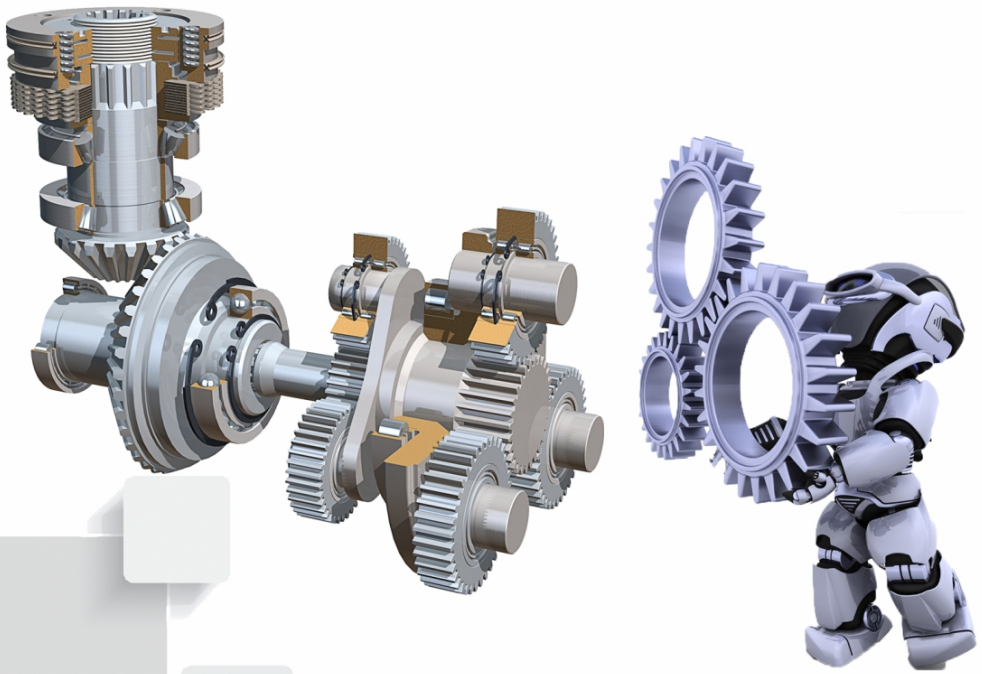
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ПІДГОТОВЦІ МАГІСТРІВ З ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ



ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ПІДГОТОВЦІ МАГІСТРІВ З ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Луцьк
Вежа-Друк
2024

УДК 621.8:681.
І-96

Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол № 5 від 28.12.2023р.)

Рецензенти:
Васильченко Я. В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих мехатронних систем, інструментів і технологій, Донбаська державна машинобудівна академія;
Воронцов Б. С. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;
Онисько О. Р. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

І-96 **Інноваційні підходи в підготовці магістрів з прикладної механіки :** навч. посіб. / Т. Є. Божко, Б. П. Валецький, Л. М. Самчук, Т. І. Четвержук . – Луцьк : Вежа-Друк, 2024. – 324 с.

ISBN 978-966-940-536-4

УДК 621.8:681.

ISBN 978-966-940-536-4

© БОЖКО Т. Є., ВАЛЕЦЬКИЙ Б. П.,
САМЧУК Л. М., ЧЕТВЕРЖУК Т. І., 2024

ЗМІСТ

ВСТУП....9
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В МАШИНОБУДУВАННІ....11
Тема 1 Системний підхід до рішення проблем технічних систем....11
1.1 Історія технічних систем....11
1.2 Технічні та машинні системи....12
1.3 Системний підхід до вирішення проблем....14
Тема 2 Системи та їх первинна класифікація....15
2.1 Поняття, основні характеристики та класифікація систем....15
2.2 Типологія структур....20
ТЕМА 3 Дослідження та управління системою....23
3.1 Морфологічний та інформаційний опис системи....23
3.2 Управління в системі та системне управління....23
3.3 НТР як система....25
Тема 4 Теоретичні основи системного аналізу....27
4.1 Сутність і принципи системного аналізу....27
4.2 Категоріальний апарат системного аналізу....31
4.3 Етапи системного аналізу....34
Тема 5 Методологічні принципи системного аналізу....35
5.1 Поняття проблеми, ознаки, тенденції, вирішення проблеми. Основні компоненти системного аналізу....35
5.2 Методи та процедури системного аналізу....36
Тема 6 Загальні принципи та методи системного аналізу....43
6.1 Сутність і зміст власного інструментарію системної методології....43
6.2 Поняття моделі, її види та етапи побудови....45
6.3 Методи моделювання систем....46
Тема 7 Роль статистичних методів у системному моделюванні та дослідженнях..57
7.1 Спеціальні методи моделювання систем....57
7.2 Методи формалізованого представлення систем....58
Список літературних джерел....61
МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ....62
Тема 1 Дослідження в науці....62
1.1 Поняття про науку, її мету та функції....62
1.2 Наукові дослідження, їх особливості та класифікація....62

Тема 2 Наука як система знань 65
2.1 Визначення та складові науки 65
2.2 Процес пізнання та його генезис як основа наукової діяльності 67
Тема 3 Технологія наукових досліджень 70
3.1 Вибір теми, формулювання задач наукових досліджень 70
3.2 Техніко-економічне обгрунтування науково-дослідних робіт 71
Тема 4 Інформаційне забезпечення наукових досліджень 72
4.1 Основні поняття, терміни та галузі інформації 72
4.2 Національна система науково-технічної інформації 73
4.3 Види, джерела інформації та режим доступу до неї 74
4.4 Наукова інформація в документах 75
4.5 Інформаційно-пошукові системи органів НТІ 76
Тема 5 Методи теоретичних досліджень 77
5.1 Методологія теоретичних досліджень 77
5.2 Моделі досліджень, їх види та приклади 79
5.3 Аналітичні методи досліджень та переваги їх застосування 80
5.4 Ймовірнісно-статистичні методи дослідження 84
5.5 Методи системного аналізу 88
Тема 6 Методи експериментальних досліджень 92
6.1 Методологія експерименту 92
6.2 Розробка плану-програми експерименту 95
6.3 Статистичні методи оцінки вимірювань в експериментальних дослідженнях 97
6.4 Засоби вимірювання в експериментальних дослідженнях. Якість вимірювання 102
Тема 7 Проведення експериментальних досліджень 105
7.1 Експеримент як засіб отримання нових знань 105
7.2 Розробка методики експерименту 107
Тема 8 Винахідницька робота і її особливості 109
8.1 Основні відомості про винахідництво і пошуково-конструкторську роботу 109
8.2 Винахідництво як творчий процес. Методи пошуку нових технічних рішень 110
8.3 Правова охорона винаходів. Об′єкти і ознаки винаходів 115

8.4 Оформлення та подання документів на предмет винаходів 116
Список літературних джерел 116
СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ 118
Тема 1 Основні поняття, визначення та терміни в галузі сертифікації 118
Тема 2 Порядок проведення сертифікації 120
Тема 3 Сертифікат відповідності та порядок оцінки відповідності 127
Тема 4 Знаки відповідності та їх використання 132
Тема 5 Поняття класифікації та принципи побудови класифікаторів 138
Тема 6 Стандартизація в системі управління якістю 143
Тема 7 Контроль якості продукції, що виробляються машинобудівними підприємствами 148
Тема 8 Система сертифікації УКРСЕПРО 150
Тема 9 Підтвердження відповідності та сертифікація продукції іноземного виробництва 157
Тема 10 Роль сертифікації в підвищенні якості продукції. Конкурентноспроможність 159
Список літературних джерел 160
МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ 162
Тема 1 Основні поняття моделювання інженерних задач 162
1.1 Класифікація моделей 162
1.2 Основні властивості моделей 164
1.3 Основні види та етапи моделювання 167
Тема 2 Математичне моделювання технічних систем 171
2.1 Поняття, класифікація та основні властивості математичних моделей 171
2.2 Похибки математичних моделей 177
2.3 Методи формування й математичні схеми дослідження моделей систем 179
2.4 Загальна схема побудови математичної моделі 180
2.5 Комп'ютерна реалізація математичних моделей систем 183
Тема 3 Імовірнісне моделювання 185
3.1 Моделювання випадкових процесів 185
3.2 Генератори псевдовипадкових чисел 187
3.3 Метод Монте-Карло 190
Тема 4 Знаходження залежностей між фізичними величинами 191

4.1 Апроксимація інтерполяція і екстраполяція 191
4.2 Завдання апроксимації та інтерполяції 195
4.3 Аналітичні методи апроксимації 197
Тема 5 Методи статистичних досліджень 200
5.1 Регресійний аналіз. Лінійна регресія 202
5.2 Коефіцієнт кореляції. Кореляційний аналіз 207
Тема 6 Узагальнення методів регресійного аналізу 209
6.1 Проблеми, що виникають під час регресійного аналізу 209
6.2 Зважений метод найменших квадратів 210
6.3. Множина лінійна регресія 211
6.4 Нелінійна (криволінійна) регресія 213
6.5 Множинна криволінійна регресія 214
Тема 7 Планування експерименту 215
7.1 Основні поняття та визначення теорії планування експерименту 215
7.2 Основні етапи експерименту 219
7.3 Постановка завдань і цілей експерименту 219
7.4 Оптимізаційні та імітаційні моделі. Вимоги до чинників і параметру оптимізації 221
7.5. Принципи побудови моделей систем 223
Тема 8 Комп'ютерне моделювання систем і процесів 225
8.1 Особливості застосування комп'ютерного моделювання в навчальному процесі 225
8.2 Аналіз сучасних пакетів прикладних програм математичного моделювання 227
8.3 Аналіз сучасних CAE-систем комп'ютерного моделювання. 233
8.4 Типові задачі комп'ютерного моделювання 235
8.5 Функціональні можливості сучасних інформаційних систем комп'ютерного моделювання 236
Список літературних джерел: 239
УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В МАШИНОБУДУВАННІ 241
Тема 1 Загальні засади управління проєктами 241
1.1 Основні поняття: «проєкт», «управління проєктом» 241
1.2 Сучасна концепція управління проєктом 242
1.3 Основний зміст процесів управління проєктом 243
1.4 Зміст управління проєктом 246

Тема 2 Середовище управління проєктами 249
2.1 Структура проєкту 249
2.2 Учасники й оточення проєкту 251
2.3 Життєвий цикл проєкту 254
2.4 Класифікація проєктів 257
2.5 Схеми управління проєктами 259
Тема 3 Проєктний аналіз 260
3.1 Організація робіт на етапі розробки проєкту 260
3.2 Загальна послідовність проєктного аналізу 264
Тема 4 Програмно-технічне забезпечення управління проєктами 270
4.1 Системи календарного планування і контролю 270
4.2 Системи управління проєктами професійного рівня 271
4.3 Вибір системи управління проєктами 275
4.4 Упровадження системи управління проєктами на підприємстві 278
Тема 5 Управління ризиками проєкту 281
5.1 Ідентифікація ризиків проєкту 281
5.2 Оцінка ризиків проєкту 285
5.3 Розробка реагування 290
5.4 Моніторинг і контроль ризиків 291
Тема 6 Управління людським потенціалом і комунікаціями проєкту 293
6.1 Призначення персоналу проєкту 293
6.2 Розвиток команди проєкту. 295
6.3 Планування взаємодії 299
6.4 Розподіл інформації 301
6.5 Облік виконання 302
Тема 7. Управління якістю проєкту 303
7.1. Планування якості проєкту 303
7.2 Підтвердження якості 307
7.3. Аналіз якості проєкту 308
7.4 Контроль якості проєкту 311
7.5 Комплексна система забезпечення якості продукції проєкту 314
Тема 8 Управління завершенням проєкту 316
8.1 Етапи закриття проєкту 316

8.2 Підведення підсумків і одержання даних про результати, досягнутих у ході виконання робіт із проєкту 317
8.3 Гарантійне обслуговування об’єкта проєкту 319
8.4 Аналіз ефективності реалізації проєкту 320
Список літературних джерел: 323

ВСТУП

Сучасний стан розвитку освіти України передбачає розвиток інноваційного потенціалу суспільства й особистості. Адже за умов трансформації українського суспільства особливого значення набуває формування високої освіченості та культури, нових життєвих компетентностей особистості, мобільності та гнучкості її соціальної поведінки, уміння швидко орієнтуватися в інформаційному просторі, приймати нестандартні рішення й нести відповідальність за її наслідки.

Враховуючи прогресивний розвиток науки, є необхідність постійного оновлення навчальних матеріалів, які направлені на допомогу магістрам мати більше можливостей усвідомлювати, аналізувати, поєднувати та застосовувати новітні досягнення в різних областях науки.

Проблема успішності і високого рівня ефективності рішення інжинірингових задач, розробки та управління інноваційними проектами в галузі механічної інженерії забезпечується вмінням створення і використання наявних інноваційних та наукових ресурсів. Розвиток техносфери, яка є фундаментом провідних галузей будь якої із світових економік, здійснюється новою генерацією фахівців з потужними креативними компетентностями, які здолають інерцію створення і експлуатації технічних систем низького технічного рівня, піднімуть рівень затребуваності та впровадження результатів наукової діяльності в промисловості і соціальній сфері.

Саме тому актуальною задачею підготовки фахівців магістерського освітнього рівня є пошук можливостей інтенсифікації прикладної наукової діяльності, впровадження сучасних досягнень науки і практики на основі розуміння, що науковий продукт отримує функцію товару і стає прискорювачем розвитку конкурентоспроможної економіки завдяки реалізації наукових і інноваційних ресурсів.

Для якісної підготовки фахівців галузі 13 Механічна інженерія необхідно розробляти навчальні дисципліни (освітні компоненти) які б формували у здобувачів освіти здатність розв’язувати складні задачі і проблеми у прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Навчальний посібник дає змогу засвоїти програмні компетентності як загального так і фахового характеру. Загальні компетентності: здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми; здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології; здатність генерувати нові ідеї; здатність розробляти проекти та управляти

ними; здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня; здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; здатність до спілкуватися іноземною мовою; здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності: здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів; здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об'єктів та процесів; здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи; здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності; здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень.

Навчальний посібник дає змогу засвоїти програмні результати навчання: застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проєктування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань; розробляти і ставити на виробництво нові види продукції; застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектноконструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні; використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання; самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішень; здійснювати пошук, розробляти, виконувати та оцінювати інноваційні проекти; зрозуміло і недвозначно презентувати результати досліджень та проектів; оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами; організовувати роботу групи при виконанні завдань, комплексних проектів, наукових досліджень; розробляти управлінські та технологічні рішення за невизначених умов та вимог; планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В МАШИНОБУДУВАННІ

Тема 1 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

1.1 Історія технічних систем

Однією з найцінніших властивостей homo sapiens є його здатність у процесі пізнання виділяти головне і суттєве, ігноруючи несуттєві або випадкові ознаки, що необхідно для правильного і глибокого розуміння об'єкта пізнання.

Метод абстракції допоміг людству здобути й упорядкувати знання в будь-якій галузі його діяльності і тим самим сприяв виникненню й розвитку окремих наук. Але досі не завжди існує відповідна теорія для вирішення тієї чи іншої проблеми. У сфері техніки є багато прикладів того, як практика передує теорії, а розвиток теорії згодом дозволив покращити досягнуті практичні результати. Така ж ситуація і з історією технічних систем (ТС).

Можна прослідкувати, як змінювалися уявлення людей про машини протягом розвитку цивілізації. Спочатку було прийнято розглядати автомобіль як щось ціле, що складається лише з частин.

Лише з заснуванням технічних шкіл (Париж, 1794, Прага, 1806) почався процес упорядкування і виділення механізмів із рамок загального вчення про машини. Спочатку вводиться клас 10, а пізніше клас 21 механізмів, призначених для трансформації рухів. У Борні 1818 року вже йдеться про необхідність виділяти 6 класів основних частин машин, які згруповані не за принципом перетворення рухів, а за функціями.

У 19 столітті, після створення великої кількості різноманітних машин, було проведено систематичне вивчення елементів механізмів і машин, що дозволило на основі реальних надійних конструкцій вести пошуки закономірностей, що лежать в основі цих машин. До цього часу, поряд з машинами, використовуваними у військових, гірничих і водних роботах, існували також прядильні та ткацькі машини, металообробні машини, друкарські та підйомні машини; до них приєднувалися парова машина, гідравлічний двигун, електродвигун і генератор.

Важливою проблемою, пов'язаною з механікою і, перш за все, з теорією міцності, було визначення оптимальних розмірів. У 1874 році в своїй праці «Теоретична кінематика», заснованій на дослідженнях Редтенбахера (1809-1869), Ріоло зробив першу спробу створити загальну теорію механізмів і машин. Ідеї того часу простежуються в працях Р. Вілліса та П. Л. Чебишева. При цьому розглядаються три області механізмів і машин:

- синтез механізмів;
- динаміка машини;
- теорія автоматів.

У цьому напрямі розвивалися також спеціальні напрямки, особливо ті, в яких прогрес техніки йшов паралельно з розвитком відповідної науки, наприклад термодинаміка і теплові двигуни. Всі практичні питання, пов'язані з плануванням, виробництвом і експлуатацією, вирішувалися окремо в рамках однієї галузі.

Така позиція була можлива і прийнята лише на етапі першої технічної революції, коли здійснювався перехід від ручних форм виробництва до індустріальних – до «машинної доби». Створення нових технічних засобів, поряд із зростанням вимог, з одного боку, і нових способів вирішення завдань (наприклад, засобами обчислювальної техніки), з іншого, викликають необхідність перегляду методів вивчення технічної системи.

1.2 Технічні та машинні системи

Як близько 500 років тому нелегко було розглядати скульптуру і літературні твори в рамках одного поняття «художній твір», так і в сучасну епоху все ще важко знайти точне загальне визначення технічних засобів. Справа не тільки в відмінності їх форм, функцій і ступенів складності, а й у відмінності принципів їх дії, що використовуються для досягнення необхідних результатів. Хоча багато термінів використовуються в технічній галузі вже давно, їх значення визначається переважно інтуїтивно.

Можливі два підходи до вирішення проблеми визначення технічного засобу – «абстрактної машини». Перший – перелічити всі елементи, з яких складається машина (привід, передавальний механізм, колінчастий вал, втулки, гвинти тощо). другий підхід полягає в пошуку нового узагальнюючого виразу або терміна. В останньому випадку основна увага при описі технічного засобу буде приділятися його системним властивостям. У науково-технічній практиці більшість термінів уже стали звичними, але вживаються вони не скрізь, а полеміка з термінологічних питань не вичерпується.

Виходячи з концепцій системи, можна розділити системи на класи, наприклад, як показано на рис. 1, за принципом походження.

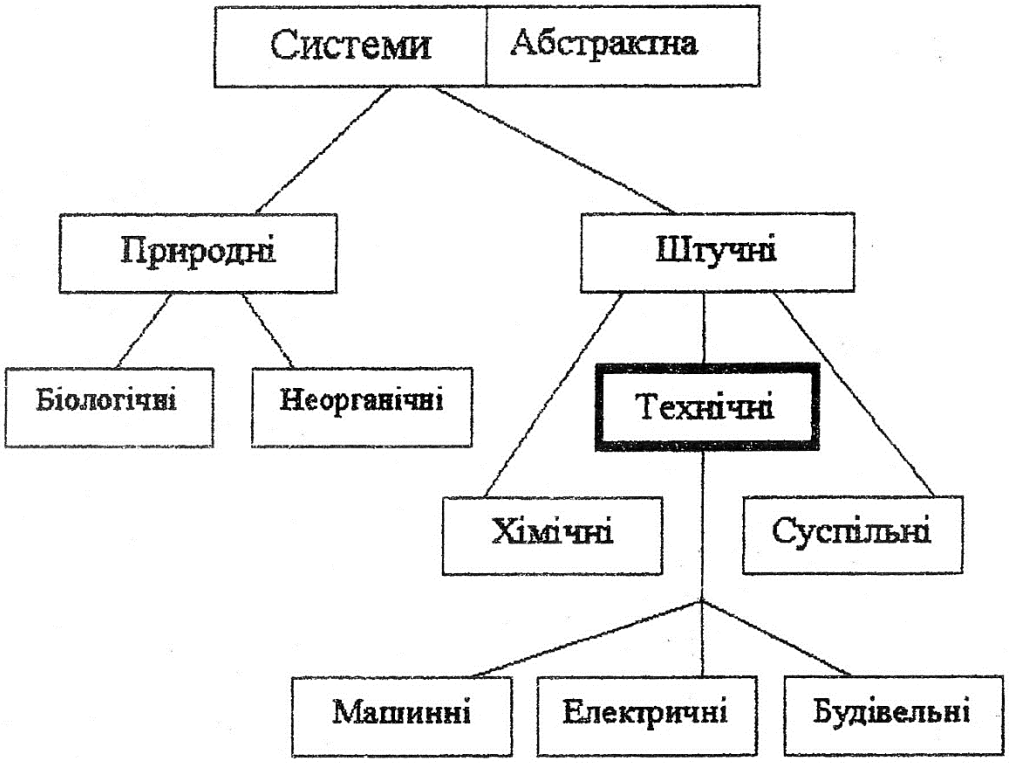


Рис. 1 - Поділ систем за походженням

З цієї схеми стає більш зрозумілим поняття системи, оскільки в ній окремі елементи структури визначаються на основі загальноприйнятої класифікації областей знань. Однак наше завдання полягає в класифікації технічних систем. Представлені на цій схемі класи відповідають відомим галузям науки – машинобудуванню, електротехніці, будівництву тощо, але такий підхід не дає чіткого визначення поняття «технічні засоби». Оскільки згідно зі схемою його можна трактувати як об’єкт електротехніки та ін. Розташування систем відповідно до принципу їх дії – механічних, гідравлічних тощо, це також не дозволяє уніфікувати властивості та однозначно визначити класи елементів системи, оскільки вже існують гібридні системи. На більш високому системному рівні з'являються біотехнічні, людино-машинні комплексні системи.

