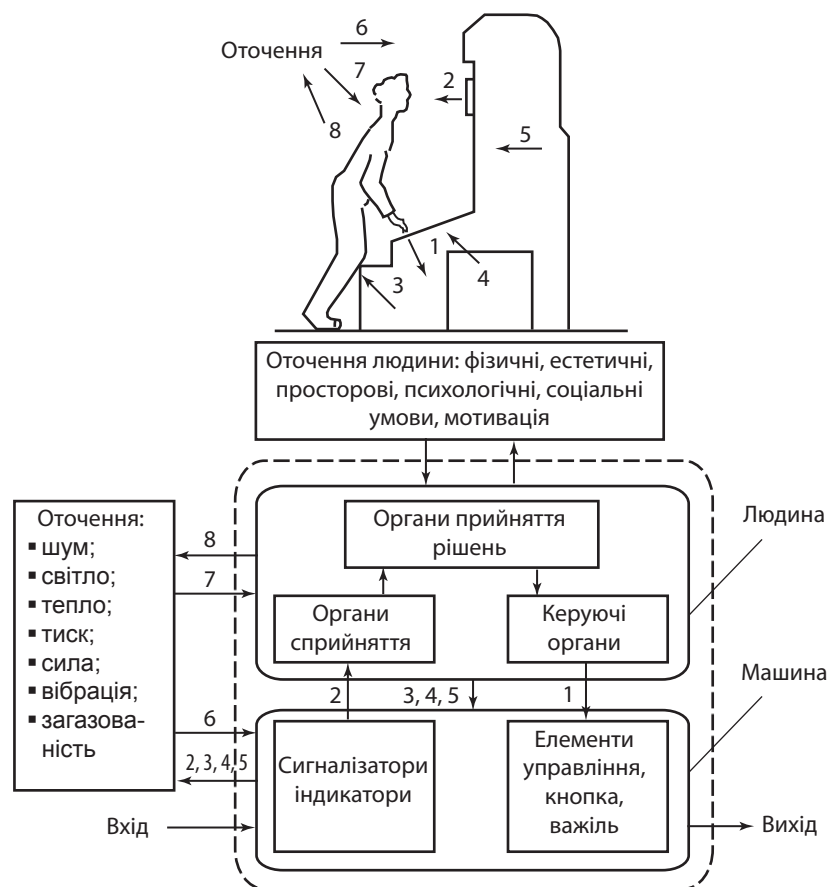


Рис. 14.3. Відносини в системі людина-машина:

1 – обслуговування й управління; 2 – сигнали про функціонування; 3 – фізичні перешкоди; 4 – шуми; 5 – вібрація, тепло; 6 – вплив оточення на машину (технічну систему); 7 – вплив оточення на людину; 8 – вплив людини на оточення

Вегербауер побудував залежність якості проекту (як міри виконання поставлених вимог) від кваліфікації конструкторів (рис. 14.6) [14]. На жаль, терміни «кваліфікація» та «якість проекту» не мають точного визначення і тому не одержали кількісного вираження. Залежність якості проекту від тривалості конструювання й кількості учасників показано на рис. 14.7. Чисельність конструкторського персоналу можна виразити кількістю грошових витрат в одиницю часу. З рис. 14.7 видно, що, з одного боку, за час t_0^x якість зростає відносно повільно, а з іншого – використання подвійної чисельності конструкторського персоналу не забезпечує пропорційного

помилки. Деякі питання вимагають розвиненої уяви, інші – глибоких і різнобічних знань. Є і питання по-своєму дуже тонкі, що свідчить про багатий досвід і спостережливість Т. Ейлоарта.

Список контрольних питань за Т. Ейлоартом:

1. Перелічити всі якості й визначення передбачуваного винаходу. Змінити їх.
2. Сформулювати задачі ясно. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні задачі й аналогічні. Виділити головні.
3. Перелічити недоліки наявних рішень, їх основні принципи, нові припущення.
4. Накидати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні й інші аналогії.
5. Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну й інші моделі (вони точніше виражають ідею, ніж аналогії).
6. Спробувати різні види матеріалів і енергії: газ, рідину, тверде тіло, гель, піну, пасту й ін.; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару і т. д.; різні довжини хвиль, поверхневі властивості і т. п., перехідні стани – замерзання, конденсація, перехід через точку Кюрі і т. д.; ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея й ін.
7. Встановити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні співвідношення.
8. Довідатися про думку деяких зовсім необізнаних у даній справі людей.
9. Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі ідеї без критики.
10. Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, всеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське і т. ін.
11. Спати з проблемою: йти на роботу, гуляти, приймати душ, їхати, пити, їсти, грати в теніс – усе з нею.
12. Бродити серед стимулюючої обстановки (смітник брухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), переглядати журнали, комікси.
13. Накидати таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів і т. ін. різних розв'язок проблеми в рішеннях або нові комбінації.
14. Визначити ідеальне рішення, розробляти можливі.
15. Видозмінити розв'язання проблеми з погляду часу (скоріше або повільніше), розмірів, в'язкості і т. п.
16. В уяві залізити усередину механізму.

17. Визначити альтернативні проблеми й системи, що вилучають визначену ланку з ланцюга і, таким чином, створюють щось зовсім інше, ведучи убік від потрібного рішення.
18. Чия це проблема? Чому його?
19. Хто придумав це перший? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?
20. Хто ще вирішив цю проблему? Чого він домогся?
21. Визначити загальноприйняті граничні умови й причини їх встановлення.

Варто помітити, що евристичні питання широко використовував у своїй науковій і практичній діяльності ще давньоримський філософ Квінтіліан. Він рекомендував своїм учням для збирання досить повної інформації про яку-небудь подію поставити перед собою і відповісти на сім ключових, або евристичних, питань: хто? що? навіщо? де? чим? як? коли?

Евристичним питанням приділяв багато уваги американський математик і педагог Д. Пойя, дослідження якого стали основою правил і систематизації евристичних питань. Список Д. Пойя створювався переважно для розв'язання навчальних математичних задач, але його може бути використано і для розв'язання технічних.

Список евристичних питань В. І. Андрєєва, складений на основі рекомендацій Д. Пойя [2], стимулює розв'язання творчих задач.

1. Потрібно ясно зрозуміти запропоновану задачу, а для цього необхідно поставити перед собою низку питань і завдань: що невідомо? що дано? у чому полягає умова? чи можливо задовольнити умові? чи досить умов для з'ясування невідомого? або недостатньо? або надмірно? або суперечливо? зробіть креслення; введіть підходяще позначення; розділіть умову на частини; постарайтеся записати їх.
2. На етапі пошуку ідей і складання плану розв'язання ставляться такі евристичні питання: як знайти зв'язок між даними і невідомими? чи не відома вам яка-небудь близька задача? чи не можна нею скористатися? чи можна використати метод її рішення? чи не варто ввести який-небудь допоміжний елемент, щоб скористатися колишньою задачею? чи можна сформулювати задачу інакше, простіше? чи можна придумати більш доступну задачу? більш загальну? більш відокремлену? аналогічну задачу? чи можна вирішити частину задачі, задовольнити частину умов? чи можна витягти що-небудь корисне з даних? чи всі дані й умови вами використано? чи прийнято до уваги всі поняття, що наявні в задачі?

На п'ятому етапі аналізується список додаткових вимог, пропонованих до розроблювального виробу за габаритами, масою, компонованням; за діагностикою несправностей; за складом комплектуючих виробів і матеріалів; безпеки експлуатації, собівартості, патентоспроможності; можливості придбання ліцензій на готові вузли, елементи й агрегати.

На останньому етапі аналізуються й обираються оптимальні значення параметрів технічного об'єкта й його окремих елементів. Такими може бути безліч функціональних параметрів; технічної надійності; надійності екологічної й технічної безпеки; інтелектуальна здатність і ергономічність технічного об'єкта, наприклад, *рис. 14.3* [14], *рис. 14.4* [11]. У процесі проектування виробляється системний аналіз об'єкта з урахуванням забезпечення: контролю якості експлуатації; діагностики якості експлуатації; конструктивної й технологічної надійності, систем управління експлуатаційної надійності й інших параметрів (див. *рис. 13.13, 14.4*).

Відібравши з усіх можливих варіантів один, конструктор має ретельно перевірити його на працездатність і можливість технічного втілення. Цю процедуру може бути названо «аналізом прийнятого рішення». Методами вирішення задач на даному етапі проектування виступають: кінематичний і динамічний аналіз, моделювання. Може виявитися, що обраний варіант не задовольняє умовам працездатності або в сучасних умовах не зможе знайти технічного втілення. У такому разі потрібно знову повернутися до етапу ухвалення рішення, відібрати інший варіант і провести його аналіз. На схемі процедурної моделі це відбито пунктирною стрілкою. Остаточним оформленням прийнятого рішення є технічна пропозиція.

Сучасний рівень програмування дозволяє, як і раніше, спочатку створювати макет або навіть діючу модель, але тепер уже віртуально, на екрані монітора. Сучасне проектування можна охарактеризувати як системне, оптимальне й автоматизоване.

Процедуру доведення параметрів надійності машини наведено на *рис. 14.5* [34]. Цінність технічної системи створюється в процесі конструювання й доведення машини (див. *рис. 4.3, 4.4*). Конструктор є справжнім творцем виробу й функціональних властивостей; у той же час він у меншому ступені впливає на якість виготовлення й характеристики планування та постачання, лише створюючи для них передумови. Він бере участь у формуванні зовнішнього вигляду та ергономічних властивостей, працюючи за можливістю разом із дизайнером; він також істотно впливає на економічні властивості виробу. До факторів, які впливають на результат цього процесу, належать технічні знання конструктора, тривалість конструювання, кількість учасників і складність створюваної технічної системи.

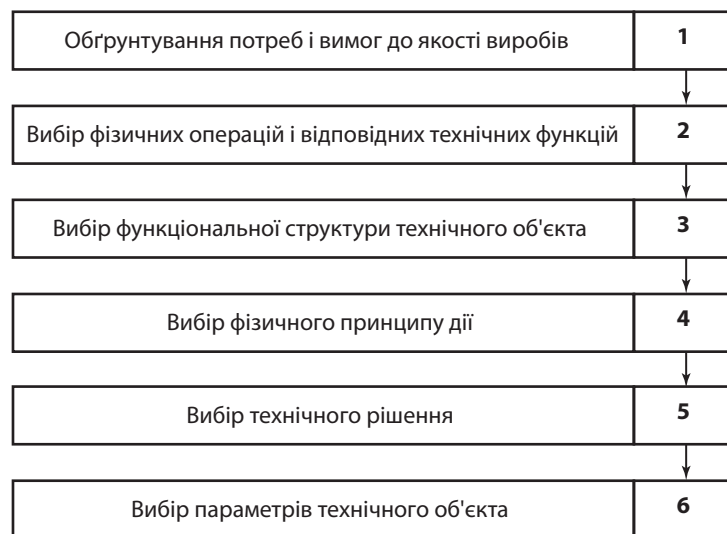


Рис. 14.2. Етапи пошуку і вибору найкращого технічного рішення

ви, інтересів галузі, замовника, проектної організації, інтереси розроблювача й особисті інтереси окремих розроблювачів (див. рис. 3.6).

На другому етапі розглядаються потоки речовин, енергії й сигналів на вході й виході технічного об'єкта, враховується дотримання умов і обмежень на ці потоки у процесі їх перетворення як усередині технічного об'єкта, так і при його взаємодії з надсистемою і навколишнім середовищем. Спрощену кібернетичну схему вибору фізичних операцій подано на рис. 4.2. Для кожного з розглянутих варіантів формулюється технічна функція, що відбиває взаємозв'язок споживчої функції технічного об'єкта з реалізовуваною ним фізичною операцією.

На третьому етапі відбувається вибір функціональної конструктивної й потокової структури з позицій найкращого задоволення прийнятої раніше споживчої функції з урахуванням аналізу відомих або з патентної й технічної літератури, або з опису аналогів і прототипів технічних об'єктів розглянутого вузла агрегату машини (див. рис. 3.5).

На четвертому етапі розробка технічного об'єкта ведеться на фізичному рівні: обирають найбільш раціональні принципи дії окремих елементів вузлів і агрегатів з обліком усіх фізичних, хімічних, біологічних і інших ефектів, що викликають інтерес. Для кожного фізичного принципу складають свої списки вимог з урахуванням економічної ситуації, соціальних вимог, виробничих можливостей, природного середовища і науково-технічної ситуації (див. рис. 3.4, 3.5).

3. Здійснюючи план розв'язання, контролюйте кожен свій крок: чи ясно вам, що початий вами крок правильний? чи зумієте довести, що він правильний?
4. Контроль і самоконтроль отриманої розв'язки припускає пошук відповідей на такі питання: чи можна перевірити результат? чи можна перевірити хід розв'язання? чи можна одержати той же результат інакше? чи можна перевірити правдоподібність, розмірність отриманого результату? чи можна в якій-небудь іншій задачі використати отриманий результат? чи можна розв'язати задачу, зворотну до цієї?

Список універсальних питань Г. Я. Буша [23, 27] для технічної творчості винахідників і дослідників є найбільш великим. Його називають ще запитальником уявного експерименту винахідника. У ньому є, наприклад, такі питання:

1. Як розв'язати задачу; якщо не рахуватися з витратами, якщо від її розв'язання залежить життя людини, якщо технічний об'єкт буде використано як іграшку або якщо об'єкт є навчальним посібником, експонатом?
2. Чи можна відкинути в минулому принципи розв'язання використати зараз при сучасних технічних можливостях?
3. Чи можна пророчити результат розв'язання задачі через 10 – 15 років з урахуванням зростання суспільних потреб?
4. Як виглядає перелік усіх основних недоліків відомих розв'язань задачі? Якою повинна бути розв'язка, якщо їх усунути?

Списки контрольних запитань розробляються шляхом аналізу й узагальнення досвіду роботи технологів підприємства. Список – це спосіб передачі досвіду, він дозволяє не упустити яких-небудь важливих моментів, звернути увагу на що-небудь, направляє й розширює можливості пошуку розв'язання.

Метод евристичних питань, відомий також як метод «ключових питань», доцільно застосовувати для збирання додаткової інформації в умовах проблемної ситуації або упорядкування вже наявної інформації у самому процесі розв'язання творчої задачі. Крім того, евристичні питання слугують додатковим стимулом, формують нову стратегію й тактику розв'язання творчої задачі. Не випадково у практиці викладання їх також називають «навідними запитаннями», тому що вдало поставлене педагогом запитання наводить учня на ідею розв'язання, правильну відповідь.

Метод евристичних питань базується на таких закономірностях і відповідних їм принципах:

- ♦ проблемності й оптимальності (шляхом мистецьки поставлених питань проблемність задачі знижується до оптимального рівня);
- ♦ дроблення інформації (евристичні питання дозволяють здійснити розбивку задачі на підзадачі);
- ♦ цілеприпускання (кожне нове евристичне питання формує нову стратегію – ціль діяльності).

Цінність методу евристичних питань полягає у його простоті й ефективності для розв'язання будь-яких задач. Евристичні питання особливо розвивають інтуїцію мислення, загальну логічну схему розв'язання творчих задач.

Недоліки й обмеження цього методу полягають у тому, що він не дає особливо оригінальних ідей і рішень і, як інші евристичні методи, не гарантує абсолютного успіху у розв'язанні творчих задач.

Не слід перетворювати метод евристичних питань у «евристичну мишоловку» для учнів, критикуючи зловживання педагогів у дробленні питань і постановку нескінченного числа дрібних питань у процесі використання евристичного методу

У *табл. 10.3* наведено основні правила застосування методу евристичних питань до учнів.

Таблиця 10.3

Правила методу евристичних питань

Для педагога	Для учнів (студентів)
1	2
Евристичне питання має стимулювати думку, а не підказувати ідею розв'язання задачі	Запам'ятовуйте найбільш характерні евристичні питання і за можливістю систематизуйте їх
У питаннях повинна бути мінімальна інформація	Ставте перед собою такі питання, що: спростили б задачу; дозволили б осмислити задачу з нової, несподіваної точки зору; стимулювали б використання отриманих знань, досвіду вирішення інших задач; дозволили б розбити задачу на підзадачі; спонукали б вас до самоконтролю

Визначення мети проектування – досить відповідальна процедура. У багатьох випадках результат розробки об'єктів нової техніки виявляється незадовільним через неправильне або неточне формулювання цілей.

Основна задача процедури вибору цілей – розпізнати загалом об'єкт проектування і його оточення (див. рис. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5). Джерелом інформації для виконання процедури є прогнози розвитку самого об'єкта і його оточення.

Після вибору цілей проектування можна приступати до процедури визначення основних ознак об'єкта. Ознаки – це те, що відрізняє об'єкт проектування від аналогів, і те, що дозволить досягти поставлених цілей. Безліч цілей і ознак включаються в технічне завдання.

Процедуру пошуку можливих рішень пов'язано з формуванням пізнавальних образів у свідомості людини. Вона найбільшою мірою спирається на творчі початки і виконується частіше неформальними методами, однак уже зараз є спроби розробляти варіанти технічного рішення за допомогою ЕОМ.

На наступному етапі проектування виконується процедура ухвалення рішення. З безлічі варіантів необхідно обрати кращий за показником або показниками, що встановлюють відповідність технічного рішення раніше визначеним цілям. Ухвалення рішення вже зараз формалізовано в значно більшій мірі, ніж попередня процедура, хоча і містить низку задач, розв'язуваних евристичним методом.

Основним джерелом інформації для порівняння варіантів служить досвід використання існуючих однотипних виробів. Досить корисну інформацію для виконання процедури несе теорія прийняття рішень.

Процес проектування спирається на узагальнені й систематизовані знання. У даний час багато чого у процесі проектування пов'язано з творчими здібностями людини, його уявою й інтуїцією; але неухильно зростає число операцій, що переходять у розряд формалізованих, виконуваних за визначеними алгоритмами.

Знизити трудомісткість і терміни проектування можна, використовуючи методологію пошуку й вибору найкращого рішення, що визначає методично доцільні етапи розробки, їх зміст і раціональну послідовність виконання (див. *рис. 14.2*). Розробки всього процесу пошуку й ухвалення рішення складається з шести етапів, що настають один за одним. На кожному етапі вирішуються свої логічно й змістовно самостійні, різноманітні оптимізаційні задачі.

На першому етапі виявляються потреби в розробці й виготовленні нового виробу, що їх можна задовольнити з найбільшою користю для держа-

14.3. Процедури створення найкращих технічних схем

Першою основною мегапроцедурою проектування є вибір мети, пошук і ухвалення рішення, а другою – перетворення й відображення моделі образу.

Логічну схему проектування представлено процедурною моделлю (рис. 14.1). Вона відбиває системний підхід до цього процесу. В основі її лежать етапи, характерні для творчої діяльності з відстроченою реалізацією [9].



Рис. 14.1. Процедурна модель проектування

Закінчення табл. 10.3

1	2
При постановці серії питань: поступово знижуйте рівень проблемності задачі; домагайтеся їх логічного взаємозв'язку; цікаво їх формулюйте; стимулюйте як логічні, так і інтуїтивні процедури мислення; намагайтеся, щоб нове питання давало б новий несподіваний погляд на задачу; розбивайте задачу на підзадачі, етапи	–

10.5. Методи «букета проблем» та інверсій

Метод «букета проблем» полягає в тому, що, ґрунтуючись на вихідному формулюванні проблеми, розглядають кілька інших проблем, формулюючи тим самим групу або «букет проблем». Ця група містить у собі низку підгруп, утворених за допомогою таких прийомів (рис. 10.4) (його розроблено на базі роботи [2]).

Достоїнством методу «букет проблем» є те, що він добре працює на задачах будь-якого рівня і з будь-якої сфери людської діяльності.

Приклад використання методу при розв'язанні проблеми: не вистачає стільців в аудиторії. Розв'язання цієї проблеми охоплює такі етапи [2].

1. ПЯД: не вистачає стільців в аудиторії.
 2. Формулюємо ПЗВ. 1-ша значеннева група: стільці. Підбираємо узагальнені поняття:
 - ♦ засоби для сидіння;
 - ♦ засоби для тривалого нерухомого розташування;
 - ♦ засоби для тривалого зручного розташування;
 - ♦ предмети, що підтримують тіло в зручному положенні;
 - ♦ засоби, що дозволяють зафіксувати положення тіла;
- 2-га значеннева група: аудиторія. Узагальнюємо дане поняття:
- ♦ обмежений простір з гарним мікрокліматом;
 - ♦ місце навчання;
 - ♦ приміщення для розміщення великої групи учнів;
 - ♦ приміщення, у якому створено умови для фіксації нової інформації.

Таблиця 14.3

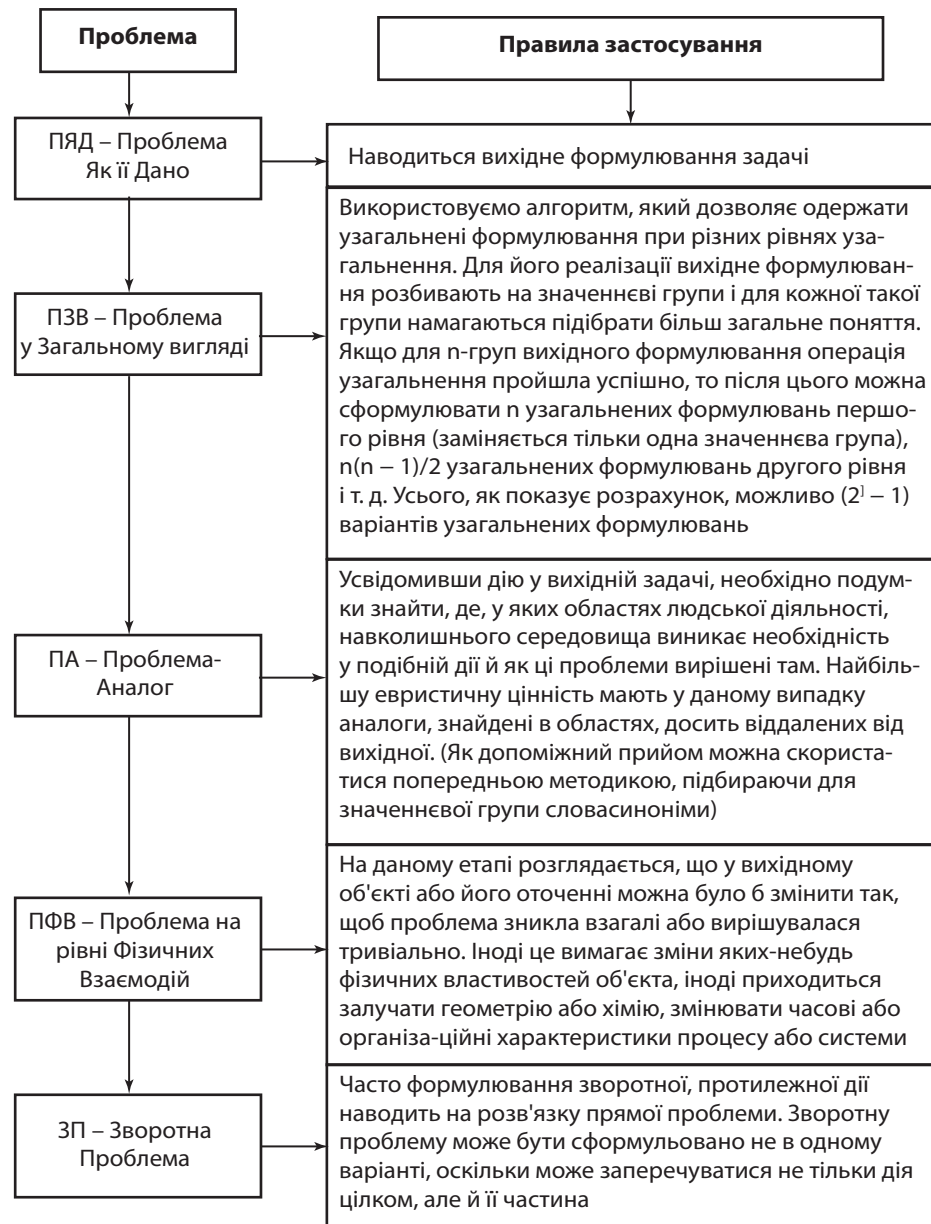


Рис. 10.4. Прийоми методу «букета проблем»

Принципи конструювання

Принцип	На що спрямований
Оптимального навантаження	Стверджує, що навантаження тим менш відрізняється від оптимального, чим більш конструкція системи відповідає обраним критеріям. Іншими словами, оптимізація навантаження веде до оптимізації конструкції; вона можлива при: рівномірному розподілі навантажень чи напруг; збільшенні кількості способів передачі навантажень; зменшенні можливостей появи ударних навантажень; зменшенні енергетичних втрат
Оптимального матеріалу	Витрати матеріалу тим менш відрізняються від оптимальних, чим більш конструкція системи відповідає оптимальному комплексу критеріїв. Оптимізація матеріалу здійснюється виходячи з часткових критеріїв, які характеризують: доступність (можливість одержання) матеріалу; виробничі обмеження й пріоритети; механічні властивості, які зумовлюють можливість сприйняття навантажень; можливість обробки матеріалу; особливості відкритих поверхонь (тертя, прилипання, зчеплення); чутливість до впливу зовнішніх факторів (корозійна стійкість, жароміцність, розчинність та ін.); фізичні параметри (питома вага, питома теплоємність, теплове розширення, тепло- й електропровідність та ін.); магнітні властивості; радіоактивні властивості; формостійкість
Оптимальної стабільності	Стабільність системи тим менш відрізняється від оптимальної, чим більш конструкція відповідає критеріям надійності. Надійність системи виражає статистичні відношення між критичними навантаженнями для компонентів системи
Оптимальних співвідношень взаємозалежних величин	Відносини між конструктивними та іншими характеристиками системи тим менше відрізняються від оптимальних, чим більше конструкція відповідає прийнятим критеріям. Серед взаємозалежних величин на особливу увагу заслуговують: конструктивні геометричні характеристики; стереомеханічні властивості; динамічні характеристики; кінематичні властивості; пружні властивості; маса

Таблиця 14.2

Методичні принципи проектування

Принцип	На що спрямований
Автономності	Компоненти системи мають функціонувати автономно. Залежність функціонування одних компонентів системи від інших має бути мінімізовано. Цей принцип широко використовують у практиці організації дорожнього руху. Наприклад, для виключення впливу тихохідних автомобілів на швидкохідні виділяють смуги руху під вантажні й легкові автомобілі, будують транспортні розв'язки у різних рівнях та ін.
Найменшої взаємодії	Взаємодію між системою й середовищем має бути мінімізовано. Це дозволить при найменшій дії одержати найбільший ефект
Взаємодоповнення (синергетизму)	Компоненти системи мають взаємно компенсувати недоліки кожного з них. Між компонентами системи мають формуватись синергетичні відносини, що передбачають взаємодопомогу в процесі розв'язання поставлених завдань
Забезпечення динамічної достатності	Умови функціонування системи та її компонентів повинні забезпечувати підтримку керованих перемінних функціонування у припустимих межах. У протилежному випадку система втратить властивість пристосовності до умов функціонування
Ієрархії задоволення вимог	Для отримання якісних проектів необхідно послідовне задоволення вимог у порядку їх важливості (ієрархії). Відносна важливість вимог має встановлюватись на основі змістовного аналізу функціонування системи
Узгодження норм і цілей функціонування елементів і системи в цілому	Відповідно до цього принципу характер пропонованих середовищем чи закладених у середовище цілей має збігатись з індивідуальними нормами поведінки системи. Цілі функціонування системи й середовища мають бути несуперечливими
Динамічної рівноваги	Забезпечення динамічної рівноваги між системою й середовищем, а також між окремими компонентами системи. Для людино-машинних систем цей принцип трансформується у принцип забезпечення рухливої рівноваги між внутрішніми (психічні процеси, стани й властивості) і зовнішніми (знаряддя праці) засобами діяльності людини

Записуємо узагальнені формулювання:

- ♦ в аудиторії відсутні засоби для сидіння (виходить, можна використовувати не тільки стільці);
- ♦ відсутні засоби для тривалого нерухомого розташування в аудиторії (виходить, можна не тільки сидіти, але і лежати, наприклад, у гамаку).

3. Формулюємо ПА:

- ♦ де і як сидять кочові народи (на килимі, навпочіпки);
- ♦ як сидять люди, які проводять час у нерухомості: рибалки, водії, білетери, глядачі в кінотеатрах і т. ін. (на розкладних стільчиках і т. ін.);
- ♦ яким чином підтримують своє тіло в нерухомому стані тварини, птахи, риби (приймають спеціальні пози);
- ♦ на чому можна сидіти в лісі, у полі, у пустелі, у воді і т. ін. (на пні, траві, соломі і т. п.)?

4. Вирішуємо Проблему на рівні Фізичних Взаємодій. Як зробити так, щоб не потрібно було просто сидіти або сидіти в аудиторії? Для цього можна:

- ♦ оснастити всіх студентів спеціальними приймачами й організувати відеотрансляцію лекцій;
- ♦ видати всім студентам конспекти лекцій, а замість лекцій влаштувати консультації (кількість присутніх різко зменшиться);
- ♦ оснастити аудиторії замість столів конторками (подовжити ніжки столів так, щоб можна було писати стоячи за ними).

5. Зворотна проблема:

- ♦ як зробити так, щоб в аудиторії ніхто не сидів (оголосити предмет факультативним);
- ♦ як зробити так, щоб сиділи не в аудиторії (не пускати спізнілих на лекцію);
- ♦ як зробити так, щоб при тій же кількості стільців їх вистачало (зробити лекції дуже нудними – жарт).

Метод інверсій являє собою один з евристичних методів навчально-творчої діяльності, орієнтований на пошук ідей вирішення творчих задач у нових, несподіваних напрямках, найчастіше протилежних традиційним поглядам і переконанням, що диктуються формальною логікою і здоровим глуздом.

Метод інверсій базується на закономірності і відповідно принципі дуалізму, діалектичної єдності й оптимального використання протилежних (прямих і зворотних) процедур творчого мислення (аналізу й синтезу, дивергентного й конвергентного мислення). Він також базується на поширенні діалектичного підходу до аналізу об'єктів дослідження (вивчення зовнішнього й внутрішнього, інтенсифікації й уповільнення, об'єднання й роз'єднання елементів системи і т. ін.).

Безсумнівним достоїнством методу інверсій є те, що він дозволяє розвивати діалектику мислення учнів, відшукувати вихід із здавалося б безвихідної ситуації, знаходити оригінальні, часом досить несподівані розв'язки творчих задач різного рівня трудності й проблемності. Його недоліками й обмеженнями є те, що він жадає від учнів досить високого рівня творчих здібностей, базисних знань, умінь і досвіду навчально-творчої діяльності.

Відзначаються також педагогічні труднощі в підборі й конструюванні творчих задач, які вимагали б застосування методу інверсій.

У табл. 10.4 наведено основні правила застосування методу інверсій при роботі з учнями [2].

Таблиця 10.4

Евристичні правила застосування методу інверсій

Для педагога	Для учнів (студентів)
Спонукуйте учнів до кількарязового переформулювання задачі з метою її глибокого осмислення	Почніть вирішувати задачу з її переформулювання. Чи можна сформулювати задачу, зворотну даній?
Частіше поряд із прямою ставте перед учнями зворотні задачі	Пам'ятайте, що інверсія – це пошук ідей у напрямках, протилежних традиційним поглядам, переконанням, здоровому глузду і формальній логіці
Домагайтеся у учнів діалектики аналізу і міркувань	Будь-якій ідеї шукайте контрідію
Спонукуйте учнів у процесі вирішення творчих задач використовувати протилежні процедури, засоби:	Прагніть у процесі вирішення творчих задач використовувати протилежні процедури, засоби:
аналіз і синтез, логічне й інтуїтивне, статичні й динамічні характеристики об'єкта дослідження, зовнішні та внутрішні сторони об'єкта, збільшення або, навпаки, зменшення розмірів, конкретне й абстрактне, реальне й фантастичне, роз'єднання й об'єднання, конвергенцію (звуження поля чи пошуку) і дивергенцію (розширення поля пошуку); якщо не вдається вирішити задачу від початку до кінця, спробуйте вирішити її від кінця до початку; і т. д.	

Закінчення табл. 14.1

1	2
Явищ із малою ймовірністю	Основне завдання системи не має переглядатись, а основні характеристики системи не повинні значно змінюватись для того, щоб система виявилась придатною також у ситуаціях, що мають малу ймовірність. Наприклад, проектування снігозахисту автомобільної дороги має вестись не на максимально можливий обсяг снігоприносу до дороги з повторністю 1 раз у 300 – 400 років, а на оптимальний обсяг, що забезпечує мінімум сумарних витрат на снігоочищення проїзної частини дороги, на посадку пришляхових снігозахисних лісонасаджень і догляд за ними
Усунення слабких ланок	Резерв підвищення ефективності системи слід шукати в її слабкій ланці. Так, якщо на автомобільній дорозі є міст із вузькою проїзною частиною, тоді підвищення пропускної здатності дороги в цілому виявляється можливим після розширення моста
Максимізації довгострокової ефективності	Оптимізація системи має вестись за критерієм ефективності, розрахованим за весь термін її служби, а не для окремих моментів часу
Централізації	Вимагає централізації керівництва й прийняття рішень. Іншими словами, він вимагає централізації інформації, не вимагаючи при цьому централізації фізичних пристроїв
Здійсненності проекту	Технологічні й фінансові можливості суспільства мають забезпечувати реалізацію вимог до системи

Методичні принципи – це правила, що відображують окремі закономірності проектування; вони містять вказівки на деяку процедуру проектування, на безліч моментів процедури, що дозволяють одержувати якісний проект.

До основних методичних належать принципи: автономності; найменшої взаємодії; взаємодоповнення; забезпечення динамічної достатності; ієрархії у задоволенні вимог; узгодження норм і цілей функціонування елементів і системи в цілому; динамічної рівноваги (табл. 14.2).

Найважливішими принципами конструювання є принципи оптимальних: навантаження; матеріалу; стабільності; співвідношень взаємозалежних величин (табл. 14.3).

На кожному кроці поліпшення проекту реалізують кілька напрямків поліпшення. Можливий рух за одним із них веде в тупик. Тоді виникає необхідність повернення до одного з проміжних варіантів, і тому необхідно зберігати всі проміжні варіанти. Інший спосіб – одночасний рух за всіма можливими напрямками. Рух за кожним з напрямків вимагає контролю здійсненності проекту в технологічному й фінансовому планах, а також можливостей і способів ліквідації створеної системи після закінчення терміну її служби.

У структурі правил проектування й конструювання можна виділити дві групи принципів: методологічні та методичні.

Методологічні принципи спрямовано на підвищення ефективності дій проектувальника при досягненні поставленої мети. Ці принципи часто називають праксеологічними. Праксеологія – наука про ефективність дій.

До методологічних належать принципи: максимізації математичного очікування; субоптимізації; явищ із малою ймовірністю; усунення слабких ланок; максимізації довгострокової ефективності; централізації; здійсненності проекту (табл. 14.1).

Таблиця 14.1

Методологічні принципи підвищення ефективності проектування

Принцип	На що спрямований
1	2
Максимізації математичного очікування	При створенні систем необхідно досліджувати відношення «вартість / ефективність» і в процесі дослідження прагнути максимізувати ефективність системи (чи її математичне очікування) при фіксованій вартості чи мінімізувати вартість при фіксованому значенні ефективності
Субоптимізації	Означає, що незалежна оптимізація кожного з елементів системи в загальному випадку не приводить до оптимізації системи в цілому. Так, наприклад, при проектуванні автомобільних доріг розширення проїзної частини дороги без відповідного забезпечення видимості й розширення мостів може не поліпшити умови руху, а навпаки погіршити їх і привести до зростання дорожньо-транспортних пригод. Тому система повинна оптимізуватись за системними критеріями. У результаті за рахунок компромісів усередині системи її елементи можуть виявитися не оптимальними, але система в цілому буде оптимальною

10.6. Метод синектики й емпатії

Творцем синектики вважається У. Д. Гордон [28]. Метою розробки метода є прагнення до підвищення ймовірності успіху при постановці й розв'язанні задач. Подальший розвиток метод синектики отримав у роботах Г. Я. Буша.

Синектика – метод пошуку нових рішень – подібна «мозковому штурму» і відрізняється від нього тільки тим, що основна задача зводиться до обговорення одного або двох варіантів технічного рішення, але з детальним їх розглядом. До складу групи включаються фахівці різних професій.

Синектична група складається з ретельно підготовлених фахівців різних професій, які володіють спеціальними методами психофізіологічної активізації творчого процесу. З цієї причини синектика навряд чи може знайти широке застосування при роботі зі студентами. Проте можлива організація синектичних груп із педагогів для вирішення складних адміністративних або педагогічних проблем. Найбільш широко даний метод використовується в даний час промисловими фірмами, що вкладають значні кошти в навчання й зміст синектичних груп.

Ключовим моментом синектики, що відрізняє її від «мозкового штурму», є підхід до процесу рішення. Протягом усього процесу роботи синектори намагаються наблизитися до рішення, але не висувають закінчених ідей, як це відбувається під час «мозкового штурму». Цілісність, на їх погляд, протидіє подальшим змінам. З іншого боку, нераціональна інформація є причиною прояву в пам'яті метафор, образів, ще смутно обкреслених, хитких. Постійне стимулювання підсвідомості веде до прояву інтуїції, до осяяння. Таким чином, на думку Гордона, результати рішення проблеми раціональні, сам процес пошуку рішення багато в чому ірраціональний.

Синектична група має довести рішення до рівня, що дозволяє провести практичну реалізацію ідей. Більш того, синектори зобов'язані брати участь у роботі на всіх етапах практичної реалізації висунутих ідей для підтримки себе в гарній формі. Без виходу на практику процес мислення замикається в абстракціях, а вони ведуть до ще більших абстракцій і невизначеності.

В умовах застосування методу синектики варто уникати передчасного чіткого формулювання проблеми (творчої задачі), тому що це сковує подальший пошук її розв'язання. Обговорення доцільно починати не з самої задачі (проблеми), а з аналізу деяких загальних ознак, що як би вводять у ситуацію постановки проблеми, неодноразово уточнюючи її зміст.