Усе вищесказане призводить до того, що термін «технічна система» доцільно використовувати для позначення «абстрактної машини».

1.3 Системний підхід до вирішення проблем

Зростання складності проблем, що виникають у різних сферах діяльності людей, підприємств, організацій, викликало появу різноманітних підходів і методів, за допомогою яких створювалися певні технології вирішення цих проблем.

У різних сферах практичної діяльності такі технології разом з теоретичними основами отримали різні назви: у виробничому, адміністративному, політичному менеджменті – «менеджмент», «системний і ситуаційний аналіз», «стратегічне планування», у військово-економічних питаннях – «методи дослідження операцій», «методи математичного моделювання та прогнозування», у наукових дослідженнях – «методи статистичного, імітаційного та системного моделювання», «методологія та планування експерименту», в інженерії та проектуванні – «методи проектування», «методи інженерна творчість», «системотехніка» тощо.

Усі ці теоретичні та прикладні напрями склали єдиний потік загального системного підходу до вирішення проблем і подолання труднощів. Так поступово виникли системні дослідження, засновані на загальній системології, теорії систем і теорії організації. Вирішальний вплив на формування загальної теорії систем, системного підходу та системного аналізу мали праці Л. фон Берталанфі (австралійський біолог-теоретик 1901-1972). Інтелектуальний клімат у науці ще не сприяв розвитку ідей системного аналізу. Ідеї системного підходу набули визнання та поширення особливо в США. Поняття системи стало одним із основних у кібернетиці. Концепції прикладного системного аналізу мають міждисциплінарний характер. Арсенал методів такого аналізу включає як добре формалізовані методи (оптимізація, кількісне прийняття рішень), так і методи, спрямовані на формалізацію (експериментальні дослідження, побудова моделей), а також слабо формалізовані методи (експертні оцінки) та операції, які не формалізуються (постановка проблем, визначення цілей, визначення критеріїв діяльності, генерація альтернатив тощо).

Під час вивчення реальної системи та прийняття рішень доводиться стикатися з великою кількістю різноманітних проблем. Одна людина не може бути професіоналом у кожному з них, але той, хто керує системними дослідженнями та прийняттям рішень, повинен мати достатньо широку освіту та досвід, необхідний для розпізнавання та класифікації конкретних проблем, щоб визначити, до яких спеціалістів слід звертатися для аналізу.

Тема 2 СИСТЕМИ ТА ЇХ ПЕРВИННА КЛАСИФІКАЦІЯ

2.1 Поняття, основні характеристики та класифікація систем

Вирішення питання про сутність системного підходу, на відміну від будь-якого іншого виду наукового аналізу, багато в чому визначається тим, що слід розуміти під поняттям «система».

Термін «система» використовується в науковій літературі в багатьох значеннях. Л. Берталанфі розуміє систему як сукупність взаємодіючих елементів.

Топоров В. Н. визначає систему як «сукупність елементів, організованих таким чином, що зміна, виключення або введення нового елемента природним чином впливає на решту елементів».

У свою чергу Вільям Р. **Ешбі розуміє систему** як «те, що може змінюватися з часом», система – «будь-який набір змінних, характерний для реальної машини».

Напевно, правильніше було б сказати, що сьогодні взагалі не існує загальноприйнятого поняття системи. Але для того, щоб визначити сутність системного підходу, є велика потреба конкретизувати поняття «система».

Система (від грец. система – «складена з частин») – сукупність сутностей (об'єктів) і зв'язків між ними, ізольована від зовнішнього середовища на певний час і з певною метою.

Як і будь-яке фундаментальне поняття, система найкраще конкретизується в процесі розгляду її основних властивостей. Можна виділити чотири такі властивості :

1. Система – це насамперед сукупність елементів. За певних умов елементи можна розглядати як системи.

2. Наявність істотних зв'язків між елементами та (або) їх властивостями, що перевищують потужність (міцність) зв'язку цих елементів з елементами, що не входять до складу цієї системи. Істотні зв'язки - це зв'язки, які регулярним, необхідним чином визначають інтеграційні властивості системи.

3. Наявність певної організованості, що виявляється у зниженні ступеня невизначеності системи порівняно з ентропією системоутворюючих факторів, що визначають можливість створення системи. Ці фактори включають кількість елементів системи, кількість суттєвих зв'язків, якими може володіти елемент, кількість квантів простору і часу.

4. Наявність інтеграційних властивостей, тобто властивих системі в цілому, але не властивих жодному з її елементів окремо. Їх наявність свідчить про те, що властивості системи хоч і залежать від властивостей елементів, але не повністю ними визначаються.

Система не зводиться до простої сукупності елементів, і, розділяючи систему на окремі частини, неможливо пізнати всі властивості системи в цілому.

Таким чином, у найзагальнішому випадку поняття «система» характеризується:

– наявність багатьох елементів;
– наявність зв'язків між ними;
– інтегральний характер цього пристрою або процесу.

Властивості системи можна розділити на такі групи:

1. Властивості, що стосуються **цілей і функцій системи**:

– синергізм – односпрямованість (цілеспрямованість) дій компонентів посилює ефективність функціонування системи;
– пріоритет інтересів системи більш широкого (глобального) рівня перед інтересами її складових;
– аварійність – цілі (функції) компонентів системи не завжди збігаються з цілями (функціями) системи;
– мультиплікативність – позитивні та негативні ефекти функціонування компонентів у системі мають властивість множення, а не додавання;
– цілеспрямованість;
– альтернативні шляхи функціонування та розвитку.

2. Властивості, пов'язані зі **структурою системи** :

– цілісність – первинність цілого по відношенню до частин;
– неадитивність – принципова неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей складових її компонентів;
– структурність – можливість декомпозиції системи на складові та встановлення зв’язків між ними;
– ієрархія – кожен компонент системи можна розглядати як систему (підсистему) більш широкої глобальної системи.

3. Властивості**, що відносяться до ресурсів і особливості взаємодії з навколишнім середовищем:**

– комунікативність – наявність складної системи зв’язків із середовищем у вигляді ієрархії;
– взаємодія та взаємозалежність системи та зовнішнього середовища;
– адаптивність – прагнення до стану стійкої рівноваги, що передбачає адаптацію параметрів системи до мінливих параметрів зовнішнього середовища;

– надійність – функціонування системи у разі відмови одного з її компонентів, можливість збереження проектних значень параметрів системи протягом планованого періоду;
– інтерактивність

4. Інші властивості системи:

– інтегрованість – наявність системоутворюючих, системозберігаючих факторів;
– еквіфінальність – здатність системи досягати станів, незалежних від початкових умов і які визначаються лише параметрами системи;
– спадковість;
– розвиток ;
– порядок ;
– самоорганізація .

Відомо, що **класифікація** – це поділ певної сукупності об'єктів на класи за найбільш суттєвими ознаками. В основу класифікації покладено ознаку або їх поєднання, за якими об'єкти групуються в класи. **Клас** – це набір об’єктів, які мають деякі спільні ознаки.

Основними **вимогами** до побудови **класифікації** є:

– в одній і тій же класифікації повинна використовуватися та сама основа;

– обсяг елементів сукупності, що класифікується, повинен дорівнювати обсягу елементів усіх створених класів;

– члени класифікації (створені класи) повинні бути взаємовиключними, тобто не повинні перекриватися;

– поділ на класи (для багаторівневих класифікацій) має бути безперервним, тобто при переході від одного рівня ієрархії до іншого наступним класом для дослідження має бути клас, найближчий до ієрархічної структури системи.

Так, з точки зору характеру зв'язку між параметрами системи і середовищем виділяють:

- **закриті системи** – відсутній обмін енергією, речовиною та інформацією з навколишнім середовищем;

- **відкриті системи** – вільно обмінюються енергією, речовиною та інформацією з навколишнім середовищем. У відкритих системах можуть виникнути явища ускладнення або спонтанного виникнення порядку.

За рангом системи розрізняють:

- **підсистема** – система, яка входить до складу іншої системи та здатна виконувати відносно самостійні функції, має підцілі, спрямовані на досягнення загальної мети системи;

- **суперсистема** – це більша система, частиною якої є ця система.

За формою наведення систему поділяють на:

- **реферат** – уявне представлення образів або моделей матеріальних систем, які поділяються на описові (логічні) та знакові (математичні);
- **матеріал** .

Логічні системи є результатом дедуктивного або індуктивного представлення матеріальних систем. Їх можна розглядати як системи понять і визначень (набір уявлень) про структуру, про основні закономірності станів і про динаміку матеріальних систем.

Символічні системи є формалізацією логічних систем, їх поділяють на класи:

– **статичні математичні системи або моделі**, які можна розглядати як опис засобу математичний апарат стану матеріальних систем (рівняння стану);

– **динамічні математичні системи або моделі**, які можна розглядати як математичну формалізацію процесів матеріальних (або абстрактних) систем;

– **квазістатичні (квазідинамічні) системи**, що знаходяться в нестабільному положенні між статикою та динамікою, які в одних діях поводяться як статичні, а в інших – як динамічні.

За походженням системи (елементи, зв'язки, підсистеми) розрізняють:

– **штучні** (інструменти, механізми, машини, автомати, роботи тощо);

– **природні** (живі, неживі, екологічні, соціальні тощо);

– **віртуальні** (уявні, і хоча вони насправді не існують у реальності, вони функціонують так само, як якщо б існували насправді);

– **змішаний** (економічні, біотехнічні, організаційні та ін.).

За характером системних змінних вони можуть бути:

– **системи з якісними змінними** (мають лише змістовний опис);

– **системи з кількісними змінними** (мають дискретно або безперервно описані кількісні змінні);

– **змішані системи** (кількісний – якісний) опис.

За типом опису закону (законів) функціонування системи:

– **« Чорна скринька»** (закон функціонування системи повністю невідомий; відомі лише вхідні та вихідні повідомлення системи);

– **не параметризовані** (закон не описується, ми описуємо його за допомогою хоча б невідомих параметрів, відомі лише деякі апріорні властивості закону);

– **параметризовані** (закон відомий з точністю до параметрів і може бути віднесений до деякого класу залежностей);

– **"білий (прозорий) ящик"** (відомий закон).

За способом управління системою (в системі):

– **системи зовнішнього керування** (без зворотного зв'язку, регульовані, керовані структурно, інформаційно або функціонально);

– **керовані зсередини** (саморегульовані або самокеровані - програмно керовані, автоматично регульовані, адаптовані – пристосовуються за допомогою керованих змін стану та самоорганізовані – найбільш оптимально змінюють свою структуру в часі та просторі, організовують свою структуру під вплив внутрішніх і зовнішніх факторів);

– **з комбінованим керуванням** (автоматичні, напівавтоматичні, автоматизовані, організаційні).

Усі існуючі колекції об’єктів (а будь-яка система є такою колекцією, хоча не кожна колекція є системою) можна розділити на три великі класи: неорганізовані колекції, неорганічні системи, органічні системи.

Неорганізована сукупність (прикладом може випадкове скупчення людей на вулиці), позбавлений будь-яких істотних ознак внутрішньої організації. Зв'язки між його компонентами зовнішні, випадкові, несуттєві. При входженні в таке об'єднання або виході з нього компоненти не зазнають жодних змін, що свідчить про відсутність у такої сукупності цілісних, інтегративних властивостей. Властивості заповнювача в цілому фактично збігаються з сумою властивостей частин (компонентів), узятих окремо. Тому така сукупність не має системного характеру.

Два інших класи агрегатів є **неорганічними** і **органічні системи** – характеризує наявність зв'язків між елементами і появу в цілісній системі нових властивостей, не притаманних елементам окремо. Зв'язок, цілісність і зумовлена ними стабільна структура є відмінними рисами будь-якої системи.

Відмінності між органічними і неорганічними цілісними системами ґрунтуються на особливостях процесів їх розвитку; структура системи є результатом цих процесів і пояснюється ними. Органічна система – це ціле, що саморозвивається, що в процесі індивідуального розвитку проходить послідовні етапи ускладнення і диференціації. Цим пояснюються такі особливості органічних систем, які відрізняють їх від неорганічних:

1. Органічна система має не тільки структурні, а й генетичні зв'язки.

2. Органічна система має не тільки координаційні зв’язки (взаємодія елементів), а й зв’язки підпорядкування внаслідок походження одних елементів з інших, виникнення нових зв’язків тощо.

3. Органічна система має спеціальні механізми управління, за допомогою яких вся структура впливає на характер функціонування та розвитку частин

(біологічні кореляції, центральна нервова система, система норм у суспільстві, органи управління тощо).

4. У неорганічному цілому внаслідок менш тісної залежності між системою та її компонентами основні властивості частин визначаються їх внутрішньою будовою, а не структурою цілого. Зв'язки всередині цілого не викликають принципових якісних перетворень частин. Це пов’язано зі здатністю частин неорганічного цілого існувати незалежно. В органічному цілому основні властивості частин визначаються закономірностями, будовою цілого. Залежність між системою та її компонентами настільки тісна, що елементи системи позбавлені можливості самостійного існування.

5. Якщо в неорганічних системах елемент часто активніший за ціле (наприклад, іон хімічно активніший за атом), то з ускладненням організації діяльність все більше передається від частин до цілого.

6. Органічне ціле не утворюється з тих частин, які функціонують у розвиненому цілому. У процесі розвитку органічної системи разом із цілим відбувається якісне перетворення частин. Первинні компоненти всередині системи зазнають трансформацій, які визначають їх поточну форму.

7. Стійкість неорганічних систем визначається стійкістю елементів, і навпаки, необхідною умовою стійкості органічних систем є постійне оновлення їх елементів.

8. Усередині органічного цілого існують своєрідні блоки (підсистеми). Їх гнучка здатність виконувати команди системи керування заснована на тому, що елементи підсистем функціонують імовірнісним чином і мають певний ступінь свободи.

2.2 Типологія структур

Структура (від лат. s tructūra – побудова) – усе те, що впорядковує багато об’єктів, тобто сукупність зв’язків і відносин між частинами цілого, необхідних для досягнення мети.

Поняття структури є одним із найважливіших понять як в абстрактному розумінні, так і в його конкретизації.

Системні структури бувають різних типів, різних типологій (або просторових структур).

На рис. 2.1 - 2.5 розглянемо основні типології структур.

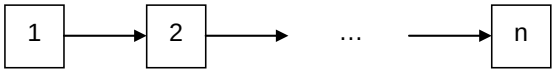


Рис. 2.1 – Структура лінійного типу

Прикладом лінійної структури є структура станцій метрополітену на одній некільцевій лінії.

Часто під поняттям системи мається на увазі наявність ієрархічної структури, тобто система іноді визначається як ієрархічна цілісність.

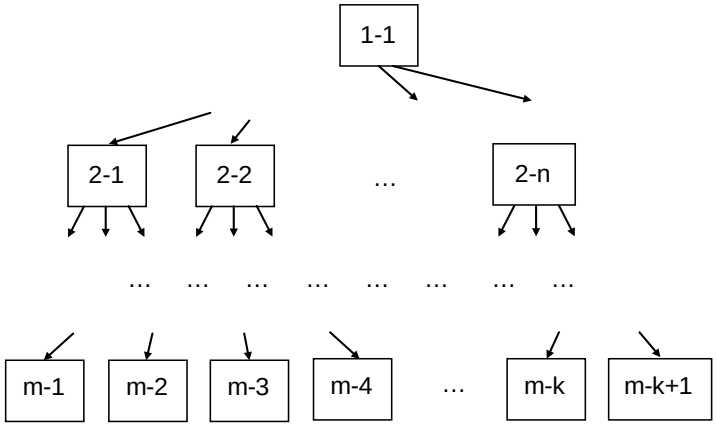


Рис. 2.2 – Структура ієрархічного (деревоподібного) типу

Прикладом ієрархічної структури є структура управління ВНЗ: «ректор – проректори – декани – завідувачі кафедрами та завідувачі кафедрами – викладачі кафедр та працівники інших кафедр».

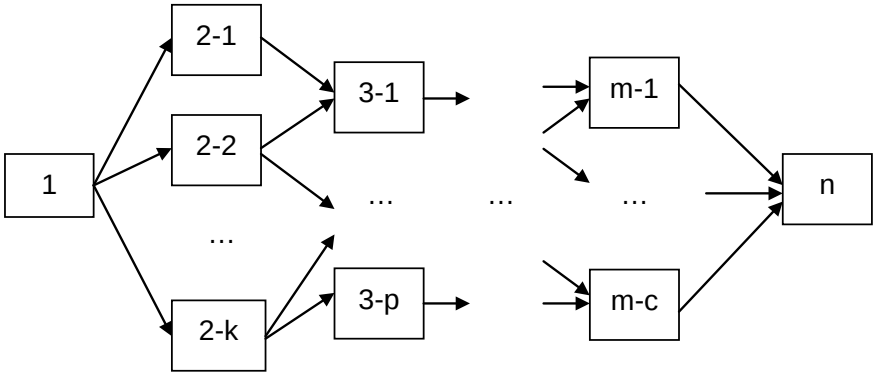


Рис. 2.3 – Структура мережевого типу

Прикладом мережевої структури є структура організації будівельно-монтажних робіт при будівництві будинку: деякі роботи, наприклад, монтаж стін, облаштування території тощо можуть виконуватися паралельно.

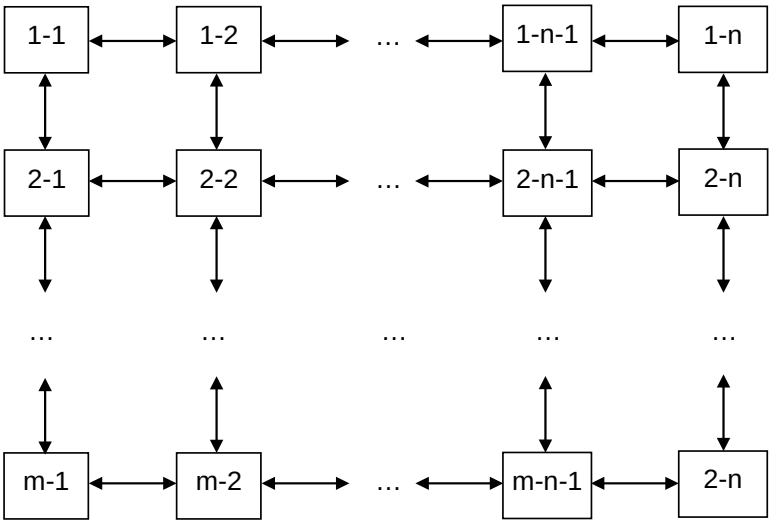


Рис. 2.4 – Структура матричного типу

Прикладом матричної структури є структура співробітників науково-дослідного відділу, які виконують роботи з однієї теми.

Крім зазначених основних типів структур використовуються й інші, які утворюються за допомогою їх правильного поєднання - зв'язків та вкладань.

«Вкладання» площинних матричних структур може призвести до більш складної структури – просторової матричної структури (наприклад, речовини з кристалічною структурою типу, зображеного на рис. 2.5):

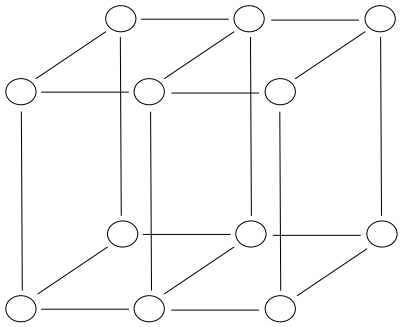


Рис. 2.5 – Структура кристалічного (просторово-матричного) типу

Цей тип структури часто використовується в системах з тісними і рівноправними («по вертикалі» і «горизонталі») структурними зв'язками.

З поєднань типу матриця-матриця (утворених поєднанням «площинних», наприклад, тимчасових матричних структур) можна отримати, наприклад, часово-вікову матричну «просторову» структуру. Комбінація мережевих структур може знову створити мережеву структуру. Поєднання ієрархічної та лінійної структур може призвести як до ієрархічної (коли деревоподібна структура «накладається» на деревоподібну), так і до невизначеності (коли деревоподібна структура «накладається» на лінійну).

ТЕМА 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ

3.1 Морфологічний та інформаційний опис системи

Опис (специфікація) системи – це опис усіх її елементів (підсистем), їх взаємозв'язків, призначення, функцій з певними ресурсами, тобто всіх допустимих станів.

Морфологічний опис системи – опис структури або будови системи: опис множини А елементів цієї системи та множини зв'язків R між ними, необхідних для досягнення мети. Морфологічний опис задається виразом:

$$S = \langle A, B, R, V, Q \rangle,$$

де А – множина елементів та їх властивостей;

В – багато взаємозв'язків із середовищем;

R – множина зв'язків в А ;

V – структура системи, тип цієї структури;

Q – це опис, представлення системи будь-якою мовою.

З морфологічного опису системи отримують **функціональний опис системи** (тобто опис законів функціонування, еволюції системи), а з нього - інформаційний **опис системи** (опис інформації зв'язки як системи з навколишнім середовищем, так і з підсистемами системи) або так званої інформаційної системи, а також інформаційно-логічний опис системи.

Морфологічний опис системи залежить від зв'язків, що враховуються, їх глибини (зв'язки між основними підсистемами, між другорядними підсистемами, між елементами), структури (лінійні, ієрархічні, мережеві, матричні, змішані), типу (прямий зв'язок, зворотний зв'язок) , характер (позитивний, негативний).

Інформаційний опис системи часто дозволяє отримати додаткову інформацію про систему, отримати нові знання про систему, розв'язати інформаційно-логічні задачі, дослідити моделі системи.

Дві системи називаються **еквівалентними,** якщо вони мають однакові цілі, складові елементи і структуру. Між такими системами можна конструктивно встановити зв'язок (зв'язки).

3.2 Управління в системі та системне управління

Управління в системі - це внутрішня функція системи, що здійснюється в системі незалежно від того, як вона повинна виконуватися, якими елементами системи.

Управління системою – це виконання функцій зовнішнього управління, які забезпечують необхідні умови функціонування системи.

У загальному вигляді схему керування будь-якою системою можна представити за допомогою рис. 3.1:

Важливий аспект управління системою прямо виражається через **принцип Ешбі (принцип необхідної різноманітності):** керуюча система повинна мати вищий рівень організації (більша різноманітність, більший вибір), ніж керована система, тобто різноманітністю можна керувати (знищити)) тільки за різноманітністю.

Управління системою (в системі) використовується для досягнення наступних **цілей** :

1) підвищення швидкості передачі повідомлень;
2) збільшення обсягу переданих повідомлень;
3) скорочення часу обробки повідомлень;
4) підвищення ступеня стислості повідомлень;
5) збільшення (модифікація) зв'язків системи;
6) підвищення інформованості (обізнаності).

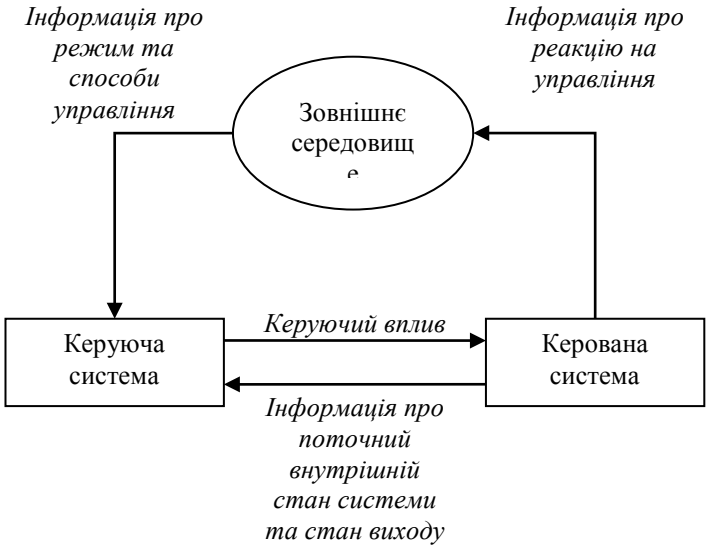


Рис. 3.1 – Загальна схема управління системою

Функції та завдання управління системою:

1. **Організація системи** - повне, якісне виділення підсистем, опис їх взаємодій і структури системи (як лінійної, так і ієрархічної, мережевої або матричної).

2. **Прогнозування поведінки системи,** тобто вивчення майбутнього системи.

3. **Планування** (координація в часі, просторі, за інформацією) **ресурсів і елементів, підсистем і структури системи,** необхідних (або достатніх, у разі оптимального планування) для досягнення мети системи.

4. **Облік і контроль ресурсів,** що призводять до певних бажаних станів системи.

5. **Регулювання** – пристосування та пристосування системи до змін зовнішнього середовища.

6. **Реалізація** окремих запланованих станів і рішень.

Визначення контрольних параметрів і їх використання для керування системою може зменшити складність системи. У свою чергу, зменшення складності системи може зробити систему повністю керованою.

Чим різноманітніші вхідні сигнали (параметри) системи, кількість різних станів системи, чим різноманітніші, як правило, вихідні сигнали, чим складніша система, тим актуальнішою є проблема пошуку інваріантів керування.

3.3 НТР як система

Розумінню сутності науково-технічної революції (НТР), що є основним завданням теоретичного мислення, передував опис цього ще маловивченого явища шляхом зіставлення, порівняння та відбору фактів, їх упорядкування та систематизації. Такий підхід дозволив виявити істотні **ознаки НТР** :

– злиття наукової революції з технічною під час випереджаючого розвитку науки;

– перетворення науки на безпосередню продуктивну силу;

– органічне поєднання елементів виробничого процесу в єдиній автоматизованій системі;

– тенденція заміни безпосередньої діяльності та праці людини функціонуванням «суб'єктивних» знань у всіх ланках виробничого процесу;

– формування нового типу працівника;

– перехід від екстенсивного до інтенсивного розвитку виробництва.

Література 1950-х – початку 1960-х років зафіксувала зовнішні прояви НТР. З цієї точки зору НТР є комплексним, універсальним явищем. Дійсно, сучасну людину в усіх формах її життя оточують події та явища, породжені науковими дослідженнями та розробками: нові тканини, побутова хімія, телебачення, нові ліки, побутова техніка, транспорт, зв'язок, торгівля, виробниче обладнання тощо. Ці численні прояви НТР ототожнювалися з її сутністю. Лише поступово дослідники прийшли до думки, що за зовнішніми поверхневими явищами прихований переворот у всій структурі продуктивних сил. Крім того, в основі цієї революції лежить новий глибокий, внутрішній

зв'язок науки, техніки і виробництва як особливої системи, що склалася саме в нашу епоху.

Це дозволило наблизитися до розкриття сутності науково-технічної революції. Можна говорити про два **рівні сутності НТР**. Перший рівень пов'язаний з визначенням науково-дослідних робіт як радикальної революції у продуктивних силах суспільства, що здійснюється за вирішальної ролі науки. Якісні зміни в них мали найрізноманітніші прояви, і, насамперед, у створенні принципово нових засобів виробництва. У 1960-х роках революція продуктивних сил ототожнювалася з «кінцевою сутністю» науково-дослідних робіт, що дозволяло пояснити багато суспільних процесів і явищ на початкових етапах наукового дослідження. Проте в подальшому сама ця «кінцева сутність» виявилася похідною від сутності глибшого порядку – сутності другого рівня, що включала першу у вигляді необхідного, але складового елемента. Такою системою стала єдність науки, техніки і виробництва. Непостійні, випадкові зв'язки в минулому стають органічними, організованими і структурно закріпленими, тобто системними, лише в епоху досліджень і розробок. Виникнення такої системи є найзагальнішим якісним результатом науково-технічної революції, у міру розвитку елементів і зв'язків цієї системи розвиваються НТР.

Як система НТР, вона повинна відповідати ряду **умов**, властивих будь-якій системі:

1. Будь-яка система існує в часі та просторі і перебуває в русі. Якщо розглядати НТР лише в часі та просторі, але поза розвитком, то можна говорити лише про потенціал, оскільки всі його якості можуть проявлятися у розвитку та функціонуванні.

2. Кількість об'єктів (елементів) будь-якої системи, автономних в організаційному сенсі і залежних один від одного у функціональному сенсі, кінцева. Є три таких елементи в НТР як системі: наука, технологія і виробництво.

3. Кожна система характеризується наявністю єдиної основи класифікації її елементів. У НТР такою основою є діяльність суспільства, яка виявляється в різних видах: науковій, науково-технічній і матеріально-виробничій.

4. Система має єдність. НТР – це закінчений комплекс організаційно та функціонально пов'язаних елементів.

5. Система перебуває в єдності з навколишнім середовищем. НТР, темпи її розвитку, цілі, характер наслідків тощо залежать від соціального середовища, в якому вони розвиваються та функціонують.

Водночас аналіз системи «наука – техніка – виробництво» є неповним без урахування її соціальних наслідків. Тільки в цьому випадку будуть дотримані найважливіші методологічні принципи комплексності та конкретності.

Комплексність підходу передбачає врахування різноманітних умов, за яких можливе формування та функціонування НТР і з якими пов'язані його соціальні наслідки, тобто зміни в усіх аспектах життя сучасного суспільства – освіті, культурі, способі життя. , психологія людей, взаємовідносини природи і суспільства. У свою чергу, суспільство також впливає на НТР - зростання процесів НТР багато в чому залежить від умов і характеру соціально-економічної системи, в якій відбуваються революційні перетворення в науці, техніці і виробництві.

Одним із найважливіших аспектів соціальних наслідків НТР є трансформація особистості. Воно відбувається у двох різних площинах: по-перше, зміна особистісного елемента в рамках наукової, науково-технічної чи виробничої діяльності; по-друге, розвиток людини в невиробничій сфері через створення нового життєвого середовища.

Система «наука – техніка – виробництво» як глибинна сутність НТР, або сутність другого рівня, є певною мірою умовною та абстрактною і тому потребує доповнення елементами, що відображають соціальні наслідки НТР. Вони суспільство і людина. Таким чином, у широкому розумінні дослідження і розробки можна представити як систему «наука – техніка – виробництво – суспільство – людина».

Тема 4 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

4.1 Сутність і принципи системного аналізу

Системний аналіз виник в епоху розвитку комп'ютерних технологій. Успішність його застосування при вирішенні складних завдань в цілому визначається сучасними можливостями інформаційних технологій. Основними **особливостями** системного аналізу (СА) є:

1. СА пов'язана з прийняттям оптимального рішення з багатьох можливих альтернатив.

2. Кожна альтернатива оцінюється з довгострокової перспективи.

3. СА розглядається як методологія поглибленого з'ясування (розуміння) і впорядкування (структурування) проблеми.

4. СА наголошує на розробці нових принципів наукового мислення, які враховують взаємозв'язок цілого і суперечливих тенденцій.

5. Загострюється інтуїція спеціалістів.

6. Використовується переважно для вирішення стратегічних завдань.

Отже, **системний аналіз** – це науковий метод пізнання, який являє собою послідовність дій зі встановлення структурних зв’язків між змінними або елементами досліджуваної системи, що базується на комплексі загальнонаукових, експериментальних, природничо-наукових, статистичних, математичних методів.

Цінність системного підходу полягає в тому, що розгляд категорій системного аналізу створює основу для логічного і послідовного підходу до **проблеми прийняття рішень**. Ефективність розв'язання задач за допомогою системного аналізу визначається структурою розв'язуваних задач.

Всі задачі діляться на три **класи** :

1) добре структуровані (well-structured), або кількісно сформульовані задачі, в яких істотні залежності прояснені дуже добре;

2) неструктуровані (unstructured), або якісно виражені проблеми, що містять лише опис важливих ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі;

3) погано структуровані або змішані проблеми, які містять як якісні елементи, так і маловідомі, невизначені аспекти, які мають тенденцію домінувати.

Системний аналіз тісно пов'язаний із синергією. **Синергетика** - міждисциплінарна наука, яка досліджує загальні ідеї, методи і закономірності організації (зміни структури, її просторово-часового ускладнення) різноманітних об'єктів і процесів, інваріанти (незмінну сутність) цих процесів. «Синергетичний» у перекладі означає «сумісний, такий, що діє узгоджено». Це теорія виникнення нових якісних властивостей, структур на макроскопічному рівні.

Системний аналіз тісно пов'язані з філософією. Філософія надає загальні методи контент-аналізу та системного аналізу - загальні методи формального, міждисциплінарного аналізу предметних областей, виявлення та опису, вивчення їх системних інваріантів.

Системний аналіз надає такі **систематичні методи та процедури для використання в різних науках і системах**:

- абстрагування і конкретизація;
- аналіз і синтез, індукція і дедукція;
- формалізація;
- склад і розкладання;
- лінеаризація та виділення нелінійних складових;
- структурування та реструктуризація;

- реінжиніринг;
- алгоритмізація;
- моделювання та експеримент;
- розпізнавання та ідентифікація;
- класифікація;
- перевірка;
- інші методи та процедури.

Відповідно до принципу системного підходу кожна система впливає на іншу систему. Весь навколишній світ є взаємодіючою системою. **Мета системного аналізу** - з'ясувати ці взаємодії, їх потенціал і направити їх на службу людині .

Предметний аналітик (предметно-орієнтований або просто аналітик) – це людина, професіонал, який вивчає та описує якусь предметну галузь, проблему відповідно до принципів і методів, технологій цієї галузі. Це не означає «вузький» погляд на проблему, хоча це часто буває.

Системний (системоорієнтований) аналітик - людина, професіонал високого рівня, фахівець, який вивчає та описує системи відповідно до принципів системного підходу, аналізу, тобто вивчає проблему комплексно. Він характеризується особливим складом розуму, заснованим на багатозначності знань, достатньо широким кругозором і досвідом, високим рівнем інтуїції прогнозування, здатністю приймати адекватні ресурсно-забезпечені рішення. Його основне завдання - допомогти суб'єкту-аналітику прийняти правильне рішення при вирішенні предметних проблем, виявлення та вивчення критеріїв їх ефективності.

Необхідні **атрибути системного аналізу** як наукове знання:

1) наявність предметної області - систем і системних процедур;
2) ідентифікація, систематизація, опис загальних властивостей і атрибутів систем;
3) виявлення та опис закономірностей та інваріантів у цих системах;
4) актуалізація закономірностей дослідження систем, їх поведінки та зв'язків із середовищем;
5) накопичення, зберігання, актуалізація знань про системи (комунікативна функція).

Системний аналіз базується на загальних **принципах** , які включають:

1. **Принцип дедуктивної послідовності** – послідовний розгляд системи за етапами: від середовища і зв’язків із цілим до зв’язків частин цілого.

2. **Принцип цілеспрямованості зосереджує увагу на тому, що** в першу чергу необхідно під час дослідження об'єкта розкрити мету його

функціонування. Цільовий принцип є конструктивним, якщо виконуються дві умови:

– мета має бути сформульована так, щоб ступінь її досягнення можна було оцінити (встановити) кількісно;

– система повинна мати механізм, що дозволяє оцінити ступінь досягнення поставленої мети.

3. **Принцип узгодженості ресурсів і цілей розгляду, оновлення системи .**

4. **Принцип безконфліктності** – відсутність конфліктів між частинами цілого, цілями цілого та частинами, що призводять до конфлікту.

5. **Принцип подвійності** випливає з цільового принципу і означає, що систему слід розглядати як частину системи вищого рівня і водночас як самостійну частину, що діє як єдине ціле у взаємодії з навколишнім середовищем. У свою чергу, кожен елемент системи має свою структуру і також може розглядатися як система.

Зв'язок із цільовим принципом полягає в тому, що мета функціонування об'єкта має бути підпорядкована вирішенню завдань функціонування системи на більш високому рівні. Ціль є зовнішньою для системи категорією. Вона розглядає її як систему більш високого рівня, куди ця система входить як елемент.

6. **Принцип цілісності** вимагає розглядати об'єкт як щось ізольоване від сукупності інших об'єктів, що є цілісним по відношенню до середовища, виконує свої специфічні функції і розвивається за своїми законами.

7. **Принцип комплексності** вказує на необхідність вивчення об'єкта як складної сутності і, якщо складність дуже висока, необхідно послідовно спрощувати представлення об'єкта, щоб зберегти всі його істотні властивості.

8. **Принцип множинності** вимагає від дослідника надання опису об'єкта на багатьох рівнях: морфологічному, функціональному, інформаційному.

9. **Принцип історизму** зобов'язує дослідника розкрити минуле системи та виявити тенденції та закономірності її розвитку в майбутньому.

Системний аналіз є наслідком науково-технічної революції, а також потреби вирішувати її проблеми з використанням однакових підходів, методів і технологій. Такі проблеми виникають і в техніці, і в інформатиці, і в біології, і в політиці тощо.

Новизна системного аналізу полягає в тому, що він розглядає проблему в цілому, з постійним наголосом на ясності аналізу, на кількісних методах і на виявленні невизначеності. Схеми або моделі також є новими, де зв'язки не можуть бути адекватно виражені за допомогою математичної моделі.

Практична цінність системного аналізу полягає в тому, що він дозволяє систематично й ефективно поєднувати думки та інтуїцію експертів у відповідних галузях.

Тобто, системний аналіз слід розглядати не як порівняння суб'єктивних думок, а як структурну основу, що забезпечує використання думок експертів у різних галузях для отримання результатів, що перевершують будь-які індивідуальні думки.

Системний аналіз, як і інші методи дослідження, має деякі обмеження.

Обмеження системного аналізу викликано:

- неминуча неповнота аналізу;
- апроксимація показника ефективності;
- відсутність способів точного передбачення майбутнього.

Недоліки системного аналізу такі:

1) багато факторів принципового значення не піддаються кількісній обробці і можуть бути виключені з розгляду або навмисно залишені для подальшого розгляду, а потім забуті;

2) факторам можуть бути надані неправильні ваги в самому аналізі або в рішенні на основі такого аналізу;

3) дослідження може здатися настільки науковим і кількісно точним, що йому може бути надано абсолютно невиправдану достовірність, незважаючи на те, що воно містить багато суб'єктивних думок;

4) СА знаходиться на початковій стадії свого розвитку, її методологію ще не можна назвати постійною, а її практична застосовність і ефективність багато в чому залежать від досконалості економічних, математичних, логічних методів і рівня конкретних знань про складні соціальні, політичні та соціально-економічних процесів, від можливостей отримання актуальної інформації про них.

4.2 Категоріальний апарат системного аналізу

На сьогоднішній день категоріальний апарат системного аналізу до кінця не вивчений. Лише останнім часом були зроблені спроби розкрити сутність деяких понять системного підходу в їх конкретному використанні. Основними **причинами** необхідності формування апарату категоріального системного аналізу є наступні:

по-перше, обґрунтоване твердження системного підходу можливе лише на основі розробки адекватної категоріальної бази;

по-друге, через те, що систематичні дослідження змушені використовувати поняття, в переважній більшості почерпнуті з науки минулого, а істотно нове

вживання цих понять, звичайно, не фіксується, існує небезпека «розмивання» проблеми; звідси й народжуються сумнівні домисли й не завжди вдалі сплави нових слів із старими проблемами.

Основними визначеннями, пов’язаними з використанням системного підходу, отриманими на основі узагальнення науково-технічної та філософської літератури, є поняття системи, структури, зв’язку, елемента, цілісності, системність, комплексність.

Не можна ототожнювати поняття «система» і «структура». Якщо під структурою слід розуміти мережу взаємопов’язаних елементів, якісний характер яких не враховується, а основна увага спрямована на їх зв’язок, то під системою розуміється об’єкт як ціле з усіма його внутрішніми та зовнішні зв'язки і властивості. Говорячи про систему, ми насамперед підкреслюємо цілісність матеріального об'єкта, в якій основна увага спрямована на якісну специфіку елементів.

Найбільше смислове навантаження в СА покладається на поняття «зв'язок». Виявлення зв'язків дозволяє пізнавати об'єкти не безпосередньо, а через інші об'єкти, що знаходяться з ними в тому чи іншому зв'язку.

Одним із способів тлумачення поняття «**зв'язок**» є складання емпіричної класифікації можливих зв'язків у будь-якій системі:

1. Відносини взаємодії (координації), серед яких можна виділити відносини власності (такі відносини фіксуються, наприклад, у фізичних формулах типу pv = const) і відносини об'єктів (наприклад, відносини між окремими нейронами в певних нейропсихологічних процеси). Особливим видом зв'язків взаємодії є зв'язки між окремими людьми, а також між людськими колективами чи соціальними системами. Специфіка цих відносин полягає в тому, що вони опосередковують цілі, які переслідує кожен із учасників взаємодії.

2. Зв'язки породження (генетичні), коли один об'єкт є основою, яка спричиняє появу іншого (наприклад, зв'язок типу «А – батько Б»).

3. Трансформаційні ланки, серед яких можна виділити: ланки перетворення , що реалізуються через певний об'єкт, що забезпечує це перетворення (така функція притаманна хімічним каталізаторам), і ланки перетворення, що реалізуються шляхом безпосередньої взаємодії двох або більше об'єктів, в процесі яких ці об'єкти окремо або разом переходять з одного стану в інший (наприклад, взаємодія організмів і середовища в процесі видоутворення).

4. Структурні зв'язки (структурні зв'язки). Природа цих зв'язків досить наочно розкривається на прикладі хімічного зв'язку.

5. Зв'язки функціонування , що забезпечують реальну життєдіяльність об'єкта або його функціонування, якщо мова йде про технічну систему. У найзагальнішому вигляді зв'язки функціонування можна поділити на зв'язки станів (коли наступний стан у часі є функцією попереднього) і зв'язки енергетичні, трофічні, нервові тощо (коли об'єкти пов'язані за допомогою єдність функції, що реалізується).

6. Зв'язки розвитку, які можна розглядати як модифікацію функціональних зв'язків станів, з тією різницею, що розвиток істотно відрізняється від простої зміни станів.

7. Зв'язки управління, які залежно від конкретної форми можуть утворювати різноманітні функціональні зв'язки або зв'язки розвитку.

Ми приділяємо особливу увагу трьом видам зв'язків.