Не слід зупинятися при висуванні ідей, якщо навіть здається, що вже знайдено оригінальну ідею і задачу вже розв'язано. Якщо творча задача не

вирішується, доцільно знову повернутися до аналізу ситуації, що породжує проблему, або розділити її на підпроблеми.

Синектичні сеанси проводяться спеціально сформованими групами з 5 – 7 осіб, що пройшли попереднє навчання. Синектори навчаються пошуку нових ідей шляхом застосування чотирьох видів аналогій: пряма, особистісна, фантастична і символічна.

Пряма аналогія широко використовується у винахідницькій і інженерній практиці, а також синекторами, коли знання переносяться з однієї галузі в іншу, інтерпретацію нового за допомогою відомих понять і т. д. Синектори в ланцюжку аналогій шукають не тільки аналогічні елементи конструкцій в інших галузях техніки, як це роблять винахідники, а йдуть далі, наприклад, у пошуку захисту конструкцій.

Особистісна аналогія (названа емпатією). **Емпатія** – збагнення емоційного стану іншої людини у формі співпереживання. Синектор теж отожднює себе з об'єктом, який він намагається вдосконалити або створити заново, й уявляє собі, що він робив би сам, якби виявився на місці цього об'єкта. Задача будь-якого винахідника, а тим більше синектора, полягає в тому, щоб увійти в образ і стати, наприклад, деталлю машини, і «подивитися» з її позиції, її точки зору, що можна зробити для її удосконалення. Коли застосовується метод емпатії, то об'єкту приписують почуття, емоції самої людини: людина ідентифікує мету, функції, можливості, плюси й мінуси, наприклад, машини, механізму, із своїми власними.

Таким чином, в основі методу емпатії лежить принцип заміщення досліджуваного об'єкта, процесу іншим. З урахуванням цих зауважень метод емпатії – це один з евристичних методів вирішення творчих задач, в основі якого лежить процес емпатії, тобто отожднення себе з об'єктом і предметом творчої діяльності, осмислення функцій досліджуваного предмета на основі «вживання» в образ винаходу, якому приписуються особисті почуття, емоції, здібності бачити, чути, міркувати і т. ін.

При застосуванні методу емпатії людина немовби зливається з об'єктом дослідження, а це вимагає величезної фантазії, уяви; виникаючі фантастичні образи й уявлення приводять до зняття бар'єрів «здорового глузду» і відшукування оригінальних ідей.

Фантастична аналогія пов'язана з бажанням, щоб відбулося те, чого хочеться. Міркування над фантастичними, нереальними або надприродними процесами стимулює виникнення нових ідей. Приклад використання метода емпатії дано в табл. 10.5 [2].

2) Вимоги, які у виняткових випадках не обов'язково виконувати в заданому обсязі.

3) Побаження, які слід виконувати при сприятливих обставинах.

Конструктор повинен, погоджуючись із точкою зору замовника, визначити, до якої категорії відноситься кожна вимога.

Алгоритмічний метод базується на послідовностях вказівок, що стосуються процедур (операцій), які дозволяють вирішити проектне чи конструкторське завдання. Такі вказівки називають алгоритмами. Наявність твердих алгоритмів дозволяє широко використовувати обчислювальну техніку й засоби прикладної математики. Проблема оптимізації формулюється як проблема розв'язання екстремальних завдань. Застосування алгоритмічного методу обмежено завданнями конструювання.

Учені й інженери-конструктори, підприємці й винахідники при пошуку та виборі оптимальних рішень користуються, в основному, евристичними й комп'ютерними (алгоритмічними) технологіями творчості, які є найбільш продуктивними й забезпечують високу імовірність одержання найкращих результатів.

Систематичний метод аналогічний методу послідовного поліпшення розв'язань чи послідовного скорочення нев'язань у математичному програмуванні. Але відсутність безлічі всіх можливих проектів для здійснення вибору не дозволяє отримати оптимальне вирішення. Тому перехід від однієї розв'язки до іншої, кращої, замінюють перетворенням вихідного проекту. Таким чином, у початковому пункті систематичного методу є не область можливих проектів, а один чи кілька початкових проектів.

Оптимальність у випадку застосування систематичного методу носить відносний характер. Оптимальним вважають всякий припустимий проект, що є найкращим з усіх проектів, які є до моменту завершення проектування. При цьому, коли ми говоримо «найкращий», ми маємо на увазі не відповідність проекту деякому оптимуму, а відсутність недоліків, виявлених в інших проектах (зі збереженням їх переваг).

Коли початковий проект виявляється неприпустимим, його перетворюють, що робить його припустимим. Для цього здійснюють аналіз проектвальних процедур. У процесі аналізу виявляють помилки, що стали причиною неприпустимості початкового проекту. Потім формулюють методичні принципи, що дозволять надалі уникнути помилок і одержати припустимий проект. Ці принципи вносять у бібліотеку принципів. Отримані принципи використовують для поліпшення початкового проекту. Усі названі операції повторюють, доки не буде отримано припустимий проект.

- 1) максимально досяжний рівень експлуатаційних властивостей, серед яких, зокрема, мінімальні габарити та маса; мінімальне споживання енергії, доступність і заміність всіх елементів, які мають обмежений термін служби, оптимальна надійність;
- 2) оптимальні ергономічні показники: просте, легке й зручне обслуговування; захист від шкідливих побічних відходів (перешкод), таких як шум, тепло, вібрація, вихлопні гази, пил і т. д.; мінімальна шкода навколишньому середовищу;
- 3) максимальний облік усіх особливостей існуючого виробництва: застосування наявних матеріалів, стандартних деталей та документації; використання наявного устаткування й технології;
- 4) найкращі економічні показники: мінімальні витрати виробництва та експлуатації;
- 5) можливості розвитку систем: зміна її мети, перебудова структури й складу систем та їх функцій.

З розглянутих вимог логічно впливає низка принципів, якими керується конструктор, а саме:

- 1) вибір найбільш простого конструкторського рішення;
- 2) однаковий (не завжди максимальний) термін служби всіх деталей або легка заміність деталей, підданих зносу;
- 3) оптимальне використання міцності матеріалів;
- 4) урахування особливостей оточення, включаючи природні ресурси й населення;
- 5) повага до існуючих традицій.

Деякі з цих вимог суперечать одна одній, тому приходиться шукати компромісні рішення.

Вимогами особливого роду є обмеження. Вони диктуються конструктору природою й суспільством, унаслідок чого він обмежений у виборі рішень. Природні фактори, звичайно, не сприймаються як обмеження, тому що ми звикли до законів природи й усвідомлюємо, наприклад, що не можна сконструювати вічний двигун.

Суспільство накладає обмеження правового характеру.

Слід підрозділяти вимоги за їх значенням для покупця на три категорії.

- 1) Вимоги, які обов'язково має бути виконано, такі як робоча функція й ціна. Їх у свою чергу підрозділяють на тверді вимоги, відхилення від яких неприпустимо, і нежорсткі вимоги, відхилення від яких можуть бути терпимі.

Таблиця 10.5

Евристичні правила застосування методу емпатії

Для педагога	Для учнів (студентів)
Пам'ятайте, що в основі методу емпатії лежить принцип особистої аналогії, тобто приписування об'єкту дослідження особистісних людських властивостей і якостей	
Розповісти учням, що значить «увійти в образ», «вжитися в образ»	Пристаючи до розв'язання творчої задачі, подумки уявіть себе на місці досліджуваного об'єкта або процесу (етап входження в «образ»)
Поясніть учням, як думкою привласнити об'єкту дослідження здатності почувати, слухати, бачити, міркувати, тобто мати людські властивості та якості	Спробуйте подумки додати досліджуваному об'єкту, процесу (або його окремим частинам) здатності почувати, слухати, бачити, міркувати, тобто мати людські властивості і якості
Проілюструйте учням на конкретних прикладах, як ви особисто застосовуєте метод емпатії (наприклад, щоб сконструювати новий варіант шестірні потрібно себе подумки представити шестірнею)	Після входження в «образ» міркуйте як би від «особи об'єкта» або якогось компонента задачі, поки не виникне продуктивна ідея її розв'язання

Перевагами методу емпатії є величезні, воістину невичерпні можливості для розвитку фантазії, уяви й одержання оригінальних рішень творчих задач.

Символічна аналогія використовує метафори й порівняння, ототожнюючи характеристики одного предмета з характеристиками іншого. Приклад використання символічної аналогії, взятої з книги Г. Я. Буша, наведено в *табл. 10.6*.

Методом символічної аналогії частіше користуються журналісти й літератори для яскравого й лаконічного відображення суперечливої сутності описуваних явищ або персонажів.

Критичний добір і оцінку ідей розв'язання творчої задачі краще здійснювати в кілька етапів. На першому етапі робиться короткий аналіз кожної висунутої ідеї, на другому ці ідеї доцільно згрупувати, критично проаналізувати й відібрати найбільш оригінальні.

До достоїнств методу синектики відноситься практично усе, що властиве евристичним методам, на базі яких його розроблено.

Таблиця 10.6

Поняття і символічні аналогії

Поняття	Символічна аналогія
Храповий механізм	Надійна безперервність
Ядро атома	Енергетична безперервність
Мішень	Фокальне прагнення
Розчин	Виважена плутанина

До його недоліків і обмежень варто віднести таке. Метод синектики не дозволяє розв'язувати занадто спеціальні творчі задачі, а дає можливість відшукати переважно найбільш оригінальні ідеї рішення. Після застосування методу більш 30 – 40 хвилин продуктивність генерування нових ідей поступово падає, студенти багато відволікаються й навіть розважаються. Цей метод не сприймається всерйоз. До того ж метод синектики вимагає багато часу. Але найголовніше те, що цей метод найчастіше дозволяє лише одержати ідею рішення задачі.

Як показали дослідження, висування ідей і наступна їх селекція багато в чому залежать від педагога, його майстерності, такту, спритності, його умінь стимулювати творчу уяву учнів. Він має опанувати мистецтво ставити питання, давати підказки, уточнення, роз'яснення, вставляти репліки, які б спонукували, розгальмовували фантазію, уяву учнів, то звужуючи, то розширюючи поле пошуку розв'язання творчої задачі. Педагогу необхідно дотримуватися деяких правил, наприклад тих, що наведено в *табл. 10.7* [2].

Таблиця 10.7

Евристичні правила застосування методу синектики

Для педагога	Для учнів (студентів)
1	2
Пам'ятайте, що метод синектики – це складний евристичний метод, що базується на методі «мозкового штурму», застосуванні різного виду аналогій (словесної, образної, особистої, тобто емпатії), інверсії, вільних асоціацій і ін. Тому методу синектики властиві всі правила зазначених методів	
Необхідно враховувати, що серед навчальних груп, що застосовують цей метод, кращих результатів домагаються групи від 5 до 15 осіб, члени яких мають різні рівні здібностей, професійних інтересів і підготовки	Максимально використовуйте ваш особистий досвід, професійні знання й вміння

14.2. Методологія проектування й конструювання

У практиці проектування й конструювання використовують такі методи: евристичний, алгоритмічний, систематичний,

Евристичний метод базується на використанні інтуїції проектувальника, загальних правил і рекомендацій. Даний метод характеризується тим, що побудову задовільного проекту розглядають не як вибір із безлічі проектів, а як вдалий вибір з альтернативних рішень на кожному кроці проектування. У рамках евристичного методу не ставиться запитання про оптимальний проект, а лише про досить хороший.

Банк евристичних методів, способів і методичних прийомів, тобто словами, евристичних технологій творчої діяльності людини, є досить різноманітним. Найбільш поширені евристичні технології творчості розглядаються в підрозділах 10, 11.

Під евристичними методами розуміється визначена сукупність логічних прийомів та методичних правил теоретичного дослідження й відшукування істини, які використовуються в умовах неповноти вихідної інформації й не вимагають чіткої програми управління процесом розв'язання задачі.

При умілому володінні евристичними методами генерування й пошуку нових ідей, знаходження оптимальних підприємницьких та технічних рішень імовірність одержання найкращих варіантів досить велика.

Евристичні методи не виключають, а скоріш припускають, можливість евристичного планування, використання інформаційно-пошукових систем, персональних комп'ютерів при розв'язанні варіаційних задач прийняття рішень. Однак для реалізації евристичного пошуку необхідна попередня робота зі складання евристичних програм і створення банків (фондів, картотек) даних. Певну складність являє собою експертна оцінка невимірюваних величин. Щоб одержати надійні результати, потрібно точно визначити властивості та критерії їх оцінки. Якщо, наприклад, про технічну систему сказано, що вона ремонтпридатна, то цю оцінку має бути підкріплено такими аргументами, як легкість встановлення відмов, доступність деталей, швидкість ремонту, гарантії фірми-виробника й т. ін.

Ще складніше виглядає ситуація з експертною оцінкою, якщо про систему є лише приблизне уявлення. У цьому випадку приходится використовувати аналогові властивості й моделювання.

Особливу групу утворюють постійні вимоги, що не встановлюються в явній формі, але практично завжди мають на увазі. Їх враховує, мабуть, кожен конструктор. До таких вимог належать:

суб'єктом пізнання суб'єкт проектування – система, що здійснює витяг інформації про зовнішні явища природи і громадського життя, включаючи процес комунікації у широкому розумінні слова (передача знань, відомостей у ході навчання, обмін думок, боротьба ідей і т. ін.).

Об'єкт проектування. Основна відмінна риса проектування від пізнання взагалі полягає в тому, що об'єкт проектування ще не існує, однак його образ сприймається суб'єктом як реальний із властивими йому внутрішньою динамічністю й суперечливістю. Сучасні об'єкти проектування виступають як складні системи з великою кількістю взаємозалежних підсистем і елементів.

Пізнавальний образ. Формування пізнавального образу (суб'єктивної моделі) при проектуванні викликається внутрішньою активністю суб'єкта, «схованою» його діяльністю. Формування суб'єктивної моделі супроводжує будь-яку трудову діяльність і тому психофізичні процеси, що відбуваються у свідомості людини при проектуванні, підкоряються загальним закономірностям. Пізнавальний образ (модель) при проектуванні існує тільки у свідомості людини, формування його пов'язане з уявою.

Уява в проектуванні – це уявне перетворення досвіду й знання, що веде до формування наочних образів явищ, які не спостерігаються.

Інтуїція утворює в нашій свідомості цілісний образ начебто раптово й несвідомо.

Здатність людської свідомості до інтуїтивних форм пов'язана з цілеспрямованістю і випереджальним відображенням. Наявність у свідомості мети при відображенні дійсності – в проектуванні досить істотний момент. Ціль має управлінський аспект. На її основі суб'єкт проектування орієнтується в безлічі можливих рішень, знаходячи найкраще з них, не роблячи повного перебору й порівняння. Вибір мети при проектуванні досить важливий і відповідальний етап.

Співвідношення пізнавального образу з цілеспрямованістю пов'язано з такими категоріями, як цінність і оцінка.

Цінність – соціальна характеристика об'єкта. Вона одночасно й об'єктивна, і суб'єктивна. Об'єктивність полягає в тому, що цінність є продуктом впливу людини на природу з визначеною метою для задоволення своїх потреб. Суб'єктивність цінності в тому, що вона виявляється тільки у взаємовідношенні із суб'єктом, із його бажаннями, потребами, емоціями.

Закінчення табл. 10.7

1	2
Спонукуйте учнів до багаторазового переформулювання проблеми	Передчасне, поспішне, чітке формулювання задач-проблем скоує пошук ідей розв'язання або дає тривіальні рішення
Не давайте учням заспокоїтися з появою першої вдалої ідеї, шукайте кращу, оригінальнішу	У процесі висунування ідей використовуйте різні види аналогій (конкретну й образну, семантичну, особисту, тобто емпатію), частіше застосовуйте метафори, інверсію, елементи ігор, міркуйте вголос
Спонукуючи учнів до генерування ідей, частіше використовуйте такі питання: Ну й що? Як ви собі це уявляєте? А що тут нового? А коли зробити навпаки? А якщо підсилити (послабити) цей ефект?	Аналізуйте досліджуваний об'єкт із найнесподіваніших точок зору: наукових і життєвих, зовнішніх і внутрішніх

Контрольні питання й завдання

1. Дайте визначення логіці й інтуїції.
2. До яких методів пізнання відносяться логічне мислення й інтуїція?
3. Назвіть п'ять найбільш розповсюджених логічних операцій.
4. Охарактеризуйте закони математичної логіки: тотожність, протиріччя, виключення і достатня основа.
5. Назвіть основні евристичні технології творчості.
6. Охарактеризуйте метод проб і помилок.
7. Охарактеризуйте метод «мозкового штурму», синектики й емпатії.
8. Охарактеризуйте метод Дельфі.
9. Охарактеризуйте методи: контрольних питань, «букета проблем» і інверсій.
10. Наведіть переваги методу інверсій, його недоліки й обмеження.

11. ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ Й СИСТЕМИ ПОШУКУ НОВИХ ІДЕЙ І ПРИЙНЯТТЯ ТВОРЧИХ РІШЕНЬ

11.1. *Експертні методи прийняття управлінських рішень в умовах недостатньої інформації.*

11.2. *Види експертних систем.*

11.3. *Характеристики й структура експертних систем.*

11.4. *Морфологічний аналіз технічних об'єктів.*

11.5. *Експертні системи діагностування.*

11.1. Експертні методи прийняття управлінських рішень в умовах недостатньої інформації

За даними роботи [21] американські спеціалісти стверджують, що 80% інженерних і управлінських рішень приймаються за наявності тільки 20% інформації про керовану систему й фактори, які на неї впливають.

В умовах недостатньої інформації при прийнятті рішень широко використовуються методи інтеграції думок кваліфікованих фахівців – експертні оцінки. Методи одержання експертних оцінок підрозділяються на дві основні групи (рис. 11.1) [21]: колективна робота експертних груп і одержання, а потім підсумовування індивідуальних оцінок членів експертних груп. До першої групи належать наради, тобто метод відкритого обговорення й прийняття рішень (метод «комісій»); метод «мозкової атаки», у процесі якої увага учасників концентрується на висунуванні ідей можливих шляхів розв'язання однієї конкретної задачі; метод «суду» відтворює правила ведення «судового» процесу, причому розглядуване рішення виступає як «підсудне», а групи експертів виконують ролі «прокурора» і «захисту».

Особливості колективної роботи експертів [21]:

- а) під час обговорення питання присутня вся група;
- б) група комплектується керівником, який проводить нараду, як правило, зі своїх підлеглих і «довічених» осіб;
- в) послідовність виступів і надання слова регламентується керівником;
- г) підведення підсумків і прийняття (або неприйняття) рішення також здійснюється керівником.

Методологія проектування й методологія конструювання включають:

- ♦ опис творчої діяльності з виділенням процедур, з яких складаються проектування й конструювання;
- ♦ методи творчої діяльності чи їх основи.

Теорія запису конструкції – система знань про загальні закони й принципи запису конструктивного вигляду й комплексу розмірів конструкції. Те, що звичайно іменують кресленням, складає лише один із способів запису.

Конструктивний вигляд – це якісна властивість конструкції. Комплекс розмірів – спосіб визначення кількісних властивостей конструкції.

Методологія дослідно-конструкторських робіт у взаємозв'язку із системними дослідженнями дає представлення про способи побудови конструкцій і порядок їх застосування на кожному етапі конструювання.

Нормалізація в системі проектування являє собою обмеження різноманіття. Окремим випадком нормалізації є стандартизація. Нормалізація дає такі ефекти:

- ♦ поліпшення комунікативності;
- ♦ збільшення можливості заміни деталей машин за рахунок їх стандартизації;
- ♦ зниження матеріальних і операційних витрат;
- ♦ спеціалізації виробництва;
- ♦ оптимальної концентрації виробництва.

Похідними від нормалізації є уніфікація й типізація.

Уніфікацію засновано на обмеженні й упорядкуванні. Із сукупностей випадкових величин створюють обмежені й упорядковані набори (комплекси) величин меншої чисельності.

Типізація йде за уніфікацією і пов'язана зі введенням конструктивних властивостей в уніфікований комплекс величин, які стають при цьому конструктивними характеристиками. Такими властивостями можуть бути системні властивості, наприклад, передатні співвідношення.

У цілому під **методологією проектування** будемо розуміти навчання про структуру, логічну організацію, методи й засоби пошуку й прийняття рішень, про принцип дії й склад ще не існуючого об'єкта, що щонайкраще задовольняє визначеним потребам, а також складання опису, необхідного для його створення в заданих умовах.

Суб'єкт проектування. Під суб'єктом проектування можна розуміти окрему людину, колектив фахівців, штучний інтелект. За аналогією із

ту. Для розкриття сутності проектування необхідно зупинитися на таких категоріях, як: суб'єкт і об'єкт проектування, уява й інтуїція, пізнавальний образ, цінність і оцінка. Потрібно розкрити творчі початки у процесі проектування й можливість формалізації його прийомів. Особливу увагу варто приділити евристичні ролі знаків.

Будь-яка наукова дисципліна має чітко визначити предмет своїх досліджень, основні поняття й принципи.

Проектування в широкому сенсі – це вибір способу дій людини в процесі взаємодії із середовищем. У вузькому сенсі проектування є процесом створення проекту системи як логічної основи наступної діяльності людини. Об'єктом проектування є система.

Проект – модель системи, представлена у вигляді креслень, графіків, формул, пояснювальної записки та ін. Проект є результатом розумової діяльності проектувальника у сфері інформації. Система, створена на основі проекту, – результат діяльності людей у сфері матеріальних об'єктів, тобто у сфері маси й енергії.

Ядром процесу проектування є конструювання. Об'єктом конструювання є конструкція. **Конструкція** – комплекс структур і станів системи.

Якщо проектування, кінець кінцем, зводиться до обґрунтування необхідності створення системи і її розрахункових характеристик, тоді конструювання – процес підбору необхідних конструктивних характеристик, що визначають логічну основу конструкції. Конструкція, так само, як і проект, є моделлю системи і протиставляється конкретності.

Прийняття рішень у проектуванні базується на критеріях соціальної адекватності. Конструювання виходить із техніко-економічних критеріїв.

Основними елементами проектування й конструювання, як науки про технічну творчість, є:

- ♦ теорія технічних систем;
- ♦ методологія проектування;
- ♦ методологія конструювання;
- ♦ теорія запису конструкції;
- ♦ методологія дослідно-конструкторських робіт і системних досліджень;
- ♦ нормалізація конструкцій.

Теорія технічних систем і теорія конструювання сприяють раціональному розумінню суттєвих властивостей технічних засобів і тих виборів, що мають стати цими засобами.

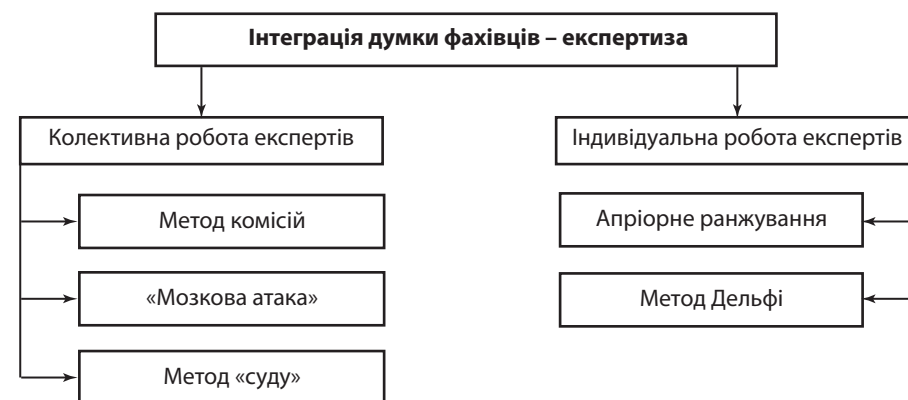


Рис. 11.1. Види найбільш розповсюджених методів інтеграції думки фахівців

Переваги цих методів: оперативність і зовнішня демократичність.

Недоліки: тиск авторитету керівника, відсутність строгої процедури обліку думки експертів, підведення підсумків і ухвалення рішення.

Останній недолік частково може бути скомпенсовано, якщо рішення приймається таємним голосуванням і використано метод Дельфі.

При індивідуальній роботі експертів для одержання думки кожного експерта використовують інтерв'ю у вигляді вільної бесіди або за типом «питання-відповідь», а також анкетування, у процесі якого кожен експерт дає кількісні оцінки порівнюваним факторам або альтернативам, тобто ранжує їх.

При другому підході всі етапи експертизи (підбір експертів, технологія одержання й обробки їх думок і ін.) більш-менш регламентовано, експерти, як правило, підбираються з числа зовнішніх фахівців, а організує проведення експертизи не керівник, а фахівець. При цьому результаті експертизи, так само як і при першому методі, носять для керівника не обов'язковий, а рекомендаційний характер.

Апріорне ранжування засновано на експертній оцінці факторів групою фахівців, компетентних у досліджуваній області.

Метод апріорного ранжування зводиться до такого [21].

1. Організацією або фахівцем, який проводить експертизу, на підставі аналізу літературного даних, узагальнення наявного досвіду, опитування фахівців, дерева систем і т. д. визначається попередній (з визначеним резервом, що забезпечує вибір) перелік факторів, які вимагають ранжування.

2. Складається анкета, у якій наводиться, бажано в табличній формі, перелік факторів, необхідні пояснення й інструкції, приклади заповнення анкет.
3. Здійснюється комплектація й перевірка компетентності групи експертів, які мають бути фахівцями в розглянутих питаннях, але не бути особисто зацікавленими в результатах. Перевірка компетентності експертів може проводитися за допомогою тестів, методом самооцінки або оцінкою еталонних факторів.

При тестуванні відсоток правильних відповідей з області, пов'язаної з майбутньою оцінкою, слугує мірою компетентності експерта.

Метод самооцінки полягає в тому, що кожен кандидат в експерти з використанням зазначеної йому шкали оцінює свої знання з низки питань.

Максимальним балом оцінюється питання, яке, на думку експерта, він знає краще за інших, а мінімальним – гірше інших. Далі всі інші питання оцінюються балами від максимального до мінімального і виводиться середня самооцінка даного експерта й потім групи експертів. Цей метод дозволяє також при необхідності створити підгрупи для експертизи конкретних питань.

При оцінці факторів кандидатам в експерти пропонується проранжувати набір факторів, подій або об'єктів, справжня значущість або стан яких організаторам опитування відомі, а експертам не відомі.

4. Після формування групи проводиться усний або письмовий інструктаж експертів.
5. Експертами здійснюється індивідуальна оцінка запропонованих факторів, у процесі якої фактори розташовуються в порядку убутання ступеня їх впливу на результуючу ознаку або об'єкт дослідження, що є цільовою функцією. При цьому фактор, який має найбільший вплив, оцінюється першим рангом (цифрою 1). Фактору, який має менше значення, приписується другий ранг (цифра 2) і т. д.
6. Організаторами експертизи проводиться обробка результатів експертного опитування.
7. За результатами експертизи організацією або фахівцем, який проводив експертне опитування, для керівництва системи розробляються пропозиції з вирішення конкретних проблем або результатів, які передаються без коментарів.

При апріорному ранжуванні для одержання більш об'єктивних даних порівнюють думки експертів декількох груп і різних шкіл, звертаються до незалежних аудиторів або аудиторських фірм.

14. МЕТОДОЛОГІЯ ПОШУКУ Й ВИБОРУ НАЙКРАЩИХ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ

14.1. Основні поняття у творчих початках процесу проектування машин.

14.2. Методологія проектування й конструювання.

14.3. Процедури створення найкращих технічних схем.

14.4. Вибір цілей і засобів у пошуках вирішення протиріч у технічній творчості.

14.5. Алгоритми розв'язання винахідницьких задач.

14.6. Вибір критеріїв й проведення оцінки технічних систем.

14.7. Розвиток фондів фізичних ефектів.

14.8. Процедура пошуку оптимального варіанта прийняття технічного рішення.

14.9. Розвиток інформаційних технологій комп'ютерної підтримки творчості.

14.10. Методи прийняття інженерних рішень при оптимізації умов технічної експлуатації машин.

14.1. Основні поняття у творчих початках процесу проектування машин

Питанням проектування й конструювання технічних систем присвячено багато робіт, наприклад [9, 14]. Такий особливий інтерес до методів пошуку найкращих проектно-конструкторських рішень зумовлено небувало швидким і прогресуючим розвитком техніки, появою комп'ютерів і комп'ютерних технологій творчості, зростанням конкуренції товарів і інтелектуальних послуг, визнанням і зростаючою цінністю інтелектуальної власності.

Розробки більш ефективних методів пошуку ідей і нових технічних рішень інтенсивно ведуться в даний час у багатьох країнах світу. При цьому основна увага приділяється не тільки розробці принципово нових методів, але й збільшенню ефективності уже відомих методів, розробці оригінальних методів на основі комбінацій вже існуючих.

Проектування будь-якого технічного об'єкта, технологічного процесу або системи діагностування – специфічна форма пізнання об'єктивного сві-

Для цього використовують дані функціонально-системної матриці, а в більш складних структурах ДЦ і ДС складають ланцюжки впливу. При цьому структурний внесок підсистеми в досягнення генеральної мети C^0 визначається множенням її внеску в досягнення підцілі на вагу цієї підцілі в генеральній меті C^0 .

Подальший аналіз результатів розрахунків для всіх підсистем і підцілей, визначення загального внеску кожної з підсистем у генеральну мету C^0 і перевірка отриманих результатів наведено у роботі [21].

Контрольні питання й завдання

1. Охарактеризуйте поняття «система», «підсистема», «елемент системи».
2. У чому полягає системний підхід у дослідженні об'єкта?
3. Наведіть класифікацію систем за видами.
4. Назвіть основні етапи системного аналізу.
5. Які основні принципи системного аналізу?
6. Що таке логічний системний аналіз?
7. Охарактеризуйте поняття «зовнішнє середовище».
8. Наведіть приклад структури технічного об'єкта й охарактеризуйте його функціональні зв'язки.
9. Як ви розумієте вимогу «придатності до спостереження» при управлінні об'єктом?
10. Як ви розумієте стан, розвиток і стійкість системи?
11. Що ви розумієте під поняттям цільової функції у системах управління?
12. Наведіть графи систем різних структур.
13. Що ви розумієте під «структурою системи»? Якими елементами вона визначається?
14. Наведіть схеми одновимірної й багатовимірної систем.
15. Наведіть приклади замкнутих систем управління.
16. Наведіть приклади розімкнутих систем управління.
17. Охарактеризуйте комбіновану систему управління.
18. Побудуйте дерево цілей. Охарактеризуйте ланцюжки зв'язків цілей різного рівня.
19. Як ви розумієте декомпозицію цілей?
20. Наведіть просту схему взаємовідносин дерева цілей і дерева систем.

При експертизі використовуються і більш прості методи оцінки. Наприклад, у пакеті програм «Project Expert», призначеному для оцінки інвестиційних проектів, можливості проекту визначаються за 40 позиціями за допомогою п'ятибальної шкали, а отримані результати за кожною позицією або сумуються, або для них визначаються середні бали. У тому ж пакеті для кожної з 11 стадій інвестиційного проекту виробляється якісна оцінка ризиків, які класифікуються на три групи – високий, середній і низький.

11.2. Види експертних систем

Експертна система (ЕС) – це інтелектуальна комп'ютерна програма, яка використовує знання й процедури виводу для розв'язання задач, які є досить важкими і потребують залучення експертів. Необхідні для цього знання й процедура виводу, які використовуються у комп'ютері, можуть розглядатися як модель виконання експертизи найкращим з експертів у своїй галузі. Експертною системою вважається компонент бази знань, який знаходиться у комп'ютері і містить у собі модуль виконання експертизи на такому рівні, що комп'ютер може пропонувати розумну пораду або прийняти розв'язання поставленої задачі. Бажаною додатковою властивістю, яку можна вважати фундаментальною, є здібність такої системи, на бажання користувача, пояснювати шлях логічних міркувань на зрозумілій користувачеві мові. Метод, що застосовується для досягнення цих цілей, називається програмуванням за допомогою правил.

Аналізуючи ці та інші визначення ЕС, можна виділити дві головні думки, присутні у кожному з них. По-перше, відзначається, що ЕС – це готовий програмний продукт, який використовується для розв'язання задач. При цьому особливо наголошується на тому, що ЕС не є звичайними традиційними програмами, а програмами одержання логічних висновків на заданій множині знань. Необхідною передумовою використання цих програм є наявність бази знань.

Другою важливою ознакою визначень ЕС є наявність опису галузі застосування системи або характеристики задач, які вона розв'язує.

При цьому мається на увазі достатньо високий рівень складності задач, розв'язання яких потребує участі експерта.

Залежно від типу задачі, що розв'язується, і мети використання розрізняють три види ЕС [29, 30].

1. Системи запиту-відповіді професійною мовою предметної галузі.
2. Системи-консультанти, які забезпечують зберігання, аналіз та узагальнення досвіду й знань висококваліфікованих фахівців у вузь-

коспеціалізованих предметних галузях. Ці ЕС здатні виробляти консультативні й проектні розв'язки та пояснювати логіку їх виводу.

3. Системи-вирішувачі, які розробляють моделі та реалізують їх у вигляді проблемно орієнтованих пакетів задач на основі бази знань та характеристик розв'язуваної задачі.

Залежно від призначення розрізняють такі типи ЕС.

1. Ідентифікувальні, наприклад, для ідентифікації хімічних структур речовин (*DENDRAL*), пошуку корисних копалин (*PROSPECTOR*), інтелектуальної діагностики [11] тощо.
2. ЕС автоматизованого проектування, наприклад системи проектування несучих конструкцій (*SACON*), вибору конфігурацій комп'ютерів (*RI*) тощо.
3. Планувальні та прогнозні ЕС, наприклад, системи прогнозування погоди, транспортних потоків (*ATC*), оцінки врожаю (*PLANT*), прогнозування розвитку бойових дій (*TECH, ROSS*) тощо.
4. ЕС нагляду, контролю та управління, наприклад, за роботою апаратів штучного дихання, реакторів атомних електростанцій, за виконанням графіків повітряного сполучення тощо.
5. ЕС-порадники, наприклад, ЕС для визначення й видачі поради екіпажу антропоцентричного об'єкта (космічний корабель, літак, автомобіль, судно тощо) щодо раціонального (оптимального) способу досягнення цілі, оперативно поставленої на борту об'єкта.
6. Навчальні ЕС, наприклад, для навчання пошуку несправностей в електронних пристроях, користуванню обчислювальною технікою тощо.
7. Діагностичні ЕС, призначені для постановки діагнозу технічної системи, тобто для пошуку причин ненормальної поведінки об'єкта (наприклад, система *MYSIN*), експертна система для постановки діагнозів у ревматології, система для інтерпретації ультразвукових даних [30].

Теоретичними основами комп'ютерних евристичних програм є, з одного боку, теорії й методи власне творчого пошуку, а з іншого – теоретичні підходи до процесів збирання, передачі, обробки та збереження евристичної інформації.

Що стосується розвитку технологій творчого пошуку, то протягом багатьох століть єдиною технологією пошуку нових рішень залишався «метод» проб і помилок (МПіП). Та й сьогодні в широкій практиці він про-

Ступінь впливу або внесок можна оцінити або визначити в такий спосіб: експертизою; за допомогою математичних моделей цільової функції (13.2).

- 2) Результати розмітки переносяться у функціонально-системну матрицю (табл. 13.3). Рядки цієї матриці показують внесок кожної підсистеми в пов'язану з нею підціль. Наприклад, внесок підсистеми C_{02}^1 складає:

$$\text{у підціль } C_{01}^1: a_{21} = 0,2^1;$$

$$\text{у підціль } C_{02}^1: a_{22} = 0,2;$$

$$\text{у підціль } C_{03}^1: a_{23} = 0,5.$$

Таблиця 13.3

Функціонально-системна матриця

Підсистема	Внесок підсистеми в реалізацію цілей і підцільей $C_m^1 \cdot a_{km}$			
C_K^1	C_{01}^1	C_{02}^1	C_{03}^1	C_{04}^1
C_{01}^1	0,8	0,1	0	-
C_{02}^1	0,2	0,2	0,5	-
C_{03}^1	0	0,3	0,5	-
C_{04}^1	0	0,4	0	-
Усього за C_m^1	1,0	1,0	1,0	-
«Вага» підцільі C_{km}^1 у меті C^0, r_{0m}^0	0,5	0,3	0,2	1,0

Причому сума цих внесків може не дорівнювати одиниці. Стівпці показують внесок усіх підсистем у конкретну підціль.

Так, внески в підціль C_{01}^1 дають такі підсистеми (рис. 13.28):

$$C_{01}^1: a_{21} = 0,2$$

$$C_{01}^1: a_{21} = 0,2$$

$$\text{Усього} \quad 1,0$$

Останній рядок матриці містить «вагу» підцільей при формуванні генеральної мети C^0 , а саме: $r_{01}^0 = 0,5$; $r_{02}^0 = 0,3$; $r_{03}^0 = 0,2$.

Для кожної підсистеми визначається її структурний внесок у досягнення генеральної мети системи.

¹⁾ Тут для спрощення наводяться укорочені записи, що припустимо для дворівневих ДЦ і ДС. Повний запис має вигляд: a_{0201} .

Як підвищення кваліфікації персоналу позначиться на безвідмовності автомобілів?

Розглянемо це на прикладі тієї ж роботи [21], наведеному на рис. 13.28, на якому показано взаємодію дворівневих дерева цілей і дерева систем. Необхідно оцінити внесок підсистем C^1_{01} , C^1_{02} , C^1_{03} і C^1_{04} у досягнення генеральної мети дерева цілей (U^0). Послідовність вирішення задачі.

1) Розмітка ДЦ і ДС, яка включає:

- ♦ позначення й нумерацію всіх цілей, підцілей, систем та підсистем;
- ♦ розмітку дуг, які зв'язують цілі й системи.

Як уже відзначалося раніше, дуги виконують такі функції:

а) показують ієрархічні й структурні зв'язки всіх складових усередині ДЦ і ДС, наприклад, генеральну мету U^0 може бути «розкладено» на три підмети – U^1_{01} ; U^1_{02} ; U^1_{03} .