Рекурсивний зв'язок – це необхідний зв'язок між економічними явищами та об'єктами, в якому чітко видно, де причина, а де наслідки.

Синергічний зв'язок визначається як зв'язок, який при сумісній дії незалежних елементів системи забезпечує збільшення їх загальної дії до величини, що перевищує суму ефектів цих елементів, що діють незалежно.

Циклічний зв'язок – це складна петля зворотного зв'язку, у якій розвиток науки стимулює виробництво, і це створює основу для розширення наукових досліджень.

Поняття **цілісності** в системному аналізі означає системно ефективну дію, здатність вибрати одну маленьку дію, яка призведе до максимальних результатів.

Поняття **елемента** зазвичай здається інтуїтивно зрозумілим, оскільки елемент виступає як свого роду межа для можливого розчленування об'єкта. Власна структура (або склад) зазвичай не враховується в характеристиках системи: елементи вже не розглядаються як компоненти цієї системи. Можна стверджувати, що загалом елемент не можна описати поза його функціональними характеристиками: з точки зору системи важливий не субстрат елемента, а те, для чого елемент потрібен у рамках. цілого. У системі, що становить органічне ціле, елемент визначається насамперед своєю функцією як мінімальна одиниця, здатна відносно самостійно виконувати певну функцію. Ця функціональна характеристика пов'язана з ідеєю активності, самостійності елемента в системі, і ця активність зазвичай розглядається як одна з її вирішальних характеристик.

«Системний підхід» широко використовується в теорії та науковій практиці системного аналізу. Часто зустрічається вислів «комплексний, системний підхід». Терміни «систематичність» і «комплексність» вживаються як синоніми, хоча між ними є певні відмінності. Наприклад, поняття «систематичність» характеризує

цілеспрямованість, планомірність, організованість, а поняття «комплексність» відображає взаємозв’язок, взаємозалежність, багатогранність, широту дослідницького охоплення проблеми.

Поняття «систематичність» ширше поняття «комплексність». Якщо системність як властивість однаково охоплює зв’язки в межах одного рівня (горизонталь) і між різними рівнями (вертикаль), то комплексність, як вимога врахування взаємопов’язаних факторів, що впливають на проблему (систему), переважно охоплює зв’язки одного або суміжних рівнів. ієрархічної структури цієї системи.

4.3 Етапи системного аналізу

У більшості випадків практичного застосування системного аналізу для дослідження властивостей і подальшого оптимального управління системою можна виділити наступні основні етапи (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Етапи аналізу системи

У кожному конкретному випадку етапи системного аналізу мають різну питому вагу в загальному роботи за часом, вартістю та інтелектуальними показниками. Крім того, дуже часто важко провести чіткі межі і вказати, де закінчується один етап і починається наступний.

Тема 5 МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

5.1 Поняття проблеми, ознаки, тенденції, вирішення проблеми. Основні компоненти системного аналізу

Методологія системного аналізу базується на трьох поняттях: проблема, рішення проблеми і система.

Проблема – це невідповідність або відмінність між існуючим і необхідним станом справ у будь-якій системі.

В якості необхідної умови може виступати необхідне або бажане. Необхідний стан диктується об'єктивними умовами, а бажаний – суб'єктивними передумовами, які базуються на об'єктивних умовах функціонування системи.

Проблеми, що існують в одній системі, зазвичай нееквівалентні. Для порівняння проблем і визначення їх пріоритетності використовуються атрибути: важливість, масштабність, спільність, актуальність тощо.

Виявлення проблеми здійснюється шляхом виявлення **симптомів**, що визначають невідповідність системи її призначенню або її недостатню ефективність. Симптоми, що з'являються систематично, формують **тенденцію .**

Виявлення симптомів здійснюється шляхом вимірювання та аналізу різних показників системи, нормальні значення яких відомі. Відхилення показника від норми є симптомом.

Вирішення проблем полягає в усуненні відмінностей між існуючим і необхідним станом системи. Усунення відмінностей може здійснюватися як шляхом вдосконалення системи, так і шляхом її заміни на нову.

Рішення про вдосконалення або заміну приймається з урахуванням наступних положень. Якщо напрямок вдосконалення передбачає значне збільшення життєвого циклу системи і витрати незрівнянно малі по відношенню до вартості розробки системи, то рішення про вдосконалення є виправданим. В іншому випадку слід розглянути питання про його заміну на новий.

Основні **компоненти системного аналізу** це:

1. Мета системного аналізу.
2. Мета, яку система повинна досягти в процесі функціонування.

3. Альтернативи, або варіанти побудови або вдосконалення системи, за допомогою яких можливе вирішення проблеми.

4. Ресурси, необхідні для аналізу та вдосконалення існуючої системи або створення нової.

5. Критерії або показники, які дозволяють порівняти різні альтернативи і вибрати найбільш кращий.

6. Модель, яка поєднує мету, альтернативи, ресурси та критерії.

5.2 Методи та процедури системного аналізу

Абстрагування – це уявне виділення певних сторін, властивостей або зв’язків предметів (явищ) з метою виділення істотних ознак. Це один із основних процесів психічної діяльності людини, який спирається на символічне опосередкування і дозволяє перетворювати різноманітні властивості предметів на предмет розгляду. Це теоретичне узагальнення дозволяє відобразити основні закономірності досліджуваних об'єктів чи явищ, дослідити їх, а також передбачити нові, невідомі закономірності.

Види абстракції за типами несуттєвих:

- примітивна абстракція – відволікає увагу від одних властивостей предмета чи явища, висвітлюючи інші його властивості чи якості (виділення форми предмета, починаючи від його кольору або навпаки). Через нескінченну різноманітність дійсності жодне сприйняття не в змозі охопити всі її сторони, тому первісне абстрагування здійснюється в кожному процесі сприйняття і неминуче з ним пов'язане;
- узагальнююча абстракція – дає узагальнену картину явища, відвернуту від часткових відхилень. У результаті такого абстрагування виділяється загальна властивість досліджуваних предметів чи явищ. Цей вид абстракції вважається основним у математиці та математичній логіці;
- ідеалізація – заміна реального емпіричного явища ідеалізованою схемою, позбавленою реальних недоліків. У результаті формуються поняття «ідеальних» об'єктів («ідеальний газ», «абсолютно чорне тіло», «пряма» тощо);
- ізолююча абстракція пов'язана з мимовільною увагою, оскільки виділяється зміст, на якому зосереджена увага;
- абстракція актуальної нескінченності – відштовхування від принципової неможливості фіксації кожного елемента нескінченної множини, тобто нескінченні множини вважаються скінченними;
- конструктивізм – відхід від невизначеності меж реальних об'єктів, їх «грубого», приблизного представлення.

Для цілей:

– формальна абстракція – виділення таких властивостей об'єкта, які не існують самі по собі і незалежно від нього (форма або колір). Цей вид абстрагування служить основою засвоєння знань для опису об'єктів за їх зовнішніми властивостями, що служить передумовою теоретичного мислення;

– змістовна абстракція – це виокремлення тих властивостей об'єкта, які самі по собі відносно незалежні (клітина організму). Такий вид абстракції розвиває вміння оперувати ними.

Поняття «абстрактне» протиставляється «конкретному», наприклад, конкретне мислення – це мислення абстрактне. Абстрактне мислення (за нього відповідає ліва півкуля мозку) передбачає операції з абстракціями («людина взагалі», «цифра три», «дерево» тощо), конкретним мисленням (для чого потрібна права півкуля головного мозку) має справу з конкретними предметами і процесами («братик Вася», «три яблука», «дуб у дворі» тощо). Здатність до абстрактного мислення є однією з відмінних рис особистості, яка сформувалася одночасно з мовними навичками і багато в чому завдяки мові.

Конкретизація (від concretus – товстий, твердий) – метод вивчення предметів у всій їх багатогранності, в якісній багатогранності реального буття, на відміну від абстрактного вивчення предметів. При цьому стан об'єктів досліджується у зв'язку з певними умовами їх існування та історичного розвитку.

Конкретизації спрямований на відновлення об'єктивної цілісності в мисленні, що існує через зв'язки одиничних речей.

Конкретизація сприяє наповненню пізнавальної систематизованої картини будь-якого предмета (явища, системи) певними відмінними рисами та характеристиками.

Композиція (лат. compositio – складання, зв’язка, з’єднання) – побудова цілісного об’єкта, усі елементи якого перебувають у гармонійній єдності.

Декомпозиція – це науковий метод, який використовує структуру задачі і дозволяє замінити розв'язання однієї великої задачі розв'язуванням серії менших задач. Декомпозиція означає встановлення цілей, завдань, критеріїв їх досягнення та відповідних числових показників для структурних елементів організації на різних ієрархічних рівнях.

Глибина розкладання обмежена. Якщо під час декомпозиції виявляється, що модель починає описувати внутрішній алгоритм функціонування елемента, а не закон його функціонування у вигляді «чорного ящика», то в цьому випадку відбулася зміна рівень абстракції. Це означає вихід за межі мети вивчення системи і викликає припинення декомпозиції.

У сучасних методах характерна декомпозиція моделі на глибину 5-6 рівнів. Зазвичай на таку глибину розкладається одна з підсистем. Функції, які вимагають такого рівня деталізації, часто є дуже важливими, а їхній детальний опис дає ключ до основ того, як працює вся система.

У загальній теорії систем доведено, що більшість систем можна розкласти на базові підсистеми. До них відносяться: послідовне (каскадне) з'єднання елементів, паралельне з'єднання елементів, з'єднання за допомогою зворотного зв'язку.

Проблема декомпозиції полягає в тому, що в складних системах немає однозначної відповідності між законом функціонування підсистем і алгоритмом, який його реалізує. Тому здійснюється формування кількох варіантів (або одного варіанту, якщо система відображається у вигляді ієрархічної структури) декомпозиції системи.

Найбільш часто використовувані стратегії декомпозиції:

– функціональна декомпозиція – заснована на аналізі функцій системи. Це породжує питання про те, що система робить незалежно від того, як вона працює. Основою поділу на функціональні підсистеми є спільність функцій, які виконують групи елементів;

– життєвого циклу. Ознакою відокремлення підсистем є зміна закону функціонування підсистем на різних етапах життєвого циклу системи «від народження до смерті». Для життєвого циклу управління організаційно-економічною системою виділяються етапи планування, ініціювання, координації, контролю та регулювання. Інформаційні системи поділяються на етапи обробки інформації: реєстрація, збір, передача, обробка, відображення, зберігання, захист, знищення ;

– розкладання фізичним процесом. Ознакою виділення підсистем є кроки виконання алгоритму функціонування підсистеми, етапи зміни станів. Незважаючи на те, що ця стратегія є корисною для опису існуючих процесів, вона часто може призвести до дуже узгодженого опису системи, яка не повністю враховує обмеження, накладені функціями одна на одну. У той же час послідовність управління може бути прихованою. Цю стратегію слід використовувати, лише якщо метою моделі є опис фізичного процесу як такого;

– декомпозиція за підсистемами (структурна декомпозиція). Ознакою виділення підсистем є міцний зв'язок між елементами за одним із типів відносин (зв'язків), що існують у системі (інформаційні, логічні, ієрархічні, енергетичні тощо).

Для опису всієї системи необхідно побудувати складену модель, яка об’єднує всі окремі моделі;

– декомпозиція за критерієм входження в організаційно-економічні системи. Особливість виділення підсистем: джерело дії на систему, це може бути вища або нижча система, а також внутрішнє або зовнішнє середовище.

– декомпозиція за видами споживаних системою ресурсів. Формальний список типів ресурсів складається з енергії, матерії, часу та інформації (для соціальних систем додаються персонал і фінанси);

– розкладання кінцевими продуктами системи. Основою можуть бути різні види продукції, що виробляється системою;

– розкладання діяльності людини. Висвітлено предмет діяльності; об'єкт, на який спрямована діяльність; засоби, що використовуються в процесі діяльності; середовище, усі можливі зв’язки між ними.

Зазвичай декомпозиція здійснюється за кількома ознаками, порядок їх виділення залежить від кваліфікації та переваг системного аналітика.

Аналіз (від давньогрецького ἀ νάλυσις «розкладання, розчленування») – операція уявного чи реального розчленування цілого (речі, властивості, процесу, системи чи відношення між об’єктами) на складові частини, що виконується в процесі пізнання або зорового сприйняття. і практичної діяльності людини.

Крім синтезу, метод аналізу дозволяє отримати інформацію про структуру об’єкта дослідження.

Дослідження складних систем вимагає не тільки аналітичного підходу, який розчленовує, але й іншого – цілісного підходу, який розглядає систему в єдності всіх її частин. Цей підхід базується не на звичному для нас аналізі, а на протилежній техніці дослідження – **синтезі**, тобто об’єднанні частин, виявленні системності, притаманної лише всій системі в цілому.

Метою синтезу є створення моделі системи, визначення її структури, параметрів, що забезпечують ефективне функціонування системи, вирішення завдань і досягнення поставлених цілей на основі знань про систему, отриманих при розв’язанні задач аналізу та декомпозиції.

Синтез спрямований на вирішення таких основних **завдань:**

- розробка моделі системи;
- структурний синтез;
- параметричний синтез;
- оцінка системи.

Щоб застосувати методи синтезу, перш за все необхідно сформулювати причини, які об'єднують різні частини в ціле. Часто для досягнення якихось цілей недостатньо використовувати окремі, окремі засоби, які є в наявності. Потім ці засоби об'єднуються в систему засобів, яка завдяки своїй цілісній,

новій якості має більші можливості для реалізації цілей, ніж окремі засоби. Цілі досягаються завдяки виконанню системою певної функції, ролі в іншій, ширшій системі, частиною якої вона є. Так, робітник виконує певні функції в колективі, бригада в цеху, цех на підприємстві, підприємство на ринку. Об'єднання елементів в єдине ціле, що дозволяє виконувати певну роль, функцію системи в більш широку систему і є реалізацією синтезу

Індукція (лат. inductio – наведення) – це висновок від фактів до деякої гіпотези (загального твердження), спосіб міркування **від часткового до загального.**

Дедукція (лат. deductio – виведення) – спосіб мислення, при якому часткове положення логічно виводиться із загального, висновок за правилами логіки; ланцюг висновків (міркувань), ланки якого (твердження) з'єднані відношенням логічного переходу.

Метод міркування **від загального до часткового**. Початком (посилками) дедукції є аксіоми, постулати або просто гіпотези, що мають характер загальних тверджень («загальні»), а кінцем – наслідки з посилок, теорем («приватні»). Якщо передумови дедукції істинні, то її наслідки також істинні.

Формалізація (formalization):

1) процес подання інформації про об’єкт, процес, явище у формалізованому вигляді;

2) спосіб відображення певної області у вигляді формальної системи, коли форма виділяється в спеціальний предмет дослідження незалежно від змісту.

За допомогою формалізації результати мислення відображаються в точних поняттях або висловлюваннях.

Воно протистоїть інтуїтивному мисленню і пов'язане з процесом абстрагування. Формалізація відіграє значну роль в аналізі та уточненні наукових понять. Неузгодженість між формалізацією і осмисленим знанням є важливим джерелом розвитку науки, вона призводить до послідовної зміни одних елементів формалізму іншими, які більш точно відображають досліджувані об'єкти і явища.

Лінеаризація (лат. linearis – linear) – метод наближеного представлення замкнутих нелінійних систем, при якому вивчення нелінійної системи замінюється аналізом лінійної системи, в деякому сенсі еквівалентної вихідної. Методи лінеаризації мають обмежений характер, тобто еквівалентність вихідної нелінійної системи та її лінійної апроксимації зберігається лише для обмежених просторових чи часових масштабів системи, або для певних процесів, а також при переході системи з одного режиму роботи в інший.

Застосовуючи лінеаризацію, можна з'ясувати багато якісних і особливо кількісних властивостей нелінійної системи.

Структурування – це поділ системи на ієрархічні підсистеми та компоненти та встановлення між ними зв’язків і відношень, що дозволяє здійснювати управління такою системою.

Основні завдання структурування:

– поділ системи на блоки, які підлягають управлінню;

– розподіл відповідальності за різні елементи системи, визначення зв'язків між різними структурними елементами;

– визначення витрат – часу, грошей, матеріальних ресурсів;

– створення єдиної бази для планування, складання кошторису, контролю за витратами тощо;

– встановлення взаємозв'язків між елементами системи;

– визначення комплексу робіт і завдань.

У перекладі з англійської «реструктуризація» – **це перебудова** структури чого-небудь. Основною причиною реструктуризації зазвичай є низька ефективність діяльності.

Алгоритмізація (algorithmization) – метод опису систем або процесів шляхом створення алгоритмів їх функціонування. Алгоритмізація процесів – опис процесів мовою математичних символів для отримання їх алгоритму.

Алгоритм:

– строго детермінована послідовність дій, що описує процес перетворення об'єкта з початкового стану в кінцевий, записана за допомогою чітких команд;

– це послідовність дій, спрямованих на отримання певного результату за скінченну кількість кроків.

Алгоритми мають ряд важливих властивостей:

1) скінченність – алгоритм повинен завжди закінчуватися після завершення кінцевої кількості кроків. Процедура, яка має решта характеристик алгоритму, можливо, без нескінченності, називається методом обчислення;

2) дискретність – визначений алгоритмом процес можна розбити на окремі елементарні етапи (кроки), кожен з яких називається кроком алгоритмічного процесу або алгоритму;

3) визначеність – кожен крок алгоритму повинен бути точно визначений. Дії, які необхідно вжити, мають бути чітко та однозначно визначені для кожного можливого випадку;

4) вхідні дані – алгоритм має певну кількість (можливо, нульову) вхідних даних, тобто значень, заданих перед його роботою або значення яких визначаються під час роботи алгоритму;

5) вихідні дані – алгоритм має одне або декілька вихідних даних, тобто значень, які мають досить певний зв’язок із вхідними даними;

6) ефективність – алгоритм вважається ефективним, якщо всі його оператори достатньо прості, щоб їх можна було точно виконати за кінцевий проміжок часу за допомогою олівця та аркуша паперу.

Моделювання – метод дослідження явищ і процесів, заснований на заміні конкретного об'єкта дослідження (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю).

Основними видами моделювання є фізико-математичне.

Фізичне моделювання, при якому модель і об’єкт, що моделюється, мають однакову фізичну природу.

Математичне моделювання – моделювання, в якому моделлю є система математичних співвідношень, що описують певні технологічні, економічні чи інші процеси. Найчастіше використовуються два методи математичного моделювання:

– аналітичний, що забезпечує можливість точного математичного опису строго детермінованих систем,

– імовірнісний, що дає можливість отримати не однозначний розв'язок, а його імовірнісні параметричні характеристики.

Експеримент (від лат. experimentum – тест, досвід) – метод дослідження якогось явища в контрольованих умовах. Від спостереження воно відрізняється активною взаємодією з досліджуваним об'єктом. Зазвичай експеримент проводиться в рамках наукового дослідження і служить для перевірки гіпотези, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між явищами.

Ідентифікація (лат. identifico – ототожнювати) – ототожнення, прирівнювання, уподібнення, розпізнавання. Наприклад, ідентифікація корисних копалин (мінерал ідентифікація).

Ідентифікація – це процес розпізнавання системою (людиною, дослідником, операційною системою) іншої системи або об’єкта (людини, користувача, об’єкта, процесу тощо).

Класифікація (лат. classis – клас і facio – роблю) – це система поділу об’єктів (процесів, явищ) на класи (групи тощо) за визначеними ознаками. Іноді термін « категоризація» вживають у значенні «розподіл об'єктів на категорії». Оскільки в результаті класифікації утворюється хоча б один клас (група) з хоча б одним елементом, класифікацію можна визначити як групування.

Тестування використовується для визначення відповідності тестового елемента зазначеним специфікаціям. Завдання на тестування не містить

визначення причин невідповідності наведеним вимогам (технічним умовам). Тестування є одним із розділів діагностики.

Технологія тестування складається з наступних частин:

– зовнішня дія;

– реакція випробуваного;

– оцінка відповіді та висновки.

Верифікація (лат. verificatia – підтвердження; лат. verus – істинний, facio – роблю) – логіко-методологічна процедура встановлення істинності наукової гіпотези (а також окремого конкретного наукового твердження) на основі їх відповідності. до емпіричних даних (пряма чи непряма перевірка) або теоретичних положень, що відповідають емпіричним даним (опосередкована перевірка).

Тема 6 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

6.1 Сутність і зміст власного інструментарію системної методології

Внесок методології системного аналізу в розробку точних методів економіко-математичного моделювання порівняно невеликий. Новизна, яку вносить системна методологія, полягає в підході не від методу, а від завдання, у вимозі комплексного використання цілого ряду методів або систематичного їх використання для вирішення різних частин і етапів задачі.

Власні **інструментальні досягнення системної методології** включають методи сценаріїв, отримання та аналізу експертних оцінок (метод Delphi) та методи побудови та аналізу дерева цілей. Методи діагностики також тісно пов'язані з розвитком системного аналізу. Розглянемо їх докладніше.

Метод сценаріїв є засобом первинного впорядкування проблеми, отримання та збору інформації про зв'язки розв'язуваної проблеми з іншими та про можливі та ймовірні напрями майбутнього розвитку.

Сценарій (у прогнозуванні) – це переважно якісний опис можливих варіантів розвитку досліджуваного об'єкта за різних комбінацій певних (заздалегідь виділених) умов. Він не призначений для «прогнозування» майбутнього, а лише в розгорнутому вигляді показує можливі варіанти розвитку подій для їх подальшого аналізу та вибору найбільш реальних і сприятливих.

Іншими словами, написання сценарію – це спроба встановити логічну послідовність подій, що розгортаються, щоб спрогнозувати, показати, як, виходячи з існуючої ситуації, крок за кроком розвивати майбутній стан.

Найчастіше пишуться сценарії, що розгортаються в часі. Картина майбутнього стану об'єкта дослідження наочно обговорюється, виникає поступово, послідовно, у тісному зв'язку з подіями та умовами, які супроводжують цей процес і які впливають на нього у вигляді взаємозалежного ланцюга подій (кожна подія залежить від попередніх і впливає на наступні) .

Кожна проблема та підпроблема розглядається в кількох аспектах, з різних точок зору. Вибираючи той чи інший подальший шлях у кожній критичній точці сценарію (точці, де здійснюється вибір одного з кількох можливих варіантів розвитку подій), відсікаючи в цій точці всі інші варіанти, керівник або дослідник змушений ретельно проаналізуйте ці відкинуті варіанти.

Різні розділи сценарію зазвичай пишуться різними групами людей, де ймовірнісний хід подій розгортається в часі. Використання різних професіоналів дозволяє простежити її розгалуження, зв’язки з іншими проблемами тощо.

Сценарій повинен відповідати меті. Його реалізація вимагає обмеження кількості подій, які можуть вплинути на результат досягнення мети подій, і кількості значущих для досліджуваного процесу зв'язків. Корекція сценарію проводиться експертами з метою наближення сценарію до реальності.

Використання методу дозволяє:

− встановлювати логічну послідовність подій, починаючи від даної ситуації до майбутнього стану та уявляти хід виконання завдання, яке потрібно розв’язати;

− визначити основну мету розвитку процесу розв’язування задач з урахуванням основних факторів зовнішнього середовища.

Використовується, коли недостатньо інформації з проблемного питання. Це не спосіб вибору рішення, а скоріше опис моделі прийняття рішення. Це ефективний засіб отримання повної картини розв'язуваної задачі.

Сценарії можна використовувати на різних етапах системного аналізу, коли необхідно зібрати та систематизувати надзвичайно різнорідну інформацію. Але основною сферою застосування цього інструменту є етапи аналізу проблеми, прогнозування розвитку проблеми, оцінка можливих наслідків проблеми та визначення їх актуальності.

Метод Delphi, на відміну від сценарного методу, передбачає попереднє ознайомлення експертів із ситуацією за деякою моделлю.

У системному аналізі основною формою моделі, яка підлягає вдосконаленню та інформаційному насиченню за допомогою експертних оцінок, є дерево цілей. Фахівцям пропонується оцінити структуру моделі в цілому і внести пропозицію щодо включення в неї неврахованих зв'язків. При цьому використовується анкетний метод. Результати кожного дослідження

надаються кожному експерту, що дозволяє йому в подальшому скоригувати свої думки на основі нової інформації. Метод Delphi вважається найнадійнішим засобом отримання даних.

Вершини **дерева цілей** (ДЦ) інтерпретуються як цілі, а ребра або дуги – як зв'язки між ними. Це основний інструмент зв'язку цілей верхнього рівня з конкретними засобами їх досягнення на нижчому рівні.

При програмно-цільовому плануванні (коли цілі плану прив'язуються до ресурсів за допомогою програм) ДЦ виступає як схема, що показує розбивку загальних (загальних) цілей народногосподарського плану або програми на під- цілі, останні – у підцілі наступного рівня тощо).

Представлення цілей починається на верхньому рівні, потім вони послідовно конкретизуються. Причому основним правилом розширення цілей є повнота: кожна ціль верхнього рівня повинна бути представлена у вигляді підцілей наступного рівня вичерпно, тобто так, щоб об'єднання понять підцілі повністю визначає поняття початкової мети.

Методи діагностики розроблена методика масового обстеження підприємств і органів управління з метою вдосконалення форм і методів їх роботи. Існують різні думки щодо методів діагностики: одні розглядають їх як самостійні методи, інші – як методи системного аналізу. Однак ці відмінності не є особливо важливими.

Матричні форми Представлення та аналіз інформації не є специфічним інструментом системного аналізу, а широко використовується на різних його етапах як допоміжний інструмент.

Матриця є не тільки надзвичайно наочною формою подання інформації, але й формою, яка розкриває внутрішні зв'язки між елементами, допомагає уточнити й проаналізувати спостережувані частини структури. Прикладом використання властивостей матриці є періодична система Д. І. Менделєєва.

6.2 Поняття моделі, її види та етапи побудови

Модель у загальному розумінні – це певний об'єкт, створений з метою отримання та (або) зберігання інформації (у вигляді уявного образу, опису символічними засобами чи матеріальної системи), що відображає властивості, характеристики та зв'язки вихідного об'єкта довільного характеру, істотного для розв'язуваної суб'єктом задачі. Для теорії прийняття рішень найбільш корисними моделями є ті, що виражаються формулами, алгоритмами та іншими математичними засобами.

При побудові будь-якої моделі процесу необхідно дотримуватися наступного плану дій:

1. Сформулювати цілі вивчення системи;

2. Виберіть ті фактори, компоненти та змінні, які є найбільш значущими для цього завдання;

3. Враховувати сторонні фактори, не включені в модель;

4. Оцінити результати, перевірити модель, оцінити повноту моделі.

Моделі можна розділити на наступні види:

– **функціональні моделі** – виражають прямі залежності між ендогенними та екзогенними змінними;

– **моделі, виражені за допомогою систем рівнянь** щодо ендогенних величин. Вони виражають балансові співвідношення між різними показниками;

– **моделі оптимізаційного типу**. Основною частиною моделі є система рівнянь щодо ендогенних змінних. Але мета – знайти оптимальне рішення для деякого показника;

– **імітаційні моделі** є дуже точним відображенням економічного явища. Математичні рівняння можуть містити складні, нелінійні, стохастичні залежності.

З іншого боку, моделі можна розділити на **керовані** та **прогнозні.**

Керовані моделі відповідають на запитання «Що буде, якщо ...?»; «Як досягти бажаного?», і містять три групи змінних:

1) змінні, що характеризують поточний стан об'єкта;
2) керуючі дії – змінні, що впливають на зміну цього стану та підлягають цілеспрямованому вибору;
3) вихідні дані та зовнішні дії, тобто задані зовні параметри та початкові параметри.

У прогнозних моделях управління чітко не виділено. Вони відповідають на питання "Що буде, якщо все залишиться як і раніше?"

За способом вимірювання часу моделі можна розділити на **безперервні** та **дискретні**. У будь-якому випадку, якщо в моделі присутній час, то модель називається **динамічною** . Найчастіше в моделях використовується дискретний час, оскільки інформація надходить дискретно: звіти, баланси та інші документи надходять періодично. Але з формальної точки зору безперервна модель може бути простішою для вивчення.

6.3 Методи моделювання систем

Постановка будь-якого завдання полягає в тому, щоб перевести його словесний, словесний опис у формальний. У відносно простих завдань такий перехід здійснюється в свідомості людини, яка не завжди може навіть пояснити, як вона це зробила. Якщо отримана формальна модель (математична

залежність між величинами у вигляді формули, рівняння, системи рівнянь) базується на фундаментальному законі або підтверджується експериментом, то це свідчить про її адекватність поточним ситуацій і модель рекомендована для розв’язування завдань відповідного класу.

Із ускладненням завдань отримання моделі ускладнюється і доведення її адекватності. Для вирішення проблеми перетворення словесного опису в формальний стали розвиватися спеціальні прийоми і методи в різних сферах діяльності. Так виникли такі методи, як «мозковий штурм», сценарії, експертні оцінки, «дерево цілей» тощо.

У свою чергу, розвиток математики йшов шляхом розширення засобів постановки і розв'язування задач, які важко формалізувати.

Разом з детерміністськими, аналітичними методами класичної математики виникла теорія ймовірностей і математична статистика як засіб доведення адекватності моделі на основі репрезентативної (репрезентативної) вибірки і поняття ймовірності, правомірності використання моделі і результати моделювання.

Для завдань з більшим ступенем невизначеності інженери почали застосовувати теорію множин, математичну логіку, математичну лінгвістику, теорію графів, що багато в чому стимулювало розвиток цих напрямків. Математика почала поступово накопичувати засоби роботи з невизначеністю, тобто класична математика виключала з об'єктів свого розгляду.

Перш ніж приступити до розгляду конкретних моделей процесів прийняття рішень, необхідно визначити основні **терміни** , такі як:

1) **компоненти системи** – частини системи, які можна відокремити від неї та розглядати окремо;

2) **незалежні змінні** – вони можуть змінюватися, але є зовнішніми величинами, які не залежать від процесів, що відбуваються в системі;

3) **залежні змінні** – значення цих змінних є результатом (функцією) дії на систему незалежних зовнішніх змінних;

4) **керовані змінні** – ті, значення яких може змінювати дослідник;

5) **ендогенні змінні** – їх значення визначаються в процесі діяльності компонентів системи (тобто «всередині» системи);

6) **екзогенні змінні** визначаються або дослідником, або ззовні, тобто в будь-якому випадку вони діють на систему ззовні.

При побудові будь-якої моделі процесу прийняття рішень бажано дотримуватися наступного плану дій:

– сформулювати цілі вивчення системи;

– вибрати ті фактори, компоненти та змінні, які найбільш значущі для даного завдання;

– враховувати сторонні фактори, так чи інакше не включені в модель;

– оцінити результати, перевірити модель, оцінити повноту моделі.

Таким чином, між неформальним, образним мисленням людини і формальними моделями класичної математики склався спектр методів, які допомагають отримати і конкретизувати (формалізувати) словесний опис проблемної ситуації, з одного боку, і інтерпретувати формальні моделі, пов'язувати їх з реальною реальністю, з іншого. Цей спектр умовно зображено на рис. 6.1.

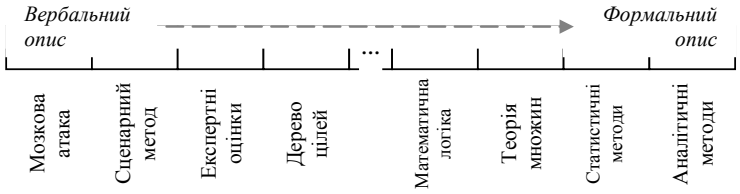


Рис. 6.1 – Спектр методів опису моделі

Існують різні модифікації, зазначені на рис. 6.1 методи. Вони групуються по-різному, тобто дослідники пропонують різні класифікації (в основному для формальних методів). Найчастіше методи моделювання систем прийнято розділяти на три великі класи: **методи формалізованого представлення систем, методи активізації інтуїції спеціалістів** і **спеціальні методи** (рис. 6.2).

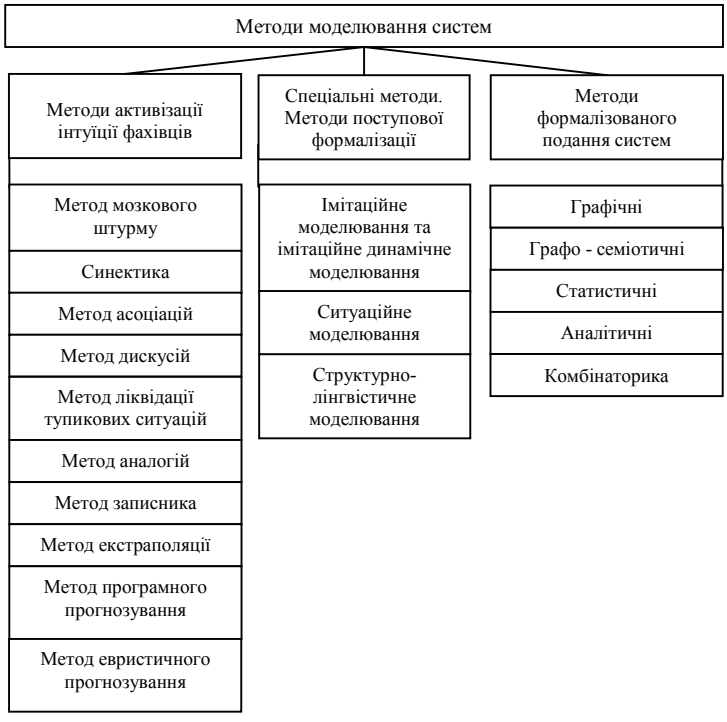


Рис. 6.2 – Методи моделювання систем

Методи активізації інтуїції спеціалістів. До методів експертних оцінок належать методи «мозкового штурму», синектики, асоціацій, блокнотів, дискусій, усунення тупикових ситуацій, сценаріїв, аналогій, програмного та евристичного прогнозування.

Метод мозкового штурму має наступні етапи:

1) підготовчий;
2) генерація ідей;
3) аналіз і оцінка ідей.

Вважається, що гальмом на шляху оригінальних рішень, що виникають в мозку людини, є критичність. Людина, особливо в діловому середовищі, боїться здатися смішною через нестандартність свого рішення. Щось схоже на синдром «страху здатися дурним». Спеціаліст, наділений таким синдромом (а таких у реальному професійному середовищі більшість), поступово втрачає здатність мислити «не як усі», пропонувати сміливі, оригінальні ідеї. Тому однією з головних умов «мозкового штурму» є уникнення критичних зауважень.

Метод «мозкової атаки» («мозкової атаки») – це системно організована інтелектуальна діяльність підготовлених спеціалістів, які використовують прийоми і методи роботи мозку для колективної генерації ідей.

Результат досягається застосуванням спеціалістами групової роботи, відповідними правилами формування групи та ходу обговорення проблем, певними процедурними вимогами до поведінки учасників.

При створенні групи враховується неоднорідність знань, досвіду та соціально-функціонального складу її учасників. Остання вимога має на увазі не тільки різноманіття позицій учасників, але і характер їх залежності від організацій, яким доведеться виконувати прийняті рішення. Більшість учасників групи не повинні бути залежними один від одного, не пов'язані з майбутніми виконавцями особистими інтересами.

При створенні колективу використовується принцип змагання: до групи вводяться представники різних наукових шкіл або організовується паралельна група. Періодично оновлюється склад гуртка, вводяться нові учасники, що активізує роботу колективу, підвищує ініціативу та творчий настрій інших учасників гуртка.

Організовуючи обговорення проблеми, учасники групи інформуються про тему роботи, а не про саму проблему. Цим досягається спонтанний підхід до її вирішення. Під час виступу члена команди викладається одна ідея, забороняється критика будь-яких ідей, суперечки не проводяться, порівняльні

оцінки не проводяться. Дозволено використовувати чужі ідеї, причому найбільш утопічні.

На етапі оцінювання здійснюється критика та оцінка за спеціальними критеріями: задоволення конкретних вимог, можливість і час реалізації ідей в інших сферах діяльності.

Шторм починається з призначення ведучого. Відповідає за організацію та процедурну частину роботи. Його функції:

– формулювання та переформулювання завдання;
– відбір учасників для подальших етапів роботи;
– вирішення організаційних питань (приміщення та організація просторового середовища, магнітофон чи відеокамера, розподіл ролей між учасниками тощо).

Учасники мозкового штурму діляться на дві групи:

– «генератори» – люди з позитивним ставленням до творчості, які володіють живою уявою, здатні швидко підхоплювати чужі ідеї та розвивати їх;
– «аналітики» – спеціалісти з великим обсягом знань з досліджуваного питання, здатні критично оцінювати висунуті ідеї.

Умови для мозкового штурму:

1. Перевага надається кількості висловлених ідей, а не їх якості.
2. Ідеї висловлюються короткими реченнями.
3. Під час викладу ідей, як уже зазначалося, забороняється їх критика, несхвальні зауваження, іронічні чи саркастичні зауваження.
4. Всі висловлені думки зовні схвалюються і сприймаються, причому пріоритет віддається не системному логічному мисленню, а просвітництву, нестримній і безмежній фантазії в найрізноманітніших напрямках.
5. Створюється та підтримується середовище, в якому прийнятні жарти, каламбури та сміх.
6. Будь-який учасник мозкового штурму може розвивати, комбінувати та отримувати нові асоціативні комбінації з раніше висловлених ідей.
7. Між учасниками мозкового штурму підтримуються демократичні та дружні стосунки; ідеї можна висувати без обґрунтування.
8. Допускається висування завідомо нереалістичних, фантастичних, гумористичних ідей.

Процес генерації нових ідей, який заохочує господар, відбувається, як правило, протягом 15-25 хвилин. Чисельний склад групи 6-10 осіб. Усі ідеї записуються на магнітофон або розшифровуються. Група може створити більше 100 ідей за сеанс.

Обов’язки лідера – психологічна підтримка учасників під час генерації ідей та керування творчим процесом для розширення чи звуження поля

пошуку; протягом усього штурму вводити «генераторів» у стан максимальної творчої свободи, духовного піднесення, концентрації думки на заданому об'єкті.

Завдання «аналітиків»: розвивати висунуті на етапі генерації ідеї для їх конкретизації, узагальнювати ідеї, проводити їх експертизу.

Повна тривалість мозкового штурму становить півтори-дві години за таким розкладом:

– представлення учасників та ознайомлення з правилами, поділ на групи «генератори» та «аналітики» - 5-10 хвилин;
– завдання для ведучого та брифінг з відповідями на запитання – 10-15 хв.;
– генерація ідей – 10-15 хв.;
– перерва – 10 хвилин;
– аналіз ідей - 10-15 хв.;
– складання відредагованого списку ідей – 10-15 хв.

Різноманітні заходи психологічної адаптації та психоевристичної стимуляції значно підвищують продуктивність мислення: чай, кава та інші напої, тиха фонова музика, натурний зразок, макет або ескіз об’єкта, що потребує вдосконалення, тощо.

За допомогою мозкового штурму доцільно розвивати осіб, які займаються науковими дослідженнями, інженерними обов'язками, маркетологів і рекламників, комерційних директорів.

Синектика - найпотужніший із створених за кордоном методів психологічної активізації творчості.

Слово «синектика» в перекладі з грецької означає «поєднання різнорідних елементів». Мета синектики - спрямувати спонтанну діяльність мозку і нервової системи на дослідження і перетворення проблеми проектування. Організація сеансу синектики (синектичного засідання) запозичена з мозкового штурму, але відрізняється від нього використанням деяких прийомів психологічного налаштування, зокрема, дуже активним використанням аналогій.

Група синектиків складається з 2-3 сторонніх спеціалістів, які представляють різні професії, кількох співробітників головної організації, які володіють гнучким мисленням, мають широкий спектр знань і великий практичний досвід. Бажані контрастні психологічні типи учасників.

Синектика починається з постановки проблеми. Після визначення основної постановки проблеми починається дискусія, метою якої є з'ясування очевидних рішень. Члени групи пояснюють свої погляди на очевидні рішення, які навряд чи дадуть щось більше, ніж проста комбінація існуючих рішень.

Наступний крок – перетворення незвичайного на звичне. Пошук аналогій, які дозволяють висловити дану проблему в термінах, добре відомих членам групи з досвіду роботи.

Далі йде крок – вирішення проблеми. Обговорюється її розуміння (хто як зрозумів), при цьому визначаються основні труднощі та протиріччя, що перешкоджають вирішенню проблеми.

Наступний крок – навідні запитання. Синектор пропонує використовувати один із типів аналогій для прийняття нового рішення.

Коли з'являється багатообіцяюча ідея, вона розвивається усно, доки учасники групи не зможуть зробити та випробувати приблизні прототипи пристрою чи моделі. Аналогії можна розглядати як засіб переведення процесу дослідження структури проблеми з рівня свідомого мислення на рівень спонтанної діяльності мозку. Метод синектики корисний для навчання бізнесменів, інженерів і менеджерів, наукових співробітників, спеціалістів з реклами тощо.

Асоціативний метод активізації творчого мислення заснований на використанні в творчому процесі семантичних аналогій і вторинних семантичних відтінків. Основними джерелами для генерації ідей є асоціації, метафори та довільно вибрані поняття.

Між двома абсолютно різними, не пов'язаними між собою поняттями можна встановити логічний зв'язок, тобто встановити асоціативний перехід чотирьох-п'яти етапів. Наприклад, два різних поняття - «дерево» і «куля». Під час здійснення асоціативного переходу виходить ланцюжок: «ліс» - «ліс», «ліс» - «поле», «поле» - «футбол», «футбол» - «м'яч». Для створення асоціацій і генерування ідей можна використовувати різні метафори.

Зручніше використовувати прості типи метафор:

- бінарні метафори-аналоги («розливається дзвін», «надбрівні дуги»);
- катахрезичні метафори, що містять протиріччя («сухопутний моряк», «круглий квадрат»);
- метафори-загадки («туман над лісом» – хустка).

Перевагою метафоричного мислення є його високий рівень оригінальності. Генерування метафор розвиває творче мислення.

Зошитовий метод. Зошит містить постановку розв'язуваної задачі та всі відомі факти, прямо чи опосередковано пов'язані з її розв'язуванням.