Якщо U^0 – підвищення ефективності технічної експлуатації, то підцілями можуть бути;

U^1_{01} – рівень працездатності автомобілів (α_T);

U^1_{02} – рівень витрат на забезпечення працездатності, тобто оплату праці персоналу, придбання матеріалів і запасних частин;

U^1_{03} – рівень впливу технічної експлуатації на навколишнє середовище й персонал.

Якщо C^0 – це інженерно-технічна служба АТП, то її підсистемами можуть бути:

C^1_{01} – виробничо-технічна база;

C^1_{02} – персонал;

C^1_{03} – рухомий склад;

C^1_{04} – нормативно-технічне забезпечення ІТС;

б) показують напрямки впливу конкретних підсистем (факторів) ДС на визначення підцілі ДЦ. Наприклад, підціль U^1_{01} керується, тобто на неї впливають підсистеми C^1_{01} і C^1_{02} , а на підціль U^1_{02} впливають усі чотири підсистеми (рис. 13.28);

в) показують ступінь впливу (внесок). При цьому, якщо на дугах позначаються цифри, то дуги називаються розміченими. Наприклад, внесок підцілі U^1_{01} у генеральну мету U^0 дорівнює (рис. 13.25):

$r^0_{01} = 0,5$ (50%); для $U^1_{02} \cdot r^0_{02} = 0,3$ (30%); для $U^1_{03} \cdot r^0_{03} = 0,2$ (20%). Для генеральної мети маємо: $U^0 = 0,5 U^1_{01} + 0,3 U^1_{02} + 0,2 U^1_{03}$.

Сумарний внесок усіх підцілей, природно, дорівнює:

$$r^0_{01} + r^0_{02} + r^0_{03} = 1,0 \text{ (100\%).}$$

довжує панувати. Стихійність у творчості, що виявляється в застосуванні МПіП, обходиться людству занадто дорого, тому що призводить до колосальної перевитрати інтелектуальних, енергетичних, матеріальних ресурсів при розвитку техніки й виробництва, низької ефективності наукових досліджень і т. п. Нові методичні комплекси типу ТРІЗ і ФСА, тобто технології творчості, на багато порядків скорочують кількість необхідних проб, особливо при розв'язанні складних задач.

Істотний поштовх до методологічної реконструкції творчої діяльності дає також НТР, що розвивається в області інформаційних технологій. Особливо ефективним є плідне по'єднання інформаційних технологій з існуючими й розроблювальними новітніми технологіями творчості.

До високоефективних технологій творчості у першу чергу належить теорія розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ), що базується в багатьох своїх положеннях на теорії систем; вона пройшла дуже жорстку перевірку часом і багаторазове «обкатування» у численній аудиторії винахідників і раціоналізаторів та довела свою життєздатність і ефективність у практиці розв'язання нестандартних задач.

Але максимальну ефективність може бути досягнуто там, де використання ТРВЗ носить не епізодичний характер, а пронизує весь цикл виробництва, починаючи від проектування нового виробу або технології до останньої їх модернізації. Такий підхід реалізується в рамках системи функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Саме ФВА – діючий і універсальний інструмент спрямованого вдосконалювання різних аспектів діяльності (переважно виробничої), що поєднує в єдину систему економічні, організаційні й творчі прийоми та методи розв'язання різноманітних задач і проблем.

Перераховані вище творчі технології та теорії за сутністю складають методологічну базу й теоретичні основи комп'ютерних евристичних програм.

11.3. Характеристики й структура експертних систем

Експертною системою називається складний програмний комплекс, що акумулює знання фахівців у конкретних предметних галузях і тиражує цей емпіричний досвід для консультацій менш кваліфікованих користувачів.

Сучасні високоефективні технології творчого пошуку базуються на потужних інформаційних фондах. Вони включають так звані бази даних із системи стандартів і елементів вепольного аналізу, базу для творчого пошуку, зокрема – даних про ефекти, що служать можливою основою рідкісних винахідницьких рішень. Отже, творче вирішення винахідницьких задач (ТРВЗ) включає чотири основних бази даних (не вважаючи деяких допоміжних):

типові прийоми розв'язання технічних протиріч, систему стандартів, показники ефектів, задачі-аналоги.

Дослідження патентного фонду показує, що всі винахідницькі задачі можна розділити, з деякою умовністю, на два види: типові й нетипові. Типові нерідко вирішуються за чіткими правилами, іноді – за один-два ходи. Такі правила, засновані часто на відомих законах розвитку технічних систем, вказують, як має бути перетворено вихідну систему. Ці правила складають основу стандарту на вирішення винахідницьких задач, а сукупність цих правил, певним чином класифікованих, називається системою стандартів.

Стандарти на вирішення винахідницьких задач з'явилися як особливо сильні сполучення прийомів і фізичних ефектів. Потім до цієї групи було приєднано правила перетворення технічних систем, які випливають із законів їх розвитку. Виникла система стандартів, регулярно доповнювана й удосконалювана.

Для опису стандартів у ТРВЗ введено «мову вепольного аналізу», яка дозволяє схематизувати опис задачі за допомогою технічної інформації й уніфікувати її, виразивши єдиною формалізованою мовою.

Такий підхід засновано на застосуванні моделювання як одного з найефективніших методів пізнання, що припускає заміну реальних систем їх моделями (ідеалізованими системами) [29].

Основу будь-якої ЕС (рис. 11.2) становить база знань (БЗ), яка містить у собі знання про предметну галузь та способи розв'язання задач, а також процесор логічного виводу. Базу даних (БД), або робоче поле, призначено для приймання вхідної інформації й виконання всіх операцій за допомогою процесора виводу, який використовує дані з БД і знання з БЗ. Результатом кожного кроку роботи процесора виводу є нові дані, які розміщуються в тому ж самому робочому полі (БД). Процес виводу продовжується доти, поки в робочому полі не з'явиться інформація, яку ЕС представляє як розв'язок задачі.

У даний час створено низку комп'ютерних технологій і експертних систем підтримки пошуку нових ідей і прийняття творчих рішень. Широке поширення одержали комп'ютерні технології підтримки творчого інженерного мислення: «машина, що винаходить», розроблена білоруськими вченими; експертна система «Кассандра» Б. А. Здотина; комп'ютерні технології «Дебют», «Яблуко» (Росія).

Прикладом експертної системи підтримки пошуку нових ідей і прийняття творчих рішень є система типу ЕС–ПР/1, створена Самарською архітектурно-будівельною академією. Ця система автономно працює в ре-

C_{063}^2 – підвищення якості відновлення і КР виробів;

C_{064}^2 – зміна структури парку (тип, вантажопідйомність, місткість, застосовуване паливо й ін.);

C_{065}^2 – управління віковою структурою парку, раціональні терміни служби;

C_{066}^2 – підвищення рівня уніфікації виробів і матеріалів;

C_{071}^2 – облік природно-кліматичних умов;

C_{072}^2 – облік дорожніх умов;

C_{073}^2 – облік транспортних умов і інтенсивності використання виробів;

C_{074}^2 – вибір автомобілів, комплектуючих виробів, матеріалів з урахуванням умов експлуатації;

C_{075}^2 – використання автомобілів з урахуванням віку, стану й умов експлуатації.

Побудова ДЦ і ДС дозволяє:

- 1) виявляти всі фактори і підфактори, які впливають на досягнення поставленої мети;
- 2) зробити оцінку, зважити рівень впливу, тобто встановити найбільш діючі підсистеми;
- 3) виключити реалізацію цілей нижчого рівня за рахунок вищого, тобто зберігається ієрархія цілей і систем;
- 4) виявити фактори або підфактори одного рівня, впливаючи на які в рамках обмежених ресурсів можна найбільш ефективно досягти поставленої мети;
- 5) робити декомпозицію, тобто розкладання цілей, збільшуючи їх адресність, тобто можливість їх делегування конкретним підрозділам і службам АТП або фірми. Це забезпечує персоналізацію відповідальності за їх реалізацію та встановлення обґрунтованих показників ефективності служб, цехів, ділянок, а при необхідності й виконавців;
- 6) розкладання цілей і систем на частки, що дозволяє більш конкретно їх проаналізувати й скоротити при прийнятті рішень імовірність серйозних помилок, властиву глобальним рішенням.

При прийнятті рішень аналізується взаємодія ДЦ і ДС. При їх порівнянні необхідно визначити, як конкретний захід ДС може вплинути на зміну цільового показника, тобто досягнення поставленої перед системою мети C^0 . Мова йде про внесок цього заходу (підсистеми) у досягнення мети. Наприклад, як нове діагностичне обладнання вплине на коефіцієнт технічної готовності автомобілів і одержуваний підприємством прибуток?

- C_{022}^2 – забезпечення виконання рекомендацій і нормативів системи;
- C_{023}^2 – удосконалювання технології, організації й управління процесами ТО й Р;
- C_{024}^2 – забезпечення робочих місць і виконавців раціональною технологічною й іншою документацією;
- C_{025}^2 – комп'ютеризація й індивідуалізація обліку та звітності при технічній експлуатації автомобілів;
- C_{026}^2 – удосконалювання проектної документації з будівництва й реконструкції підприємств;
- C_{027}^2 – підвищення адаптивності до зміни конструкцій виробів, умов роботи;
- C_{031}^2 – забезпеченість виробничо-технічною базою;
- C_{032}^2 – оптимізація потужності й структури бази;
- C_{033}^2 – оптимізація пропускної здатності засобів обслуговування;
- C_{0344}^2 – вибір засобів механізації, автоматизації й роботизації ТО й ремонту;
- C_{034}^2 – спеціалізація підприємств ПТБ;
- C_{036}^2 – кооперація підприємств ПТБ на галузевому й регіональному рівнях;
- C_{041}^2 – забезпечення підприємства персоналом;
- C_{042}^2 – підвищення кваліфікації персоналу;
- C_{043}^2 – удосконалювання систем стимулювання персоналу;
- C_{044}^2 – забезпечення стабільності трудових колективів;
- C_{045}^2 – підвищення престижності професій;
- C_{046}^2 – розвиток колективних форм роботи персоналу;
- C_{051}^2 – удосконалювання структури системи постачання;
- C_{052}^2 – застосування раціональних норм витрати палива, мастила та інших матеріалів;
- C_{053}^2 – забезпечення оптимальних запасів і методів їх поповнення;
- C_{054}^2 – удосконалювання процесу обміну виробів при капітальному ремонті (КР);
- C_{055}^2 – удосконалювання процесів замовлення й придбання нових автомобілів, комплектуючих виробів, матеріалів, включаючи лізинг;
- C_{056}^2 – створення резерву виробничих площ, устаткування, персоналу;
- C_{051}^2 – створення резерву справних автомобілів;
- C_{061}^2 – вибір раціональних типів і моделей автомобілів;
- C_{062}^2 – вибір експлуатаційних матеріалів;

жимі консультацій з користувачем для розв'язання багатокритеріальних оптимізуючих задач.

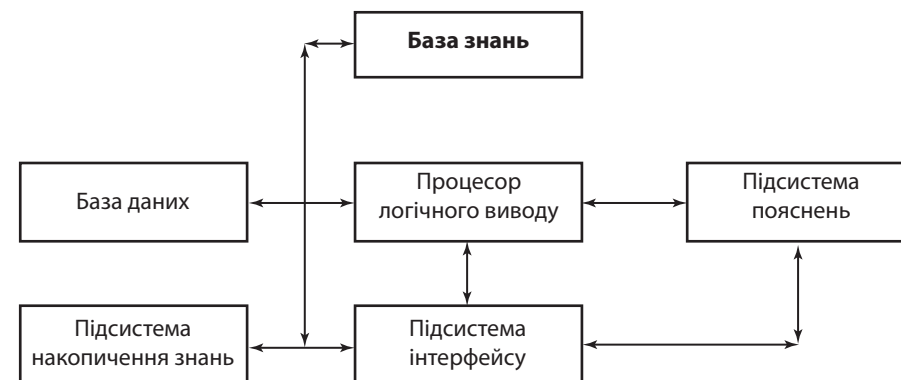


Рис. 11.2. Структурна схема експертної системи

Експертна система ЕС–ПР/1 має розширені функціональні можливості, оскільки вона базується на теорії прийняття рішень з обліком багатокритеріальних оцінок і теорії вирішення винахідницьких задач і реалізована з використанням наукомістких пакетів програм і баз даних. У її основу закладено методологічний підхід, що розглядає інтелектуальну діяльність людини як ланцюжок послідовних взаємозалежних рішень, прийнятих у слабкоструктурованих системах знань. Система ЕС–ПР/1 дозволяє за рахунок підвищення творчих можливостей проектувальника знайти нетрадиційні ідеї створення нових технологічних об'єктів і напрямку їх подальшого розвитку, перевірити отримані технічні рішення на патентну чистоту. Важливо, що експертну систему розраховано на широке коло користувачів, у тому числі тих, які не мають спеціальної підготовки в галузі інформатики і комп'ютерної техніки. Принципи побудови і функціональні можливості експертної системи добре видно на її блок-схемі, наведеній на рис. 11.3 [1].

У блоці одного перебування причинно-наслідкових зв'язків визначається первинне місце й час виникнення небажаного елемента (НЕ), що виконує головні технологічні операції, які породжують небажане явище і приводять, наприклад, до порушення або зупинки виробничого процесу.

Первинне місце виникнення НЕ визначається за допомогою аналізу причинно-наслідкової діаграми, у якій:

- ♦ спочатку формулюються показники якості технологічного процесу;
- ♦ записуються головні і другорядні фактори, що впливають на показники якості;

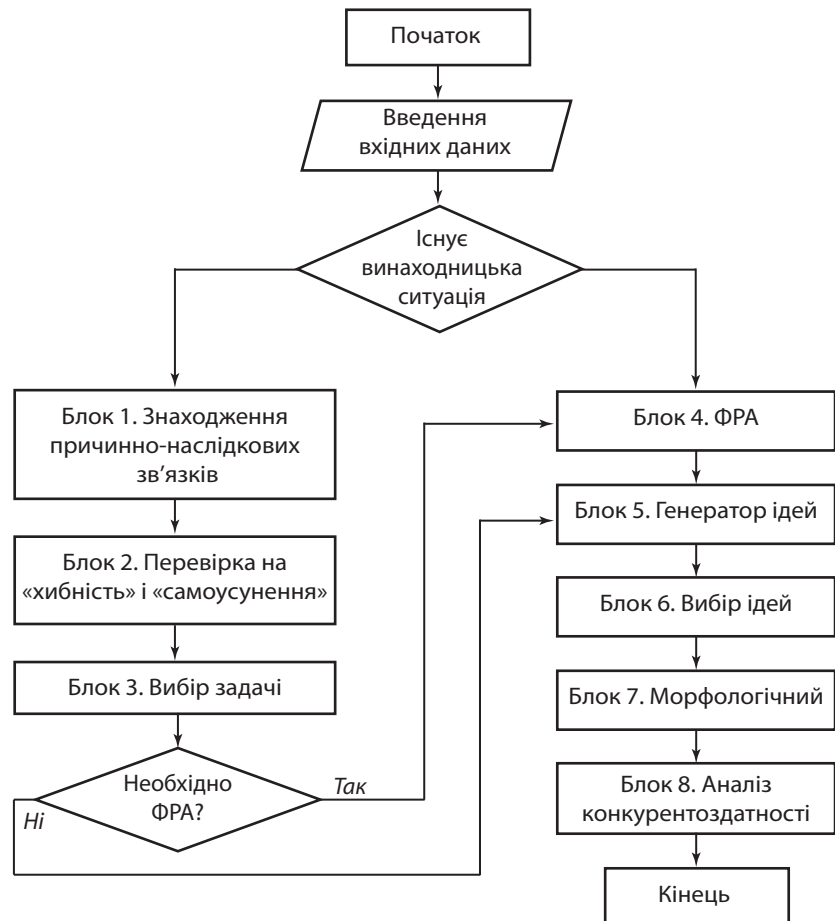


Рис. 11.3. Блок-схема експертної системи типу ЕС-ПР/1

- ♦ аналізується причинно-наслідкова діаграма з метою виявлення першопричини відхилення головного виробничого процесу від норми;
- ♦ розглядається можливість усунення шкідливих впливів;
- ♦ формуються шляхи дослідження проблеми з урахуванням знайденого місця виникнення НЕ, спрямовані на усунення (на кожній технологічній операції) причин виникнення небажаного явища;
- ♦ обираються першочергові напрямки досліджень, формуються задачі, при цьому враховуються матеріальні й енергетичні ресурси, що забезпечують мінімум витрат.

Як випливає з рис. 13.29. найважливішими цілереалізуючими системами (факторами) першого рівня є:

підсистема C^1_{01} – аналіз потреби в послугах і впливах з технічного обслуговування й ремонту (зовнішні потреби – ринок і внутрішні потреби підприємства, диверсифікованість, коректування виробничої програми);

підсистема C^1_{02} – система, технологія й організація підтримки та відновлення працездатності автомобілів і парків: види ТО і ремонту, відповідні нормативи, технологічні процеси технічного обслуговування, ремонту, збереження, заправлення рухомого складу й ін.;

підсистема C^1_{03} – виробничо-технічна база, яка характеризується видами підприємств (АТП, гаражі, майстерні, склади й т. д.), будинками, спорудами, технологічним устаткуванням, використовуваними при збереженні, заправленні технічному обслуговуванні й ремонті;

підсистема C^1_{04} – персонал, який складається з ремонтних і допоміжних робітників, інженерно-технічних працівників і частково водіїв при їх участі в ТО й ремонті;

підсистема C^1_{05} – система постачання й резервування, яка характеризується каналами одержання, збереження й методами доставки споживачам запасних частин і матеріалів, включаючи паливо, структурою дистриб'юторської мережі, порядком розрахунків за запасні частини й матеріали, які витрачаються, й ін.;

підсистема C^1_{06} – експлуатаційні матеріали й рухомий склад, конструктивне удосконалювання, рівень надійності й вікова структура якого фактично визначають обсяги й зміст робіт із підтримки та відновлення працездатності парків і окремих автомобілів;

підсистема C^1_{07} – умови експлуатації рухомого складу (дорожні, природнокліматичні, транспортні й інші умови), що впливають на обсяг і зміст робіт із підтримки й відновлення працездатності парків і окремих автомобілів.

Позначення на рис. 13.29 [21]:

C^2_{011} – маркетинговий аналіз ринку послуг (попит, зміст, конкуренція);

C^2_{012} – внутрішня потреба підприємства;

C^2_{013} – оцінка можливостей власного виробництва (обсяг послуг, ціни, пропозиції);

C^2_{014} – диверсифікованість і розширення сфер діяльності підприємства;

C^2_{015} – коректування виробничої програми підприємства з обліком внутрішніх і зовнішніх потреб;

C^2_{021} – застосування обґрунтованих нормативів системи;

факторів можна попередньо намітити, керуючись числом Мюлера [21]. Згідно з цим правилом у системах реально й ефективно можна керувати та відслідковувати тільки 7 ± 2 підсистем або виконавців.

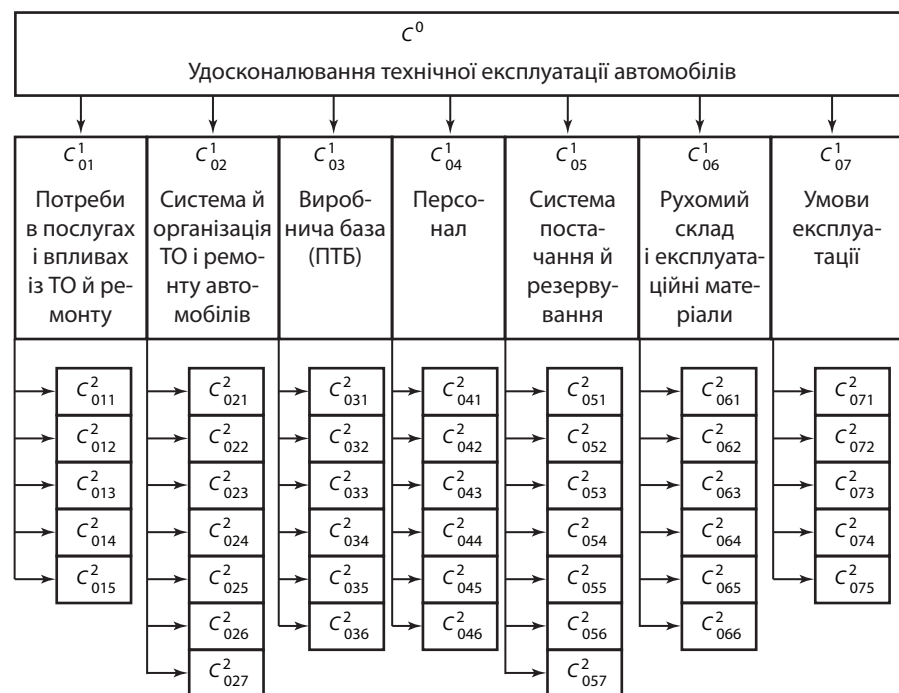


Рис. 13.29. Схема вищого, першого і другого ярусів дерева систем технічної експлуатації

Провівши навіть орієнтовну структурну й кількісну оцінку внеску підсистем у досягнення кінцевих цілей, можна істотно звужити область раціональних рішень, тобто перелік підсистем, через які доцільно насамперед впливати на досягнення поставленої мети.

Вищий рівень ДС являє собою технічну експлуатацію в цілому, яка забезпечує перевізний процес достатньою кількістю працездатного рухомого складу необхідних видів і типорозмірів. Проводячи якісний аналіз дерева систем на рівні конкретного підприємства, можна істотно звужити перелік підсистем, на які варто впливати у процесі управління досягненням поставлених цілей. До них насамперед відносяться керовані на даному рівні, рухомі, ресурсозберігаючі й такі, що забезпечують інтенсивний розвиток підприємства, підсистеми та методи.

Перевірка проблеми на «хибність» і «самоусунення» здійснюється у другому блоці з метою виявлення дійсної необхідності в розв'язанні проблеми або ж можливості самоусунення проблеми. Перевірка на «хибність» здійснюється шляхом з'ясування істинно шкідливих наслідків, якщо проблему не вирішувати. Необхідно відповісти на питання: якщо проблему не вирішити, зупиниться головний виробничий процес? Якщо зупиниться, то проблема не помилкова і її необхідно вирішувати. Крім того, необхідно виявити історію, умови і причини виникнення проблеми.

У третьому блоці задають критерії й стратегію вибору, тобто вказують ступінь важливості й напрямок зміни критерію – на мінімум або максимум. У результаті одержують рейтинг усіх задач, користувачу надається можливість прийняти рішення про хід подальшого дослідження: або перейти до четвертого блоку – функціонально-ресурсного аналізу (ФРА) – продовжити вивчення обраної задачі, або перейти до п'ятого блоку «Генератора ідей». У шостому блоці обирають найбільш перспективні ідеї, що вирішують поставлену задачу.

У сьомому блоці – морфологічного аналізу-синтезу – розглядаються питання технічної реалізації обраної ідеї. В основу роботи цього блоку покладено індуктивний і дедуктивний підходи в створенні можливих варіантів технічних реалізацій ідей, багатокритеріальний вибір кращих в умовах невизначеності. Для завершення процедури створення нових конкурентоздатних виробів в останньому, восьмому блоці роблять оцінку науково-технічного рівня, конкурентоздатності розробки й перспективність отриманого рішення з урахуванням законів розвитку технічних систем.

Якщо рейтинг розробленого об'єкта виявиться нижчим за існуючі розробки, то необхідно повернутися на відповідний вхід системи і продовжити творчий пошук рішення вищої якості. При цьому пошук продовжується доти, доки рейтинг розробки не стане вищим за рейтинг існуючих аналогів, прототипу. Якщо винахідницька ситуація виникла в пристрої, то роблять функціонально-ресурсний аналіз, визначають першочергові напрямки дослідження, а потім послідовно вирішують задачу за допомогою блоків 5, 6, 7, 8.

Багаторічний досвід роботи з експертною системою як інструментом для вирішення творчих задач дозволяє стверджувати, що вона допомагає побачити проблему, зрозуміти нову точку зору, перебороти психологічну інерцію і відмовитися від шаблонів, піднятися над своїм професійним рівнем і знанням методів розвитку творчої уяви.

Блоки перебування причинно-наслідкових зв'язків і функціонально-ресурсного аналізу експертною системою сприяють визначенню зв'язків у проблемі, відшукавню «вузьких» місць.

У блоці «Генератор ідей» за рахунок використання прийомів, що дозволяють технічні протиріччя, а також наявності...

Перевірка «самоусунення» проблеми виробляється шляхом передачі її іншій системі, де вона є корисною. Якщо проблема існує і не самоусувається, то здійснюється перехід до наступного, третього, блоку – блоку багатокритеріального вибору першочергових задач.

11.4. Морфологічний аналіз технічних об'єктів

Морфологічний аналіз дозволяє одержати сотні й тисячі можливих варіантів (комбінацій) розв'язання задач зі створення нових або удосконалення відомих технічних об'єктів, виходячи із закономірностей їх будови (або морфології), дає можливість оглянути їх єдиним поглядом і систематично досліджувати. Метод морфологічного аналізу веде розроблювача із зони пошуку рішень, що лежать на очах і очевидні. Пошук технічних рішень проводиться в кілька етапів морфологічного аналізу (див. рис. 11.4). Будемо ілюструвати приклади пошуку технічних рішень на прикладі створення нового автомобіля-всюдихода.

На *першому етапі* висувуються такі вимоги споживача до автомобіля-всюдихода (рис. 11.4).

На *другому етапі* розробляються морфологічні ознаки автомобіля-всюдихода (рис. 11.4).

Причому до всіх елементів морфологічного дослідження має бути виявлено рівний інтерес. Доки не буде отримано повну картину усіх варіантів структури досліджуваного об'єкта, не можна вводити ніяких обмежень у рішення.

На *третьому етапі* можливими варіантами за кожною з семи ознак можуть бути такі [1].

За 1-ю ознакою: 311 – на колесах; 312 – на гусеницях; 313 – за допомогою крокуючого пристрою; 314 – на повітряній подушці; 315 – за допомогою реактивного струменя; 316 – електромагнітним полем; 317 – силами гравітації (наведено на рис. 11.4).

За 2-ю ознакою: 321 – за рахунок механічного відштовхування від поверхні землі через опори; 322 – за рахунок реактивної сили; 323 – за рахунок взаємодії із силовим полем; 324 – за рахунок відштовхування від повітря.

або їх комбінацій, які знаходяться у визначених ієрархічних зв'язках і по-різному можуть впливати на досягнення цілей системи. Способи досягнення поставлених цілей вимагають такої ж систематизації, як й самі цілі та підцілі.

Систематизацію й упорядкування виявлених способів досягнення поставлених перед системою цілей рекомендується здійснювати побудовою дерева систем – ДС.

Якщо дерево цілей визначає, що необхідно зробити, яких показників ефективності досягти, то ДС – за допомогою яких заходів цього можна домогтися. Найпростіший випадок взаємодії ДЦ і ДС – 3 мети і 4 підсистеми – представлено на рис. 13.28 [21] де C^0 – ціль вищого рівня; C^1_{01-03} – ціль першого рівня, C^0 – система вищого рівня; C_{01-04} – система першого рівня.

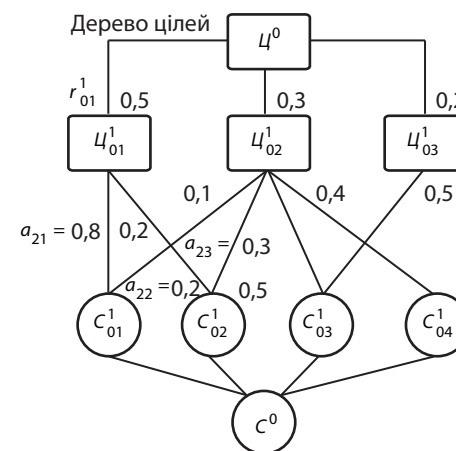


Рис. 13.28. Схема взаємодії дерева цілей і дерева систем

У ДЦ вершини – це генеральні й окремі цілі, або функції, а в ДС у вершинах вказуються об'єкти, або системи, які реалізують ці функції (ціле-реалізуючі системи). Іноді їх називають факторами, а задача управління формулюється в такий спосіб: вибрати з ДС низку факторів (підсистем), впливаючи на які можна найбільш ефективно домогтися досягнення поставлених цілей. ДС може відтворювати або не збігатися з ДЦ.

Дерево систем будується за тими же законами, що і дерево цілей, тобто визначається генеральна система C^0 , яка структурується на підсистеми першого ($C^1_{01}, C^1_{02}, \dots, C^1_{0n}$), другого й наступних рівнів. На рис. 13.29 наведено три верхні рівні ДС технічної експлуатації автомобілів [21], де третій рівень нараховує більш 40 факторів (підсистем). Але кількість основних

Таблиця 13.1

Фактори, що впливають на приріст транспортної роботи підприємства

№ з/п	Фактор	Керується підсистемами			Впливають на ТЕА (зворотний зв'язок)
		управління	перевезень	ТЕА	
1	$A_{и}$ інвентарний склад парку	++	++	–	++
2	q середня вантажопідйомність автомобілів	++	++	++	++
3	α_T коефіцієнт технічної готовності	–	–	++	++
4	α_H коефіцієнт простою справних автомобілів	+	++	–	+
5	γ коефіцієнт використання вантажопідйомності	+	++	–	+
6	β коефіцієнт використання пробігу	++	++	–	+
7	I_{CC} середньодобовий пробіг	+	++	–	+
8	T_H час в наряді	++	++	–	+

++ істотний вплив;

+ наявність впливу;

– практично немає впливу.

Таблиця 13.2

Вплив транспортних умов на продуктивність і надійність автомобілів, %

Показник	Коефіцієнт використання пробігу			Коефіцієнт використання вантажопідйомності		
	0,5	0,7	0,9	0,7	0,8	1,0
Продуктивність	100	120	122	100	114	132
Кількість відмов	100	109	119	100	104	112
Кількість замін деталей і агрегатів	100	105	114	100	102	105

Докладний аналіз шляхів підвищення продуктивності автомобільного парку наведено в роботі [21].

Таким чином, для виявлення всіх можливих технологічних способів досягнення поставленої мети (цілей) визначається низкою альтернатив

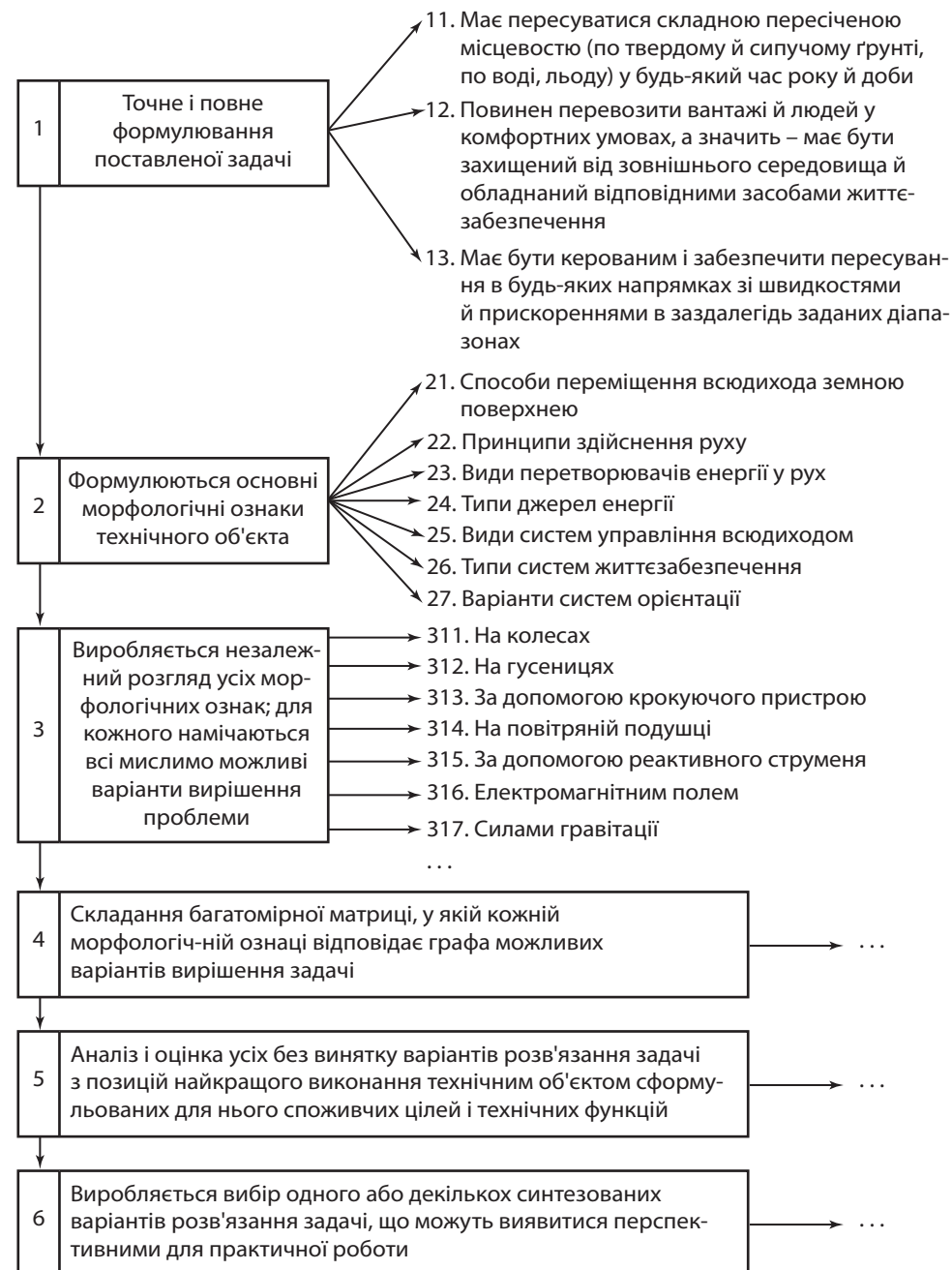


Рис. 11.4. Етапи морфологічного аналізу й пошуку технічних рішень

За 3-ю ознакою: 331 – електричний двигун; 332 – хімічний двигун; 333 – ядерний двигун; 334 – карбюраторний двигун; 335 – дизельний двигун.

За 4-ю ознакою: 341 – акумулятори; 342 – сонячні батареї; 343 – хімічне паливо; 344 – органічне паливо.

За 5-ю ознакою: 351 – із ручним управлінням; 352 – з автоматичним програмним управлінням; 353 – із дистанційним управлінням; 354 – із комбінованим управлінням.

За 6-ю ознакою: 361 – цілком автономна; 362 – неавтономна; 363 – комбінована; 364 – із регенерацією продуктів життєдіяльності; 365 – без активного впливу на навколишнє середовище.

За 7-ю ознакою: 371 – орієнтація на основі поточної інформації; 372 – управління по карті; 373 – із використанням непрямої інформації.

При складанні аналогічного списку варіантів рекомендується максимально використовувати нетрадиційні підходи (у нашому прикладі до них можна віднести – 316, 323, 331, 342, 352, 365, 373), оскільки це сприяє подоланню психологічної інерції розроблювачів і виходу на занадто нові й ефективні рішення.

Морфологічну матрицю конструктивного компоунування, що складається на четвертому етапі, автомобіля-всюдихода подано в табл. 11.1 [1].

Таблиця 11.1

**Морфологічна матриця конструктивного компоунування
автомобіля-всюдихода**

№№ п/п	Ознаки \ Варіанти	1	2	3	4	5	6	7
1	Способи переміщення по поверхні	11	12	13	14	15	16	17
2	Принципи здійснення руху	21	22	23	24			
3	Види перетворювачів енергії	31	32	33	34	35		
4	Типи джерел енергії	41	42	43	44			
5	Типи систем управління	51	52	53	54			
6	Системи життєзабезпечення	61	62	63	64	65		
7	Системи орієнтації	71	72	73				

Матриця істотно полегшує розв'язання задачі синтезу конструктивного компоунування технічного об'єкта, у даному випадку автомобіля-всюдихода, за рахунок систематизованого перебору різних варіантів вирішення

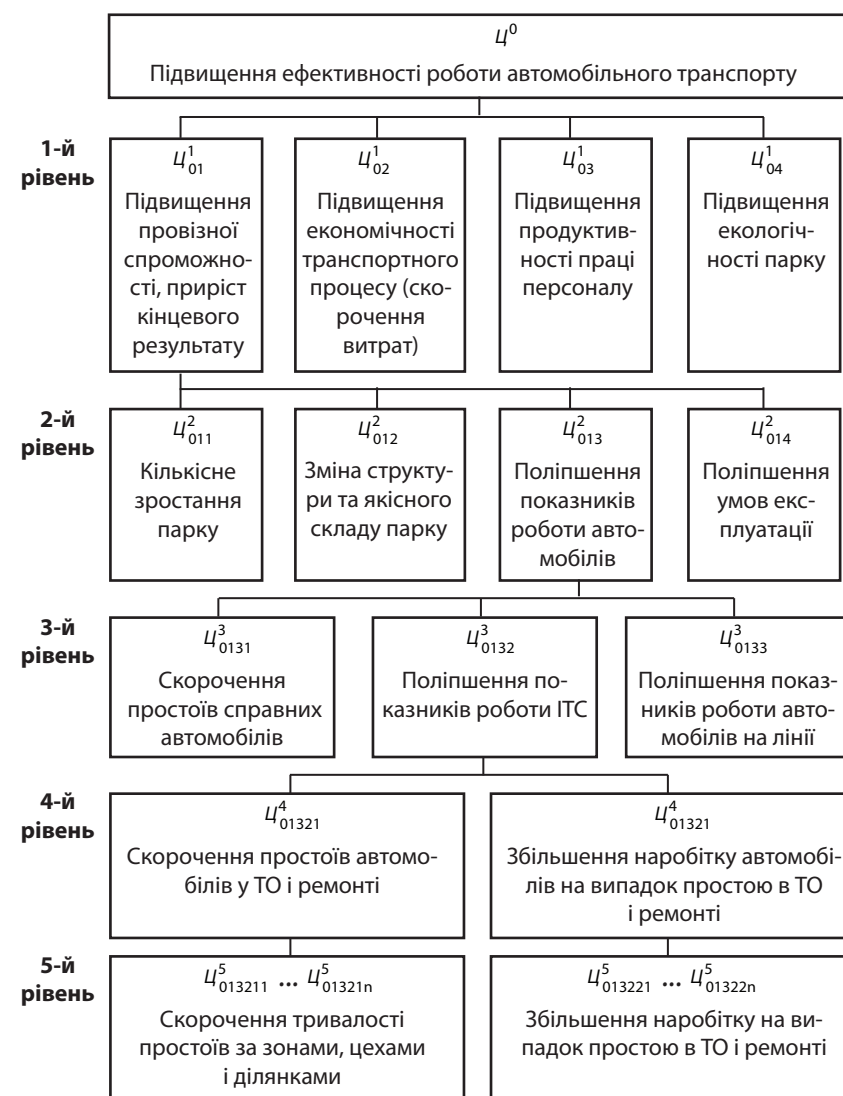


Рис. 13.27. Декомпозиція цілей автомобільного транспорту (фрагмент)

система (ТЕА) заради досягнення загальних цілей системи несе визначений збиток, який має бути компенсовано шляхом збільшення плати інженерно-технічній службі за підтримку працездатності більш інтенсивно використовуваних на перевезеннях автомобілів. Важливо правильно визначити цю компенсацію й внесок підсистеми в досягнення цілей системи.

Це дозволяє визначити роль або внесок цілей нижнього рівня в мету вищого i , у кінцевому рахунку, – у генеральну мету U^0 .

Визначення взаємозв'язків і вагомості цілей і підцілей є однією з найважливіших задач будь-якого управління, що найбільш доцільно вирішувати побудовою дерева цілей. Приклад подібного аналізу при реалізації першої мети U^1_{01} – підвищення провізної спроможності або продуктивності парку автомобільного транспорту на задану величину ΔW – наведено на рис. 13.27 [21]. Тут підвищення річної продуктивності (провізної спроможності) конкретного автомобільного парку представлено залежністю

$$W = 365_i \alpha_m \cdot (1 - \alpha_n) \cdot q \cdot \gamma \cdot Bl_{cc}. \quad (13.4)$$

Позначення у формулі наведено в табл. 13.1. Мета U^1_{01} безпосередньо пов'язана з метою системи більш високого рівня. Це – пряма задача програмно-цільового методу послідовного розв'язання.

З рис. 13.27 і табл. 13.1 випливає, що приріст може бути досягнуто: U^2_{011} – зростанням розміру парку; U^2_{012} – зміною його структури та якісного складу (вантажопідйомність, місткість, експлуатаційна швидкість і ін.); U^2_{013} – зміною показників використання автомобілів і парку. Причому ІТС може впливати на приріст обсягів транспортної роботи головним чином завдяки підвищенню рівня працездатності, тобто зростанню коефіцієнта технічної готовності α_m , а також частково через зміну використання вантажопідйомності (застосування причіпного складу, нарощування бортів і т. д.).

На продуктивність автомобілів впливають і умови експлуатації U^2_{014} , наприклад, зростання швидкостей при поліпшенні дорожніх умов, але вони, як правило, не залежать від конкретного підприємства, яке обслуговує даний регіон, тобто є для нього некерованими.

Призначення нових більш, твердих цільових нормативів за цілями U^2_{011} , U^2_{012} і U^2_{013} у свою чергу впливає на підсистему ТЕА.

Дійсно, поліпшення показників використання автомобілів α_r , γ , β і інших сприятливо позначається на їх продуктивності при перевезеннях, але збільшують навантаження на ІТС (трудомісткість, кількість посад, витрата запасних частин і ін.), що повинно враховуватися при господарсько-економічних відносинах між перевізною й інженерно-технічною службами (табл. 13.2).

З табл. 13.2 випливає, що в цілому для системи (АТП, фірми) більш інтенсивне використання автомобілів доцільно, тому що приріст продуктивності і, як наслідок, доходів перекидає негативні результати, пов'язані зі зростанням додаткових витрат на забезпечення працездатності автомобілів. Тобто під-

задачі. При цьому кожен варіант рішення умовно записується у вигляді набору окремих ознак, наприклад: 314 – 322 – 331 – 353 – 342 – 365 або 316 – 324 – 332 – 342 – 354 – 363.

Простий перебір приводить до великої кількості варіантів, яка дорівнює добутку чисел окремих ознак у кожному рядку матриці. У розглянутій морфологічній матриці утримується 33 600 варіантів.

На *п'ятому етапі* з обговорюваних варіантів «відкидають» безперспективні й неприйнятні за тих або інших причин, і вони виключаються з подальшого розгляду.

На *шостому етапі* для обґрунтування вибору оптимального варіанта використовують метод експертних оцінок досвідчених фахівців-експертів, методики багатофакторної оптимізації зі введенням вагових коефіцієнтів за кожною ознакою й варіантом.

Використання комп'ютерних технологій дозволяє для морфологічного аналізу застосовувати багатокритеріальний вибір оптимального варіанта з видаванням результатів на дисплей і друкувальний пристрій.

Метод морфологічного аналізу має невисоку ймовірність перебування оптимального рішення.

Морфологічний аналіз експертною системою (див. рис. 11.3) виробляється у блоці 7. У цьому блоці аналізуються різні варіанти конструювання машин, пристроїв або створення технологічних процесів. У процесі роботи з блоком 7 виділяються передбачувані компоненти рішення і можливі варіанти реалізації; задаються критерії, за якими будуть вироблятися розрахунки ефективності варіантів реалізації рішень. На етапі генерування варіантів рішень використовуються структурний (конструктивний) і функціональний підходи. Варіанти реалізації рішень можна знаходити з використанням індуктивних і дедуктивних способів. Використовуючи дедуктивний спосіб, необхідно системно представляти об'єкт дослідження, задати його головну функцію, скласти дерево функцій шляхом послідовного розчленовування головної функції на підфункції. Дерево функцій лежить в основі побудови блок-схеми об'єкта. Для індуктивного способу необхідно скористатися прийомами пошуку рішень, спрямованими від часткового до загального, зробити аналіз існуючих конструкцій, потім скласти функціонально-структурну схему, що узагальнює всі різновиди конструкцій.

11.5. Експертні системи діагностування

Створення експертних систем з'явилося логічним наслідком розвитку засобів обчислювальної техніки, операційних систем, програмного забезпечення процесів обробки й збереження інформації.

Перші розробки в області експертних систем з'явилися у сфері економіки й управління виробництвом, однак експертно-системний підхід незабаром завоював свої позиції й у технічних галузях, зокрема в області вібродіагностування. Експертна система – це система, до якої включено знання фахівців про деяку проблемну область і яка в межах цієї області здатна приймати експертні рішення.

Процедура «навчання» машини здійснюється в модулі засвоєння знань, куди з бази даних із зовнішнього носія вноситься інформація, упорядкована й систематизована експертом-фахівцем у даній конкретній області.

Ядро експертної системи складають база знань і безпосередньо машина логічного введення. База знань формується з інформації з модуля засвоєння знань і містить комплекс фактичних даних і правил. Якщо фактичні дані для системи можуть згодом мінятися та коректуватися за ланцюжком: «база даних – модуль засвоєння знань – база знань», то правила являють собою більш довгостроковий компонент, який містить інформацію про логічні процедури, що дозволяють оцінювати ситуацію на основі аналізу фактичних даних.

Машина логічного висновку являє собою основу ланцюга, що пов'язує користувача з експертною системою; вона здійснює інтерпретацію експертних знань у базі знань.

І нарешті, останньою ланкою в ланцюзі спілкування користувача з експертною системою є користувацький інтерфейс. За його допомогою здійснюється діалог користувача з системою. На основі цього логічного обміну приймаються рішення відповідно до реальної ситуації.

Контрольні питання й завдання

1. Наведіть найбільш поширені методи інтеграції спеціалістів при прийнятті управлінських рішень.

2. Наведіть методи ранжування думок спеціалістів при прийнятті управлінських рішень.

3. Наведіть структурні елементи алгоритму вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера.

4. Дайте визначення експертної системи.

на цілі першого рівня $C_{01}^1, C_{02}^1, \dots, C_{0n}^1$, ті, у свою чергу, – на цілі другого рівня і т. д. Декомпозиція продовжується до так званих елементарних цілей, які подальшому розкладанню не підлягають. Наприклад, для персоналу підприємства, фірми таких цілей повинен домагатися конкретний виконавець.

У ДЦ відношення цілей нижчого рівня до цілей вищого – супідрядність. Одна з форм супідрядності – це визначення конкретного внеску (вагомості) мети нижнього рівня в досягнення мети вищого. Цілі ж одного рівня доповнюють одна одну.

Цілі більш високого рівня поєднані з цілями наступного (більш низького) рівня лініями, називаними дугами (3, рис. 13.22). Дуги характеризують відносини між цілями різних рівнів (рангів). Як правило, це відношення типу $C^i \succ C^{i+1}$, що означає, що мета i -того рангу домінує над метою наступного рангу $i+1$, включаючи її у себе. Одним із видів відносин може бути значущість (внесок) підцілі нижнього рівня $i+1$ у досягнення мети верхнього рівня i .

Дуги мають такі позначення: r_{km}^i , де i – ранг (рівень) цілі або системи, із якої виходить дуга; k – номер вершини цілі i , із якої виходить дуга; m – номер нижчестоящої вершини ($i+1$) рангу, у котру входить дуга. Так, дуга, яка зв'язує цілі C^0 і C_{01}^1 , позначається r_{01}^0 , цілі C_{01}^1 і C_{01}^2 – r_{012}^0 .

Якщо, наприклад, генеральна мета C^0 складається з трьох підцілей першого рівня, то через дуги цей зв'язок можна записати в такий спосіб:

$$C^0 = r_{01}^0 \cdot C_{01}^1 \cdot r_{02}^0 \cdot C_{02}^1 \cdot r_{03}^0 \cdot C_{03}^1. \quad (13.3)$$

Відповідні позначення мають і вершини (цілі). Цифрове позначення мети дозволяє однозначно визначити місце й рівень цієї мети в ДЦ, а також її зв'язок і супідрядність із вищестоящими цілями.

Наприклад, якщо ціль позначено C_{01125}^4 , то це означає:

- 1) ця мета четвертого рівня: $i = 4$;
- 2) вищестояща мета ($i - 1$) рівня має позначення C_{0112}^3 ;
- 3) вона є п'ятою підціллю, яка підлегла меті C_{0112}^3 ;
- 4) набір номерів підцілі, тобто 01125, показує ланцюжок зв'язків і взаємин від даної мети до генеральної (рис. 13.26).

$$C_{01125}^4 \xrightarrow{r_{01125}^3} C_{0112}^3 \xrightarrow{r_{0112}^2} C_{011}^2 \xrightarrow{r_{011}^1} C_{01}^1 \xrightarrow{r_{01}^0} C^0$$

Рис. 13.26. Ланцюжок зв'язків цілей різного рівня

Як критерій при прийнятті рішень використовується поняття цільової функції.

Цільова функція (F) встановлює кількісні зв'язки між рівнем досягнення поставлених цілей і факторами, які впливають на стан системи:

$$F = f(C_1, C_2, C_3, \dots, C_n), \quad (13.2)$$

де C_i – фактори, які впливають на F .

Конкретне значення F може бути показником ефективності даної системи.

Екстремальне значення цільової функції відповідає оптимальному управлінню. Характерним прикладом дослідження цільової функції на оптимальність є визначення оптимальної періодичності ТО техніко-економічним методом, розглянутим у теоретичних основах технічної експлуатації.

Для вирішення цих складних і суперечливих задач рекомендується використовувати такий прийом. Якщо реальна система має кілька цілей різної значущості й рівня, то їх слід упорядкувати, побудувати дерево цілей – ДЦ (рис. 13.25) [21].

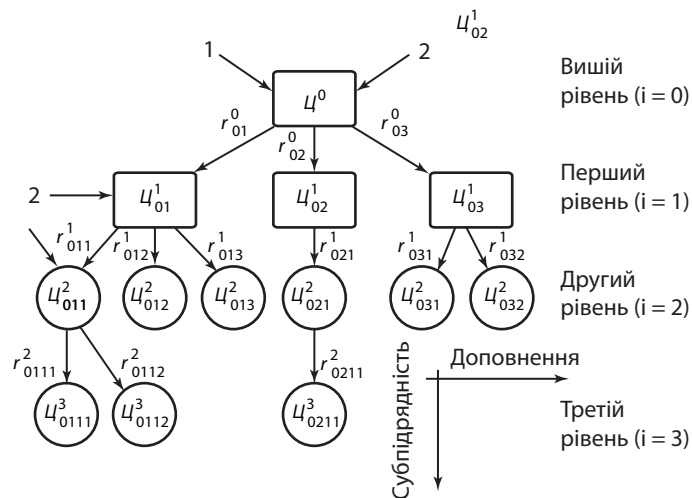


Рис. 13.25. Схема дерева цілей:

1 – корінь дерева цілей (генеральна мета системи); 2 – вершини ДЦ; 3 – дуги ДЦ

Дерево цілей (ДЦ) – це упорядкована ієрархія цілей, що виражає їх супідрядність і внутрішні взаємозв'язки. При побудові ДЦ відбувається декомпозиція – розкладання цілей за рівнями, тобто їх спрощення, конкретизація, уточнення адресності. Звичайно ДЦ має одну вершину, називану коренем (1, рис. 13.25) [21], яка характеризує генеральну мету системи ζ^0 , розташовану на вищому рівні. Далі ціль вищого рівня розкладається

5. Назвіть види експертних систем.

6. Назвіть чотири основні бази даних експертних систем.

7. Наведіть спрощену структуру експертної системи.

8. Наведіть вимоги до морфологічного аналізу технічних об'єктів в пошуку технічних рішень.

9. Що являють собою експертні системи діагностування машин?

12. МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 12.1. Види експериментальних досліджень.
- 12.2. Планування експерименту.
- 12.3. Обґрунтування задачі й послідовність проведення експерименту.
- 12.4. Основні визначення й оцінка вимірюваних величин.
- 12.5. Засоби вимірювань.
- 12.6. Функціональна залежність виміру.
- 12.7. Поняття точності й вірогідності діагностування.
- 12.8. Похибка вимірів. Статистична обробка результатів вимірів.
- 12.9. Виявлення й виключення грубих похибок (промахів).
- 12.10. Точність міри і вимірювальних приладів.
- 12.11. Точність і вірогідність контрольно-діагностичних операцій.
- 12.12. Якість вимірів.
- 12.13. Обробка результатів експерименту.

12.1. Види експериментальних досліджень

Експеримент – це науково поставлене дослідження з точно врахованими й керованими умовами.

Основною метою експериментальних досліджень є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів чи явищ, перевірка теоретичних положень, справедливості гіпотез, широке й глибоке вивчення наукової проблеми. Експериментальні дослідження – один з основних способів одержати нові наукові знання. Особливе значення має експеримент при вивченні екстремальних умов. Загальну класифікацію експериментальних досліджень наведено на *рис. 12.1*, а стислу класифікацію видів експериментальних досліджень показано на *рис. 12.2*.

Наведена класифікація експериментальних досліджень (*рис. 12.1*) не є повною й остаточною, тому що з розширенням наукового знання розширюється й область експерименту. Залежно від задач експерименту різні його типи можуть поєднуватися, утворюючи комплексний чи комбінований експеримент.

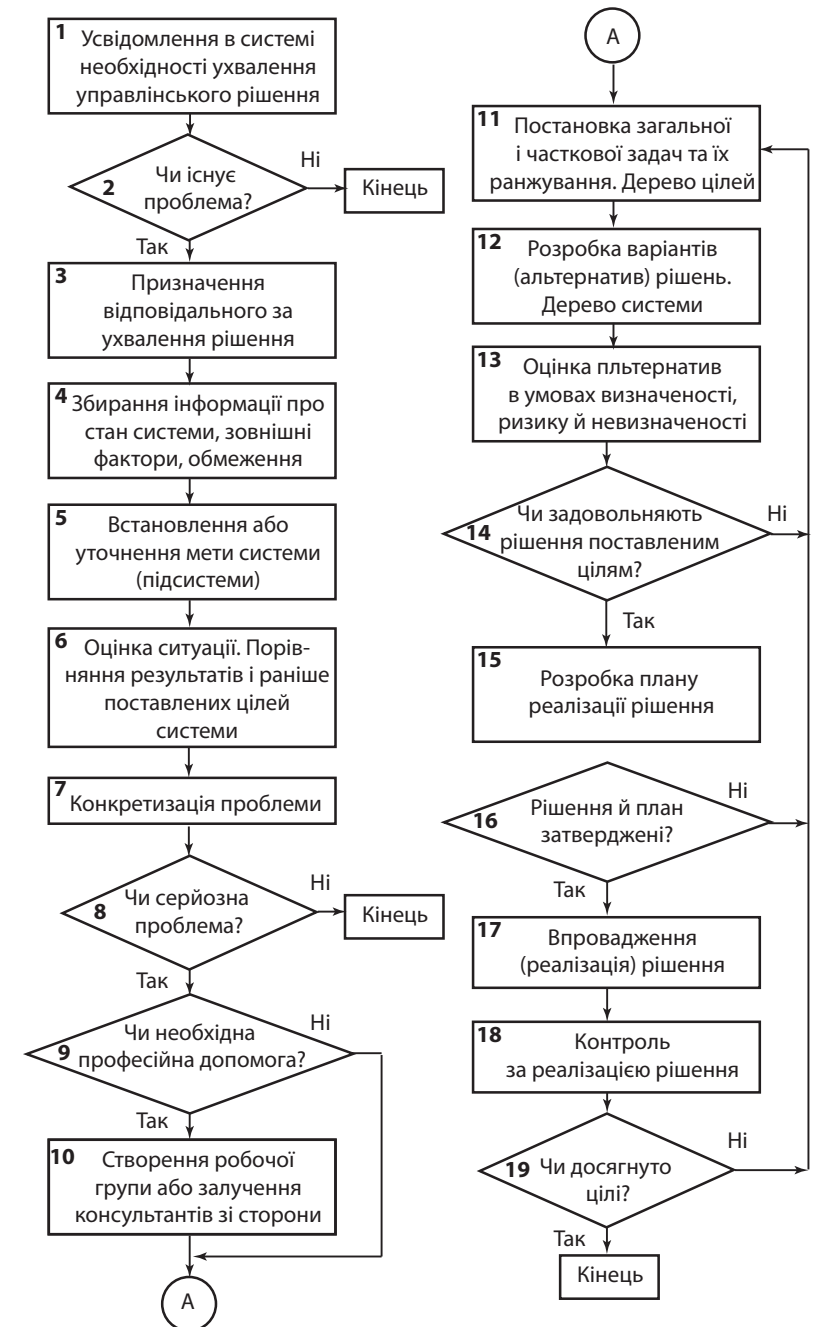


Рис. 13.24. Алгоритм процесу ухвалення рішення

рішення здійснюється управління будь-якою системою. Наприклад, якщо ціль – скорочення витрат на паливо при перевезеннях, то її можна досягти такими способами:

- ♦ поліпшити ТО й ремонт систем живлення й запалювання;
- ♦ зацікавити водіїв і ремонтників в економії палива;
- ♦ обирати раціональні маршрути руху;
- ♦ придбати більш економічні автомобілі й т. ін.

При рішенні необхідно обрати один із способів або комбінацію декількох у визначеній послідовності.

Алгоритм прийняття управлінських рішень представлено на *рис. 13.24* [21]. Він має три характерні етапи.

При формуванні цілі конкретної системи на третьому етапі (11, *рис. 13.24*) виникає декілька досить складних задач.

1. Як від загальних або узагальнених цілей вищестоящої системи перейти до конкретних, кількісно описаних цілей підсистем? Наприклад, маркетинговий аналіз дозволяє припустити приріст попиту на певні перевезення на 12%. Це, певна річ, є генеральною метою підприємства, фірми. За рахунок чого це можна зробити? – це підцілі, їх необхідно в рамках програмного цільового методу чітко визначити. Сутність ПЦМ полягає в чіткому визначенні мети системи й інтеграції усіх видів діяльності підсистем у вигляді програми для досягнення поставленої мети.
2. Як зіставити або, як ми говоримо, ранжувати кілька іноді суперечливих цілей, які, як правило, стоять або поставлені перед будь-якою складною системою? Наприклад, збільшення прибутковості, яке вимагає скорочення усіх видів витрат, і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, що призводить до збільшення низки статей витрат.
3. Як цілі зіставити з ресурсами, а останні перерозподілити між декількома цілями?
4. Як цілі підсистем змусити працювати на цілі системи?

Після того, як конкретно встановлено цілі системи, необхідно визначити найбільш ефективні способи їх досягнення. Це, як правило, можна досягти декількома способами або їх комбінацією з обов'язковим аналізом і порівнянням декількох шляхів досягнення поставлених цілей, тобто це являє їх змагальність і альтернативність.



Рис. 12.1. Види експериментальних досліджень

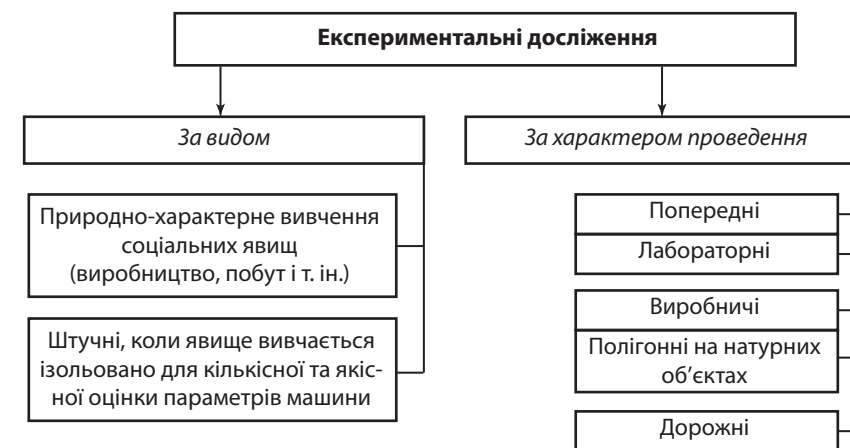


Рис. 12.2. Класифікація експериментальних досліджень за характером та видом проведення

За цільовим призначенням випробування транспортних машин підрозділяються на пошукові, доводочні, попередні, приймальні (державні й галузеві), кваліфікаційні (установочні серії), приймально-здавальні, інспекційні (тривалі контрольні), періодичні (короткі контрольні), випробування на надійність (ресурс), експлуатаційні, атестаційні, сертифікаційні, дослідницькі, спеціальні. Деякі види устаткування й споруджень для випробувань транспортних машин із метою оцінки їх технічного стану в життєвому циклі наведено в *табл. 12.1*.

Таблиця 12.1

Види й устаткування для випробувань транспортних машин

Види випробувань	Устаткування, спорудження й вимоги до випробувань
Заводські, лабораторні і виробничі	Різні контрольні-діагностичні стенди для випробувань окремих агрегатів і комплектних машин, включаючи стенди з біговими барабанами, для імітації експлуатаційних умов роботи. Оцінка конструкції машин на відповідність проектним вимогам, включаючи експлуатаційну надійність, функціональну й технічну надійність, контролю якості виготовлення й систем діагностування в експлуатації
Полігони	Швидкісні дороги, дороги з різним покриттям, із нерівностями й крутістю, гірські дороги, басейни. Моделювання експлуатаційних умов. Оцінка функціональної й технічної надійності та безпеки функціонування
Дорожні	Визначення динамічних, економічних, екологічних і інших характеристик. Випробування з реєстрацією сили і гальмового шляху, особливо автопоїздів. Виявлення локальних несправностей, перевірка гальмових систем, паливної економічності, систем запалювання, стану ходової частини, оцінка придатності вмонтованих і зовнішніх систем і призначеної періодичності діагностування. Уточнення технології діагностування
Діагностування машин в експлуатації	Універсальні стенди, придатні для випробувань різних типів машин. Пошук можливості зниження трудомісткості діагностування й вимог до кваліфікації персоналу. Оцінка класу технічного стану й залишкового ресурсу систем машини. Розробка раціональної технології діагностування технічних систем: алгоритмів і режимів випробувань, автоматизації контролю параметрів, технічного стану з видачею протоколу діагностування

Розвиток. Процеси в системах можуть протікати еволюційно, тобто мати тенденцію до розвитку в напрямку збільшення складності, і ентропійно, тобто мати тенденцію до поступового розсіювання й зменшення ступеня організації. Еволюція властива відкритим системам, що мають вхід і вихід, а ентропійні процеси властиві лише замкнутим системам.

Розвитком називають те, що відбувається з системою при зміні її цілей. Характерною рисою розвитку є те, що існуюча структура перестає відповідати новій меті, і для забезпечення нової функції приходится змінювати структуру, а іноді й склад системи, перебудовувати всю систему.

Придатність до спостереження. Усі без винятку входи й виходи системи мають або контролюватися спостерігачем, або, принаймні, бути придатними до спостереження [33].

13.4. Системний аналіз прийняття керуючих рішень при експлуатації транспортних засобів

Керування (управління) – процес перетворення інформації про стан системи у визначені цілеспрямовані дії з переводом керованої системи з вихідного у заданий стан.

Говорячи про процес і етапи управління, визначення цілей, прийняття рішень, ми маємо на увазі, що в будь-якій системі є керуючі й керовані елементи, що групуються в підсистему керування (ПК) і керований об'єкт (КО).

Найпростішу схему їх взаємодії наведено на *рис. 13.23*.

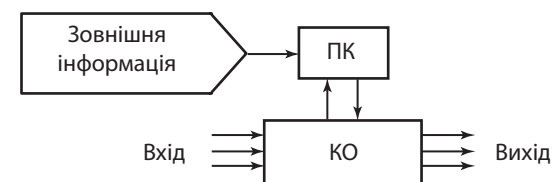


Рис. 13.23. Схема взаємодії підсистеми управління й керованого об'єкта системи

У свою чергу, підсистема управління складається з органа керування ОК, який сприймає задану програму прийняття рішень ПР, й виконавчого органа ВО, що тим або іншим способом керує самою системою (рис. 13.23).

Під рішенням слід розуміти вибір на основі встановлених критеріїв із багатьох альтернатив, які змінюють стан системи, тобто процес ухвалення рішення являє собою вибір одного з декількох можливих. На основі

мінними коефіцієнтами, що у матричних позначеннях має такий стандартний вигляд [33]:

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u; \quad x \in R^n; \quad u \in R^m \quad (13.1)$$

де x – n -вимірний вектор-стовпець параметрів стану об'єкта управління;

u – m -вимірний вектор-стовпець параметрів управління;

R^n і R^m – фазовий простір і простір управління динамічної системи (13.1); $A(t)$ і $B(t)$ – матриці відповідно розмірів $n \times n$ і $m \times n$.

Властивість структурної керованості полягає у принциповій можливості незалежного впливу керуючих впливів на всі параметри стану об'єкта управління і визначається структурою його математичної моделі. Задача аналізу структурної керованості зважається за допомогою відомих критеріїв Калмана для класу лінійних систем і їх узагальнень на нелінійні системи. На цьому етапі дослідження обмеження на управління не враховуються. Після встановлення структурної керованості аналізованого об'єкта (повної чи неповної) переходять до побудови областей керованості й досяжності з урахуванням обмежень на управління.

Стан. Цим поняттям звичайно характеризують миттєву фотографію, «зріз» системи, зупинку в її розвитку. Стан характеризується значеннями ознак системи в даний момент часу. Якщо позначити елементи (компоненти, функціональні блоки і т. п.), що визначають стан системи, через E , і врахувати, що «входи» можна розділити на керуючі Y і збурюючі X (неконтрольовані) і що «виходи» (вихідні) результати, сигнали – g залежать від E , Y і X , тобто $g_t = f\{E, Y, X\}$, то залежно від задачі стан може бути визначено як $\{E, Y\}$, $\{E, Y, g\}$ або $\{E, Y, X, g\}$. Безліч станів системи може бути кінцевим, рахунковим або континуальним (безперервна сукупність, наприклад, усі точки на прямій) [33].

Поводження. Зміну станів системи в часі називають поведженням. Коли є невідомі закономірності переходів з одного стану в інший, це означає, що система має якесь поведження і необхідно з'ясувати ці закономірності. Таким чином, поведження системи – це розгорнута в часі послідовність реакцій системи на зовнішній вплив.

Рівновага – це здатність системи зберігати свій стан як бажано довго при відсутності зовнішніх збурюючих впливів або при постійних впливах.

Стійкість – це здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану під впливом зовнішніх збурюючих впливів. Стан рівноваги, до якого система здатна повертатися, називають стійким станом рівноваги.

Лабораторні дослідження (випробування) проводять із застосуванням типових і спеціальних приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, енергетичного устаткування. Лабораторні дослідження дозволяють одержати первинну наукову інформацію про об'єкт досліджень. Для підтвердження гіпотези іноді досить лабораторного експерименту, іноді потрібно проведення серії експериментальних досліджень. Однак лабораторні дослідження не завжди можна провести на повнокомплектних об'єктах і цілком моделювати реальний процес складної машини, тому виникає необхідність у виробничих, полігонних і дорожніх випробуваннях повнокомплектних транспортних засобів.

Ціль виробничих, полігонних і дорожніх досліджень – вивчити процес у реальних умовах з обліком внутрішніх і зовнішніх впливів на випробуваний об'єкт техніки. Вибір об'єкта дослідження зумовлює не тільки вид досліджуваного об'єкта, але й те, в якому вигляді – натуральному чи модельованому – мають подаватися в експерименті його параметри, які з них будуть вхідними, а які – вихідними, які змінюються у процесі експерименту, а які будуть сталими. Ретельність підготовки зразкового або робочого засобів вимірювань.

Науково обґрунтований експеримент може бути здійснено лише при наявності теорії, що визначає задачі такого експерименту, дає узагальнення й пояснення його результатів.

12.2. Планування експерименту

Будь-який експеримент можна подати як відповідну систему операцій, спрямованих на отримання потрібної інформації про досліджуваний об'єкт. Тому спочатку встановлюють фактори, що варіюють, основні й другорядні характеристики, які впливають на досліджуваний процес, аналізують розрахункові схеми процесу. Змінна величина, яка так чи інакше впливає на результати експерименту, називається *фактором*. Рівнем фактора називають його фіксовані значення, які відраховуються від початку відліку. Потім класифікують усі фактори і складають із них утратний за важливістю для даного експерименту ряд.

Простір, координатні осі якого відповідають значенню факторів, називають *факторним простором*. Та область факторного простору, де розміщено точки, які відповідають умовам проведення експерименту, називають областю експериментування. Спостережувана випадкова величина, яка за припущенням залежить від факторів і являє собою їх відгук, називається *функцією відгуку*. Геометричне подання функції відгуку у факторному просторі є поверхнею відгуку.

Розрізняють основні та випадкові фактори. Правильний вибір основних і другорядних факторів відіграє важливу роль в ефективності експерименту, тому що при цьому встановлюються залежності між цими факторами. Основним принципом встановлення ступеня важливості характеристики є її роль у досліджуваному процесі.

Якщо в експерименті виявляється залежність функції у тільки від одного фактора x , то такий експеримент називається однофакторним. Якщо така залежність зумовлюється більшою кількістю факторів, експеримент буде багатофакторним. Кожен із факторів, які беруть участь в експерименті, змінюється у визначених межах. Межі зміни факторів зумовлюються цілями дослідження, конструктивними та технологічними обмеженнями експериментальних установок, приладів та областю досліджуваних величин. Обсяг експериментальних даних визначають відповідно до таких вимог: забезпечення точності результатів, зниження трудомісткості експериментальних робіт.

Серед методів планування експерименту найпоширенішим є метод повного факторного експерименту – експерименту, план якого містить усі можливі комбінації всіх факторів, які повторюються на кожному рівні однакової кількості разів (для N рівнів кількість таких комбінацій буде N^n , де n – кількість факторів). Кожен фактор має зумовлену межу вимірювання, всередині якої він змінюється дискретно чи перервно. Метод повного факторного експерименту базується на тому положенні, що будь-яку неперервну досліджувану функцію $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яка має всі похідні в заданій точці з координатами $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}$, можна розкласти в ряд Тейлора:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \beta_{21} x_1 x_2 + \dots + \beta_{(n-1)} x_{(n-1)} + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \dots + \beta_{nn} x_n^2, \quad (12.1)$$

де β_0 – значення функції відгуку на початку координат $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}$.

$$\beta_x = \frac{dy}{dx_1}; \quad \beta_y = \frac{d^2 y}{dx_1^2}; \quad \beta_n = \frac{1}{2} \frac{d^2 y}{dx_1^2}. \quad (12.2)$$

На практиці за результатами експерименту цей поліном замінюється так званим рівнянням регресії:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i z_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} z_i z_j + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} z_i^2, \quad (12.3)$$

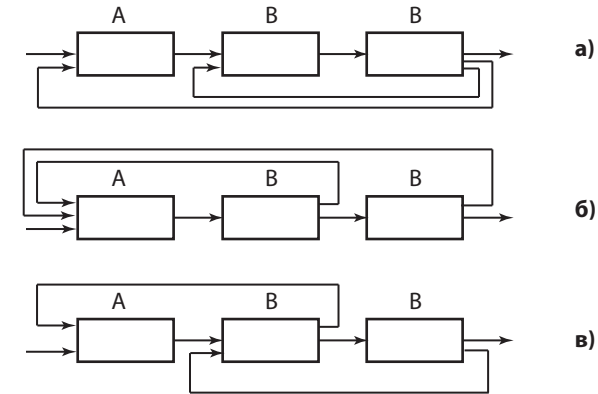


Рис. 13.21. Види складних зв'язків у системах

Аналіз елементів, компонентів і зв'язків між ними дозволяє встановити, з чого складається система. Але при дослідженні системи важливо розкрити, як улаштовано, організовано систему, як і в ім'я чого вона діє. Тут перед дослідником постає питання про структуру й функції системи.

Найбільш поширеними є комбіновані замкнуті системи управління, де поряд з основним замкнутим контуром управління діє розімкнутий контур компенсації одного чи кількох збурюючих впливів. Приклад вимірювання збурень, які діють при виробленні команд управління, наведено на рис. 13.22 [11].

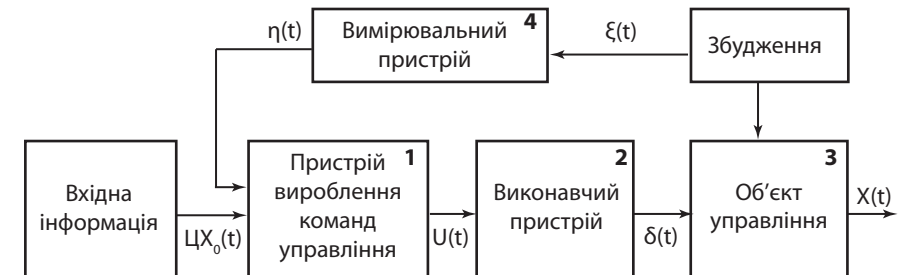


Рис. 13.22. Блок-схема САК із контуром компенсації

Задача аналізу структурної керованості розглядається при відсутності обмежень на параметри управління й інтервал часу процесу управління. Задача полягає у з'ясуванні того, чи існує у фазовому просторі системи некеровані й недосяжні стани системи. Представимо модель об'єкта управління у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь із пере-

Як видно з наведеної схеми (рис. 13.20), інформація про параметри стану об'єкта управління виходить за допомогою вимірювального пристрою (аналог органів почуттів) і використовується потім у пристрої вироблення команд управління («мозок» системи управління). Далі команди управління впливають на виконавчий пристрій («м'язи»), що у свою чергу пускає в хід органи управління («кінцівки») об'єкта управління. На даній схемі через $X(t)$ позначено параметри стану об'єкта управління в його фазовому просторі, $Y(t)$ – результати вимірів параметрів стану, $U(t)$ – команди управління, $\delta(t)$ – переміщення органів управління, що приводить до зміни силового чи іншого керуючого впливу на об'єкт управління, $\xi(t)$ – впливи на об'єкт управління з боку зовнішнього середовища, які мають характер випадкових збуджень, C – цілі управління, X – параметри управління.

Відповідно до загальноприйнятої термінології ланки 1, 2 і 4 утворюють керуючий об'єкт (називаний у теорії автоматичного регулювання регулятором), а сукупність керуючого об'єкта й об'єкта управління складає систему автоматичного керування (САК) чи, для стислості, систему управління. Об'єкт управління відіграє роль однієї з її ланок. Під вхідною інформацією розуміються дані, необхідні для забезпечення цілеспрямованого функціонування системи управління в конкретних умовах її використання. Ці дані можуть включати інформацію про ціль управління (параметри C), дані про початковий стан об'єкта управління (параметри X_0), дані, які задають режим роботи пристрою вироблення команд управління (у тому числі й алгоритми управління), а також іншу необхідну інформацію.

Характерною рисою системи управління, схему якої наведено на рис. 13.19, є наявність у ній замкнутого контуру проходження сигналів, що з'єднує ланки 1, 2, 3 і 4. Така система управління називається замкнутою, чи системою зі зворотним зв'язком. Зворотний зв'язок реалізується тут через вимірювальний пристрій і слугує для передачі інформації з виходу системи управління на її вхід, дозволяючи здійснювати вироблення команд управління з урахуванням реального стану об'єкта управління, який формується при спільному впливі керуючих і збуджуючих впливів. Такий зворотний зв'язок називається головним. Поряд із цим може використовуватися так званий місцевий зворотний зв'язок, яким охоплюються окремі ланки САК чи сукупність ланок.

У системах із комбінованими зв'язками виникає безліч комбінацій зв'язків між окремими елементами й підсистемами. Найчастіше зустрічаються: зворотний паралельний розподільчий зв'язок (а); зворотний паралельний сполучний зв'язок (б); послідовний паралельний зв'язок (в) (рис. 13.21) [31].

де b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти регресії;

z_i – закодована змінна, яку введено для обчислень і вона є відповідною величиною, а саме:

$$z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{0,5\Delta x_i}; \quad \Delta x_i = x_{i\max} - x_{i\min}; \quad x_{0i} = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{2}. \quad (12.4)$$

Максимальному значенню $x_{i\max}$ відповідає $z_i = +1$, а мініимальному $x_{i\min}$ відповідає $z_i = -1$.