Потім починається ґрунтовне обмірковування різних способів вирішення проблеми, при цьому кожного разу в зошиті робляться записи про нові думки чи ідеї. Щодня цьому приділяється певний час. Кількість записаних варіантів збільшується. Наприкінці місяця всі записи аналізуються та складається список

найкращих ідей та пропозицій. Цей метод можна використовувати і для колективної роботи з генерування ідей, але тоді кожен учасник творчого процесу повинен мати зошит. Наприкінці місяця головний координатор збирає всі записи та об'єднує всі найкращі ідеї в загальний список, уникаючи однакових пропозицій, а потім проводить колективне обговорення та експертизу запропонованих ідей. Вибирають найкращих. Для внесення об'єктивності в роботу доцільно заздалегідь визначити критерії відбору ідей, наприклад, за ступенем новизни та конструктивності, за ступенем обґрунтованості чи ресурсної забезпеченості реалізації, за поява потенційних проблем після впровадження.

Використання методу дозволяє:

− ідентифікувати та визначати значущість проблеми, чинники, що на неї впливають, і концепції її вирішення;

− подолати недоліки традиційних способів вирішення проблемних ситуацій (наприклад, наради);

− за обмежений час знайти підхід до вирішення раптово виниклого завдання.

Дискусійний метод. Це метод підготовки рішень за участю широкого кола учасників, ознайомлення їх з думками один одного, виявлення різних точок зору, інтересів, їх узгодження та інтеграції. Це спільний пошук оптимальних шляхів вирішення проблем, заснований на результатах практики та на її науковому осмисленні.

Дискусія передбачає вільне висловлення учасниками своїх позицій, порівняння різних підходів, публічне обговорення переваг і недоліків спірної проблеми. Це досягається відповідною організацією спільної роботи учасників, використанням необхідних методичних прийомів і методів.

Використання методу дозволяє:

− вирішувати важливі наукові, державні та економічні проблеми;

− виявляти та узгоджувати інтереси різних соціальних груп, доводити кожному члену організації та суспільству в цілому необхідність певного способу дій;

− сформувати необхідну організаційну культуру фірми.

Усунення тупикових ситуацій (метод усунення «тупикової ситуації»). Аналіз творчої діяльності виявляє ряд способів змінити підхід до вирішення проблеми, коли робота зайшла в глухий кут. Ці методи не відповідають послідовній методології і можуть бути розділені на кілька видів:

− правила перетворень, що дозволяють модифікувати існуюче незадовільне рішення або будь-яку його частину;

– пошук нових співвідношень між частинами існуючого незадовільного рішення;
– переоцінка управлінської ситуації;
– розгляд ситуації з іншої позиції, боку.

Відомі такі можливі перетворення:

1) використовувати по-різному; адаптуватися;
2) модифікувати;
3) посилити;
4) послабити;
5) замінити;
6) обгортати;
7) поєднувати, тобто тезаурус може бути багатим джерелом порівнянь груп різних відвернених понять, які, будучи синонімами, здатні «підказати» вихід із безвихідної ситуації.

Пошук нових зв'язків між частинами, що мають незадовільний розв'язок, здійснюється за допомогою матриці, що дозволяє вивчити, які наслідки має зв'язок кожної частини елемента розв'язку з рештою всіх частин.

Наприклад, альтернативне рішення під впливом системи факторів. Або використання так званих вимушених співвідношень, згідно з якими пошук уявних асоціацій здійснюється шляхом порівняння всіх елементів деякого комплексу попарно.

Переоцінка управлінської ситуації – зміна погляду на результати своєї діяльності та поточну ситуацію. Досягти цього можна, написавши речення, яке характеризує ускладнення, і замінивши в ньому кожне слово його синонімом, знайшовши нове, що підказує; або неодноразове повернення до «первинної функціональної потреби», яка має бути задоволена для продовження процесу управління.

Використання методу дозволяє знайти нові напрямки пошуку, якщо очевидна область пошуку не дала прийнятного рішення. Застосовується при недостатньому ознайомленні з полем пошуку, вимагає застосування «розумових хитрощів» і певних зусиль.

Метод аналогій полягає у застосуванні організаційних форм, які зарекомендували себе у функціонуванні систем з подібними організаційними характеристиками. Суть методу полягає в розробці типових рішень (наприклад, типової організаційної структури управління персоналом) і визначенні меж і умов їх застосування.

Ефективним методом використання типових рішень у вдосконаленні управління персоналом є блоковий метод підсистемної типізації лінійно-

функціональної та програмно-цільової структур. Типові блокові рішення пов'язані разом з оригінальними організаційними рішеннями в єдину систему управління. Блоковий метод прискорює формування нової системи управління та підвищує ефективність функціонування системи з найменшими витратами.

Розв'язанням завдання або проблеми займається спеціальна група фахівців, які використовують обговорення аналогій як засіб орієнтації свого спонтанного мислення на дану проблему.

Зазвичай використовуються аналогії чотирьох типів:

– прямі аналогії (реальні), виявлені в біологічних системах;

– суб'єктивні аналогії – це уявлення про себе, про те, як можна використовувати власне тіло для досягнення результату;

– символічні (абстрактні) аналогії – поетичні метафори та порівняння, в яких ознаки одного предмета ототожнюються з ознаками іншого;

– фантастичні (нереальні) аналогії дозволяють уявити речі такими, якими ви б хотіли їх бачити, а не такими, якими вони є.

При використанні цього методу слід створити довірчу атмосферу серед спеціалістів, які входять до складу групи.

На практиці використовується така послідовність розв’язування задач:

1. Постановка проблеми керівниками організації.
2. Проведення дискусії для з'ясування поглядів на очевидні рішення та їх комбінації.
3. Перетворення незвичайного в звичайне, тобто пошук аналогій, що дозволяють висловити дану проблему в термінах, звичних для всіх членів групи.
4. Виявлення основних перешкод, які заважають розв’язанню проблеми.

Кожному учаснику групи пропонується розв’язання за допомогою одного виду аналогії. Результат застосування методу залежить від інтенсивності та широти пошуку схожих ситуацій.

Для забезпечення пошуку аналога необхідно узагальнити інформацію про досвід управлінського персоналу, тобто створити запас рішень подібним чином. Це вимагає наявності спеціального пошукового пристрою, здатного шукати аналог за певними характеристиками.

Застосування методу вимагає спеціальної підготовки учасників групи та кваліфікованого керівництва. Використовувані в методі аналогії можна розглядати як метамову, що дозволяє обговорювати не тільки структуру проблеми та моделі альтернативних рішень, але й порівняльні структури в навколишній дійсності, у мові та у функціях людського організму.

Мислення, що стимулюється в процесі прийняття рішень, є синтезом діяльності мозку і нервової системи членів групи, що працюють за типом універсальних аналогових обчислювальних машин. Ці «машини» здатні досліджувати та порівнювати різні моделі.

Метод програмного прогнозування. Метод використовується для визначення ймовірності настання певних подій та оцінки ймовірного часу їх настання. Цей метод є узагальненням методу Дельфі з методом «Перта» мережевого планування та управління.

Метод евристичного прогнозування (МЕП). Суть методу полягає в отриманні та спеціалізованій обробці прогнозних оцінок об'єкта шляхом систематичного опитування висококваліфікованих спеціалістів у вузькій сфері діяльності.

Експертні оцінки відображають індивідуальну думку спеціаліста, засновану на мобілізації професійного досвіду та інтуїції.

МЕП за технікою подібний до методу колективної генерації ідей з методом колективної експертної оцінки. Подібність виявляється в самому факті збору та обробки думок експертів. Відмінністю є більш чітка теоретична база, методика формування анкет і таблиць, порядок роботи з експертами та порядок обробки отриманої інформації.

Застосування МЕП полягає в розкритті уявлень про перспективи розвитку однієї з галузей науки, технології систем управління.

Метод екстраполяції. Екстраполяційний метод пошуку розв'язків – це група прийомів і способів, заснованих на логічній процедурі перенесення висновків, отриманих в межах спостереження за певний проміжок часу, на явища, що знаходяться за межами спостереження.

Часто виділяють два типи екстраполяції:

– тимчасові (тобто поширення законів розвитку об'єкта в минулому на розвиток цього об'єкта в майбутньому);

– просторовий (тобто перенесення властивостей однієї частини об'єкта управління на весь об'єкт або інші його частини).

Суть цього методу полягає у вивченні історії поведінки (розвитку, змін) системи в минулому і сьогоденні, перенесення закономірностей її розвитку в майбутнє. Наприклад, у липні минулого року погода була такою, змінюючись з певною закономірністю, цього липня картина погоди повторилася, і є висока ймовірність, що ця тенденція збережеться і в наступні роки (наприклад, глобальне потепління).

При цьому дії спостережуваних природних явищ екстраполюються в майбутнє та отримують інформацію, необхідну для прийняття рішень.

Екстраполяція може здійснюватися на підставі статистично встановлених тенденцій зміни якісних характеристик об'єкта або екстраполюються самі тенденції, які формуються на кількісному, описовому рівнях.

Розрізняють такі види екстраполяції:

- екстраполяція кількісних характеристик;
- екстраполяція функціональних характеристик;
- екстраполяція системних і структурних характеристик.

На практиці використовуються різні форми екстраполяції. Найчастіше зустрічаються: функціональні залежності, імовірнісні залежності, зразкові якісні характеристики або емпірично побудовані криві. Наприклад, крива залежності швидкості та розвиток транспортних засобів.

Для прогнозування параметрів керованої системи найчастіше використовується метод екстраполяції. Прогнозування базується на гіпотезі про те, що тенденція, зафіксована в минулому або теперішньому, розвиватиметься в майбутньому. Ця впевненість базується на припущенні, що вплив факторів, які визначають цю тенденцію, не очікується, що зміниться в майбутньому. Ця ідея не завжди виявляється правильною, оскільки збереження тренду залежить від його взаємодії з іншими трендами.

Тема 7 РОЛЬ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯХ

7.1 Спеціальні методи моделювання систем

Імітаційне моделювання. У широкому розумінні термін означає цілеспрямовану серію багатофакторних досліджень, що виконуються на ЕОМ з використанням математичних моделей. Відомі різні підходи до імітаційного моделювання. Але в будь-якому варіанті цей напрямок відповідає головній ідеї системного аналізу - поєднанню можливостей людини як носія цінностей, генератора ідей для прийняття рішень з формальними методами, які надають можливості для використання комп'ютерів.

Імітаційне динамічне моделювання. Запропонований у 1950-х роках. Дж. Форрестер. У цьому методі використовується зручна для людини структурна мова, яка допомагає виразити реальні зв’язки, які відображають замкнуті цикли керування та аналітичні представлення в системі. Дозволяє реалізувати формальне дослідження отриманих моделей на комп’ютері за допомогою спеціалізованої мови DYNAMO.

Ситуаційне моделювання. Ідею запропонував Д. А. Матуре. Цей напрямок заснований на відображенні в пам'яті комп'ютера та аналізі проблемних ситуацій за допомогою спеціальної мови, яка розробляється за допомогою виразних засобів теорії множин, математичної логіки та теорії мови.
.

Структурно-лінгвістичне моделювання. Цей підхід виник у 1970-х роках ст. в інженерній практиці і базується на використанні різного роду структурних представлень для реалізації ідей комбінаторики, з одного боку, і засобів математичної лінгвістики - з іншого. У розширеному розумінні підходу в якості мовних (лінгвістичних) засобів використовуються інші методи дискретної математики, мови, засновані на теоретико-множинних представленнях, на використанні засобів математичної логіки, математичної лінгвістики, семіотики.

7.2 Методи формалізованого представлення систем

Аналітичними методами називають методи, які відображають реальні об'єкти і процеси у вигляді точок (безрозмірних, в строгих математичних доказах), які здійснюють будь-які переміщення в просторі (або взаємодіють між собою) або мають певну поведінку, за допомогою оператор (функції, функціонал). Поведінка окремих точок або їх взаємодія описується строгими співвідношеннями, що мають силу закону.

Основу понятійного (термінологічного) апарату складають поняття класичної математики (величина, формула, функція, рівняння, система рівнянь, логарифм, диференціал, інтеграл тощо).

Аналітичні методи мають багатовікову історію розвитку, для них характерна не тільки суворість термінології, а й фіксація певних символів і значень якимись спеціальними величинами (наприклад, $\pi = 3{,}14$, основа натурального логарифма $e = 2{,}7$ і так далі) .

На базі аналітичних концепцій виникли і розвиваються математичні теорії різної складності - від апарату класичного математичного аналізу (методи дослідження функцій, їх поява, способи зображення, знаходження екстремумів функцій і т.д.) до таких нових розділів сучасна математика як математичне програмування (лінійне, нелінійне, динамічне тощо), теорія ігор (матричні ігри з чистими стратегіями, диференціальні ігри тощо).

При моделюванні систем використовується широкий спектр символічних представлень з використанням «мови» класичної математики. Однак ці символічні уявлення не завжди адекватно відображають реальні складні процеси.

Більшість розділів математики не містить засобів постановки задачі та доведення адекватності моделі. Адекватність доводиться експериментом, який у міру ускладнення задач стає все складнішим, дорогим і не завжди реалізованим.

Аналітичні методи застосовуються в тих випадках, коли властивості системи можна відобразити за допомогою детермінованих значень або залежностей, тобто коли знання про процеси та події в певному інтервалі часу дозволяє повністю визначити їх поведінку поза цим інтервалом. Ці методи використовуються при вирішенні завдань руху та стійкості, оптимального розміщення, розподілу праці та ресурсів, вибору найкращого можливого шляху, оптимальної стратегії поведінки, зокрема в конфліктних ситуаціях тощо.

У той же час при практичному застосуванні аналітичних уявлень для відображення складних систем слід мати на увазі, що вони вимагають встановлення всіх детермінованих зв'язків між компонентами і цілями системи у вигляді аналітичних залежностей. Для складних багатокомпонентних багатокритеріальних систем вкрай складно отримати необхідні аналітичні залежності. Більше того, навіть якщо це вдасться, довести правомірність використання таких виразів, тобто адекватність моделі поставленій задачі, практично неможливо. У таких ситуаціях варто звернутися до інших методів моделювання.

Графічні методи. До класу графічних методів належать різноманітні засоби: графи (у класичному розумінні теорії графів), структури (деревоподібні, мережеві), гістограми, діаграми, графи. Графічні методи дозволяють наочно відобразити структури складних систем і процеси, що в них відбуваються.

Графосеміотичне моделювання є різновидом структурно-лінгвістичного моделювання. У структурно-лінгвістичному моделюванні, як правило, використовуються структури типу «розчленування в просторі». У графо-семіотичних моделях формується кінцевий граф послідовності інформаційного потоку в часі, подібний мережевому графу, побудований автоматично і більш повно відображає характеристики елементів моделі.

У математичній теорії графів та інформатиці граф – це набір об’єктів із зв’язками між ними.

Комбінаторика (комбінаторний аналіз) вивчає дискретні об'єкти, множини (комбінації, перестановки, розміщення та перерахування елементів) і зв'язки між ними (наприклад, частковий порядок).

Для постановки і вирішення комбінаторних задач використовуються різні моделі комбінаторних конфігурацій. Приклади комбінаторних конфігурацій:

– розташуванням n елементів за k називається впорядкований набір з k різних елементів деякого n -елемента множини;
– будь-який упорядкований набір цих елементів називається перестановкою з n елементів (зазвичай чисел 1,2 ... n). Перестановка також є розташуванням n елементів за n ;
– комбінація від n до k називається набір з k елементів, вибраних із заданих n елементів. Комбінації, які відрізняються лише порядком проходження елементів (але не складом), вважаються однаковими, таким чином комбінації відрізняються від розміщень;
– будь-яке представлення n у вигляді впорядкованої суми натуральних чисел називається композицією числа n ;
– будь-яке представлення n у вигляді невпорядкованої суми натуральних чисел називається розбиттям n.

Статистичні методи застосовуються в тих випадках, коли попередній аналіз проблемної ситуації показує, що її неможливо представити у вигляді чітко організованої системи. У таких випадках рекомендується зобразити ситуацію у вигляді погано організованої (дифузної) системи і звернутися насамперед до статистичних методів.

Основою методу є відображення явищ і процесів за допомогою випадкових (стохастичних) подій та їх поведінки, які описуються відповідними імовірнісними (статистичними) характеристиками та статистичними закономірностями.

Статистичні представлення системи в загальному випадку (за аналогією з аналітичними) можна представити як би у вигляді «розмитої» точки («розмитої» області) в n-вимірному просторі, в яку оператор F(S) перекладає систему. Під «розмитою» точкою слід розуміти певну область, що характеризує рух системи (її поведінку), при цьому межі області задаються з певною ймовірністю P (ймовірність події A розуміється як p(A) = m/n, де m – кількість випадків події A, n – загальна кількість експериментів, якщо $n \to \infty$, то m/n=const) .

На основі статистичних ідей розроблено ряд математичних теорій:

– теорія ймовірностей і математична статистика, що поєднує різні методи статистичного аналізу (регресійний, дисперсійний, кореляційний, факторний і ін.);

– теорія статистичних тестів, основою якої є метод Монте-Карло, а розвитком є теорія статистичного імітаційного моделювання;

– теорія висунення і перевірки статистичних гіпотез, що виникла для оцінки процесів передачі сигналів на відстань і базується на загальній теорії

статистичних вирішальних функцій А. Вальда. Окремим випадком теорії гіпотез, важливим для теорії систем, є байєсівський підхід до вивчення процесів передачі інформації в процесах спілкування, навчання та інших ситуаціях в організаційних системах.

Розширення можливостей відображення складних систем і процесів у порівнянні з аналітичними методами можна пояснити тим, що у разі застосування статистичних методів процес постановки задачі частково замінюється статистичними дослідженнями, які дозволяють, не виявляючи всього детерміновані зв'язки між досліджуваними об'єктами (подіями) або компонентами складної системи, які враховуються, на основі вибіркового дослідження (дослідження репрезентативної вибірки) для отримання статистичних закономірностей і поширення їх на поведінку системи в цілому.

Проте не завжди можна отримати статистичні закономірності, не завжди можна визначити репрезентативну вибірку, довести правомірність застосування статистичних закономірностей. Якщо неможливо довести репрезентативність вибірки або це займає неприпустимо багато часу, то застосування статистичних методів може призвести до невірних результатів.

У таких випадках доцільно звернутися до методів, об’єднаних загальною назвою «методи дискретної математики», які допомагають розробити мови моделювання, моделі та методи поступової формалізації процесу прийняття рішень.

Список літературних джерел

1.Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів і процесів комп'ютеризації / А.В Катренко. – Львів: Новий Світ-2000, 2003. – 424 с.

2.Системи підтримки прийняття рішень / [О.С.Пушкарь, В.М.Гіковатий, О.С.Євсєєв, Л.В.Потрашкова]. – Х. : Інжек, 2006. – 304 с.

3.Дудник І. М. Вступ до загальної теорії систем /І. М. Дудник - К. : Кондор, 2009. – 205 с.

4.Ржевський С. В. Дослідження операцій / С.В Ржевський, В. М. Александров. – К. : Академвидав, 2006. – 558 с.

5.Шарапов О. Д. Системний аналіз / О. Д. Шарапов, Л. Л. Терехов, С. П. Сіднєв. – К. : Вища школа, 1993. – 303 с.

6.Чорней Н. Б. Теорія систем і системний аналіз / Н. Б. Чорней, Р. К. Чорней. – К.: МАУП, 2005. – 256 с.

МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ТЕМА 1 ДОСЛІДЖЕННЯ В НАУЦІ

1.1 Поняття про науку, її мету та функції

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

Наука – це система знань про об'єктивні закони природи, суспільства та мислення, яка в результаті діяльності людини перетворюється в безпосередню практичну силу суспільства.

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

Важливий фактор і рушій при цьому – **наукове мислення.** Наукове мислення – процес узагальненого і опосередкованого пізнання предметів та явищ навколишнього світу в їх істотних зв′язках, властивостях, відношеннях та наукове їх обгрунтування.

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

Одна із основних функій науки – пізнання об'єктивного світу.

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

1.2 Наукові дослідження, їх особливості та класифікація

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

та **предмет**, на пізнання яких воно спрямоване. Об'єктом (предметом) може бути предмет матеріального світу, явище, властивість, а також зв′язок між явищами та властивостями.

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

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

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

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

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

Класифікація науково-дослідних робіт (НДР).

НДР класифікують за різними ознаками:

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

Фундаментальними є дослідження, спрямовані на створення нових принципів.

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

Мета **розробок** – підготовити матеріал для впровадження. Розробки виконуються в конструкторських бюро. Взаємозв′язок між основними типами НД можна представити у вигляді схеми (рис.1.1).