Проілюструємо використання методів планування на прикладі дво- і трифакторного експериментів. Для двофакторного експерименту припускають, що явище чи процес описується лінійним поліномом, тобто поверхня відгуку з площиною:

$$y = b_0 + b_1 z_1 + b_2 z_2. \quad (12.5)$$

Щоб побудувати поверхню відгуку у вигляді площини, досить виконати чотири досліді. Найкраще вимірювати обрані фактори на двох рівнях: максимальному $z_i = +1$ і мініимальному $z_i = -1$.

План експерименту в цьому випадку можна подати у вигляді матриці $y = f(z_1, z_2)$. Нагадаємо, що кількість дослідів дорівнює N^n , де N – кількість рівнів (для нашого випадку – 2), а n – кількість факторів (у нашому випадку – також 2). Тоді матриця плану експерименту буде виглядати так, як показано в табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Матриця плану експерименту ($N = 2, n = 2$)

Дослід	Фактори		Функція відгуку
	z_1	z_2	
1	–1	–1	y_1
2	+1	–1	y_2
3	–1	+1	y_3
4	+1	+1	y_4

Принцип побудови матриці планування повного факторного експерименту полягає в тому, що рівні варіювання першого фактора чергуються від досліді до досліді, причому частота зміни рівнів варіювання кожного наступного фактора удвоє менша, ніж попереднього.

Для трифакторного експерименту матрицю плану можна подати аналогічно. У цьому разі $N = 2, n = 3$, а кількість дослідів дорівнює 8. Тоді матриця плану експерименту набирає вигляду, що відповідає табл. 12.3.

Таблица 12.3

Матриця плану експерименту (N = 2, n = 3)

Дослід	Фактори			Функція відгуку
	z_1	z_2	z_3	
1	-1	-1	-1	y_1
2	+1	-1	-1	y_2
3	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	-1	y_4
5	-1	-1	+1	y_5
6	+1	-1	+1	y_6
7	-1	+1	+1	y_7
8	+1	+1	+1	y_8

Матриця планування повного факторного експерименту є ортогональною, оскільки:

$$\sum_{j=1}^m z_{ij} = 0; \quad \sum_{i=1}^m z_{ij}^2 = 0; \quad \sum_{i=1}^m z_{ir} z_{js} = 0, \quad (12.6)$$

де m – кількість дослідів повного факторного експерименту;

j – номер досліду;

i, r, s – номери факторів.

Для такої ортогональної матриці коефіцієнти регресії лінійного полінома зумовляються такими виразами:

$$b_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_j; \quad b_1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_j y_j; \quad b_{is} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ir} z_{js} y_j. \quad (12.7)$$

Залежно від характеру досліджень експеримент можна виконувати послідовною зміною факторів у межах однієї серії дослідів (наприклад, під час виконання дослідів в якійсь одній точці плану) або заміною фактора випадковим числом. У цьому випадку експеримент називається *рандомізованим*.

Прикладом послідовного плану експерименту може бути знаходження струму в лінійному полі за законом Ома: $I = U/R$, якщо під час проведення досліду напруга джерела підтримується постійною, а опір змінюється послідовно, крок за кроком, від меншого значення до більшого.

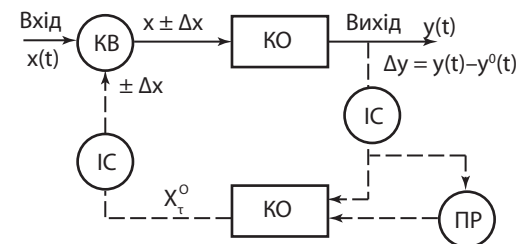


Рис. 13.19. Схема управління системи з незамкненим зворотним зв'язком

Системи керування зі зворотним інформаційним зв'язком є гнучкими, адаптивними, особливо для технічних, виробничих і економічних систем. За такими схемами будують управління підприємствами й організаціями автомобільного транспорту, автоматизовані системи машин.

Приклади системи управління зі зворотним інформаційним зв'язком: автоматична антиблокувальна система регулювання гальмування АВ (зафіксоване відхилення виходу – початок прослизання колеса при гальмуванні); практично всі системи живлення автомобіля; дії водія з підтримки визначених параметрів руху автомобіля на маршруті; регулювання ціни на основі балансу попиту та пропозиції, наприклад, сервіс і ТО.

Використання зворотного зв'язку є необхідною умовою забезпечення потрібної якості функціонування систем управління за такими показниками, як точність, запас стійкості, тривалість перехідних процесів, величина перерегулювання та ін. Таким прикладом може бути автоматична система управління складом горючої суміші у двигунах та інші електронні системи автоматичного управління сучасними автомобілями (рис. 13.20).



Рис. 13.20. Блок-схема САК із зворотним зв'язком

Зв'язки типу (в) і (д) характеризують випадок, коли з'єднуються виходи багатьох однотипних елементів. Такого роду з'єднання називають масовими, а системи, що містять такі з'єднання – масовими системами.

При незамкнених зв'язках (жорстому керуванні) програма управління системою будується за таких припущень і умов:

- ♦ повна визначеність майбутніх впливів середовища й стану системи;
- ♦ неістотність впливу непередбачених збурювань або захист об'єкта керування від них.

Схему незамкненої системи управління наведено на *рис. 13.18*.

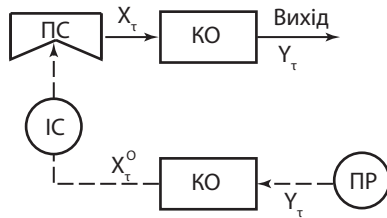


Рис. 13.18. Схема незамкненої системи управління

На рис. 13.18 ПС означає перетворення сигналу x_r^0 від органа керування ОК, продиктованого програмою ПР, у керуючий вплив x_r , що забезпечує задане значення виходу системи y_r .

Характерно, що входом для даної системи є сигнал, що виходить від самого органа керування й програми.

Найпростішим прикладом системи з незамкненим зв'язком може бути електричний дзвоник. При натисканні на кнопку включається звуковий або світловий сигнал. Іншим прикладом може слугувати світлофор-автомат, який перемикається в задані моменти часу. Більш складне управління здійснюється при наявності лічильників автомобілів, які під'їжджають, і, коли кількість автомобілів досягне заданої величини, включається граничний сигнал.

При управлінні зі зворотним інформаційним зв'язком програма коректується залежно від інформації про фактичний стан керованого об'єкта або зворотного зв'язку ІС (*рис. 13.19*).

КО характеризується станом виходу $y(t)$ і його відхиленням від норми (мети) $y^0(1)$. Орган управління ОК за відхиленням $\Delta y = y(t) - y^0(1)$ і алгоритмом програми ПР виробляє керуючий вплив $\pm \Delta x$, який надходить на вхід системи, змінюючи його. Цей вплив на рис. 13.19 позначено як КВ.

Якщо дослід такий же, але рандомізований, зміна опору може бути випадковою, наприклад:

$$r_{\min}; \frac{3}{4}r_{\max}; \frac{1}{2}r_{\max}; r_{\max}; \frac{1}{4}r_{\max}.$$

Провівши експеримент, знаходять коефіцієнти регресії, для чого в найзагальнішому випадку використовують метод найменших квадратів, відповідно до якого мінімізують суму квадратів відхилень (розходжень) значень величини від одержаних відповідно в процесі експерименту.

Для повністю рандомізованого факторного експерименту план може бути побудовано за допомогою латинських квадратів із використанням таблиці випадкових чисел. У цьому разі в кожному досліді вказується необхідне поєднання рівнів усіх факторів. Наприклад, для факторного експерименту, в якому кожен фактор вимірюється на трьох різних рівнях (наприклад, $x_1, x_2, x_3; y_1, y_2, y_3; z_1, z_2, z_3$), латинський квадрат буде таким:

	y_1	y_2	y_3
x_3	z_1	z_2	z_3
x_2	z_2	z_3	z_1
x_1	z_3	z_1	z_2

Факторний план використовується в тих випадках, коли відомо, що досліджувана функція F залежить від кожного фактора, причому

$$F = f_1(x) + f_2(y) + f_3(z), \quad (12.8)$$

де x, y, z – фактори експерименту.

Якщо невідомо, до якого класу належить функція F і чи підходить вона до цих класів взагалі, то рекомендується не проводити факторний експеримент, а обрати класичний план його проведення, згідно з яким при $F = f(x, y, z)$ провести послідовно ряд однофакторних експериментів, у яких усі змінні, крім однієї, вважаються сталими, і лише одна змінна варіюється в усіх діапазонах її значень.

У тих випадках, коли відшукувана функція залежить відразу від кількох факторів, перерахуванням результатів експерименту можна знайти її залежність від одного фактора, який цікавить нас найбільше. Наприклад, у випадку трифакторного експерименту, план якого подається латинським квадратом, запишемо відповідні рівняння для рядків, які містять x_1, x_2, x_3 , розв'язуючи їх разом, знайдемо

$$f(x_1) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 F_{x1i}; \quad f(x_2) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 F_{x2i}; \quad f(x_3) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 F_{x3i}. \quad (12.9)$$

де F_{x1} , F_{x2} , F_{x3} – відповідні функції відгуку, отримані в результаті експерименту при відповідних рівнях зміни факторів.

Для рядка квадрата x_1 це будуть такі три рівняння:

$$\left. \begin{aligned} F_{x1} &= f(x_1) + f(y_1) + f(z_3); \\ F_{x2} &= f(x_1) + f(y_2) + f(z_1); \\ F_{x3} &= f(x_1) + f(y_3) + f(z_2). \end{aligned} \right\} \quad (12.10)$$

12.3. Обґрунтування задачі й послідовність проведення експерименту

Експеримент – особливий вид діяльності дослідника, здійснюваної ним із метою наукового пізнання (відкриття) певних характеристик об'єктів або систем чи пов'язаних з ними закономірностей. При цьому дослідник діє на об'єкт із допомогою спеціальних методів, інструментів або приладів і може планомірно змінювати та варіювати різні умови, потрібні йому для одержання остаточного результату. Спостерігач розглядає зовні явище (форму). Експериментатор заглиблюється в середину і розглядає сутність явища.

У наш час без експерименту практично неможлива жодна розробка технічного пристрою чи системи.

Експерименти поділяють на натурні та модельні, активні й пасивні.

У процесі *натурного експерименту* досліджується реальне явище чи процес. Експерименти, як правило, мають на меті уточнити характеристики обладнання, явища, процесу чи реального об'єкта, визначити надійність його роботи в непередбачуваних або аварійних режимах, перевірити правильність теоретичних розрахунків тощо. При цьому враховується весь обсяг факторів, які діють на досліджуваний об'єкт.

Натурний експеримент потребує значних фінансових витрат. Часто його проведення пов'язане з певним ризиком і тому до нього вдаються тільки в найнеобхідніших випадках.

Модельний експеримент здійснюється на модельних установках і дає змогу найповніше вивчити об'єкт і пов'язані з ним процеси. На відміну від натурного експерименту тут є змога проводити дослідження в «чистому» вигляді, тобто ізолювати досліджуване явище від другорядних факторів, що затіняють його перебіг. Результати модельних експериментів служать основою для створення математичних моделей і виконання технічних розрахунків.

і тій же меті, якщо ієрархічну структуру формують різні дослідники, то залежно від їх попереднього досвіду, кваліфікації й знання системи вони можуть одержати різні ієрархічні структури.

Зв'язок у побудові й управлінні системами. Це поняття входить у будь-яке визначення системи і характеризує і її будову (статика), і функціонування (динаміку). Зв'язок можна охарактеризувати напрямком, силою, характером (або видом). За першими двома ознаками можна розділити зв'язки на спрямовані й неспрямовані, сильні й слабкі, а за характером – на зв'язки підпорядкування, зв'язки рівноправні (або нейтральні), зв'язки управління. Зв'язки можна розділити також за місцем застосування – внутрішні й зовнішні, за спрямованістю процесів у системі в цілому або в окремих її підсистемах – прямі і зворотні. Дуже важливу роль у системах керування й управління відіграють зворотні зв'язки, добре знайомі всім інженерам. Їх системи керування й управління входи та виходи підрозділяють на замкнені, незамкнені й комбіновані [11].

Основні незамкнені зв'язки: прямий послідовний (простий) (а); паралельний розподільчий (б); паралельний з'єднуючий (в); послідовний між системами A , B , C , D (г); непрямий між системами A і C , A і D , B і D (г); паралельний зв'язок, який розгалужується (д) (рис. 13.17) [31]. Ці системи не мають зворотного зв'язку.

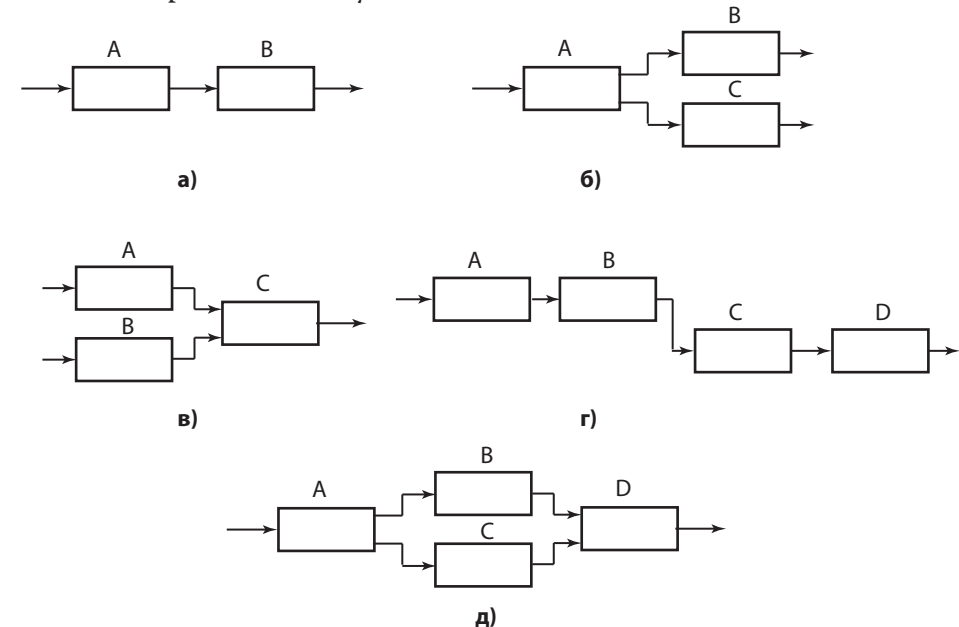


Рис. 13.17. Види незамкнених зв'язків у системах

називають вихідним сигналом взаємодії елементів системи, або реакцією системи на зовнішню дію. Часто вихідну характеристику системи визначають як зміну вихідного сигналу з часом, наприклад, зміну технічного стану в експлуатації або зміну технічного стану при заміні елементів системи при доводці конструкції.

Структура системи визначається елементним складом і сукупністю стійких зв'язків, що поєднують елементи системи; вона відбиває найбільш істотні взаємини між елементами й підсистемами, що забезпечують існування системи і її основних властивостей (див. рис. 13.12). Через співвідношення вхідних і вихідних величин можливі різні схеми взаємодії, особливо в електронних системах управління й діагностування. Найбільш типовими є такі чотири схеми (рис. 13.16) [31]:

- 1) одновимірно-одновимірна (однофункціональна) – один вхідний сигнал і одна вихідна характеристика;
- 2) одновимірно-багатовимірна – один вхідний сигнал і декілька вихідних характеристик;
- 3) багатовимірно-одновимірна – декілька вхідних сигналів і одна вихідна характеристика;
- 4) багатовимірно-багатовимірна – декілька вхідних сигналів і декілька вихідних характеристик.

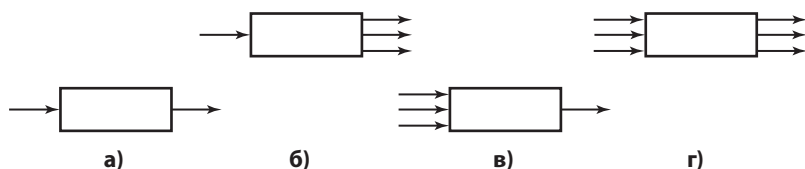


Рис. 13.16. Схеми взаємодії:

а) одновимірно-одновимірна; б) одновимірно-багатовимірна; в) багатовимірно-одновимірна; г) багатовимірно-багатовимірна

Структурну модель об'єкта може бути виражено графічно у вигляді матриць, графів, номограм й інших мов моделювання структур.

Ту саму систему може бути відображено різними структурами залежно від етапу уявлення об'єкта у вигляді системи, аспекту представлення, мети її створення.

У випадку багатоцільових ситуацій можна побудувати кілька ієрархічних структур, що відповідають різним цілям, і при цьому в різних структурах можуть брати участь ті самі компоненти. Крім того, навіть при одній

Модельний експеримент дає змогу багатократно відтворювати хід досліджуваного процесу в строго фіксованих умовах, що під час натурного експерименту здебільшого зробити дуже важко.

Теорія постановки та проведення експерименту докладно розглядається в спеціальній літературі.

Розрізняють два принципи постановки експерименту. Пасивний експеримент, де розташування точок у факторному просторі ведеться на інтуїтивному рівні. Експериментальні точки розташовуються лише на деяких перетинах простору, які обрано безсистемно. Це не лише ускладнює обчислювальну процедуру, а й практичне використання математичних моделей. Активний експеримент полягає в тому, що розташування точок у міжфакторному просторі алгоритмізовано. Це забезпечує підвищення точності моделі в цілому, скорочення в остаточному підсумку кількості дослідів у 5 – 10 разів у порівнянні з традиційними методами.

Методологія експерименту визначається його загальною структурою, постановкою й послідовністю виконання визначених дій (рис. 12.3). Структура експерименту включає такі елементи: цілеспрямовану дослідницьку діяльність людини; зразок для експерименту, комплекс взаємодіючих дослідницьких пристроїв і наукових приладів.

План-програма проведення експерименту включає: найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план роботи й кошторис на виконання експерименту. Основу плану-програми складає методика експерименту, що являє собою систему прийомів або способів для експериментального дослідження й у загальному випадку включає: мету й задачі експерименту; вибір факторів, що варіюють, обґрунтування засобів і потрібної кількості вимірів; опис проведення експерименту; обґрунтування способів обробки й аналізу результатів експерименту, оцінку адекватності гіпотези, виведення наслідків.

Визначення мети й задач експерименту – один із найбільш важливих етапів. Кількість задач не повинна бути занадто великою (оптимальна кількість – три, чотири задачі). У комплексному експерименті їх може бути вісім-десять. Особливе місце в експерименті займають метод та методика.

До методів експериментальної інформатики відносять: сприйняття, порівняння, відтворення, спостереження, лічбу, контроль, вимірювання, розпізнавання образів, діагностику, ідентифікацію, випробування, експериментальні дослідження, моніторинг, а також інші (див. рис. 7.1, 7.2, 8.1, 8.2).



Рис. 12.3 Структура методології проведення експерименту

Сприйняття – відображення найпростіших характеристик навколишнього середовища органами чуття людини або спеціальними технічними засобами (сенсорами, індикаторами) – сигналами, зручними для подальшого використання.

Порівняння – відображення подібності чи відмінності об'єктів логічним висновком. Загальновідомою є теза «Все пізнається в порівнянні». І справді, цим методом встановлюється насамперед те, що є спільним для низки об'єктів та явищ і що надалі доцільно зробити предметом більш детального вивчення. Відомо, що більшість матеріальних об'єктів проявляють себе одночасно у двох відношеннях, а саме: еквівалентності й порядку. Відповідно й порівняння об'єктів здійснюється за еквівалентністю та інтенсивністю, тобто за розміром.

цікавить, а під середовищем – усі об'єкти, зовнішні стосовно розглянутої частини пристрою і взаємодіючі з нею.

Структура (будова, розташування, порядок). При дослідженні об'єкта (системи) найчастіше ставиться задача з'ясування того, що являє собою об'єкт або процес, що в ньому забезпечує виконання поставленої мети. Технічна система являє собою комплекс взаємозалежних технічних засобів, що забезпечують перетворення маси, енергії й інформації для досягнення мети. Кожен елемент системи має вхід і вихід (рис. 13.5, 13.14, 13.15).

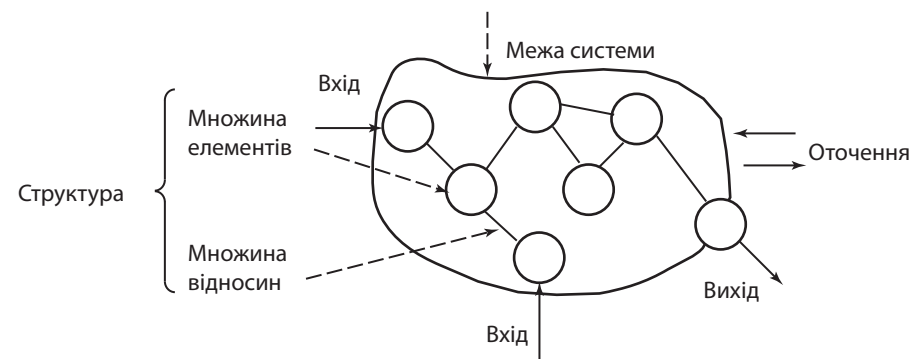


Рис. 13.14. Модель системи

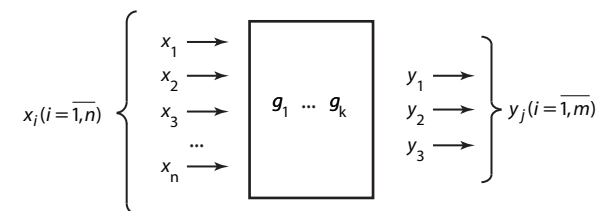


Рис. 13.15. Схема первинного елемента системи

На рис. 13.15 x_i , y_j і g_k – інтенсивності відповідних елементів. Кожен елемент характеризується входом x_i (інформація, матеріали, вимоги і т. д.), тобто впливом на нього навколишнього середовища, виходом y_j (система регулювання, продукція, послуги й ін.), тобто перетвореним впливом даного елемента на навколишнє середовище або інші елементи системи, і показниками можливого стану елемента g_k (рис. 13.15).

Вхід – місце прикладення зовнішньої дії. Зовнішню дію називають стимулом, подразником, вхідним сигналом управління. *Вихід* – місце зняття вихідної характеристики, наприклад, вібраційної. Вихідну характеристику

об'єкта з зовнішнім середовищем і іншими системами. Зовнішні фактори впливають на ухвалення рішення при проектуванні й освоєнні об'єкта і визначають функціональні й фізичні вимоги до нього.

Сукупне системне оточення звичайно поділяється на три частини: 1) фізичне й технічне; 2) економічне; 3) соціальне (див. рис. 3.5).

Під фізичним і технічним оточенням розуміють сукупність обмежень, пов'язаних із фізичною або технічною реалізацією об'єкта. До них відносяться обмеження на тактико-технічні характеристики й параметри об'єкта, що визначають галузь його функціонування, а також обмеження, що визначають фізичну можливість реалізації проекту.

Фізичне й технічне оточення може включати: існуючі системи, методи їх виробництва, застосування, монтажу, експлуатації, ремонту, а також прогнози їх розвитку; прийняті технічні стандарти, інструкції, технічні умови; стан технології і природне оточення. Останнє складається з величезної кількості факторів, що впливають на систему, накладають обмеження на її конструкцію. До них відносяться: види і запаси природної сировини, фізична географія, рослинний і тваринний світ, клімат, що включає в себе температуру, тиск, вологість, сонячну радіацію, вітер, опади, блискавки і т. п.

Фізичні й технічні фактори поділяються на внутрішні (усередині даної системи, вузла, агрегату, машини, організації, галузі, держави) і зовнішні. Кожного разу, коли вирішується питання про створення нової системи, проводяться дослідження не тільки технічної, але й економічної здійсненності, що включає, у тому числі, організаційну структуру, кадри, політику, ціноутворення, комерційні операції (див. рис. 3.4, 3.5, 3.6).

Економічне оточення складає всю економічну сторону проекту – вартість проєктованого об'єкта АТП, техніки, технології або системи діагностування, витрати на матеріали, покупні вироби, виробництво, економічну ефективність і т. д.

Соціальне оточення складає таку сукупність обмежень, що визначаються соціальним замовленням на проєктований виріб. Сюди варто віднести обмеження з техніки безпеки, охорони праці і навколишнього середовища, патентно-правові обмеження й ін., що враховують як індивідуальні, так і загальнолюдські фактори.

Специфіка системного аналізу полягає, у першу чергу, у поділі власне системи й середовища й у відносності такого поділу. Поділ системи й середовища (оточення) пов'язується з розглядом системи на тому або іншому ієрархічному рівні. Це значить, що на кожному ступені деталізації під системою розуміється та частина складного пристрою, поводження якої нас

Відтворення – створення матеріальних об'єктів, які характеризуються фізичною величиною наперед заданого значення за допомогою спеціального технічного засобу, який називають мірою. Відтворення матеріальних об'єктів із заданими довжиною, площею, об'ємом з'явилося задовго до вимірювань. Давньогрецька математика й геометрія ґрунтувались, як відомо, на цілих числах і звичайних дробах, а також сумірних відрізках, площах та об'ємах. Сумірним був відрізок, кратний меншому відрізкові – мірі. Операції «вимірювання», «відважування», тобто відтворення матеріальних об'єктів, що характеризуються фізичними величинами заданих розмірів, ще у глибокій давнині були найважливішими технологічними операціями у будівництві, торгівлі, землевпорядкуванні. У давній приказці «сім раз відмір та один раз відріж» йдеться про вимірювання, тобто відтворення фізичного об'єкта із заданим розміром конкретної властивості.

Спостереження – відображення властивості, залежності, стану або ситуації словесним чи графічним описом. Спостереження є таким методом пізнання, який здійснюється за допомогою як органів чуття людини, так і спеціальних технічних засобів, воно є складовою частиною всіх експериментальних методів пізнання. Як метод пізнання спостереження має задовольняти такі основні вимоги: планомірність, цілеспрямованість й систематичність.

Лічба – відображення кількісної властивості певної сукупності матеріальних якісно однорідних предметів числом. Для здійснення лічби необхідно розрізняти кожен об'єкт з їх сукупності. Лічба ґрунтується на понятті одиниці. У V ст. до н. е. Евдокс писав: «Одиниця – це те, згідно з чим кожна окрема річ зветься однією. Число – це множина, складена з одиниць».

Вимірювання – відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимірювання є комплексною інформаційною процедурою, яка ґрунтується на використанні щонайменше двох методів пізнання: відтворення й порівняння.

Контроль – відображення відповідності між станом об'єкта і заданою нормою відповідним висновком (наприклад, придатний, непридатний). Підлягає контролю, головним чином, стан предметів виробництва та навколишнього середовища. У техніці переважає контроль фізичних величин і параметрів процесів. Контроль параметрів – відображення співвідношення між контрольованим параметром та нормою.

Ідентифікація – відображення залежності між величинами, які характеризують матеріальний об'єкт, математичною або логічною моделлю.

Ідентифікацію розпочинають із визначення типу моделі об'єкта, що відображає залежність між його параметрами, після чого визначають основні параметри моделі, ступінь, точність і вірогідність оцінювання.

Діагностика – відображення загального стану об'єкта та причин цього стану діагнозом із зазначенням особливостей стану й локалізацією відхилень від норм.

Розпізнавання об'єктів – відображення даного об'єкта за сукупністю його властивостей одним із класів множини цих об'єктів. Розпізнавання об'єктів проводиться шляхом сприйняття їх характеристик, порівняння й аналізу на основі попередньої класифікації даної множини об'єктів.

Випробування – відображення стану досліджуваного об'єкта під час дії на нього сукупності регламентованих факторів сертифікатом.

Експериментальні дослідження – відображення складного матеріального об'єкта або ситуації, що характеризується сукупністю взаємопов'язаних величин, системою відповідних моделей.

Важливе місце серед експериментальних методів пізнання займають вимірювання, за допомогою яких отримують необхідну кількісну та якісну інформацію. Наявність вимірювальної інформації про об'єкт дослідження дає можливість більш ефективно використовувати усі інші експериментальні методи пізнання – від спостереження до експериментального дослідження.

Моніторинг – це науково-інформаційна система спостережень, оцінювань та прогнозів технічного стану машин і навколишнього середовища, включаючи спостереження за дією на нього людини.

Методика – сукупність уявних фізичних операцій, розміщених у визначеній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження. Методика проведення досліджень має забезпечити їх відповідність. У методиці докладно викладено проведення експерименту. Спочатку складають черговість проведення операцій вимірів і спостережень. Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням обраних засобів і режимів для проведення експерименту. Особливу увагу приділяють методам контролю якості операцій. Розробляють форми журналів спостережень і вимірів. Варто звернути увагу на вибір методів обробки й аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації цифр, класифікації, аналізу. У методиці варто приділити увагу математичним методам обробки й аналізу дослідних даних. Після встановлення методики визначають обсяг і трудомісткість експериментальних досліджень, що залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірів.

зору вирішення конкретної задачі або поставленої мети. Елемент являє собою поріг членування в межах даної якості системи чи його елементарний носій. Елементами системи можуть бути поняття, технічні об'єкти, суб'єкти (люди), а також сукупність їх властивостей або відносин.

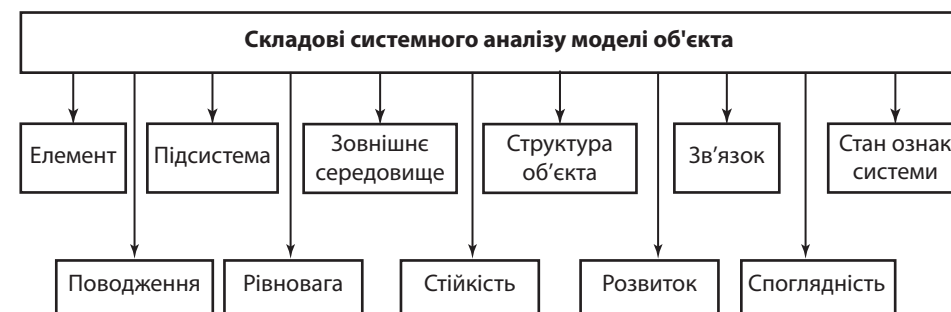


Рис. 13.13. Понятійний апарат системного аналізу

Підсистема. Систему може бути розчленовано на окремі підсистеми, що є частинами системи, здатними виконувати відносно незалежні функції, підцілі, спрямовані на досягнення загальної мети системи.

Підсистема повинна мати властивості системи і може розглядатися як самостійна система нижчого рівня ієрархії у порівнянні з досліджуваною системою. Цим підсистема відрізняється від простої групи елементів, що не об'єднана загальною підціллю і для якої не виконується умова цілісності (така група зветься компонента). Межі системи визначаються підсистемами, що знаходяться під контролем особи, що приймає рішення (наприклад, «автомобіль-водій»).

Будь-який поділ цілого на частини, розподіл системи на підсистеми є відносним, деякою мірою умовним. Наприклад, гальмову систему автомобіля можна віднести або до ходової частини, або до підсистеми управління. Іншими словами, границі між підсистемами умовні, відносні. Це стосується й границь між самою системою і навколишнім середовищем.

Зовнішнє середовище. На перших етапах дослідження важливо відокремити (обмежити) систему від середовища, із яким взаємодіє або буде взаємодіяти система. Зовнішнє середовище визначається факторами, що впливають на аналізовану систему, але знаходяться поза сферою впливу особи, що приймає рішення (наприклад атмосфера й система «автомобіль-водій-навколишнє середовище»).

З позицій системного аналізу при розгляді складного об'єкта необхідно враховувати всю сукупність зовнішніх факторів, що визначають зв'язок

аналізу, наприклад, статистичними, логічними. Однак галузь його застосування й методологія здійснення відрізняються від предмета й методології формально-математичних системних досліджень.

Термін «аналіз» використовується для характеристики процедури дослідження, що полягає у поділі складної проблеми на окремі, більш прості підпроблеми, у використанні найбільш підходящих спеціальних методів для їх вирішення, що дозволяють потім побудувати, синтезувати загальне вирішення проблеми.

Системний аналіз містить у собі елементи, властиві науковим, зокрема кількісним, методам, а також інтуїтивно-евристичному підходу, що цілком залежить від мистецтва і досвіду дослідника.

Присутність суб'єктивних елементів (знання, досвід, інтуїція, переваги) пов'язано з об'єктивними причинами, що впливають з обмеженої можливості застосування точних кількісних методів до всіх аспектів складних проблем. Основним і найбільш важливим результатом системного аналізу визнається не кількісно визначене вирішення проблеми, а збільшення ступеня її розуміння й сутності різних шляхів вирішення. Це розуміння і різні альтернативні рішення проблеми виробляються фахівцями й експертами і представляються відповідальним особам для її конструктивного обговорення.

Системний аналіз включає методологію проведення дослідження, виділення етапів дослідження й обґрунтований вибір методики виконання кожного з етапів у конкретних умовах. Особлива увага в цих роботах приділяється визначенню цілей і моделі системи та їх формалізованому представленню.

Задачі дослідження систем можна розділити на задачі аналізу й задачі синтезу.

Задачі аналізу полягають у дослідженні властивостей і поведінки систем у залежності від їх структур, значень параметрів і характеристик зовнішнього середовища.

Задачі синтезу полягають у виборі структури і таких значень внутрішніх параметрів систем, щоб при заданих характеристиках зовнішнього середовища й інших обмежень одержати задані властивості систем.

13.3. Понятійний апарат системного аналізу

Схему складових системного аналізу технічного об'єкта подано на *рис. 13.13*.

Елемент. Під елементом розуміється найпростіша неподільна частина (структурна одиниця) системи або межа членування системи з точки

Перша серія експериментів у знов організованому дослідженні звичайно ставиться як перевірна з метою визначення вихідних даних і матеріали її у залік не йдуть. Рекомендується відробити систему обліку даних (факторів), що накопичуються в підсумку дослідної перевірки гіпотези. Усі позитивні й негативні результати експерименту корисно записувати і лабораторному журналі (*рис. 12.4*).

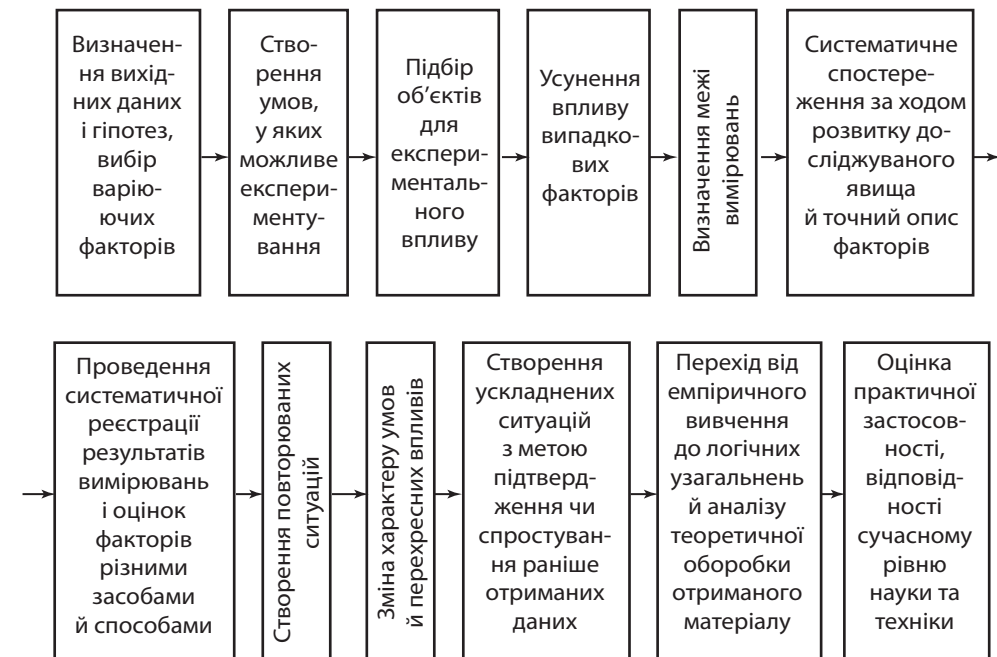


Рис. 12.4. Послідовність проведення попередніх досліджень

Якщо в результаті експерименту має бути отримано якийсь речовинний результат – нова машина, прилад і т. п., дослідна перевірка ідеї й гіпотези має багатостадійний характер. Спочатку відпрацьовується проект і в потрібних випадках оформлюється авторське посвідчення для захисту пріоритету. Потім проект проходить стадію виготовлення дослідного зразка і лабораторного випробування. Якщо результати перевірки відповідають творчому задуму, модель надходить для виготовлення декількох експериментальних зразків і перевіряється в лабораторних і виробничих умовах. Одночасно роблять оцінку науково-технічної, соціальної й економічної значущості нових наукових результатів. Найбільш розповсюдженою стратегією є виконання таких експериментів, які максимізують очікувану корисність.

У процесі проведення експериментальних досліджень, щоб перевірити передбачення теорії, необхідно проаналізувати її та виявити «критичні» точки, в яких вона найбільш різко розбігається з існуючими поглядами на явища та процеси, межі досліджень.

Якщо перевіряється правильність розрахунку, то визначаються теоретично можливі способи безпосереднього вимірювання штучної величини з максимальною точністю та чи можна її обчислити через інші вимірювані величини. При цьому необхідно пам'ятати, що непряме знаходження величини пов'язане з більшою похибкою, ніж пряме її вимірювання, що окремі математичні залежності справджуються тільки за певних умов, яких слід суворо дотримуватись в ході експерименту.

При дослідженні змінних на цьому етапі взаємозв'язків теоретично встановлюються найпростіші й однозначні залежності, які можна перевірити в процесі експерименту з мінімальними витратами часу і за допомогою мінімальної кількості апаратури, особливо нестандартної.

На цьому етапі з'ясовують, що й яким способом треба вимірювати, якими мають бути чутливість і точність вимірювальних приладів та обладнання, перевіряють можливість використання серійних приладів.

Етап прикладного оснащення експерименту включає:

- ♦ проектування або вибір вимірювальної апаратури, в тому числі зразка для експерименту, спеціальних дослідницьких стендів, вибір конкретних вимірювальних приладів (у разі їх відсутності – проектування спеціальних приладів), розрахунок схем увімкнення, забезпечення обліку зовнішнього впливу на апаратуру і вимірювальний об'єкт (зразок) тощо;
- ♦ виготовлення, монтаж і налагодження вимірювальної апаратури, встановлення, перевірки.

Відповідальною частиною проведення експерименту є встановлення точності вимірів і похибок. Методи вимірів повинні базуватися на: обраних засобах для вимірів, приладах і устаткуванні, законах спеціальної науки – метрології, що вивчає засоби й методи вимірів.

При експериментальному дослідженні того самого процесу повторні відліки, як правило, неоднакові. Встановлення потрібної мінімальної кількості вимірів має велике значення, тому що забезпечує одержання найбільш об'єктивних результатів при мінімальних витратах часу й засобів.

Обсяг експериментальних робіт залежить від рівня розвитку відповідної теорії. Рівні теоретичної підготовки експерименту можна розділити

варіанта до бажаного, які порівняльні витрати ресурсів і часу за кожним із варіантів, яка ступінь чутливості моделі до різних небажаних зовнішніх впливів.

Системний аналіз спирається на теорію кібернетики, низку прикладних математичних дисциплін і методів, широко використовуваних у сучасній практиці керування: теорію інформації, дослідження операцій, теорію прийняття рішень, теорію графів, теорію ігор, топологію, факторний аналіз, теорію множин, теорію автоматів, теорію масового обслуговування й т. п. Технічними засобами системного аналізу є сучасні обчислювальні машини й інформаційні системи.

Практична цінність і ефективність системного аналізу зумовлюються можливістю досить строго розглядати слабко структуровані, що мають велику частку невизначеності, ситуації.

Системний аналіз охоплює широке коло досліджень, велике розмаїття застосовуваних методів. У даний час визначилося два напрямки в тлумаченні сутності системного аналізу, його відмінних рис і меж застосування.

1. Робиться упір на математичний апарат, і під системним аналізом мається на увазі дослідження, задача якого полягає в тому, щоб кількісно визначити найкращу стратегію управління, виходячи з математичного критерію оптимальності. Основа такого дослідження – в описі складної системи за допомогою формальних засобів (діаграм, мереж, математичних рівнянь).
2. Робиться упір на логіку системного аналізу і підкреслюється нерозривний зв'язок його з процесом прийняття рішень – вибором визначеного образу або курсу дії з декількох можливих альтернативних варіантів.

Логічний системний аналіз розглядається як методологія з'ясування й упорядкування – структуризації проблеми, яку треба буде розв'язати із застосуванням або без застосування математики й ЕОМ. У поняття структуризації вкладається, з одного боку, з'ясування реальних цілей самої системи, альтернативних шляхів досягнення цих цілей і взаємозв'язків між компонентами у процесі реалізації кожного альтернативного варіанта, з іншого боку – заглиблене розуміння зовнішніх умов, у яких виникла проблема, а звідси – наслідків і меж здійснення того або іншого рішення.

Логічний системний аналіз застосовується для вирішення слабко структурованих проблем, у постановці яких багато неясного й невизначеного і тому їх неможливо подати в цілком математизованому вигляді. Цей аналіз доповнюється математичним аналізом систем й інших методів

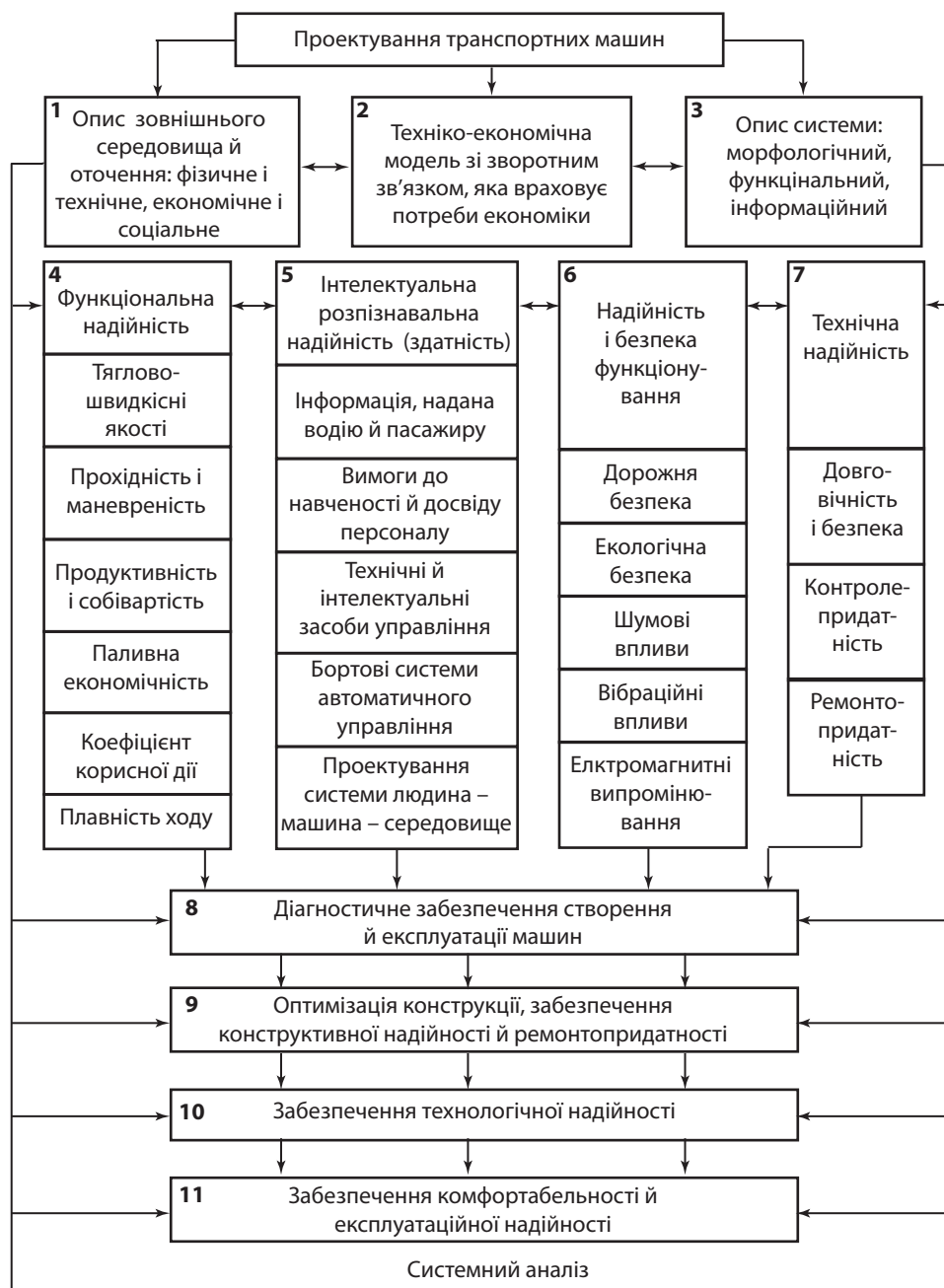


Рис. 13.12. Структурна схема задач і системного підходу до їх вирішення при проектуванні транспортних машин

на три групи. Перший випадок – теоретично отримана аналітична залежність, що однозначно визначає досліджуваний процес. При цьому обсяг експерименту мінімальний, тому що функція однозначно визначається експериментальними даними. Другий випадок – теоретичним шляхом встановлено лише характер залежності, наприклад, задане сімейство кривих. Обсяг експерименту зростає. Третій випадок – теоретично не вдалося одержати яких-небудь залежностей. Розроблено лише припущення про закономірності процесу. Обсяг експерименту різко зростає. У цьому випадку доречний метод математичного планування експерименту.

Якщо існують фіксовані вартості помилок в остаточному вирішенні та якщо вартість проведення експерименту чи спостереження лінійно пов'язана з кількістю виконаних спостережень, тоді існує оптимальна стратегія дії. Слід проводити спостереження доти, поки апостеріальна ймовірність одного зі станів середовища не стане досить великою, а потім обрати дію, зумовлену таким станом. Для послідовної вибірки оптимальним є критичне значення апостеріорної ймовірності.

Традиційним способом випробувань є однопараметричний експеримент, при якому всі фактори, крім досліджуваного, фіксуються на постійних рівнях. Якщо фактори варіювати по чергові, то отримані залежності не відображають характер взаємодії цих факторів. Для усунення цього недоліку застосовують факторне планування експерименту; повний факторний експеримент; експеримент, заснований на ортогональному центральному композиційному плануванні; симплексно-гратчасті схеми; критеріальні плани та ін. [31].

12.4. Основні визначення й оцінка вимірюваних величин

Виміри є основною складовою частиною будь-якого експерименту. За характером вимірювання існують такі типи вимірювань: кількісні й якісні, прямі й непрямі, абсолютні й відносні, сукупні та спільні. У процесі вимірювання використовують такі методи: безпосередньої оцінки; порівняння з мірою; протиставлення; диференційний; нульовий; заміщення; збігів [11, 32]. Технічна діагностика при оцінці якості виготовлення, ремонту й експлуатації машин припускає вимір, контроль і випробування.

Вимірювання – сукупність дій, виконуваних за допомогою технічних засобів із метою встановлення числового значення вимірюваної фізичної величини (зазору, температури, тиску і т. п.) у прийнятих одиницях виміру. Результат виміру – це значення величини, знайдене за допомогою її вимірювання. це перебування фізичної величини дослідним шляхом за до-

помогою спеціальних технічних засобів. Виміри бувають статистичними, коли вимірювана величина не змінюється, і динамічні. Крім того, виміри бувають прямі і непрямі. При прямих вимірах шукану величину встановлюють безпосередньо з досвіду, при непрямих – функціонально від інших.

Під методом вимірів розуміють науково обґрунтовану сукупність використаних засобів вимірів.

За принципом встановлення вимірюваної величини методи вимірювань підрозділяються на прямі й непрямі, диференціальні й комплексні.

Обрана вимірювальна апаратура має гарантувати задану точність вимірів параметрів, що заміряються, необхідну швидкість і чутливість, стабільність зовнішніх показань, забезпечуваних режимом випробувань (коливання напруг, сили струму, температури, вібрації і т. п.). За умовами застосування робочі засоби можуть бути лабораторними, виробничими і польовими. До еталонних засобів виміру відносяться високоточні системи мір, що служать для відтворення й збереження величин для передачі їх розміру іншим засобам виміру.

Класифікацію видів вимірів наведено на рис. 12.5 [33]. Види вимірювань визначаються фізичним характером вимірюваної величини, необхідними точністю та швидкістю виміру, умовами й режимом вимірювань і т. д. З рис. 12.5 випливає, що в метрології існує безліч видів вимірювань, і кількість їх постійно збільшується. Можна, наприклад, виділити види вимірювань залежно від їх мети: контрольні, діагностичні і прогностичні, лабораторні й технічні, абсолютні й відносні і т. д.

Вимірювальний ланцюг – це сукупність перетворюючих елементів засобу вимірювання, які забезпечують здійснення всіх перетворень сигналу вимірювальної інформації. Вимірювальний ланцюг виконує функцію зв'язку між вимірювальним перетворювачем і відліковим пристроєм.

Прямий метод вимірювань – це такий метод, при якому, наприклад, розмір деталі, яка перевіряється, чи відхилення розміру знаходиться безпосередньо як значення міри чи показання вимірювального приладу (інструменту). Такий метод використовується при вимірюванні мікрометром діаметра деталі, довжини – лінійкою чи штангенциркулем, температури – термометром, сили – динамометром.

До різновидів прямих методів вимірів належать абсолютний і відносний, нульовий і метод збігу.

Абсолютний метод вимірювань характеризується тим, що значення вимірюваної величини визначають безпосередньо за показаннями засобу

- ♦ необхідно розглядати всю проблему як ціле, тобто як єдину систему, і виявляти всі наслідки й взаємозв'язки кожного окремого рішення;
- ♦ необхідне виявлення й аналіз можливих альтернативних шляхів досягнення мети;
- ♦ цілі окремих підсистем не повинні вступати в конфлікт із цілями всієї системи.

Основні принципи й етапи системного аналізу при проектуванні об'єктів техніки подано на рис. 13.10, 13.11.

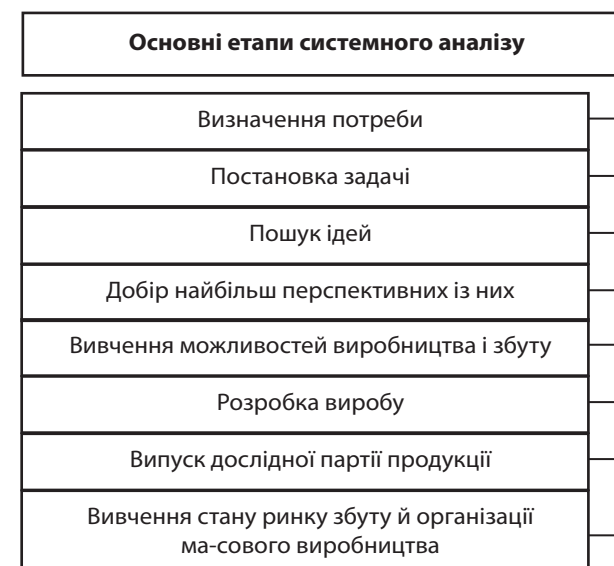


Рис. 13.11. Основні етапи системного аналізу при проектуванні об'єктів техніки

Приклад складної схеми системного аналізу при проектуванні транспортних засобів показано на рис. 13.12 [11].

Метод системного аналізу охоплює як етап постановки задачі, розробки варіантів, так і етап оцінки і кількісного аналізу варіантів, наприклад, ситуаційного моделювання, імітаційного моделювання й ін.

Центральною процедурою в системному аналізі є побудова узагальненої моделі (або моделей), що відображає всі ті фактори й взаємозв'язки реальної ситуації (див. рис. 13.12), що можуть проявитися у процесі здійснення рішення. Отримана модель досліджується для з'ясування того, наскільки близький результат застосування якого-небудь альтернативного

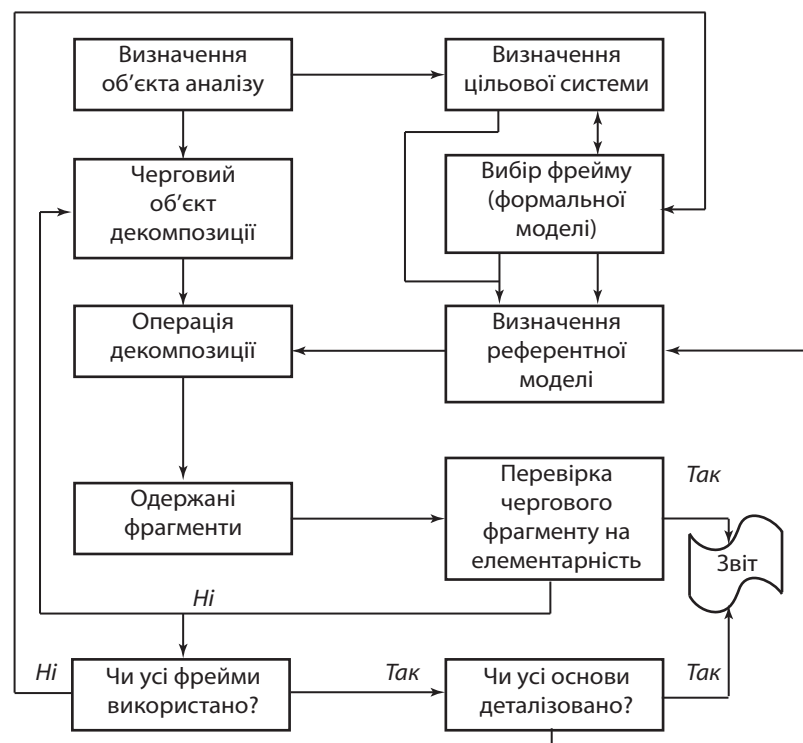


Рис. 13.9. Укрупнена схема алгоритму декомпозиції

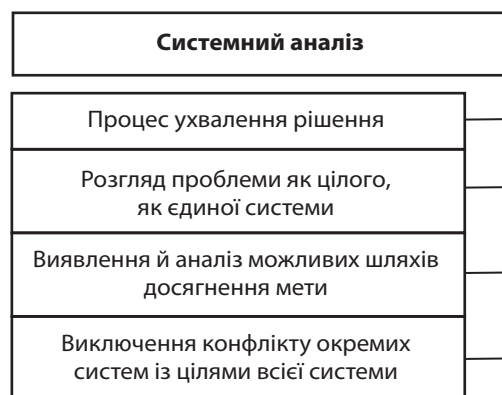


Рис. 13.10. Принципи системного аналізу

вимірів без будь-яких додаткових дій оператора і обчислень, крім множення показань приладу на постійний множник чи ціну розподілу (манометри, динамометри, витратоміри, рідинні термометри, вольтметри, амперметри, потенціометри та ін.).

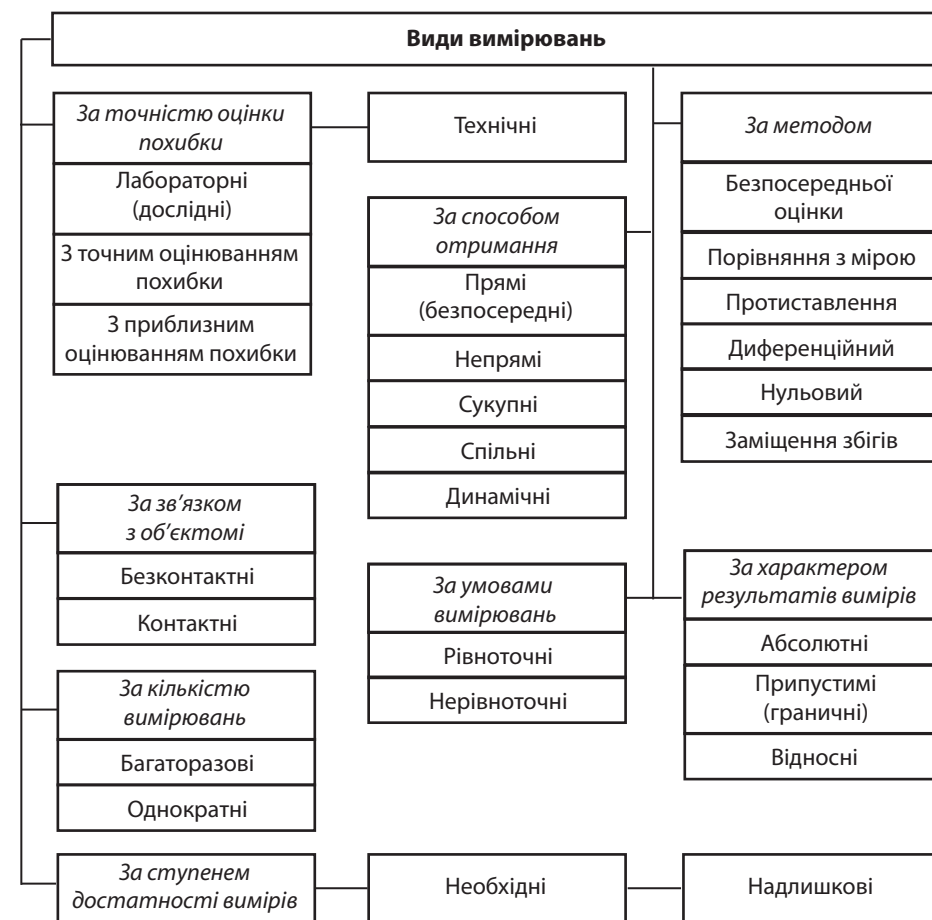


Рис. 12.5. Класифікація видів вимірів

Диференціальний метод характеризується вимірюванням різниці між вимірюваною і відомою величиною, відтвореною мірою. Його також називають відносним і різницевим.

Одним із характерних прикладів цього методу є вимірювання довжини x деталі за допомогою довжини міри l . Вимірюють різницю між цими довжинами: $a = x - l$. Потім визначають $x = l + a$. Довжину міри звичайно

обирають такою, щоб різниця $x - l$ була, за можливістю, найменшою. Чим менша ця різниця, тим вище точність вимірів.

Нульовий метод полягає в порівнянні вимірюваної величини з величиною, значення якої відомо. Він аналогічний диференціальному, але різниця між вимірюваною величиною й мірою зводиться до нуля. При цьому нульовий метод має ту перевагу, що міра може бути у багато разів меншою вимірюваної величини. Наприклад, нерівноплечі ваги (рис. 12.6), де $P_1 l_1 = P_2 l_2$. В електротехніці це – мости для вимірювання індуктивності, ємності, опору (рис. 12.6). Тут $r_1 r_2 = r_x r_3$, відкіля $r_x = r_1 r_2 / r_3$. У загальному випадку збіг порівнюваних величин реєструється нуль-індикатором (І).

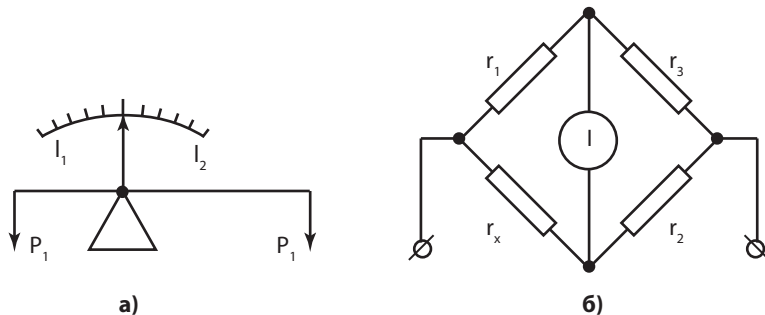


Рис. 12.6. Нульовий метод виміру:

а – схема механічних ваг; б – схема електричного моста

Метод збігів засновано на збігу оцінок чи шкал періодичних сигналів. За цим принципом побудовано корпус штангенциркуля. При вимірюванні довжини штангенциркулем спостерігають збіг оцінок на шкалах штангенциркуля й корпусу. Прикладом методу збігів може служити вимірювання частоти обертання, частоти коливань, частоти перемінного струму та ін., засноване на використанні стробоскопічного ефекту. При вимірюванні частоти обертання стробоскопом спостерігають збіг метки на обертовому об'єкті з відомою частотою спалахів.

Непрямий метод характеризується тим, що шуканий розмір знаходимо за результатами виміру інших величин, пов'язаних із шуканою відомою залежністю. Наприклад, ефективну потужність двигунів можна визначити за різницею витрат палива, вимірюваних при роботі двигуна під навантаженням і вхолосту; питома витрата палива – за масою витрати й потужністю двигуна; обсяг паралелепіпеда знаходять шляхом множення трьох лінійних величин (довжини, ширини й висоти); електричний опір – шляхом ділення спадання напруги на величину сили електричного струму. Рів-

але і різномірністю елементів складної системи, і отже, необхідністю залучення фахівців різного профілю.

Основними етапами системного аналізу процесів та явищ є: визначення цілей системи та встановлення їх ієрархії до початку процесу ухвалення рішення; структуризація: виділення об'єкта дослідження й середовища його існування; розробка математичних моделей, які відображають зміст цілей; визначення обмежень і вимог, які накладаються на систему середовищем; розробка різних (альтернативних) способів досягнення цілей; оцінка варіантів рішень, яка базується на всьому прийнятому комплексі критеріїв; вибір найкращого варіанту.

Компроміс між вимогою простоти й повноти змістовної моделі досягається через суттєвість, елементарність, поступову деталізацію та ітеративність процесу декомпозиції (рис. 13.8).

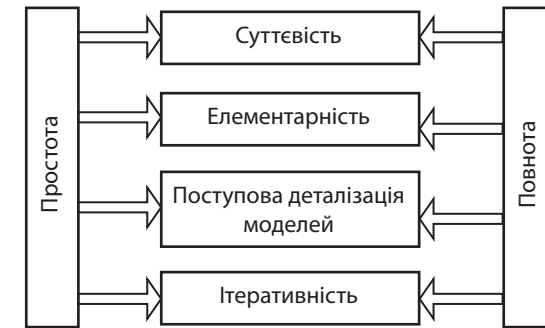


Рис. 13.8. Схема компромісів між вимогами простоти й повноти аналізу

Ітеративність процесу декомпозиції додає йому варіабельність, можливість користатись моделями різної детальності в різних галузях, поглиблювати деталізацію скільки завгодно (якщо це буде потрібно). Але, незважаючи на наявність ітеративності, може настати момент, коли експерт визнає, що його компетентності недостатньо для подальшого аналізу. Тоді треба залучити іншого експерта. У висновку можна сказати, що процес декомпозиції не дає нових знань, а лише «витягає» знання з експертів, структурує й організує їх. Укрупнену схему алгоритму процесу декомпозиції представлено на рис. 13.9 [31].

Найважливіші принципи системного аналізу полягають у такому (див. рис. 13.10):

- ♦ процес прийняття рішень має починатися з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей, а також критеріїв, за якими може оцінюватися їх досягнення;

взаємозв'язками), властивості системи і визначити оптимальний режим функціонування. Сутність системного підходу показано на рис. 13.7.

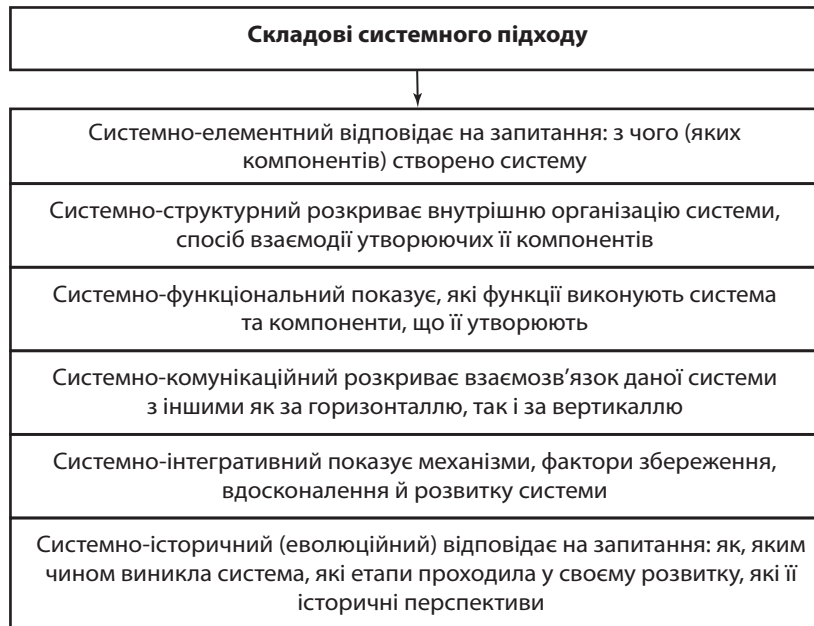


Рис. 13.7. Взаємозалежні аспекти системного підходу

Системний аналіз – процедура вирішення проблем, що взаємозалежні одна від іншої. Це сукупність методів, що дозволяють реалізувати системний підхід при вивченні й дослідженні будь-яких технічних об'єктів. До таких методів насамперед належать методи порівняння й виміру, індукції й дедукції, аналізу й синтезу, моделювання. Їх використання дозволяє максимально врахувати взаємозв'язки всіх елементів системи. Процедури й методи системного аналізу спрямовано на висування альтернативних варіантів вирішення проблем, виявлення масштабів невизначеності за кожним із варіантів і зіставлення їх за тими або іншими критеріями ефективності.

З ускладненням задач і об'єктів дослідження виникає необхідність розподілу (декомпозиції) системи на яку кількість підсистем більш низького рівня, що можуть досліджуватися автономно, а цілі розпадаються над підцілі, але з наступним узгодженням цілей кожної такої підсистеми із загальною метою системи. Таким чином, декомпозиція наперед визначає створення ієрархії системи до деревоподібних структур. Використання декомпозиції зумовлюється не тільки неможливістю обійняти неосяжне,

няння непрямого виміру має вигляд: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де x_i – i -тий результат виміру.

Сукупні виміри здійснюються шляхом одночасного вимірювання декількох однойменних величин, при яких шукане значення знаходять розв'язанням системи рівнянь, одержуваних у результаті прямих вимірів різних сполучень цих величин. При визначенні взаємоіндуктивності котушки M , приміром, використовують два методи: додавання й вирахування полів. Якщо індуктивність однієї з них L_1 , а іншої – L_2 , то знаходять $L_{01} = L_1 + L_2 + 2M$ і $L_{02} = L_1 + L_2 - 2M$. Звідки – $M = \frac{(L_{01} - L_{02})}{4}$.

Спільними називають вироблені одночасно (прямі і непрямі) вимірювання двох чи декількох неоднойменних величин. Метою цих вимірів є, власне кажучи, знаходження функціонального зв'язку між величинами. Наприклад, вимір опору R_t (провідника при фіксованій температурі t) за формулою:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t), \quad (12.11)$$

де R_0 і α – опір при відомій температурі t_0 (звичайно 20°C) та температурний коефіцієнт – величини постійні й обмірювані непрямим методом;

$\Delta t = t - t_0$ – різниця температур;

t – задане значення температури, вимірюване прямим методом.

Інші види й методи вимірів (див. рис. 12.5) не вимагають спеціальних пояснень.

12.5. Засоби вимірювань

Засіб вимірювання – це технічний засіб, використовуваний при вимірюваннях, який має нормовані метрологічні характеристики (власності). Під метрологічними характеристиками розуміють такі характеристики засобів вимірів, які дозволяють судити про їх придатність для вимірювань у відомому діапазоні з відомою точністю. На відміну від засобів вимірювання прилади, які не мають нормованих метрологічних характеристик, називають індикаторами.

Класифікацію засобів вимірювання, використовуваних для вимірювальних операцій і діагностування технічних засобів, наведено на рис. 12.7. Основні пояснення до класифікації – за ДСТ 16263-70.

1. Міри – це засоби вимірювань, які відтворюють фізичну величину заданого розміру. Відтворюючи одне значення фізичної величини, вони можуть бути однозначними, наприклад: гиря (міра маси), калібр на заданий

Види засобів вимірювання			
За вимірюваними величинами	За ГОСТ 16263-70	За призначенням	За видом оцінки параметрів
За типом реєстрації сигналу	За ступенем універсальності	За типом вихідного сигналу	За характером використання
За ступенем автоматизації	За типом прийом-передачі інформації	За типом шкали	За режимом роботи
За зв'язком з об'єктом	За типом перетворення сигналу	За режимом роботи	За режимом роботи

Рис. 12.7. Класифікація засобів вимірювання

тивності. Емерджентність же означає, що велика й складна система може мати властивості, що не властиві жодному з її елементів.

Структурна схема – схематичне зображення взаємодії між елементами, компонентами, підсистемами і зовнішнім середовищем. У структурній схемі вказуються всі елементи системи, всі зв'язки між елементами усередині системи й зв'язки певних елементів із навколишнім середовищем. Часто структурні схеми представляють у вигляді графів. Граф складається з позначень елементів, що називаються «вершинами», і позначень зв'язків між ними, що називаються «ребрами» (іноді – «дугами»). Графи можуть зображувати будь-які структури, якщо не накладати обмежень на пересіченість ребер. Деякі типи структур мають особливості, важливі для практики, вони виділені з інших і отримали спеціальні назви. Так, в організаційних системах часто зустрічаються лінійні, деревоподібні, матричні, мережні структури й структури зі зворотними зв'язками (рис. 13.6) [11, 31].

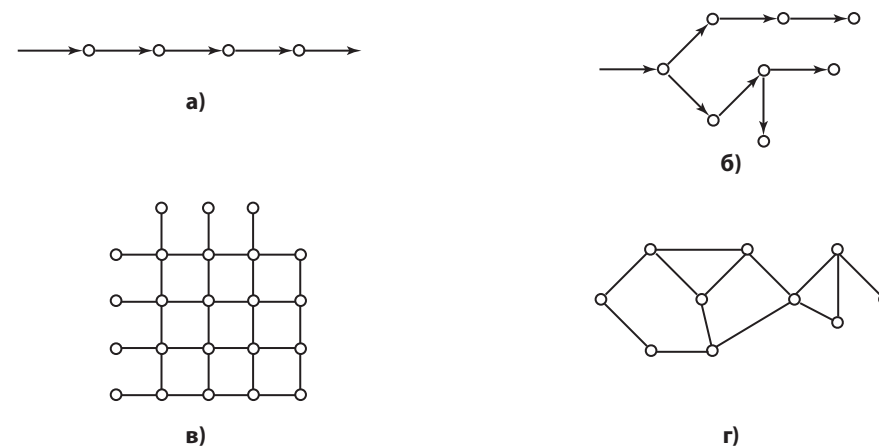


Рис. 13.6. Графи різних структур:

а) лінійна; б) деревоподібна; в) матрична; г) мережна

13.2. Системний підхід і системний аналіз

Системний підхід полягає в комплексному дослідженні великих і складних об'єктів (систем), дослідження їх як єдиного цілого з погодженим функціонуванням усіх елементів і частин. Виходячи з цього принципу необхідно вивчити кожен елемент системи в його зв'язку й взаємодії з іншими елементами, визначити вплив властивостей окремих частин системи на її поведінку в цілому, встановити емерджентності (породженими

(для технологій) із набором зв'язків між ними і між їх властивостями. Їх об'єкти функціонують у часі як єдине ціле заради єдиної мети, поставленої перед системою в цілому. Системою можна вважати: автомобіль, трактор, екскаватор, літак, складені з агрегатів, вузлів і деталей; автотранспортні підприємства, заводи, що поєднують і зв'язують у єдине ціле різні процеси, колективи людей, різні види ресурсів, виробничу продукцію, технологічний процес виготовлення або діагностування машин і т. д.

Під складною технічною розуміється система, що може бути розчленована на окремі підсистеми, кожна з яких також виконує визначені функції і знаходиться у взаємодії з іншими підсистемами. У свою чергу, кожна підсистему також може бути розділена на окремі функціонально пов'язані агрегати, складальні одиниці, деталі й окремі елементи. Прикладами можуть слугувати наземний повітряний і морський транспорт, окремі механічні трансмісії й ін.

Під **функцією** мають на увазі дії системи, що виявляються в зміні її можливих станів при виконанні поставленої мети. Процес виконання системою своїх функцій прийнято називати функціонуванням системи, під час якого відбувається її перехід з одного стану в інші можливі стани. Безліч усіх можливих станів системи визначається кількістю її елементів, їх властивостями й розмаїтістю зв'язків між ними. Тому функція системи характеризує її як єдине ціле, як результат взаємодії її елементів між собою й із зовнішнім середовищем.

Метою системи називається заданий ззовні або встановлений самою системою стан її вихідних перемінних, тобто деяка підмножина значень функції системи, можливий майбутній стан системи, досягнутий за допомогою цілеспрямованих дій, які виконуються внаслідок прийнятих рішень.

Структура системи визначається складом елементів, що входять до неї, їх розташуванням і взаємними зв'язками.

Структура – внутрішня організація системи, що представляє собою специфічний спосіб взаємозв'язку, взаємодії утворюючих його компонентів. Структура – це упорядкованість, організованість системи. Поняття «структура» вживається і в іншому, більш широкому, сенсі як сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети відносин між елементами.

Великим і складним системам притаманні властивості цілісності й емерджентності (виникнення, появи нового). Цілісність означає, що всі елементи системи слугують загальній меті і сприяють формуванню найкращих (оптимальних) результатів у змісті прийнятого критерію ефек-

розмір, зразки твердості, шорсткості, котушка опору, нормальний елемент, який відтворює значення ЕРС, резистор (міра електричного опору та ін.), і багатозначними – для відтворення плавно чи дискретно низки значень однієї й тієї ж фізичної величини: вимірювальний конденсатор перемінної ємності, набір скінченних мір, магазини ємностей, індуктивності й опору, вимірювальні лінійки з міліметровими розподілами та ін.

Вимірювання методом порівняння з мірою виконують за допомогою спеціальних технічних засобів – компараторів (рівноплечні ваги, вимірювальний міст і т. д.). Іноді як компаратор виступає людина, наприклад, при вимірюванні довжини лінійкою.

2. Вимірювальні перетворювачі – засоби вимірів, призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки, збереження, але не доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Це – термопари, вимірювальні трансформатори й підсилювачі, перетворювачі тиску чи вібрації. Перетворювачі здійснюють зв'язок засобів вимірювання й діагностування з об'єктом шляхом перетворення контрольованих неелектричних і електричних фізичних величин у відповідні цим величинам електричні сигнали, які надходять до вхідних пристроїв. Не слід ототожнювати вимірювальні перетворювачі з перетворюючими елементами. Останні не мають метрологічних характеристик, як, приміром, трансформатор струму чи напруги.

3. Вимірювальний прилад – засіб виміру, призначений для переробки сигналу вимірювальної інформації в інші, доступні для безпосереднього сприйняття спостерігачем форми.

Розрізняють прилади прямої дії (амперметри, вольтметри, манометри) і прилади порівняння (компаратори).

За способом відліку вимірюваної величини засоби вимірювання поділяються на ті, що показують (аналогові, цифрові), що реєструють (на паперову чи магнітну стрічку) і т. п. Приклади аналогових і цифрових засобів виміру, запису на папір і магнітну стрічку та аналізу вібрації й шуму об'єктів контролю показано на *рис. 12.8*, де цифрами позначено моделі апаратних засобів фірми «Брюль і Кьєр» [11].

4. Вимірювальна установка – сукупність функціонально об'єднаних засобів виміру і допоміжних пристроїв, розташованих в одному місці. Наприклад, перевірочні установки, установки для випробувань електротехнічних, магнітних і других матеріалів. Вимірювальна установка дозволяє передбачити визначений метод виміру і заздалегідь оцінити похибку виміру.

5. Вимірювальна система – це комплекс засобів вимірювання і допоміжних пристроїв із компонентами зв'язку (провідні, телевізійні та ін.), призначений для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі і (чи) використання в автоматичних системах управління.