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

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

Потім виконують дослідно-технологічні або дослідно-конструкторські розробки, які включають:

– формулювання теми, мети та задач дослідження;

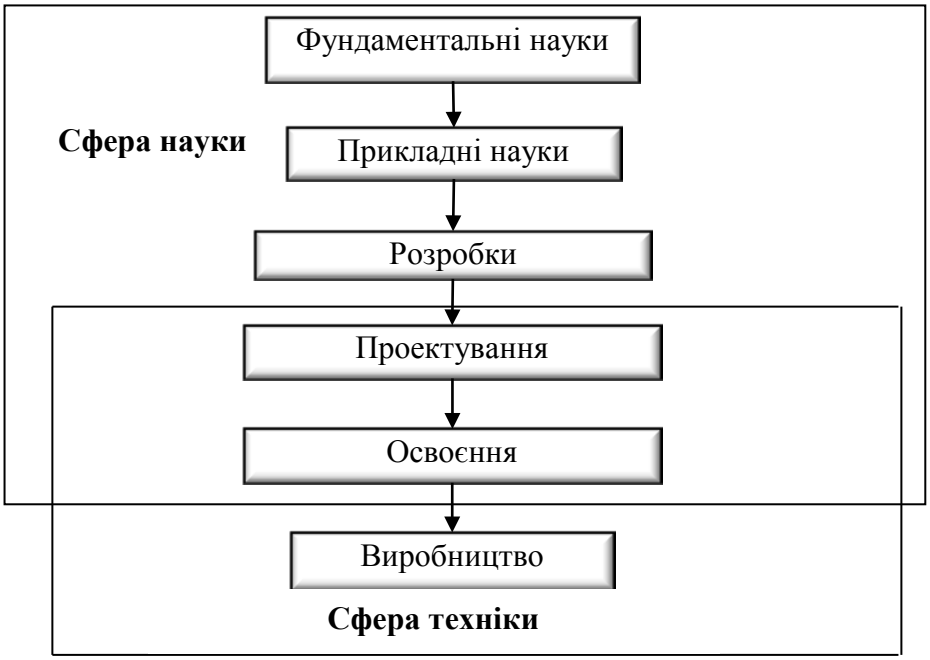


Рис.1.1. Схема основних типів наукових досліджень

– вивчення літератури, проведення досліджень і підготовка до технічного проектування експериментального зразка;
– технічне проектування;
– робоче проектування;
– виготовлення дослідного зразка;
– доопрацювання дослідного зразка;
– державне випробовування.

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

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

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

ТЕМА 2 НАУКА ЯК СИСТЕМА ЗНАНЬ

2.1 Визначення та складові науки

Основними елементами науки є:

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

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

- гносеологічний;
- логічний;
- методологічний.

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

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

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

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

Розробка наукової теорії органічно пов′язана з наступними факторами:

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

Ідеї виникають на основі практики і змінюються згідно із розвитком суспільства. **Наукова ідея** – це така форма думки, яка являє собою нове

пояснення явищ та базується на накопичених знаннях. Ідея органічно пов′язана із принципами і законами.

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

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

Гіпотеза – це науково обгрунтоване припущення і можливий шлях розв′язання досліджуваної проблеми.

Стадії розвитку гіпотези:

1. Накопичення фактичного матеріалу і висунення припущення на його підставі.
2. Формулювання гіпотези.
3. Перевірка істинності гіпотези на практиці.

Наукове дослідження має об′єкт (предмет), на пізнання якого воно спрямоване, мету та методи розв′язання проблеми (задачі).

Об′єктом (предметом) дослідження виступають:

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

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

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

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

2.2 Процес пізнання та його генезис як основа наукової діяльності

Наука тільки тоді є наукою, коли вона рухається. Цей процес більшість науковців ототожнюють з процесом пізнання.

Пізнання – це процес здобуття і розвитку знання, постійного його поглиблення, розширення та вдосконалення з метою здійснення наукових досліджень.

Загальне вчення про пізнання дає філософська теорія пізнання – **гносеологія** (від давньогрец. гносис – пізнання; логос – учення, наука). Різні сторони процесу пізнання досліджуються низкою спеціальних наук: пізнавальною психологією, історією науки, соціологією науки, філософією та ін. Пізнанням називається як сам процес, так і результат цього процесу. Нове, незалежне від внутрішнього і зовнішнього досвіду пізнання, може виникнути тільки як наслідок творчої фантазії. Вирізнення наявних дослідницьких підходів робить розгляд пізнання різноплановим.

У науковому пізнанні істинним має бути не тільки його результат, але й спосіб отримання цього результату – метод.

Метод – це система приписів, принципів, вимог, які орієнтують суб'єкта у вирішенні конкретного завдання, досягненні певного результату пізнання і дії. Основна функція методу – регулювання різних форм діяльності (в тому числі і науково-пізнавальної). Вчення про систему методів, теорію методів називається методологією. 13 Розмаїття видів людської діяльності зумовлює розмаїття спектрів методів, що можуть бути класифіковані за різними основами (критеріями), наприклад, методи природничих і методи гуманітарних наук; якісні і кількісні методи тощо. У сучасній науці склалася багаторівнева концепція методології знання, згідно якої методи наукового пізнання за ступенем загальності і сфери дії можуть бути поділені на три основні групи:

- філософські методи;
- загальнонаукові методи;
- спеціальні або часткові методи наук (внутрішньо- таміждисциплінарні).

До **філософських методів** наукового пізнання належать діалектичний і метафізичний. Діалектичним є метод пізнання дійсності в її суперечливості, цілісності і розвитку. Метафізичний метод – метод, протилежний діалектичному, з його допомогою розглядають явища поза їх взаємним зв’язком і розвитком.

До **загальнонаукових методів** наукового пізнання належать: аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, дедукція, індукція, моделювання, аналогія, логічний та історичний.

До **спеціальних методів** наукового пізнання належать методи конкретних наук: метод мічених атомів у біології; методи додавання, віднімання, множення, ділення в математиці; методи зважування, вимірювання у фізиці; методи анкетування в соціології тощо. Вони вивчаються тими науками, в яких використовуються.Для сучасної науки пізнання характерне намагання використовувати різноманітні методи і прийоми дослідження в їхньому поєднанні і взаємодії, оскільки пізнання – це процес цілеспрямованого, активного відображення дійсності у свідомості людини, зумовлений суспільноісторичною практикою людства. Процес пізнання, як основа будь-якого наукового дослідження, є складним і вимагає концептуального підходу на основі певної методології, застосування певних методів. Існують різні трактування процесу пізнання (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 – Дефініції терміна «пізнання», надані різними вченими

Учений	Характеристика	Джерело
1	2	3
Аристотель	Будь-яке пізнання починається із здивування .... а здивування породжує питання, а деякі питання – це проблема	Barnes Jonathan. Aristotle: a very short introduction / Jonathan Bames. – Oxford : Oxford University Press, 2000. –160 p
Декарт	Мета пізнання в оволодінні силами природи, а також у вдосконаленні самої людини	Соколов В. В. Декарт Р. Соч.:в 2 т. / [сост., ред., вступ, ст. В. В. Соколова]; пер. с лат. и франц. – Т. 1. – М. : Мысль, 1989. – 654 с.
1	2	3
Кант	Існують два основні стовбури людського пізнання, що виростають, може, з одного спільного, але невідомого нам кореня, а саме чуттєвість і розум: за допомогою чуттєвості предмети нам даються, розумом же вони мисляться	Кант І. Критика практичного розуму / І. Кант. – К. : Юніверс, 2004. – 240 с.
Платон	Завдання чистого пізнання полягає у знаходженні та описі дійсної природи речей. Опис сутності називається визначенням.	Платон. Діалоги / Платон / [пер. з давньогрец.]. – Х.: Фоліо, 2008. – 349 с.
Т. Вільямсон (Т. Williamson)	Пізнання, як правило, визначається як щось на зразок процесу набуття, зберігання та застосування знань. У першому визначенні пізнання є наукою через взаємозв'язок між суб'єктом і об'єктом пізнання. Як правило, хоча і не завжди те, що відоме, включає в себе вплив зовнішнього середовища стосовно суб'єкта пізнання	Williamson Timothy. Can Cognition be Factorised into Internal and External Components? / Timothy Williamson // Contemporary Debates in Cognitive Science. – Oxford: Blackwell, 2006. – p. 291 – 306.

Й. І. Ладу (J. E. LeDoux)	Якщо пізнання визначається широко, включаючи чуттєву обробку інформації, наприклад, тієї, що аналізується мозком людини, а також іншими сенсорними ділянками тіла людини, то емоційний аналіз повністю залежить від чуттєвих процесів. Якщо пізнавальний процес визначати вузько, то він включає тільки складні психічні функції організму людини, швидше за все, опосередковано асоціативний аналіз мозку, тому емоції не завжди залежать від попередньої пізнавальної обробки	LeDoux J. E. Emotion: Clues from the brain / J. E. LeDoux // Center for Neural Science. Department of Psychology. New York University. – New York. – p. 209 – 235.
У. Найссер (U. Neisser)	Термін “пізнання” стосується всіх процесів, з яких відчуття змінюються, перетворюються і використовуються. Це пов'язано з цими процесами, навіть якщо вони працюють за відсутності відповідної стимуляції. При цьому очевидно, що пізнання бере участь у всіх процесах, які людська істота може здійснити, тому кожен психологічний феномен є пізнавальним феноменом	Neisser U. Cognitive psychology / U. Neisser // Meredith Publishing Company. – 1967. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http/figuraleffect. word- press.com/2008/06/02/what-is- cognition/

1	2	3
Л. В. Губерський, В. Г Кремень, А. О. Приятельчук	Пізнання – це відображення об’єктивної дійсності як суб’єктивного образу, ім’я якого – знання	Губерський Л. В. Людина і світ: підручник / Л. В. Губернський, В. Г. Кремень, А. О. Приятельчук та ін. / [голов. ред• Л. В. Губерський]. – 2-ге вид. [випр. і доп.] – К.: Т-во "Знання", КОО, 2001. – 349 с.
Н.М. Малюга	Пізнання – процес здобуття і розвитку знання, постійного його поглиблення, розширення, удосконалення й відтворення. Пізнання – це надання визначеності різним сутностям, які спостерігаються, поняттям, об’єктам, явищам, взаємодіям в необхідному та достатньому обсязі, що може бути досягнуто порівнянням нового з уже відомим, засвоєним, адже все пізнається в порівнянні.	Малюга Н. М. Наукові дослідження в бухгалтерському обліку: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. М. Малюга; [за ред. проф. Ф.Ф. Бутинця]. – Житомир: ПП “Рута", 2003. – 476 с.

ТЕМА 3 ТЕХНОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вибір теми, формулювання задач наукових досліджень

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В ряді випадків при плануванні тем виникає необхідність вибору найбільш перспективних, економічно обгрунтованих тем. При цьому оцінку народногосподарської необхідності розробки тем визначають числовими критеріями.

Найбільш простим є **критерій економічної ефективності**:

$$К_е=Е_п/З_д,$$

де $Е_п$ – передбачуваний економічний ефект від впровадження,

$З_д$ – затрати на наукові дослідження.

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

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

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

де p_i – бал і-того оціночного показника, що виставляється експертом; m_i – коефіцієнт значущості і-того показника; n – число показників, що оцінюються.

3.2 Техніко-економічне обгрунтування науково-дослідних робіт

Висока ефективність теми може бути досягнута за умови, що до її розробки виконане **техніко-економічне обгрунтування** (ТЕО). Тому обов'язковою умовою перед проведенням досліджень із вибраної тематики є проведення ТЕО на НДР або ДКР із здійсненням попередньої патентної

перевірки на новизну та перспективність. Тільки при наявності такого обгрунтування можливе подальше планування і фінансування тем замовником.

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

ТЕО включає наступні розділи:

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

В результаті складання ТЕО роблять висновок про доцільність та неохідність виконання НДР та ДКР.

ТЕМА 4 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Основні поняття, терміни та галузі інформації

Кожне покоління вчених залишало людству результати своїх пошуків та досліджень у вигляді різних джерел інформації. **Інформація –** це відомості про довкілля, про процеси, які здійснюються в ньому, про події і стан, які сприймаються людьми, що керують технічними системами. **Наукова інформація** – це логічна інформація, яка отримується в процесі пізнання, адекватно відображає закономірності об′єктивного світу і використовується в суспільно-історичній практиці. **Науково-технічна інформація –** це документовані або прилюдно оголошувані відомості про вітчизняні та зарубіжні досягнення науки, техніки і виробництва, одержані в результаті науково-дослідної, дослідно-конструкторської, проектно-технологічної та виробничої діяльності. Основну базу науково-технічної інформації формують **інформаційні ресурси** – це систематизоване зібрання науково-технічної літератури і документації (книги, брошури, періодичні видання, патентна і контрукторська документація, промислові каталоги, депоновані рукописи, звіти з науково-дослідних робіт), зафіксовані на паперових та інших носіях.

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

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

4.2 Національна система науково-технічної інформації

Національна система науково-технічної інформації (НС НТІ) – це організаційно-правова структура, за допомогою якої формується державна інформаційна політика, а також здійснюється координація робіт щодо створення, використання, зберігання та поширення національних ресурсів науково-технічної інформації із урахуванням інтересів національної безпеки. НС НТІ складається із спеціалізованих державних підприємств, установ, організацій, державних органів НТІ, наукових і науково-технічних бібліотек, об′єднаних загальносистемними зв′язками і обов′язками. Склад НС НТІ, її основні завдання, інформаційні ресурси та керівництво нею визначено Законом про науково-технічну інформацію.

Основними завданнями НС НТІ є:

1. Формування на основі вітчизняних і зарубіжних джерел довідниково-інформаційних фондів та інформаційне забезпечення юридичних і фізичних осіб.

2. Одержання, обробка, зберігання, поширення і використання інформації, отриманої в процесі людської діяльності.

3. Організація надходження до України зарубіжної НТІ, обробка, зберігання і поширення її при вивченні світового інформаційного ринку.

4. Розробка і впровадження сучасних технологій в науково-інформаційну діяльність.

5. Використання інформаційно-пошукових систем органів НТІ, в тому числі на базі мережі Internet.

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

4.3 Види, джерела інформації та режим доступу до неї

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

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

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

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

Інформація довідниково-енциклопедичного характеру – це систематизовані відомості про суспільне життя та оточуюче природне середовище. Основними джерелами інформації є: енциклопедії, словники, довідники, рекламні повідомлення, путівники, картографічні матеріали тощо.

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

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

- інформацію, визнану державною таємницею;

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

4.4 Наукова інформація в документах

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

1. **Монографія** – це наукове або науково-популярне книжкове видання, яке містить повне і всебічне дослідження однієї проблеми або теми і належить одному або декільком авторам.
2. **Автореферат дисертації** – це наукове видання у вигляді брошури, яка містить складений автором реферат проведеного ним дослідження, що подається на здобуття вченого ступеня.
3. **Препринт –** це наукове видання, що вміщує матеріали попереднього характеру, опубліковані до виходу у світ офіційного видання.
4. **Депонований рукопис** – вид неопублікованого документа, що є цікавим лише для вузького кола спеціалістів, публікація якого в традиційних виданнях є недоцільною.
5. **Тези доповідей конференції (симпозіуму)** – це науковий неперіодичний збірник, що містить опубліковані до початку конференції матеріали попереднього характеру (реферати доповідей і повідомлень).
6. **Матеріали конференції (симпозіуму)** – науковий неперіодичний збірник, що містить результати конференції (доповіді, рекомендації, рішення).
7. **Збірник наукових праць** – збірник, який містить статті і дослідницькі матеріали наукових установ, навчальних закладів та організацій.
8. **Науковий журнал** – періодичний журнал, що містить статті і матеріали теоретичного та прикладного характеру, призначені для наукових працівників.
9. **Енциклопедія** – довідкове видання, яке вміщує в узагальненому вигляді основні відомості з однієї або всіх галузей знань і практичної діяльності, що розміщені в алфавітному або систематизованому порядку.

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

4.5 Інформаційно-пошукові системи органів НТІ

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

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

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

а) **алфавітний каталог** – каталог алфавітного розміщення бібліографічних записів;

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

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

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

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

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

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

В УДК застосована цифрова система ідентифікації: перша цифра – основні напрямки, друга – піднапрямки і т.д. Наприклад УДК 621.881 означає: 6 –

Прикладні науки, медицина, техніка; 62 – Техніка вцілому. Інженерна справа; 621.0 – Машини і машинобудування вцілому; 621.88 – Кріпильні деталі і пристосування. Засоби кріплення; 621.881 – Затискні пристрої. Лещата. Кліщі і ін.

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

ТЕМА 5 МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Методологія теоретичних досліджень

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Гіпотетичний метод полягає в розробці гіпотези, наукового передбачення, що містять елементи новизни та оригінальності. Цей метод дослідження є основним, найбільш поширеним в прикладних науках. Гіпотеза складає суть, методологічну основу, теоретичне передбачення досліджень. Будучи керівною ідеєю всього дослідження, вона визначає напрямок і об′єм теоретичних розробок.

Аксіоматичний метод полягає в очевидних положеннях (аксіомах), які приймаються без доведень. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Більш широке поширення він отримав в теоретичних науках (математика, математична логіка і т.д.).

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

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

– вивчення фізичної, хімічної і т.д. суті ОД за допомогою описаних вище способів пізнання;

– формулювання гіпотези та складання розрахункової схеми (моделі).

Етап теоретичних розробок НД включає такі основні розділи:

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

5.2 Моделі досліджень, їх види та приклади

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

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

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

Моделі можуть бути фізичні, математчні, натурні. Фізичні моделі дозволяють наглядно представити процеси, що проходять в натурі. За допомогою фізичних моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на протікання фізичних процесів. ММ дозволяють кількісно дослідити явища, які важко вивчаються на фізичних моделях. Натурні моделі – масштабно змінювані об′єкти, що дозволяють найбільш повно дослідити процеси, що протікають в натурних умовах.

Модель повинна бути достатньо адекватною.

В останній час широке поширення отримали моделі, що забезпечують оптимізацію технологічних процесів та управління ними.

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

1. **Аналітичні методи дослідження** (елементарна математика, диференційні та інтегральні рівняння, варіаційне числення і т.д.), які використовують для вивчення неперервних детермінованих процесів.
2. **Методи математичного аналізу з використанням експерименту** (метод аналогій, теорія подібності, метод розмірностей).
3. **Ймовірнісно-статистичні методи дослідження** (математична статистика, дисперсійний та кореляційний аналіз, теорія надійності, метод Монте-Карло і ін.), які використовуються для вивчення випадкових процесів – дискретних і неперервних.

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

5.3 Аналітичні методи досліджень та переваги їх застосування

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

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

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

$$f = (x, y, \frac{dy}{dx}) = 0; \frac{dy}{dx} = f(x, y). \tag{5.1}$$

Використовують також рівняння вищих порядків:

$$f = (x, y, \frac{dy}{dx}; \frac{d^2 y}{dx^2} \ldots \frac{d^n y}{dx^n}) = 0. \tag{5.2}$$

Загальний розв′язок таких рівнянь являє собою сімейство кривих на площині. Крива f(x,y) буде розв′язком першої системи, якщо вона в кожній точці дотикається до вектора поля напрямку. Тому кожне рівняння має множину розв′язків (кривих):

$$F(x,y,C_1,C_2, \ldots, C_n)=0, \tag{5.3}$$

де $C_1,C_2, \ldots, C_n$ – постійні інтегрування.

Для знаходження частинного розв′язку вказують початкові умови – задають значення F в деяких відомих точках x та y. Це дозволяє визначити

постійні C_1, C_2, …, C_n, а потім і частинні розв′язки. Звичайні диференційні рівняння застосовують при теоретичному аналізі різних моделей простих і середніх за складністю процесів.

Наприклад, в технології в′яжучих речовин досліджують їх розчинення, вважаючи, що швидкість розчинення пропорційна їх кількості:

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

Тут m – кількіть в′яжучого; t – час; k – коефіцієнт пропорційності.

Після інтегрування даного рівняння отримаємо: $m=Ce^{-kt}$. Постійну інтегрування C знаходять із умови, що при t=0 $C=m_0$ (початкова кількість). Внаслідок цього $m=m_0e^{-kt}$. Даний вираз містить конкретну інформацію про процес розчинення, який з часом затухає. Швидкість затухання залежить від коефіцієнту k, який, в свою чергу, обумовлений природою речовини і температурою розчину.

Велике поширення при розв′язанні прикладних задач отримали **диференційні рівняння в частинних похідних** (ДРЧП), наприклад:

$$\frac{d^2u}{dxdy} = 0; \frac{du}{dt} = K\frac{d^2u}{dx^2} \qquad (5.4)$$

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

В більшості випадків суть задачі зводиться до того, щоб знайти співвідношення між змінними u,x,y, встановити функціональну залежність u=f(x,y), що задовільняє диференціальному рівнянню в частинних похідних і частинним умовам задачі. Ці додаткові умови визначаються фізичним змістом. Наприклад, із аналізу теплового балансу тіла випливає, що температура t в будь-якій точці тіла при охолодженні або при нагріванні його є функцією часу T і координат x,y,z і повинна задовільняти диференційне рівняння в частинних похідних:

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right), \qquad (5.5)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності.

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

Будь-які диференційні рівняння є моделлю цілого класу явищ, тобто сукупністю явищ, що характеризуються однаковими процесами. При інтегруванні рівнянь отримують велику кількість розв′язків, що задовільняють

базове диференційне рівняння. Щоб отримати із множини можливих розв′язків один, що задовільняє тільки процесу, що розглядається, необхідно задати **додаткові умови** до диференційного рівняння. Вони повинні чітко виділити явище, що вивчається, із усього класу явищ. Умови, що характеризують всі особливості даного рівняння, називаються **умовами однозначності** і характеризуються такими ознаками: геометрією системи (форма і розміри), фізичними властивостіми тіла (теплопровідність, пружність, в′язкість і т.д.), почаковими умовами, тобто станом системи в початковий момент, граничними умовами, тобто взаємодією системи на межі із навколишнім середовищем.