На відміну від вимірювальних установок, які передбачають зміни режиму й умов функціонування, вимірювальна система не впливає на режими роботи, а призначена тільки для збирання і (чи) збереження інформації. Комплекс такої апаратури (7400, 2515, 2034, 7007) показано на рис. 12.8. Окремими випадками вимірювальної системи є інформаційно-обчислювальний комплекс, інформаційно-вимірювальні системи. До останніх можна віднести системи автоматичного контролю, системи технічного діагностування й системи розпізнавання образів, системи для передачі невимірювальної інформації. При організації перевірки робочих засобів вимірювання використовують різні еталони і зразкові засоби виміру. Приклад системи досліджень конструкцій і діагностування автомобіля представлено на рис. 12.9.

Засоби виміру, як правило, працюють разом із вимірювальними перетворювачами, які мають свої метрологічні характеристики.

До реєструючої апаратури пред'являються такі основні вимоги:

- ♦ сигнал, що проходить через засоби вимірювання, має зберігати необхідну інформацію, не піддаватися перекрученню і відокремлюватися від перешкод;
- ♦ первинні перетворювачі (датчики) повинні споживати мінімум енергії від об'єкта вимірювання і їх підключення не повинне порушувати його нормальної роботи. Особливі вимоги пред'являються до точності й чутливості датчиків, тому що ці низькі показники зведуть нанівець усі зусилля з підвищення точності вимірів;
- ♦ носій інформації повинен мати достатній обсяг для реєстрації всіх необхідних відомостей;
- ♦ реєструюча апаратура має забезпечувати одержання інформації в якнайстисліший термін.

Якщо апаратура не може одночасно задовольняти всім пропонованим вимогам, то обираються якнайважливіші з них, що дозволяють щонайкраще справитися з виконанням поставленої задачі.

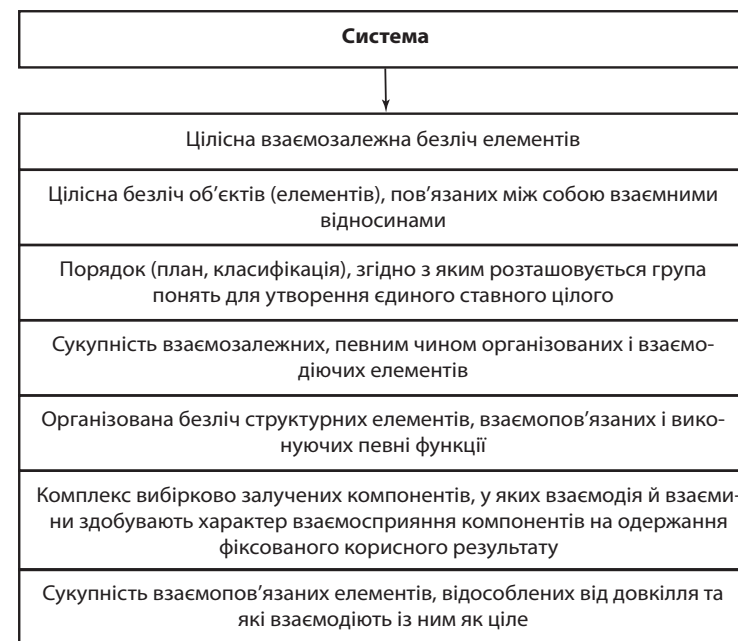


Рис. 13.4. Існуючі визначення поняття системи

між конкретними елементами. Інші зв'язки дадуть інші властивості. Наприклад, паралельне й послідовно з'єднання тих же деталей може збільшувати чи зменшувати надійність вузла машини, паралельне з'єднання тих же автоматів нічого не зменшує в арифметичному відношенні, але збільшує надійність обчислень, якщо на вихід надходить сигнал тільки від справного автомата (див. рис. 13.5).

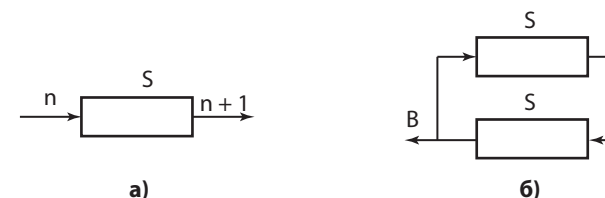


Рис. 13.5. Ілюстрація властивості емерджентності:

а) вихідний цифровий автомат S; б) з'єднання двох автоматів; A і B – послідовності на виходах

Сучасні машини, технологічні процеси й системи діагностування являють собою великі складні системи з безліччю об'єктів, підсистем і операцій

Типи ознак за:	Характерні приклади
Функцією (робочою дією)	Технічні системи для фіксації, придання форми, обертання, підйому
Відомими типами об'єктів дії	Технічні системи для перетворення матерії, енергії, інформації, біологічних об'єктів (наприклад, доменні печі, хімічні реактори, двигуни)
Принципом здійснення робочої дії	Технічні системи, засновані на механічному, гідравлічному, пневматичному, електронному, хімічному, оптичному, акустичному принципі
Характером функціонування	Потужнісні, швидкісні, імпульсні технічні системи, системи для різних умов довкілля, наприклад, для тропічного клімату
Рівнем складності	Конструктивні елементи, вузли, машини, підприємство в цілому
Способом виготовлення	Технічні системи виготовлення шляхом литва, кування, штампування, обточування
Ступенем конструктивної складності	Ступень конструктивної складності розроблюваної технічної системи визначається такими критеріями: наприклад, ступенем оригінальності конструкції, складністю виконуваних функцій, формою, структурою в цілому, складністю розрахунків, розмірами, необхідною точністю їх виконання, вимогами до маси, технологічності, витрат, зовнішнього вигляду і т. п. Приклад класифікації деталей машин за ступенем конструктивної складності
Формою	Технічні системи й конструктивні елементи у вигляді тіл обертання, плоска, складної форми
Способом упорядкування найнижчих рівнів технічної системи	Пристрої з упорядкуванням підсистем за способами їх дії чи технології
Матеріалом	Технічні системи зі сталі, міді, пластмаси
Ступенем оригінальності конструкції	Запозичені, дороблені, модифіковані, оригінальні технічні системи
Типом виробництва	Технічні системи, виготовлені в умовах одиничного, серійного чи масового виробництва
За назвою фірми-виробника	Технічні системи «Фіат»
Місцем у технічному процесі, експлуатаційними властивостями, зовнішнім виглядом, техніко-економічними характеристиками та ін.	

Рис. 13.3. Класифікація технічних систем за конструктивними ознаками

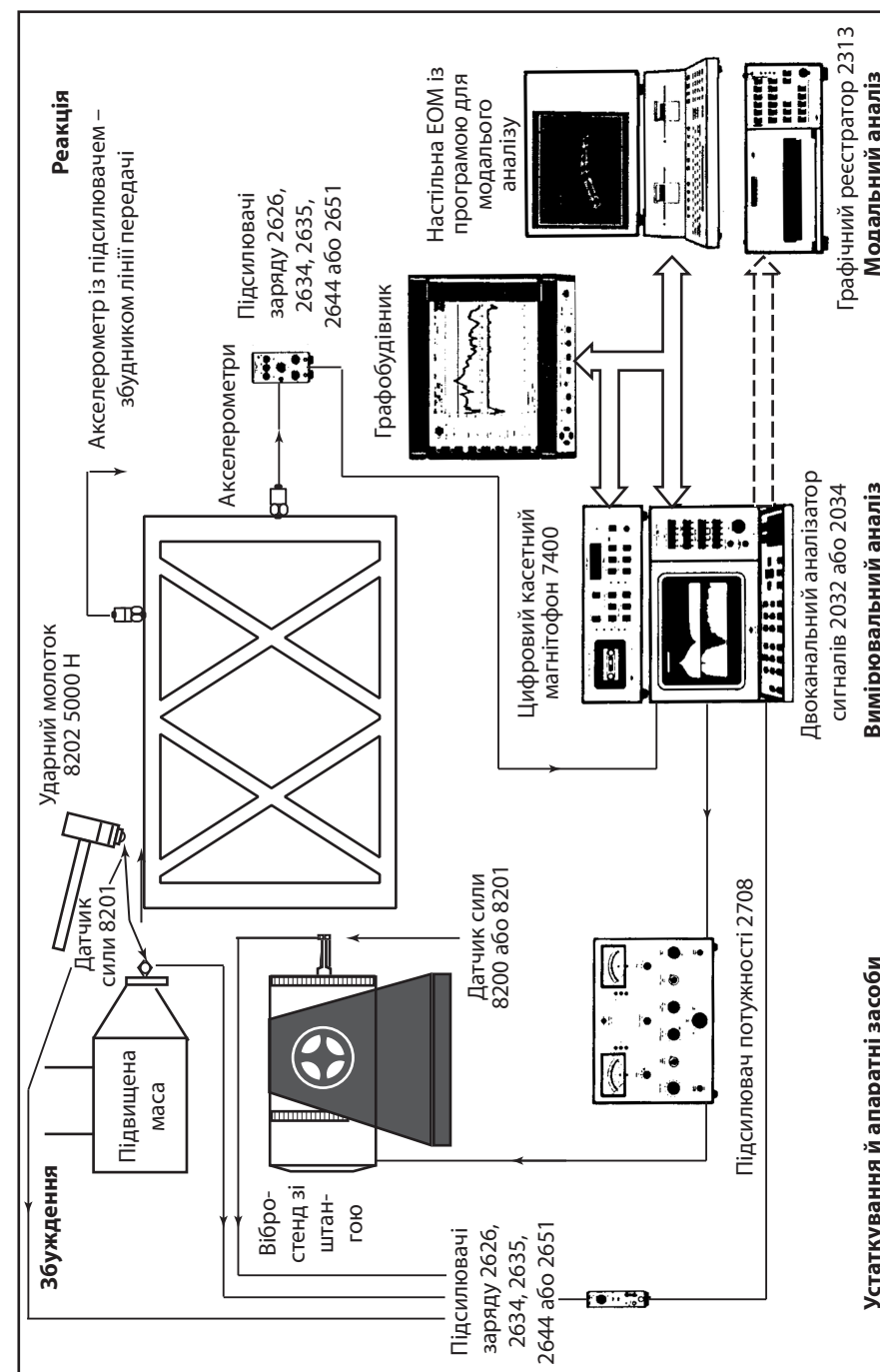


Рис. 12.8. Система для динамічних досліджень конструкцій з застосуванням вібростенда, підвищеної маси чи ударного молотка

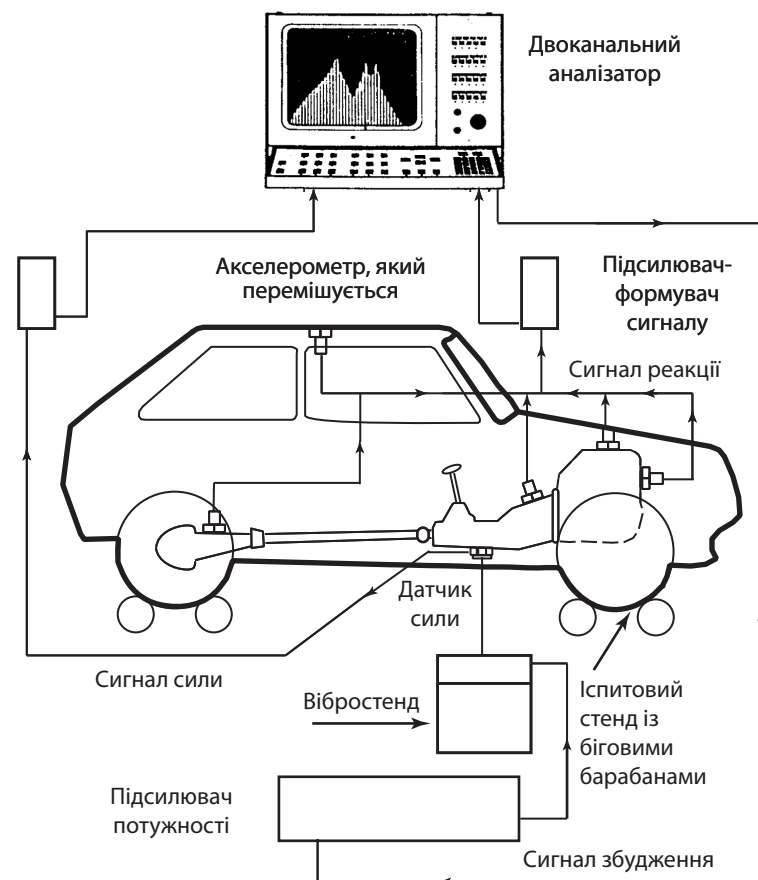


Рис. 12.9. Система для комплексних досліджень і діагностування автомобілів

12.6. Функціональна залежність виміру

Оцінка технічного стану технічних систем являє собою вимірювання її вихідних параметрів. У найпростішому випадку модель випробувань і вимірів (рис. 12.10) може бути описано функціональною залежністю зміни вихідного сигналу y від зміни вхідного сигналу x , як $y = f(x)$. Однак у процесі вимірювань виникають різні зовнішні й внутрішні перешкоди z_p, z_r , які вносять похибку у результат виміру. Причому кожна зі складових має свою щільність імовірності $f(x), f(y), f(z)$. Це обумовлює той факт, що при багаторазовому вимірюванні однієї й тієї ж величини x тим самим засобом вимірювання в однакових умовах результати виміру, як правило, розрізняються між собою і не збігаються з істинним x_f значенням фізичної величини:

$$y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq x_f.$$

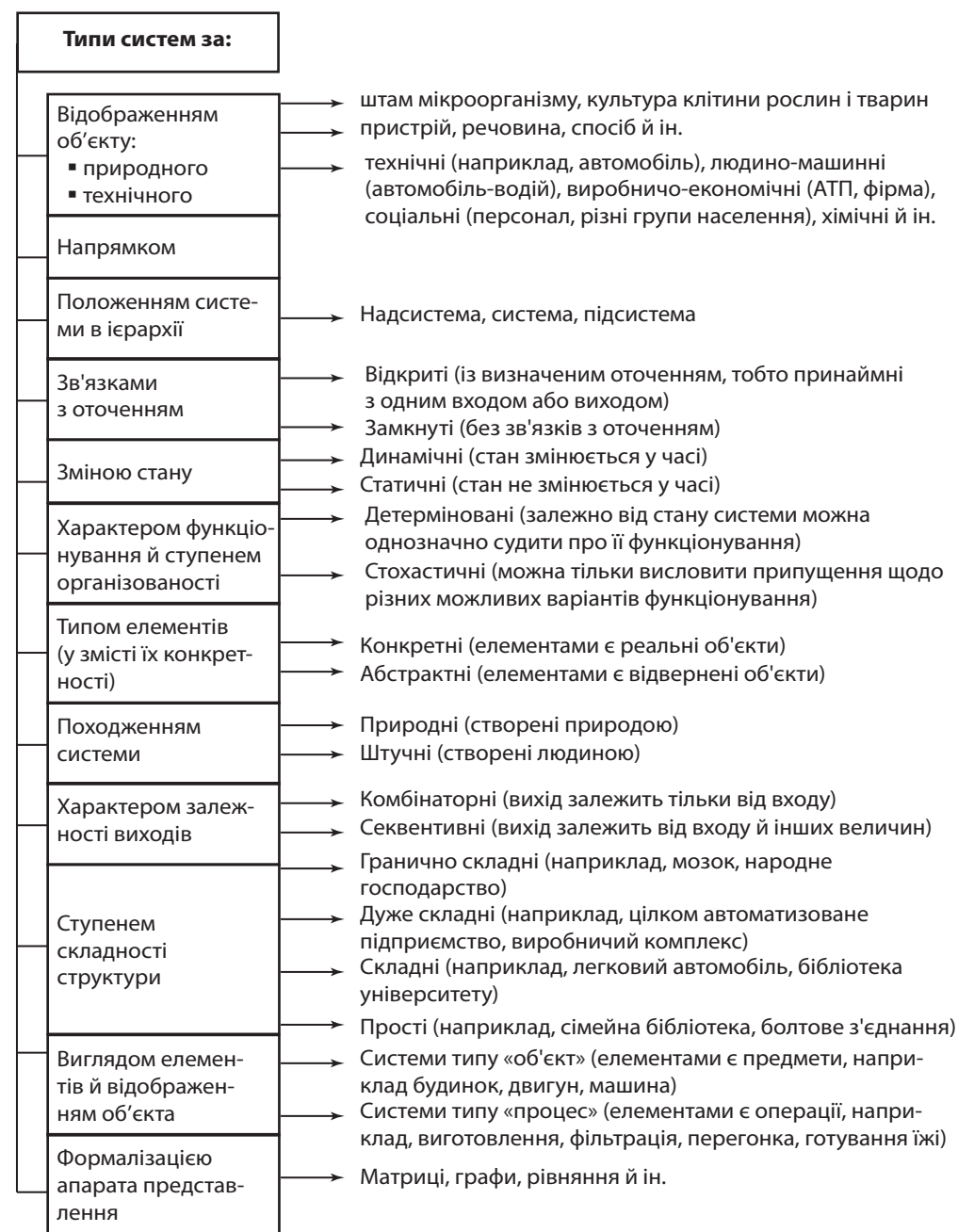


Рис. 13.2. Класифікація за видом і типом систем

Найбільш повне визначення має включати й елементи, і зв'язки, і властивості, і ціль, і спостерігача (дослідника), і його мову, за допомогою яких відображається об'єкт або процес.

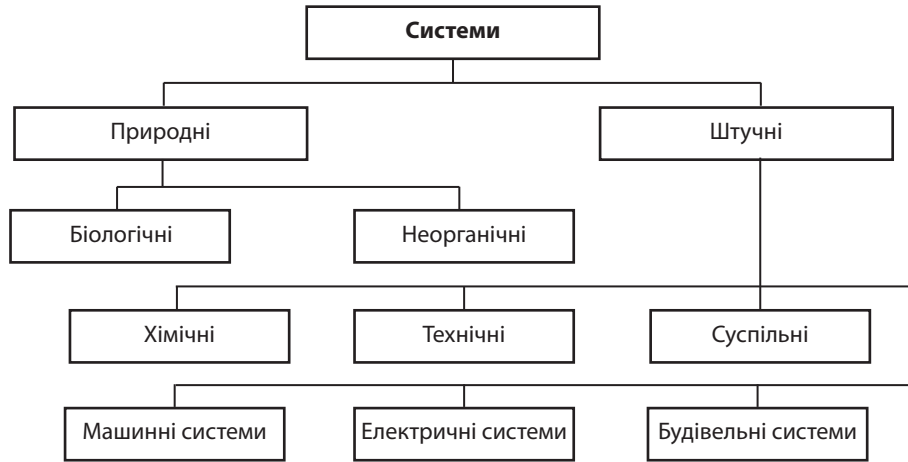


Рис. 13.1. Поділ систем за їх походженням

При дослідженні з метою проектування, діагностування, створення або вдосконалення об'єктів техніки потрібно проаналізувати ситуацію за допомогою повного визначення системи, а потім, виділивши найбільш істотні компоненти, прийняти «робоче» визначення системи, яким будуть користуватися всі особи, що беруть участь в ухваленні рішення. Важливо, щоб у понятті «система» було відбито підхід до об'єкта дослідження як до системи. Справа в тому, що той самий об'єкт на різних етапах його розгляду може бути представлено у різних аспектах, відповідно існують і різні аспекти поняття «система»: теоретико-пізнавальний, методологічний, науково-дослідний, проектний, інженерний, конструкторський і т. д.

Система являє собою сукупність елементів (об'єктів, суб'єктів), наприклад, система «людина-машина», «людина-оператор», «людина-машина-середовище», що знаходяться між собою у визначеній залежності, і складові деякої єдності (цілісності), спрямовані на досягнення визначеної мети. Система може бути елементом іншої системи більш високого порядку і містити в собі системи більш низького порядку (підсистеми). Таким чином, поняття «елемент», «підсистема», «система», «надсистема» взаємно переутворені: система може розглядатися як елемент системи більш високого порядку, а елемент як система (при заглибленому аналізі). Слід зазначити, що нові властивості виникають завдяки конкретним зв'язкам

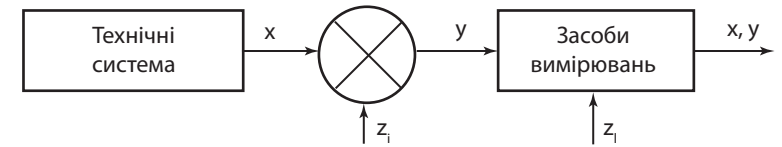


Рис. 12.10. Модель виміру

Під істинним значенням фізичної величини розуміється значення, що ідеальним чином відбивало б у якісному й кількісному відношенні відповідні властивості технічних систем через її вихідний параметр.

Оскільки істинним значенням є ідеальне значення, то як найбільш близьке до нього використовують дійсне значення x_d , знайдене експериментальним методом, наприклад, за допомогою більш точних засобів виміру.

Більш складною метрологічною операцією є випробування, яке полягає у відтворенні в заданій послідовності визначених впливів, вимірюванні реакцій об'єкта на даний вплив і реєстрації цих реакцій.

Для проведення вимірювань із метою контролю, діагностування чи випробування об'єктів експлуатації необхідно здійснювати заходи, які визначають так зване проектування вимірів. Сюди відносяться: аналіз вимірювальної задачі із з'ясуванням можливих джерел похибок; вибір показників точності вимірів; вибір кількості вимірів, методу й засобів вимірювань, формулювання вихідних даних для розрахунку похибки; розрахунок окремих складових і загальної похибки; розрахунок показників точності й зіставлення їх з обраними показниками.

У цілому усі ці питання повинні бути віддзеркалені в методиці виконання вимірювань. Причому в експлуатації варто віддавати перевагу інженерним (спрощеним) методам розрахунку, але ступінь складності методики має бути адекватною можливому ступеню неточності вихідних даних.

12.7. Поняття точності й вірогідності діагностування

В основу вимірювання параметрів технічних систем покладено такі постулати метрології: а) істинне значення обумовленої величини існує і воно постійне; б) істинне значення вимірюваної величини відшукати неможливо, з чого випливає, що результат виміру, як правило, математично пов'язаний з вимірюваною величиною ймовірнісною залежністю.

Точність виміру – характеристика виміру, яка відбиває ступінь близькості його результатів до істинного значення вимірюваної величини. Термін «точність виміру» не має точного визначення і використовується для якісного порівняння вимірювальних операцій. Для кількісної оцінки вико-

ристовується поняття «похибка вимірів»: чим менша похибка, тим вища точність. Оцінка похибки вимірів – один із найважливіших заходів щодо забезпечення єдності вимірів.

Контроль – це встановлення відповідності вимірюваного параметра заданій нормі стандартом, технічними умовами й методикою діагностування або допуску на виготовлення деталі і т. п.

Випробування – це відтворення в заданій послідовності швидкісних і навантажувальних та інших впливів у заданих умовах і вимір реакції об'єкта на ці впливи з реєстрацією цих реакцій.

Для досягнення заданої вірогідності й точності вимірів і проведення випробувань необхідно виконати методологічне забезпечення: встановлення й застосування наукових, організаційних і технічних основ, правил, норм і еталонів, необхідних для досягнення єдності методів і засобів та необхідної точності вимірів. Методологічне забезпечення випробувань вимагає забезпечення протягом визначеного часу відповідного випробувального режиму і необхідної точності.

Точність діагностування – властивість діагностування, яка характеризується близькістю результатів діагностування до дійсних значень характеристик об'єкта у визначених умовах діагностування.

Точність результатів діагностування залежить, насамперед, від правильності вибору параметрів, які перевіряються, що обумовлює методичну похибку й ступень досконалості засобів діагностування, які обумовлюють інструментальну похибку. Великі похибки вимірювань приводять до помилок при оцінці технічного стану об'єктів діагностування. У результаті частина об'єктів може бути помилково вибракувана, а інша – помилково визнана придатною.

Для наочності й зручності обговорення запишемо простою сумою випадкові величини, від яких залежить точність результатів вібраційного діагностування. Відхилення X результатів діагностування залежить від:

$$X = T_{TH} + T_H + T_y + T_K + T_{TK} + T_C + T_B + T_O + T_P + T_{\Gamma} \quad (12.12)$$

де T_{TH} – точність визначення вихідного діагностичного параметра, тобто відповідності його фактичному технічному стану;

T_H – неточності призначення режиму діагностування при визначенні вихідного діагностичного параметра;

T_y – вплив умов навколишнього середовища на вимірювальний тракт «об'єкт діагностування – віброперетворювач – віброаналізатор»;

T_K – клас застосовуваних засобів вимірювання;

Розділ III

Практичне застосування методів наукової творчості

13. МЕТОДИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ВИРІШЕННЯ НАУКОВИХ І ТВОРЧИХ ЗАДАЧ

13.1. Система. Класифікація й властивості систем.

13.2. Системний підхід і системний аналіз.

13.3. Понятійний апарат системного аналізу.

13.4. Системний аналіз прийняття керуючих рішень при експлуатації транспортних засобів.

13.1. Система. Класифікація й властивості систем

В основі системного аналізу лежить поняття «система». У науковій літературі є безліч визначень цього поняття.

Система – це цілісний комплекс взаємозалежних елементів, що має визначену структуру і взаємодіє з деяким середовищем для реалізації свого призначення або виконання якоїсь мети.

Найбільш загальна класифікація поділяє системи на абстрактні й матеріальні. Абстрактні системи підрозділяються на описові (логічні) – поняття, гіпотези – і символічні (математичні). До матеріальних систем неорганічної природи, до живої природи відносяться найпростіші біологічні системи, організми, біологічні популяції, екосистеми, глобальні соціальні системи.

Поділ систем на класи за їх походженням наведено на *рис. 13.1*, а класифікація систем за видами й типом – на *рис. 13.2*. Можливості класифікації технічних систем за типом і конструктивними ознаками наведено на *рис. 13.3*. Існуючі визначення, поняття технічної системи дано на *рис. 13.4*.

У науково-дослідному розумінні система являє собою загальну методологію дослідження процесів і явищ, віднесених до якої-небудь галузі людських знань, як об'єкт системного аналізу. У проектному розумінні система представляється як методологія проектування й створення комплексів методів і засобів для досягнення визначеної мети. У найбільш вузькому, інженерному, змісті система розуміється як взаємозалежний набір речей (об'єктів) і способів їх використання для розв'язання визначених задач.

Процес добору емпіричних формул складається з двох етапів.

Етап 1-й. Дані вимірювань наносять на сітку прямокутних координат, з'єднують експериментальні точки пальною кривою й добирають орієнтовно вид формули.

Етап 2-й. Обчислюють параметри формул, які найкращим чином відповідають підібраній формулі. Добір емпіричних формул слід починати з найпростіших виразів, наприклад, результати вимірювання багатьох явищ і процесів апроксимують найпростішими емпіричними рівняннями прямих.

Контрольні питання і завдання

1. Які є види експериментальних досліджень?
2. Назвіть послідовність проведення експерименту.
3. Які існують види випробувань?
4. Що включає план-програма проведення експерименту?
5. Яка послідовність проведення попередніх досліджень?
6. Основні визначення й оцінка вимірюваних величин.
7. Поясніть поняття «точність вимірів» і «точність діагностування». Як вони впливають на якість управління технічним станом?
8. Які фактори впливають на точність вимірювань діагностичних параметрів?
9. Як впливає вибір (призначення) діагностичного параметра на точність діагностування?
10. Які є методи виявлення грубих промахів?
11. Як досягається задана вірогідність контрольно-діагностичних операцій?
12. Що таке адитивна й мультиплікативна похибка вимірів?
13. Що варто розуміти під якістю вимірювань?
14. Наведіть блок-схему цифрових систем вимірювання.
15. Наведіть приклади методичних похибок вимірювань.
16. Наведіть найпоширеніші методи обробки результатів експериментальних досліджень.

T_{TK} – похибки у виборі точки і типу установки віброперетворювача для діагностування визначеного виду дефекту при стаціонарній установці віброперетворювача або при контролі переносним комплектом засобів вимірювання;

T_C – неточності способу кріплення віброперетворювача на поверхні об'єкта діагностування з урахуванням твердості кріплення і якості поверхні;

T_B – визначається правильним вибором віброперетворювача і віброаналізатора з урахуванням робочих характеристик (резонансної частоти віброперетворювача, кріплення його до об'єкта, динамічного діапазону віброаналізатора і т. д.);

T_O – неточності вибору часу осереднення проведених вимірів віброаналізатора;

T_P – відхилення режиму діагностування від призначеного (див. T_H);

T_{II} – точність призначеного значення діагностичного параметра граничного технічного стану об'єкта.

При правильному врахуванні всіх цих факторів точність визначення діагностичних параметрів вібрації при дослідженнях знаходиться в межах 0,1 ... 0,5 дБ, а в потоці серійного виробництва машин – 0,2 ... 1,0 дБ.

Вірогідність результатів діагностування характеризує здатність методів і засобів вимірювань правильно відбивати фактичний стан об'єкта діагностування. Вона залежить, з одного боку, від повноти, одержуваної у процесі діагностування інформації, що, у свою чергу, зумовлюється вибором контрольованих параметрів, а з іншого – від можливих втрат інформації внаслідок недосконалості методів діагностування.

Вірогідність виміру – ступінь довіри до результатів виміру, тобто ймовірність відхилень вимірів від дійсних значень. Щоб підвищити точність і вірогідність вимірів, необхідно зменшити похибки. Похибки – це відхилення результатів вимірів від правдивого (дійсного) значення величини.

12.8. Похибка вимірів. Статистична обробка результатів вимірів

Похибка виміру – це відхилення результату виміру x від істинного (дійсного) x_{ic} (x_d) значення вимірюваної величини.

Кількість факторів, які впливають на точність виміру, досить велика, і будь-яка класифікація похибок виміру (рис. 12.11) значною мірою умовна, тому що різні похибки залежно від умов вимірювального процесу виявляються в різних групах. Зняти показання – не значить тільки вимірювати, треба оцінити ще і похибку виміру з огляду на те, що випадкові похибки

роблять результат ненадійним, а систематичні – невірним. Тому для практичних цілей досить розглянути випадкові і систематичні складові загальної похибки, виражені в абсолютних і відносних одиницях при прямих, непрямих, сукупних і рівноточних вимірах.



Рис. 12.11. Класифікація похибок виміру

Залежно від форми вираження розрізняють абсолютну, відносну і приведену похибки виміру.

Абсолютна похибка виміру визначається як різниця $\Delta = x - x_{ic}$ або $\Delta = x - x_{\partial}$, а відносна – як відношення:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \delta = \pm \frac{\Delta}{x_{\partial}} \cdot 100\%. \quad (12.13)$$

Приведена похибка $\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%$, де x – нормоване значення величини. Наприклад, $x = x_{\max}$, де $x_{\max}$ – максимальне значення вимірюваної величини.

Як істинне значення при багаторазових вимірах параметра виступає середнє арифметичне значення $\bar{x}$:

де y – шукане значення функції;

x – відповідне значення аргументу;

$x_1, y_1; x_2, y_2; \dots; x_n, y_n$ – сукупність значень, отриманих у процесі експерименту.

Якщо відома крива, яка відповідає певному діапазону досліджуваного параметра, і потрібно поширити результати дослідження за межі цього експерименту.

Якщо відома крива, яка відповідає певному діапазону досліджуваного параметра, потрібно поширити результати дослідження за межі цього діапазону, то проводять **екстраполяцію** (від лат. *extrapolare* – робити гладеньким, обробляти). Приклад екстраполяції кривої для знаходження значення y_{n+1} при x_{n+1} показано на рис. 12.18.

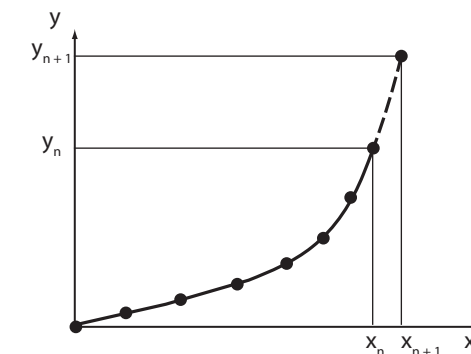


Рис. 12.18. Екстраполяція кривої результату експерименту

Екстраполяція можлива далеко не завжди, а лише тоді, коли є повна впевненість у плавній зміні кривої за межами досліджуваного діапазону параметрів.

У процесі експериментальних досліджень отримують статистичний ряд вимірювань двох величин, коли кожному значенню функції $y_1, y_2, \dots, y_n$ відповідає цілком певне значення аргументу $x_1, x_2, \dots, x_n$. На основі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчний вираз функції $Y = f(x)$. Такі формули називають «емпіричними» і добирають лише в межах вимірюваних значень аргументу $x_1, x_2, \dots, x_n$.

Потреба скласти наближені емпіричні формули виникає в багатьох випадках (наприклад, коли аналітичний вираз, який описує систему, занадто складний, потребує громіздких обчислень і створення відповідних програм або взагалі не існує аналітичного виразу функції).

Коли $r > 0,15$, то зв'язок вважається задовільним, а якщо $r < 0,5$, то регресію слід визнати нелінійною.

При $r > 0,5$ рівняння регресії можна записати у вигляді:

$$y = ax + b. \quad (12.40)$$

Значення коефіцієнтів a та b , як правило, обчислюють за такими формулами:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}; \quad (12.41)$$

$$b = \frac{\sum y_i}{n} - a \frac{\sum x_i}{n}. \quad (12.42)$$

У деяких випадках аналогічну залежність доцільно замінити іншою, простішою, функцією. Така заміна називається *апроксимацією* (від лат. *approximare* – наближення) (див. рис. 12.16).

Існує декілька критеріїв такої апроксимації. Серед них найпоширенішим є **метод найменших квадратів**. Згідно з цим методом найкраща апроксимація буде тоді, коли сума квадратів відхилень експериментальних точок від розрахованих буде мінімальною, тобто:

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - y_0)^2 = Q_{\min}, \quad (12.43)$$

де y_i, y_0 – відповідно виміряне й дійсне значення змінної.

При обробці результатів експерименту іноді доводиться визначати певні проміжні значення досліджуваної функції, які не було визначено безпосередньо, і при цьому відсутня апроксимувальна функція. Такий процес називається **інтерполяцією** (від лат. *interpolatio* – зміна, викривлення).

Однією з найпоширеніших формул для виконання такої дії є інтерполяційна формула Лагранжа:

$$y = y_1 \frac{(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} + y_2 \frac{(x - x_1)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3) \dots (x_2 - x_n)} + \dots + y_n \frac{(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_1)(x_n - x_2) \dots (x_n - x_{n-1})}, \quad (12.44)$$

$$x_e \cong \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (12.14)$$

Величина x , отримана в одній серії вимірів, є випадковим наближенням до x_{ic} . Для оцінки її можливих відхилень від x_{ic} обчислюють дослідне середнє квадратичне відхилення (СКВ).

До випадкових похибок належать граничні, середні квадратичні, імовірнісні, середні, середні арифметичні. До систематичних відносяться методичні, інструментальні, суб'єктивні, постійні. Грубі похибки (промахи) є наслідком помилкових дій оператора, несправностей вимірювальних систем або різких змін умов вимірів.

Для оцінки розсіювання окремих результатів x_i виміру щодо середнього $\bar{x}$ обчислюють СКВ

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n \geq 20 \quad (12.15)$$

або

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n < 20.$$

Формули (12.15) відповідають центральній граничній теоремі теорії ймовірностей, відповідно до якої

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (12.16)$$

Середнє квадратичне відхилення від середніх арифметичних значень обраховують за формулою:

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (12.17)$$

Середнє арифметичне з ряду вимірів завжди має меншу похибку, ніж похибка кожного окремого виміру. Це віддзеркалює й формула (12.16), яка формулює фундаментальний закон теорії похибок. З нього випливає, що при необхідності підвищення точності результату (при виключеній систематичній похибці) у 2 рази кількість вимірів потрібно збільшити в 4 рази; якщо потрібно збільшити точність у 3 рази, то кількість вимірів збільшують у 9 разів і т. д.

Потрібно чітко розмежовувати застосування $\sigma_{\bar{x}}$ і σ_x : величина $\sigma_{\bar{x}}$ використовується при оцінці похибок остаточного результату, а σ_x – при оцінці похибки методу вимірювань.

$$\sigma_{03} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (12.18)$$

При діагностуванні автомобілів бажано забезпечувати таку похибку вимірів: ефективної потужності крутячого моменту двигуна й витрати палива $\pm 0,5\%$; частоти обертання колінчатого вала й температури повітря – $\pm 1,0\%$; атмосферного тиску – 1 мм рт. ст.; витрати повітря – 2%; прориву картерних газів – 3%; температури відпрацьованих газів – 20°C .

$$\delta = A' \lg \left(1 + \frac{\Delta}{x} \right); \quad {}_A B, \quad (12.19)$$

$A' = 20$ при вимірюванні силових електромагнітних величин (напруга, сила струму, напруженість поля).

Залежно від характеру прояву, причин виникнення й можливостей усунення розрізняють систематичну й випадкову складові похибки вимірів, а також грубі похибки (промахи).

Випадкова $\dot{\Delta}_c$ складова змінюється в тих же умовах виміру випадковим образом.

На відміну від випадкової похибки, яка виявляється в цілому поза залежністю від її джерел, систематична похибка розглядається за складови-

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – сталі коефіцієнти.

Для визначення цих коефіцієнтів застосовують так званий метод середніх, сутність якого викладемо нижче. Нехай у процесі експерименту було проведено n вимірювань параметрів $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, які відповідають значенням вхідних параметрів $x_1, x_2, \dots, x_n$. Тоді можна скласти систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + \dots + a_n x_1^n - y_1 = 0; \\ a_0 + a_1 x_2 + a_2 x_2^2 + \dots + a_n x_2^n - y_2 = 0; \\ \dots\dots\dots \\ a_0 + a_1 x_n + a_2 x_n^2 + \dots + a_n x_n^n - y_n = 0. \end{array} \right. \quad (12.39)$$

Кількість значень x_i повинна відповідати кількості коефіцієнтів.

Розв'язуючи цю систему рівнянь, знаходять невідомі коефіцієнти.

Кореляційний аналіз результатів вимірювань застосовують у тих випадках, коли в процесі вимірювань спостерігається значний розкид параметра y – одному й тому самому початковому параметру відповідає кілька значень параметра y . Область, де розташовуються вимірювані величини в прямокутній системі координат, називається кореляційним полем (рис. 12.17).

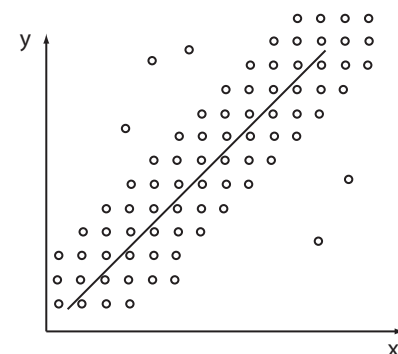


Рис. 12.17. Кореляція параметрів експериментальних досліджень

Знайдена залежність $y = f(x)$ називається «рівнянням регресії» й її може бути апроксимовано рівнянням прямої. Наближення кореляційної залежності до лінійної функції виявляється за допомогою коефіцієнта кореляції r , причому n – кількість вимірювань; x_i, y_i – значення параметрів при i -тому вимірюванні. При цьому значення r завжди менше одиниці.

У журналі реєструється номер досліду, параметри навколишнього середовища або початкового режиму, величини змінних, спостережні відхилення тощо. Результати та початкові умови експерименту дослідник має реєструвати відразу начисто, без будь-яких чернеток. Інформація, відображена в журналі, має бути максимально повною.

У деяких випадках велику цінність становлять саме «аномальні точки» процесу чи явища, оскільки саме вони можуть стати передумовою нових теорій. Що ж до «нормальних» результатів, то їх може бути проаналізовано з погляду загальноприйнятих діючих уявлень і теорій.

У процесі проведення випробувань, як би ретельно не готувався експеримент, можуть виникнути серйозні помилки, зумовлені вимірювальними приладами, огріхами під час відліку даних чи при розрахунках, а можливо й у комп'ютерних програмах, які використовуються під час обробки даних. Для того щоб уникнути таких помилок, слід проводити перевірку отриманих даних на точність та припустимість. Для цього існує низка аналітичних методів. Серед них найпоширенішим є рівняння балансу (рівняння збереження енергії, кількості руху, закони Кірхгофа тощо).

Одним з оптимальніших способів перевірки достовірності отриманих результатів є виконання повторних вимірювань при незмінних умовах (але це можливо здійснити далеко не завжди).

Детальніше розглянемо аналітичну обробку результатів експерименту. Нехай у процесі деякого експерименту було зроблено n вимірювань одного параметру. Знайдемо його середньоарифметичне значення:

$$a_{\text{сеп}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}, \quad (12.35)$$

де $a_1, \dots, a_n$ – значення окремих вимірювань.

Кожне значення параметра, знайдене у процесі вимірювань, відхиляється від його середньоарифметичного значення на деяку величину Δa ($\Delta a_1, \Delta a_2, \dots, \Delta a_n$). Тоді середньоарифметичним значенням цих відхилень буде:

$$\Delta a_{\text{сеп}} = \frac{|\Delta a_1| + |\Delta a_2| + |\Delta a_3| + \dots + |\Delta a_n|}{n}, \quad (12.36)$$

Відносна похибка вимірювання, %

$$\delta = \frac{\Delta a_{\text{сеп}}}{a_{\text{сеп}}} \cdot 100. \quad (12.37)$$

Якщо йдеться про аналітичний вираз експериментальних кривих, то в загальному випадку кожен таку криву можна подати у вигляді деякого полінома вигляду

ми у залежності від джерел її виникнення, причому розрізняють методичну, інструментальну та суб'єктивну складові похибки.

Суб'єктивні систематичні похибки пов'язані з індивідуальними особливостями оператора. Як правило, ця похибка виникає через помилки у відліку показань (приблизно 0,1 розподілу шкали) і невірних навичок оператора. В основному ж систематичні похибки виникають через методичну й інструментальну складові.

Методичну складову похибки зумовлено недосконалістю методу вимірювання, прийомами використання засобів вимірювання, некоректністю розрахункових формул і округлення результатів.

Інструментальна складова виникає через власну похибку засобів виміру (ЗВ), зумовлену класом точності, впливом ЗВ на результат і обмеженою розрізняючою здатністю засобів вимірювання.

Доцільність поділу систематичної похибки на методичну й інструментальну складові визначається наступним:

- ♦ для підвищення точності вимірів можна виділити фактори, що її лімітують, і прийняти рішення про вдосконалення методики або обрати більш точні засоби вимірювання;
- ♦ з'являється можливість обчислити складові загальної похибки, яка збільшується згодом або під впливом зовнішніх факторів, і отже, цілеспрямовано здійснювати періодичні перевірки й атестації;
- ♦ інструментальну складову може бути оцінено до розробки методики, а потенційні можливості точності обраного методу визначить тільки методична складова.

Отже, усі види складових похибки потрібно аналізувати й виявляти окремо, а потім підсумовувати у залежності від їх характеру, це є основною задачею при розробці й атестації методик виконання вимірювань.

У низці випадків систематичну похибку може бути виключено такими способами: усунення джерел похибки до початку вимірювань (профілактика похибки), виключення її у процесі вимірювань, внесення певних виправлень у результат виміру.

Профілактика похибки є найбільш раціональним способом. Вона полягає в усуненні впливу, наприклад, температури (термостатизуванням і термоізоляцією), магнітних полів (магнітними екранами), вібрацій і т. п. До цього ж відноситься регулювання, ремонт і перевірка засобів вимірювання.

Виключення постійних систематичних похибок у процесі вимірювань здійснюють методом порівняння (заміщення, протиставлення), компенса-

ції за знаком (передбачають два спостереження, щоб у результаті кожного систематична похибка виходила з різним знаком), а перемінних і прогресуючих – способами симетричних спостережень або спостереженням парної кількості разів через напівперіоди.

12.9. Виявлення й виключення грубих похибок (промахів)

Грубі похибки вимірів (промахи) можуть сильно спотворити $\bar{x}$, σ і довірчий інтервал, тому обов'язково їх виключення з серії вимірів. Звичайно, їх відразу ж видно в низці отриманих результатів, але в кожному конкретному випадку це необхідно довести.

Існує низка критеріїв для оцінки промахів [8, 32].

Критерій 3σ . У цьому випадку вважається, що результат, що виникає з імовірністю $P \leq 0,003$, є малореальним і його можна кваліфікувати промахом, тобто сумнівний результат x_i відкидається, якщо

$$|\bar{x} - x_i| > 3\sigma. \quad (12.20)$$

Величини $\bar{x}$ і σ обчислюють без урахування x_i . Даний критерій надійний при кількості вимірів $n \geq 20 \dots 50$.

Якщо $n < 20$, доцільно застосовувати критерій Романовського.

При цьому обчислюють відношення $\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| \geq \beta$ й обчислене значення β порівнюють із теоретичним β_T поза значущістю P за табл. 12.4.

Таблиця 12.4

Рівень значущості $\beta = f(n)$

Імовірність, P	Кількість вимірів						
	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$	$n = 12$	$n = 15$	$n = 20$
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Звичайно вибирають $P = 0,01 - 0,05$ і, якщо $\beta \geq \beta_{\text{табл}}$, то результат відкидається.

Якщо кількість вимірів невелика (до 10), то можна використовувати критерій Шовіне. У цьому випадку промахом вважається результат x_p , якщо різниця $|x - \bar{x}|$ перевищує значення σ , наведені нижче залежно від кількості вимірів:

різко змінювану криву, побудовану за дослідними даними, можна зобразити як лінійну функцію. Розглянемо приклад.

Нехай отримана крива описується функцією

$$y = kx^a, \quad (12.32)$$

для якої можна записати

$$\lg y = a \lg x + \lg k. \quad (12.33)$$

Позначивши $\lg y = y_1$; $\lg x = x_1$; $\lg k = k_1$, дістанемо нову функцію, яка є лінійною:

$$y_1 = ax_1 + k_1. \quad (12.34)$$

Отже, обравши логарифмічну координатну сітку, можна подати представлену функцію як лінійну.

Досить поширеним є ще один метод графічного подання результатів експерименту – **метод номограм**. Номограма є серією прямих чи кривих, за допомогою яких можна без обчислень діставати значення деяких функцій.

У разі коли графічно потрібно відбити перебіг експерименту з трьома змінними $b = f(x, y, z)$, застосовують метод відокремлювання змінних. Одній з величин z у межах інтервалу вимірювань $z_1 - z_n$ задають кілька послідовних значень. Для решти двох змінних будують графіки $y = f_1(x)$, якщо $z_1 = \text{const}$. У результаті на одному й тому графіку дістають сімейство кривих $y = f_1(x)$ для різних значень z . Аналогічно будують функції з чотирма та більшою кількістю змінних. Таким чином, можна простежити характер змінювання будь-якої величини як функції від іншої, коли решта величин мають сталі значення. Цей метод графічного аналізу потребує від виконавця ретельності й уваги, але здебільшого він найбільш простий і наочний.

Масштаб за координатними осями звичайно обирають різним. Від його вибору залежить форма графіків. Вузькі графіки дають більшу похибку за оссю y , широкі – за оссю x . Правильно підібраний масштаб дає змогу істотно підвищити точність відліків. Розрахункові графіки, які мають складний вигляд, особливо ретельно потрібно будувати на ділянках згину, де кількість точок для креслення графіка має бути значно більшою, ніж на пологих відрізках.

У процесі експерименту всі параметри системи та режимів, отримані шляхом відповідних вимірювань, заносять у спеціальні журнали. Єдиної форми такого журналу немає, у кожному випадку дослідник має розробити її, досягши зручності щодо відтворення запису та наступного врахування результатів вимірювань.

Графічний метод дає змогу зручно подавати результати вимірювань у вигляді графіків, вміщуючи максимум інформації на мінімальному просторі. При цьому важливо правильно обрати систему координат та масштаби за осями. Мінімальний поділ координатної сітки не має бути меншим за значення ймовірної похибки вимірюваної величини.

У прямокутній системі координат на осі абсцис відкладають значення змінних x , а на осі ординат – відповідні їм значення y . З'єднуючи ці точки, дістають графік шуканої функції $y = f(x)$.

Якщо з'єднаємо отримані під час експерименту значення шуканої функції, то найчастіше дістанемо деяку ламану лінію, наприклад таку, яку зображено на *рис. 12.16*.

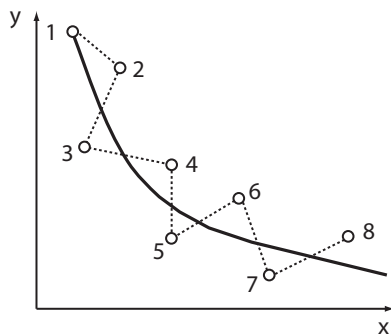


Рис. 12.16. Апроксимація результатів експерименту

У цьому випадку її можна замінити плавною кривою, з'єднавши, наприклад, між собою середини відповідних відрізків, кінцями яких є експериментальні точки. Таке усереднення можна провести й більш строго, наприклад, за допомогою методу найменших квадратів.

Якщо одна або кілька точок різко випадають із загального характеру кривої, то необхідно повторити експеримент у цих точках і уважно розібратися в можливих причинах таких аномалій.

Якщо в процесі випробування на кривій утворюються стрибки або якісь перегини, то їх також потрібно перевірити повторними експериментами у межах цих точок (найдоцільніше зменшити крок вимірювань).

Дуже важливо правильно обрати координатну сітку, яка може бути рівномірною чи нерівномірною. Якщо функція змінюється дуже різко на досліджуваному інтервалі, то для її зручнішого зображення краще обрати нерівномірну сітку, наприклад, напівлогарифмічну чи логарифмічну. Тоді

$$|\bar{x} - x_i| > \begin{cases} 1,6\sigma & \text{при } n = 3; \\ 1,7\sigma & \text{при } n = 6; \\ 1,9\sigma & \text{при } n = 8; \\ 2,0\sigma & \text{при } n = 10. \end{cases} \quad (12.21)$$

Приклад. Вимірювання сили струму дало такі результати: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,20; 10,40 А. Чи є промахом значення 10,40 А?

Обробка даних приводить до значень: $\bar{x} = 10,16$ А; $\sigma = 0,094$ А. За критерієм Шовіне $|10,16 - 10,40| = |0,24| > 2 \cdot 0,094$. Тому результат 10,40 є промахом.

Оцінкою точності вимірювань може служити, наприклад, величина, зворотна відносно похибки вимірів; точність міри і вимірювального приладу (системи).

12.10. Точність міри і вимірювальних приладів

Точність міри і вимірювальних приладів (системи) – ступінь близькості значень міри або показань вимірювального приладу до істинного значення величини, відтвореної мірою або вимірюваної за допомогою приладу. Похибка вимірювань залежить від точності засобів вимірювань.

За умовами застосування робочі засоби можуть бути лабораторними, виробничими і польовими. Лабораторні засоби вимірювань застосовуються при наукових дослідженнях і інших вимірах. Вони мають велику потужність, чутливість і стабільність. Виробничі, як правило, використовуються в технологічних процесах, при контролі якості готової продукції, ремонті машин. Ці прилади, у порівнянні з лабораторними, повинні мати більш високу стійкість до ударних навантажень, впливу тепла й холоду. Польові засоби вимірювань використовуються на транспортних і інших машинах як вбудовані прилади. За точністю засоби вимірювання поділяються на класи.

Клас точності – це узагальнена метрологічна характеристика, яка визначає різні властивості засобів вимірювань. Клас точності засобів вимірювань уже містить у собі систематичну й випадкову похибки. Однак він не є безпосередньою характеристикою точності вимірів, виконуваних за допомогою цих засобів вимірювання, оскільки точність виміру залежить ще й від низки факторів (методу вимірювань, взаємодії засобів вимірювання з об'єктом, умов виміру і т. д.). Зокрема, щоб вимірювати величину

з точністю до 1%, недостатньо обрати засіб вимірювання з похибкою 1%. Межі припустимих похибок засобів вимірювань виражаються у вигляді приведених похибок, залежно від яких засобам вимірів привласнюються такі класи точності: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $(3 \cdot 10^n)$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$. Для більшості засобів вимірювань встановлено вісім класів точності: 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. З них зразкові засоби мають класи точності 0,05; 0,1 і 0,2; лабораторні – 0,5; 1,0 і 1,5; технічні – 1,5; 2,5 і 4,0. Клас точності приладу визначає властивості даного засобу вимірювання, але не є показником точності виміру за допомогою цього приладу. Варіаціями показань приладу називають найбільшу різницю між його окремими повторними показаннями при тих самих значеннях вимірюваної величини і незмінних зовнішніх умовах.

Точність засобів вимірювання (систем) – один із вирішальних факторів, який визначає похибки вимірів. Зразкові засоби вимірювання, крім того, класифікують за розрядами. До першого розряду відносяться найбільш точні зразкові засоби вимірювань, які перевіряються за робочими еталонами. До еталонних засобів вимірювань належать високоточні системи мір, які слугують для відтворення й збереження одиниць величин для передачі їх розміру іншим засобам вимірювань.

Чим вища точність вимірювання, тим більше знижується невизначеність у стані технічної системи, що є до проведення вимірів, тим більшу інформацію одержує оператор. Таким чином, отримана інформація про величину пов'язана зі зменшенням ентропії у результаті досліджу.

12.11. Точність і вірогідність контрольно-діагностичних операцій

Задана (розрахункова) вірогідність в основному забезпечується відповідною точністю контрольно-діагностичних операцій. Стосовно граничного значення Π_{Π} параметра при відомих допусках T можна розрізнити приведені похибки: виготовлення $t_{\text{виг}} = \frac{T_{\text{виг}}}{2\Pi_{\Pi}}$, зміни параметра в експлуатації $\gamma_{\text{екс}} = \frac{T_{\text{екс}}}{2\Pi_{\Pi}}$, (або $\gamma_{\text{екс}} = \frac{u_{\Pi}}{2\Pi_{\Pi}}$) і функціонування в цілому $t_{\phi} = \frac{T_{\phi}}{2\Pi_{\Pi}}$.

У загальному випадку $\gamma_{\text{виг}} < \gamma_{\text{екс}} < \gamma_{\phi}$. Без сумніву, приведена похибка $\gamma_{\text{вим}}$ виміру параметра не повинна перевищувати зазначених значень приведених похибок [18]:

$$\gamma_{\text{вим}} < \gamma_{\text{виг}} < \gamma_{\text{екс}} < \gamma_{\phi} \quad (12.22)$$

$$\text{де } \gamma_{\text{вим}} = \pm \frac{\Delta_{\text{вим}}}{2\Pi_{\Pi}} \cdot 100 \, \%.$$

Іншими словами, вірогідність виміру – це близькість до нуля випадкової (або невиключеної) систематичної похибки.

З підвищенням точності й зменшенням трудомісткості вимірювань структурних параметрів зростає ефективність технічного діагностування. Це припускає застосування таких діагностичних методів (вимірювання діагностичних параметрів), що при малій тривалості процесу виміру забезпечують невеликі методичні похибки, які характеризують зв'язок між діагностичними й відповідними структурними параметрами. Чим менша методична похибка, тим вища точність визначення структурного параметра шляхом прямого виміру одного або декількох діагностичних параметрів за інших рівних умов.

Разом із тим прагнення забезпечити велику точність і малу трудомісткість виміру викликає, як правило, різке ускладнення й збільшення вартості діагностичного й контрольного устаткування. Звідси виникає необхідність установаження похибки вимірювання структурних параметрів шляхом розв'язання задачі оптимізації. Проблема встановлення оптимальної похибки вимірювання параметрів стає особливо актуальною у даний час, коли спостерігається тенденція створення і широкого застосування електронних діагностичних приладів і систем, які забезпечують різке зменшення тривалості діагностування, а також збільшення кількості вимірюваних параметрів машин.

Очевидно, критерій оптимальної похибки виміру має бути економічним, враховувати, з одного боку, витрати на вимір із визначеною середньою квадратичною похибкою структурного параметра, з іншого – додаткові витрати на ремонт і технічне обслуговування елемента що діагностується, викликані тією же похибкою виміру структурного параметра. Природно, що згадані витрати конкурують між собою. Зменшення середньої квадратичної похибки виміру при визначеному методі діагностування пов'язане зі збільшенням першого виду витрат і зменшенням другого. При підвищенні ж похибки вимірів звичайно зменшуються витрати на вимір і зростають додаткові витрати на ремонт і технічне обслуговування діагностичного елемента з вимірюваного параметра.

12.13. Обробка результатів експерименту

У результаті проведеного експерименту дослідник отримує, як правило, великий обсяг інформації за допомогою вимірювальних приладів або пристроїв. Усю цю інформацію належить старанно обробити.

Найпоширенішими методами обробки такої інформації є графічний і аналітичний [26].

Істинне значення вимірюваної величини відрізняється від середнього значення за результатом спостережень на величину систематичної похибки Δ_c , тобто $x = \bar{x} - \Delta_c$.

Якщо систематичну складову виключено, то $x = \bar{x}$. Однак через обмежене число спостережень $\bar{x}$ точно визначити також неможливо. Можна лише оцінити це значення, вказати границі інтервалу, у якому воно знаходиться, з визначеною ймовірністю.

Оцінку $\hat{x}$ числової характеристики закону розподілу x , зображувану точкою на числовій осі, називають точковою оцінкою. На відміну від числових характеристик ці оцінки є випадковими величинами. Причому їх значення залежить від кількості спостережень n .

Обґрунтовано називають оцінку, яка зводиться за ймовірністю до оцінюваної величини, тобто $\hat{x} \rightarrow x$ при $n \rightarrow \infty$. Незміщеною є оцінка, математичне очікування якої дорівнює оцінюваній величині, тобто $x = \hat{x}$. Ефективною називають таку оцінку, яка має найменшу дисперсію $\sigma_x^2 = \min$. Перерахованим вимогам задовольняє середнє арифметичне $\bar{x}$ результатів n спостережень.

Таким чином, результат окремого виміру є випадковою величиною. Тоді точність вимірів – це близькість результатів вимірів до істинного значення вимірюваної величини.

Якщо систематичні складові похибки виключено, точність результату вимірів $\bar{x}$ характеризується ступенем розсіювання його значення, тобто дисперсією. Як показано вище, дисперсія середнього арифметичного $\sigma_{\bar{x}}^2$ у n разів менша за дисперсію окремого результату спостереження.

Правильність вимірів визначається близькістю до нуля систематичної похибки.

Вірогідність вимірів визначається ступенем довіри до результату і характеризується ймовірністю того, що істинне значення вимірюваної величини лежить у зазначеному колі дійсного.

Ці ймовірності називають довірчими ймовірностями, а границі (околі) – довірчими границями:

$$P \{ \bar{x} - t_p \sigma_{\bar{x}} \leq x \leq \bar{x} + t_p \sigma_{\bar{x}} \} = 2S_n(t) - 1, \quad (12.31)$$

де $S_n(t)$ – інтегральна функція розподілу Стюдента. При збільшенні кількості спостережень n розподіл Стюдента швидко наближається до нормального і переходить у нього вже при $n \geq 30$.

Тобто формула (12.22) є критерієм точності вимірювань.

Тут граничне абсолютне значення $\Delta_{вим}$ похибки виміру залежно від характеру допуску визначається як

$$\Delta_{вим}^{вим} = 2\sigma_{вим}^{вим} = (0,2...0,35)T_{вим}; \quad (12.23)$$

$$\Delta_{вим}^{екс} = 3\sigma_{вим}^{екс} = 0,6[|P_{II} - P_{IH}| - \Delta P]; \quad (12.24)$$

$$\Delta_{вим}^{\phi} = 3\sigma_{вим}^{\phi} = 0,6|P_{II} - P_{IH}|; \quad (12.25)$$

де $\sigma_{вим}^i$ – відповідні середні квадратичні відхилення похибки вимірювань. Ці залежності використовуються в машинобудуванні й ДСТ 8.051-81, у якому встановлено значення припустимих меж вимірів і відповідних прийнятних границь.

Межі припустимих похибок визначено залежно від номінальних розмірів і допусків на виготовлення. Величини цих похибок виміру – від 20 до 35% значень допусків. Межі припустимих похибок вимірювань, установлені стандартом, враховують уже не тільки похибки засобів вимірювання, але і складових інших джерел (настановні міри, базування, температурні деформації, вимірювальні зусилля), крім суб'єктивних похибок, які важко прогнозувати.

Припустимі похибки вимірювань $\gamma_{вим}$ враховують випадкові і невраховані систематичні складові. Випадкову складову похибки можна виявити практично при усіх видах вимірів. Тому у стандарті зазначено, що випадкова складова не має перевищувати $0,6 \gamma_{вим}$ і приймається рівною $\pm 2\sigma$; це відповідає довірчій ймовірності 0,95, прийнятій також і в міжнародній практиці. Звичайно призначуване значення граничної випадкової похибки, що дорівнює $\pm 3\sigma$ при $P = 0,9973$, приймають, виходячи з нормального закону розподілу. Для виробничих технічних вимірювань немає необхідності в такому високому ступені ймовірності, тим більше, що випадкова похибка виміру не завжди розподіляється за нормальним законом.

Верхню межу контрольованого параметра P_k за результатами випробувань вибірки машин визначають за формулою:

$$P_k = \bar{X} + K\sigma, \quad (12.26)$$

де $\bar{X}$ – вибіркове середнє арифметичне значення контрольованого параметра;

σ – вибіркове середнє квадратичне відхилення контрольованого параметра;

K – число, яке характеризує ймовірність перебування параметра нижче граничного значення (рекомендується $K = 2$).

Похибки вимірювання, наведені у стандарті, є найбільшими. Однак можливі випадки, коли ці граничні значення можуть бути більшими через екологічні або технічні причини.

Для оптимізації точності вимірювань окремі параметри, залежно від їх «важливості» або стосовно до різних категорій точності, звичайно вимірюють із різною похибкою.

З умов мінімальності втрат інформації при виборі системи виміру необхідно прагнути максимально задовольнити вимозі структурної відповідності ланок вимірювального ланцюга об'єкт-датчик-перетворювач-реєстратор у конкретних схемах. З цією метою має бути оцінено пропускі здібності застосовуваних приладів і перетворювачів.

Абсолютна похибка – різниця між показанням x засобів вимірювання і дійсним значенням x_A вимірюваної величини:

$$\Delta = |x - x_A|.$$

Абсолютна похибка виражається в одиницях вимірюваної фізичної величини та її може бути задано:

- а) одним числом (лінія 1 на рис. 12.12): $\Delta = \pm a$;
- б) у вигляді лінійної залежності (лінії 2 і 3): $\Delta = \pm bx$; $\Delta = \pm(a + bx)$;
- в) у вигляді функції $\Delta = f(x)$ або графіка, таблиці.

Якщо значення похибки не змінюються у всьому діапазоні виміру (лінія 1), наприклад, через тертя в опорах, то така похибка має назву *адитивної* (або похибкою нуля).

Якщо похибка змінюється пропорційно вимірюваній величині (лінія 2), то її називають *мультиплікативною*.

У більшості випадків адитивна й мультиплікативна складові присутні одночасно (див. рис. 12.12, лінія 3).

Звичайно робочі діапазони вимірювальної апаратури (вимірювальних трактив) мають область обмеженого застосування. Наприклад, робочий діапазон вібровимірювальних комплектів і систем завжди на практиці обмежений низу власним шумом використовуваної апаратури. П'єзоелектричні віброметри, що піддаються впливу механічної вібрації з амплітудами, які перевищують верхню межу їх робочого діапазону, поступово втрачають характер лінійчатого датчика і стають нелінійним (див. рис. 12.13) [11, 32].

Для більшості цифрових систем вимірювання характерно лінійне перетворення вимірюваної величини, тобто показання цифрової системи

При збільшенні точності вимірів приблизно в п'ять разів помилки I роду знижуються у 5 ... 50 і більш разів, помилки II роду – усього на 10...30%, а вірогідність (Δ) зростає на 2...30%. Найбільший вплив на зміну P_p , P_{II} і Δ роблять σ_x і T .

Недосконалість контролю в метрології прийнято оцінювати спеціальним коефіцієнтом, який обчислюється за формулою $K_{HK} = P_{II}/(1 - P_I)$. Цей коефіцієнт зростає при збільшенні відношення $\frac{\sigma_{вим}}{\sigma_x}$. Наприклад, при збільшенні $\frac{\sigma_{вим}}{\sigma_x}$ від 0,1 до 0,5 K_{HK} зростає від 0,08 до 0,3.

Величина помилок залежить від законів розподілу похибки вимірювань і діагностичного параметра. Якщо параметри й похибки розподілено за рівномірним законом, то ймовірність помилки I роду буде максимальною ($P_{I_{max}}$), якщо за нормальним законом – мінімальною ($P_{I_{min}}$).

Грубими похибками називають такі, котрі призводять до перекручування результатів вимірів (наприклад, неправильний запис відліку, помилка відліку за шкалою приладу та ін.). Звичайно для виявлення грубих похибок і промахів проводяться багаторазові вимірювання різними способами.

Існують різні методи оцінки грубих вимірювань. Одним із найбільш розповсюджених є критерій 3σ . Якщо за результатами вимірювань відхилення від середнього арифметичного більш 3σ , тобто якщо $(\bar{x} - x_i) > 3\sigma$, це свідчить про грубу похибку і цей вимір варто виключити. Цей критерій надійний при кількості вимірювань більш 20 ... 50.

Якщо $n < 20$, застосовують критерій Романовського. За цим критерієм відношення $\left| \frac{(\bar{x} - x_i)}{\sigma} \right| \geq \beta$. Отримане значення β порівнюють з теоретичним β_m , наведеним у спеціальних таблицях, у яких враховуються ймовірність P і кількість вимірів n . Якщо $\beta \geq \beta_m$, то результат відкидається. Значення β_m звичайно змінюються в межах 1 ... 3 при $P = 0,01 \dots 0,10$.

12.12. Якість вимірів

Під якістю вимірів розуміють сукупність властивостей, які зумовлюють одержання результатів із необхідними характеристиками точності, у необхідному вигляді й у встановлений термін. Якість вимірів характеризується такими показниками, як точність, правильність і вірогідність. Ці показники повинні визначатися за оцінками, до яких пред'являються вимоги обґрунтованості, незміщеності й ефективності.

здатна, якщо $P'_n < x < P'_\partial$ – потрібні заміна деталей і регулювання, і якщо $P_n > x$ або $x > P_\partial$, – система неприцездатна.

При виникненні іншої допускової зони фактичні межі зміняться й будуть мати вигляд: $a = P_\partial - \Delta$; $a' = P_\partial + \Delta$; $b = P_n + \Delta$; $b' = P_n - \Delta$ [32].

Вірогідність контролю зі врахуванням імовірності ухвалення правильного рішення визначиться за формулою:

$$D = 1 - (P_I + P_{II}) = 1 - P_u, \quad (12.28)$$

де P_u – загальна ймовірність перекурення (похибок).

У загальному вигляді ймовірності помилок I і II роду можна визначити за формулами:

$$P_I = \int_{x_i}^{x_a} f(x) \left[\int_{-\infty}^{x_a - x_i} f(\Delta_x) \cdot d(\Delta_x) \right] dx + \int_{x_i}^{x_a} f(x) \left[\int_{x_a - x}^{\infty} f(\Delta_x) \cdot d(\Delta_x) \right] dx; \quad (12.29)$$

$$P_{II} = \int_{-\infty}^{x_n - x} f(x) \left[\int_{x_n - x}^{x_b - x} f(\Delta_x) \cdot d(\Delta_x) \right] dx + \int_{x_b - x_n}^{\infty} f(x) \left[\int_{x_n - x}^{x_b - x} f(\Delta_x) \cdot d(\Delta_x) \right] dx, \quad (12.30)$$

де $f(x)$ – щільність ймовірностей розподілу параметра;

$f(\Delta_x)$ – щільність ймовірностей розподілу похибки вимірів;

x_b і x_n – задані припустимі верхні і нижні межі параметрів.

Особливо шкідливі помилки I роду, тому що вони призводять до непотрібних додаткових розбірно-складальних робіт, до простою рухомого складу й зниження коефіцієнта технічної готовності. Збільшення кількості параметрів приводить до різкого зростання ймовірності помилок. Наприклад, при $n = 2$ $D = 1 - (1 - \Delta)^2 = 2\Delta - \Delta^2 \approx 2\Delta$. Середня кількість виробів із допущеними помилками I роду в порівнянні з виробами, що контролюються за одним параметром, практично подвоюється [8, 32].

Якщо автомобілі діагностувати за трьома параметрами (при помилці I роду в кожному параметрі $P_{II} \approx 0,2$), то ймовірність невипуску автомобіля на лінію складе $P_n = 1 - \prod_{i=1}^3 (P_{II}) = 1 - (1 - 0,2)^3 = 0,49$. Іншими словами, майже половина (49%) автомобілів не буде випущено на лінію задля усунення помилкових несправностей. Помилки II роду також неприпустимі з погляду дорожньо-транспортних випадків, перевитрати палива, забруднення атмосфери.

вимірювання пропорційно числовому значенню вимірюваної величини або, наприклад, її відхиленню від заданого значення. Розрізняють однокоричні, багатокоричні і комбіновані цифрові системи вимірювання для прямих, непрямих або сукупних вимірів.

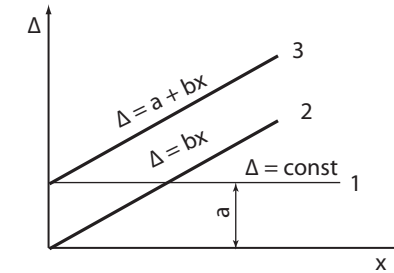


Рис. 12.12. Формування адитивної й мультиплікативної складових похибки

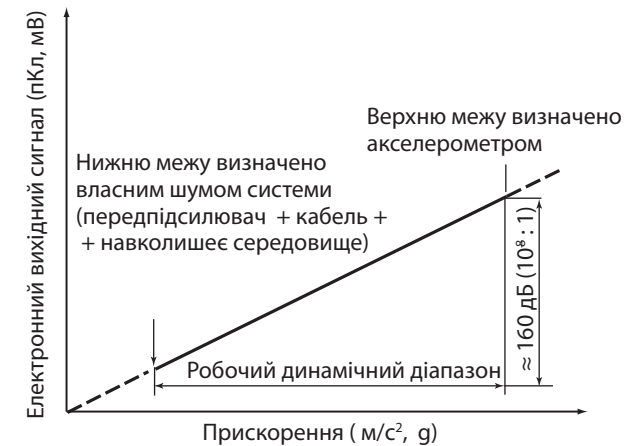


Рис. 12.13. Залежності амплітуди електричного сигналу, що дає акселерометр, від прискорення сприйнятих ним механічних коливань

Узагальнена структурна схема цифрової системи вимірювання (рис. 12.14) включає аналоговий перетворювач (АП) вхідної величини, квантователь (КВ), перетворювач коду (ПК) і відліковий пристрій (ВП). З метою спрощення на схемі рис. 12.14 не показано блоки синхронізації, управління, пам'яті, інші блоки та пристрої для забезпечення заданої якості роботи цифрової системи вимірювання.

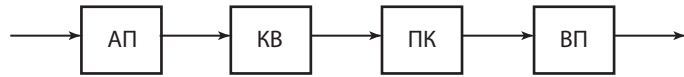


Рис. 12.14. Блок-схема цифрових систем вимірювання

Графік ілюструє властиву п'єзоелектричним акселерометрам виняткову лінійність і широкий робочий динамічний діапазон.

При аналізі похибок виміру цифрової системи вимірювання розглядають два режими: статичний і динамічний.

Похибка виміру в динамічному режимі залежить не тільки від властивостей цифрових систем вимірювання, але і від властивостей вимірюваного сигналу, наприклад, від частотного спектра змін $x_{вх}$, що подається на цифрову систему вимірювання.

Оскільки в цифровій системі виміру як квантователя завжди $q \neq 0$, то навіть ідеальні цифрові системи виміру мають похибку, зумовлену наявністю q – кроком квантування в одиницях вимірюваної величини. Похибка квантування є адитивною похибкою, тому що абсолютне її значення не залежить від того, у якій частині діапазону знаходиться x . Похибка квантування контролю не підлягає. Складова похибки через квантування зневажено мала.

Як і для аналогових засобів вимірювання, у випадку цифрових систем вимірювання основна статична похибка Δ є сумою систематичної і випадкової складових ($\Delta = \Delta_c + \dot{\Delta}$). Для розкриття їх структури нижче розглянемо дві складові похибки цифрових систем вимірювання: методичну, зумовлену принципом аналого-цифрового перетворення, і інструментальну, зумовлену конструкцією й властивостями реальних елементів схеми цифрових систем вимірювання. У літературі зустрічаються ще поняття «похибки нелінійності» або «диференціальної нелінійності». Однак величина цієї похибки в умовах експлуатації цифрових систем вимірювання досить мала і становить інтерес лише для розробки цифрових систем вимірювання.

В аналогових засобах вимірювання числове значення результату виміру визначає оператор (знімає показання, робить округлення і записує результат отриманих чисел значущих цифр). При цьому виникає суб'єктивна помилка визначення.

У цифрових системах вимірювання операція округлення виробляється самим засобом вимірювання, і помилка цієї операції відноситься до методичної похибки. Одночасно з округленням цифрова система вимірювання здійснює квантування сигналу шляхом порівняння його з визначеним рівнем.

У процесі експлуатації параметри, які характеризують стан технічних систем, можуть відхилятися від номінального значення ПН як в один, так і в інший бік. Можуть бути такі ситуації: технічна система працездатна (P1); порушена працездатність і потрібна заміна деталей чи регулювання (P2); система непрацездатна (P3). Імовірності P1, P2 і P3 – апіорні ймовірності появи подій без урахування появи похибок вимірювання, які приводять до деформації закону розподілу і замість фактичної величини x буде замірятися величина $y = x \pm \Delta x$ (рис. 12.15) [32]. На рис. 12.15 б) суцільною лінією показано закон розподілу $f(x)$ без деформації, пунктирною лінією – деформований розподіл за законом $f(x, \Delta x)$.

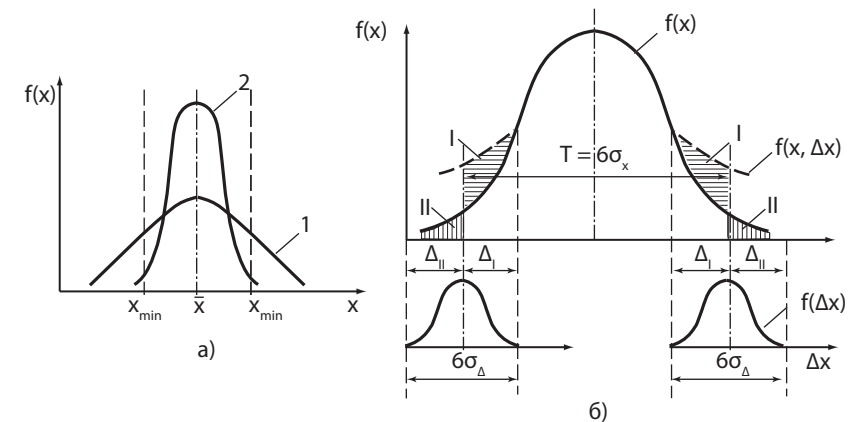


Рис. 12.15. Деформація закону розподілу

За рахунок похибки вимірів утворюються дві зони – I і II, які призводять до вибракування працездатної технічної системи або до пропуску непрацездатної системи. Тому чисельно вірогідність діагностування (контролю) має визначатися за формулою:

$$\Delta = 1 - (P_I + P_{II}), \quad (12.27)$$

де P_I – імовірність вибракування за результатами діагностування придатного механізму,

P_{II} – імовірність прийняття бракованого механізму як придатного.

На рис. 12.15 б) σ_x є середньоквадратичним відхиленням вимірюваного параметра, а σ_Δ – середньоквадратичне відхилення похибки виміру. Допуски параметрів відповідно складуть $T_n = 6 \sigma_x$ і $T_u = 6 \sigma_\Delta$. При номінальному значенні параметра Π_n експлуатаційні параметри можуть відхилятися в один бік (Π'_n, Π'_∂) і в інший (Π_n, Π_∂). Якщо $\Pi'_\partial < x < \Pi_\partial$ – система праце-