Початкові та граничні умови називають **крайовими**. Задачі тепломасообміну і їм подібні, що відносяться до задач математичної фізики, ефективно вирішуються методами **операційного перетворення Лапласа, Фурьє, Бесселя** та ін. Суть операційного перетворення полягає в тому, що функцією f(t) змінної t, яку називають початковою, або оригіналом замінюють функцією другої змінної p – f*(p), яку називають зображенням. Вивчають при цьому не саму функцію (оригінал), а її змінене значення – зображення.

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

$$f^*(p) = \int_0^\infty e^{-pt} f(t)\,dt \ , \qquad (5.6)$$

де p – комплексне число.

Використання функції зображення f*(p) дозволяє замінити складні операції диференціювання і інтегрування f(t) простими алгебраїчними операціями з f*(p). Виконавши прості операції з f*(p) , здійснюють зворотній перехід до f(t). Застосування таких перетвореь має ряд переваг: простота, можливість вирішення задач з різними крайовими умовами і ін. Однак, з допомогою цих методів можна розв′язувати задачі із порівняно простими крайовими умовами. При розв′язуванні нелінійних задач із складними крайовими умовами застосування точних аналітичних методів пов′язане із значними труднощами.

В будівництві ряд задач досліджується за допомогою **інтегральних рівнянь**, які містять базову φ(s) під знаком інтегралу:

$$h(x)\varphi(x) - \lambda \int_a^s k(x,s)\varphi(s)\,ds = f(x) \ , \qquad (5.7)$$

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

Загального методу розв′язку інтегральних рівнянь навіть лінійного типу h(x)=0, φ(x)=0 не існує. Інтегральне рівняння є розв′язком диф.рівняння. Наприклад, розв′язком диференційного рівняння

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

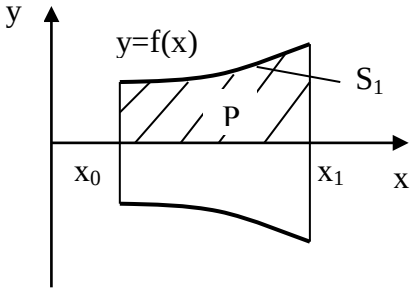
$$s = e^{-\frac{E_y t}{\eta}} \left(S_y + \frac{1}{\eta} \int_0^t p e^{-\frac{E_y t}{\eta}} dt \right).$$

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

Це дозволяє зводити розв′язок диф.рівняння до розв′язування інтегральних, і навпаки.

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

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



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

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

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

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

При дослідженні процесів методами варіаційного числення знаходять такі закономірності, при яких їх розвиток є енергетично найбільш економним.

В області будівельних задач широко застосовується теорія функцій комплексної змінної. В основі цієї теорії лежить положення про комфорне

перетворення, згідно з яким дві криві, що перетинаються, z_1z_2 і z_1z_3 із області z завжди можна перенести в область W відповідно кривим w_1w_2 і w_1w_3, зберігаючи рівність кутів між кривими в кожній парі. Це дозволяє змінити координати таким чином, щоб спростити громіздкі математичні перетворення. Теорія функцій комплексної змінної використовується, наприклад, в теорії пружності для визначення концентрацій напружень в площині або просторі, що містить різні включення.

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

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

1. В плоскій області Д, в якій виконується пошук розв′язку, будують сіткову область $Д_c$, яка складається із однакових комірок, і яка наближається до області Д.
2. Задане диференційне рівняння у вузлах побудованої сітки ставлять у відповідність кінцево-ріничним рівнянням.
3. На основі граничних умов встановлюють значення вихідного розв′язку в граничних вузлах області $Д_c$.

5.4 Ймовірнісно-статистичні методи дослідження

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

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

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

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

$$P(x)=N(x)/N$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\bar{X} = \sum_{1}^{n} X_i Y_i$$

Розмах можна використовувати для орієнтовної оцінки варіації ряду подій:

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

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

$$m(x) = \sum_{1}^{n} x_i P_i$$

Для безперервних випадкових величин математичне очікування:

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

тобто воно дорівнює дійсному значенню $x_д$ спостережуваних подій.

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

$$Д(x) = \sum_{1}^{n} (x_i - m(x))^2 P_i .$$

Важливою характеристикою теоретичної кривої розподілу є **середньоквадратичне відхилення** або стандарт: $\sigma(x) = \sqrt{Д(x)}$. Мірою розсіювання є дисперсія, або середньо-квадратичне відхилення. **Коефіцієнт варіації** $K_в = \sigma / m(x)$ застосовується для порівняння інтенсивності розсіювання в різних сукупностях і визначається у відносних одиницях: $К_в<1$.

Вище були розглянуті основні характеристики теоретичної кривої розподілу, які аналізує теорія ймовірностей. В статистиці оперують з емпіричними розподілами. Основною задачею статистики є підбір теоретичних кривих за наявним емпіричним законом розподілу. Нехай, в результаті n вимірювань випадкової величини отримано варіаційний ряд x_1, x_2,…, x_n. Первинна обробка таких рядів зводиться до наступного:

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

– по значеннях x_i та $\bar{y}_{oi}$ будують ступінчату гістограму частот;

– обчислюють характеристики емпіричної кривої розподілу.

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

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

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

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

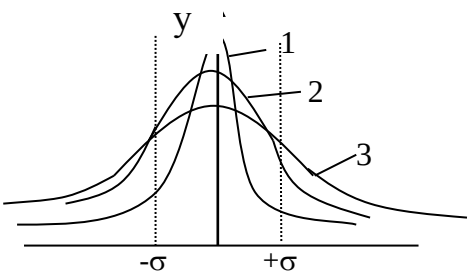


Рис. 5.1.

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

$P(x) = \frac{m^x}{x!} e^{-m} = \frac{(\lambda t)^x}{x!} e^{-\lambda t}$, де x – число подій за певний проміжок часу t; λ-густина, тобто середнє число подій за одиницю часу, λt=m.

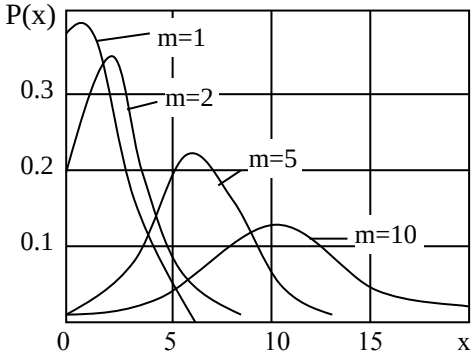


Рис. 5.2.

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

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

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

$f(x) = \frac{\lambda^a}{\alpha!} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}$, де λ, α– параметри. При дослідженні багатьох процесів, пов′язаних із аналізом кліматичних та гідрологічних дій на будову, встановлення розрахункових характеристих грунтів та матеріалів і т.д., використовують закон розподілу Пірсона. Із дванадцяти типів цього закону частіше всього застосовують третій:

$f(x) = ae^{dx}(1 + x/b)^{ab}$, де a – максимальна ордината, d,b – відповідно відстань від максимальної ординати до центра розподілу і початку координат.

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

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

5.5 Методи системного аналізу

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

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

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

Третім найбільш важливим етапом аналізу є **складання математичної моделі досліджуваної системи**. Спочатку виконують параметризацію системи, описують виділені елементи системи та елементарні впливи на неї за допомогою тих або інших параметрів. При цьому розпізнають параметри, що характеризують безперервні та дискретні, детерміновані та ймовірнісні процеси. Залежно від особливостей процесів використовують той або інший математичний апарат. Аналітичні методи використовують лише для невеликих

систем внаслідок їх громісткості або неможливості скласти та розв′язати системи рівнянь. Для опису великих систем використовують дискретні параметри, наприклад змінні, шо приймають цілочисленні значення. За допомогою них можна вивчити процеси і об′єкти, які характеризують не тільки якісно, але й кількісно, використовуючи для цієї мети бальну систему. Наприклад, твердість матеріалу оцінюють балами за шкалою Роквела, Брюнеля, Вікерса, морозостійкість бетону – за шкалою Шеспорева і ін. Методи операцій з дискретними параметрами викладені в теорії множин, і перш за все, в її самих важливих розділах – алгебрі множин і алгебрі висловлювань (математичній логіці). Поряд із апаратом алгебри множин і алгебри висловлювань при дослідженні складних систем широко використовують ймовірнісні методи, тому що в них переважають стохастичні процеси. Тому найбільш часто досліджують розвиток процесів з певною ймовірністю або визначають ймовірність протіканні процесів, що вивчаються. Якщо досліджуються складні системи – узагальнені динамічні системи, які характеризуються великою кількістю різних за природою параметрів, то з метою спрощення математичного опису їх розчленовують на підсистеми, виділяють типові системи, виконують стандартизацію зв′язків для різних рівнів ієрархії однотипних систем. В результаті проведення 3-го етапу системного аналізу (СА) формують скінчені математичні моделі системи, описані на формальній, наприклад, алгоритмічній мові.

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

Відомі різні математичні методи оптимізації досліджуваних моделей. Найбільш поширені із них – аналітичні, градієнтні, математичне програмування, ймовірнісно-статистичні, а також автоматичні методи із

самоналагоджуваними моделями. Оптимізація процесів і системи аналітичними методами полягає в тому, що необхідно визначити мінімальне або максимальне значення деякої функції $\varphi(x_1, x_2, ...,x_n)$ у визначеній області s значень параметрів $x_1, x_2, ...,x_n$. Але класичні аналітичні методи використовують рідко для оптимізації складних реальних процесів. Складні екстремальні процеси розв′язують іншими методами. Для цієї мети часто застосовують **метод найшвидшого (градієнтного) спуску і підйому**. Суть методу можна пояснити наступним чином. Допустимо, що необхідно знайти екстремум функції мети $f(x_1,x_2)$, що описує деяку поверхню. Знаходження екстремуму починається з будь-якої точки поверхні $A_0(x_{01},x_{02})$. З цієї точки визначають напрям підйому або спуску, який є найбільш крутим. Його називають градієнтом і позначають $\vec{g}$. Звідси починають рух в напрямку градієнту до оптимуму з кроком $c\vec{g}$, де c– постійна величина, яка залежить від точності вимірювання. В результаті отримують нову точку $A_1(x_{11},x_{22})$, для якої знову повторюють описану процедуру до тих пір, доки не визначать екстремум.

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

$f(x_1,...,x_n) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \to \min(\max)$. Обмеження задають у вигляді лінійних нерівностей:

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

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

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

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

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

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

Використовують також інший тип задач нелінійного програмування. В цьому випадку в якості обмежень ставлять особливі вимоги до цілісності змінних значень. Задача формулюється наступним чином:

$f(x_1,...x_n) = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j$, i=1,2,...,n $x_i \geq 0$; j=1,2,…,n – цілі числа.

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

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

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

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

Функція мети виражається сумою:

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

де N – загальне число інтервалів (кроків);

u(k) – керуюча дія;

x(k) – значення координати в дискретні моменти часу t.

При оптимальному керуванні функціонал повинен бути мінімізований або максимізований. Оптимальний процес стане відомим, коли буде знайдено значення керуючої дії u_0, u_1, …, u_{N-1} для всіх дискретних моментів часу, що мають визначені обмеження і мінімізують (максимізують) суму.

Для того, щоб розв′язати задачу динамічного програмування, необхідно знайти мінімум (максимум) складної дискретної функції з великою кількістю змінних. Метод динамічного програмування зводить цю задачу до простої –

мінімізуються прості функції у зворотньому порядку – від кінця до початку процесу.

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

Поряд із вищеописаними методами використовуються:

– методи, що грунтуються на **теорії масового обслуговування** (ТМО), яка має за мету пошук оптимальних умов, тобто забезпечення ефективності роботи системи "вимоги-обслуговування", тобто в ТМО система складається із числа (потоку) вимог, обслуговуючого пристрою (апарату) і вихідного потоку;

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

ТЕМА 6 МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

6.1 Методологія експерименту

Найбільш важливою складовою частиною НД є експерименти. **Експериментальне дослідження** – один із основних способів отримання нових наукових знань. В його основі лежить експеримент, який представляє собою науково поставлений дослід або спостереження явищ при точно врахованих умовах, що дозволяють слідкувати за його ходом, керувати ним, відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Від звичайного пасивного спостереження експеримент відрізняється активною дією дослідника на явище, що вивчається.

Основна мета експерименту – перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також більш широке та глибоке вивчення теми наукового дослідження. Експерименти поділяють на природні та штучні. **Природні** експерименти характерні для соціальних явищ (соціальний експеримент) в умовах, наприклад, виробництва, побуту і т.д. **Штучний** експеримент широко застосовується в багатьох галузях і, в першу чергу, в технічних науках. В цьому випадку вивчають явище, ізольоване певною мірою для того, щоб оцінити його в кількісному і якісному відношенях.

Інколи виникає необхідність провести **пошукові** експериментальні дослідження. Вони необхідні в тому випадку, коли важко класифікувати всі фактори, що впливають на явище, що вивчають, внаслідок відсутності достатніх попередніх даних. На основі попереднього експерименту будується програма досліджень в повному об′ємі. Експериментальні дослідження поділяють на лабораторні та виробничі.

Лабораторні досліди проводять із застосуванням типових приладів, спеціальних змодельованих установок, стендів, обладнання і т.д. Ці дослідження дозволяють найбільш повно та якісно, з потрібною повторюваністю, вивчити вплив одних характеристик при варіюванні інших. Лабораторні досліди при достатньо повному науковому обгрунтуванні експерименту (математичне планування) дозволяють отримати цінну наукову інформацію з мінімальними затратами. Однак, такі експерименти не завжди в повному обсязі моделюють реальний хід процесу, що вивчають, тому виникає необхідність в проведенні виробничого експерименту.

Виробничі досліди мають за мету вивчити процес в реальних умовах із врахуванням дії різних випадкових факторів виробничого середовища. Такі експерименти проводять на об′єктах, які будуються, на заводах і т.д. Внаслідок громісткості досліду виникає потреба особливо уважного продумування та планування експерименту. Важливу роль відіграє обгрунтування мінімально необхідної кількості вимірювань.

Однією із ланок виробничих експериментів є збір матеріалів в організаціях, які накопичують стандартними методами ті або інші дані. Цінність даних матеріалів полягає в тому, що вони систематизовані протягом багатьох років за єдиною методикою. Такі дані добре підлягають обробці методами статистики та теорії ймовірності.

У ряді випадків виробничий експеримент ефективно проводити методом **анкетування**. Для досліджуваного процесу складають певну методику. Основні дані збирають методом опитування виробничих організацій за наперед складеною анкетою. Цей метод дозволяє зібрати досить велику кількість

результатів спостережень або вимірювання із питання, що вивчається. До результатів анкетних даних необхідно відноситись з особливою старанністю, тому що вони не завжди містять достатньо надійні дані. Особливу роль в даному випадку відіграє метод статистичного очищення вимірювань.

Виробничі експериментальні дослідження можуть бути замінені дослідами на спеціальних полігонах, які дозволяють проводити дослідження без порушення технологічного виробничого ритму, що підвищує ефективність використання в експерименті обладнання, що застосовується, а також машин та приладів.

Залежно від теми наукового дослідження об′єм експериментів може бути різним. В кращому випадку для підтвердження робочої гіпотези достатньо лабораторного експерименту, в гіршому – доводиться проводити серію експериментальних досліджень: попередні (пошукові), лабораторні, полігонні, на об′єкті, що експлуатується. У ряді випадків на експеримент витрачається багато засобів. Науковий співробітник виконує велику кількість спостережень та вимірювань, отримує велику кількість діаграм, графіків, виконує невиправдано велику кількість досліджень. На обробку і аналіз такого експерименту затрачається багато часу. Інколи виявляється, що виконано багато зайвого, непотрібного. Все це є можливим, якщо експериментатор чітко не обгрунтує мету і задачі експерименту.

В іншому випадку результати тривалого об′ємного експерименту не повною мірою підтверджують робочу гіпотезу наукового дослідження. Як правило, це характерно для експерименту, який чітко не визначений метою та задачами. Тому перед тим, як перейти до експериментальних досліджень, необхідно розробити методологію експерименту.

Методологія експерименту – це загальні принципи, його структура, постановка і послідовність виконання експериментальних досліджень. Методологія експерименту включає в себе наступні основні етапи:

1) розробку плану-програми експерименту;
2) оцінку вимірювань і вибір засобів для проведення експерименту;
3) проведення експерименту;
4) обробку і аналіз експериментальних даних, встановлення адекватності.

Наведена кількість етапів справедлива для традиційного експерименту. Поряд із цим широко застосовують математичну теорію експерименту, що дозволяє різко підвищити точність і зменшити об′єм експериментальних досліджень. В цьому випадку методологія експерименту включає такі етапи:

1) розробка плану-програми експерименту;
2) оцінка вимірювань і вибір засобів для проведення експерименту;

3) математичне планування експерменту з одночасним проведенням експериментального дослідження;
4) обробка і аналіз отриманих даних.

6.2 Розробка плану-програми експерименту

План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план робіт і затрати на виконання експерименту. У ряді випадків включають роботи з конструювання та виготовлення приладів, апаратів, пристосувань, їх методичну перевірку, а також програми дослідних робіт на заводах, будівництві і т.д. Основу плану-програми складає методика експерименту. **Методика** являє собою систему прийомів або методів для послідовного та найбільш ефективного експериментального дослідження і містить: мету та задачі експерименту; вибір факторів, що варіюється; обгрунтування засобів і необхідної кількості вимірювань; опис проведення експерименту, обгрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

Визначення мети та задачі експерименту – один із найбільш важливих етапів. На основі аналізу інформації, гіпотези та теоретичних розробок обгрунтовують мету та задачі експерименту. Вся наукова інформація дозволяє тією або іншою мірою оцінити очікувані закономірності процесу, що вивчається, і визначити задачі експерименту. Кількість задач не повинна бути достатньо великою (3-4), в більш об′ємному дослідженні їх може бути 8-10.

Вибір факторів, що варіюються – це встановлення основних та другорядних характеристик, які впливають на процес, що досліджується. Спочатку аналізують розрахункові (теоретичні) схеми процесу. На основі цього класифікують всі фактори і складають із них ряд, значення якого зменшуються по важливості для даного експерименту. Основним принципом встановлення степені важливості характеристики є її роль в досліджуваному процесі. Для цього вивчають процес залежно від деякої змінної при фіксованих інших змінних. Якщо змінних величин багато, то більш доцільним є застосування принципу багатофакторного аналізу.

Обгрунтування засобів вимірювання – це вибір необхідних для спостереження та вимірювання приладів, обладнання, машин, апаратів і ін. Експериментатор повинен бути добре ознайомлений з вимірювальною апаратурою, що випускається. В першу чергу, використовують стандартні машини і прилади, які серійно випускаються і робота на яких регламентується інструкціями, ГОСТ і іншими офіційними документами. В окремих випадках

виникає необхідність в створенні унікальних приладів, установок.. При цьому розробка і конструювання приладів і інших засобів повинні бути обгрунтовані теоретичними розрахунками і практичною доцільністю. Досить відповідальною задачею є встановлення точності вимірювань і похибок. Методи вимірювання повинні базуватись на законах науки метрології, яка вивчає засоби та методи вимірювання.

При експериментальному дослідженні одного і того ж процесу (спостереження і вимірювання) повторні вимірювання, як правило, не однакові (неоднорідність властивостей тіла, що вивчається, недосконаліть приладів і т.д.). Чим більше випадкових факторів, які впливають на дослід, тим більші відхилення окремих вимірювань від середнього значення. Це потребує повторних вимірювань, а тому необхідно знати їх мінімальну кількість. Під необхідною мінімальною кількістю вимірювань розуміють таку їх кількість, яка в даному досліді забезпечує стійке середнє значення вимірюваної величини, яка задовільняє заданій степені точності.

В методиці детально проектують процес проведення експерименту. Спочатку складають послідовність (черговість) проведення операцій вимірювання та спостереження. Потім ретельно описують кожну операцію окремо із врахуванням вибраних засобів для проведення експерименту. Важливим розділом методики є **вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних.** Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експерименту повинні бути зведені в зручні для читання форми запису – таблиці, графіки, формули, номограми, які дозволяють швидко співставити отримані результати.

Особливу увагу в методиці необхідно приділяти метематичним методам обробки і аналізу дослідних даних – встановлення емпіричних залежностей, апроксимації зв′язків між варійованими характеристиками, знаходженню критеріїв та довірчих інтервалів і ін. Потім визначають об′єм та трудомісткість експериментальних досліджень. Можливі три випадки проведення експерименту:

1. Теоретично отримана аналітична залежність, яка однозначно визначає досліджуваний процес. В цьому випадку об′єм експерименту для підтвердження даної залежності мінімальний.

2. Теоретичним шляхом встановлено тільки характер залежності. В даному випадку задано сімейство кривих. При цьому, об′єм експерименту зростає.

3. Теоретично не вдається отримати будь-яких залежностей. Розроблені тільки передумови про якісні закономірності процесу. В даному випадку доцільний для використання метод планування експерименту.

План-програму розглядає науковий керівник, а потім її обговорюють в науковому колективі і затверджують у встановленому порядку.

6.3 Статистичні методи оцінки вимірювань в експериментальних дослідженнях

Вимірювання – основна складова будь-якого експерименту. Від правильності вимірювання і наступних обчислень залежать результати експерименту. Тому кожний експериментатор повинен знати закономірності вимірювальних процесів: вміти правильно виміряти величини, що вивчаються; оцінити похибки при вимірюванні; правильно, із заданою точністю, обчислити значення величин і їх мінімальну кількість; визначити найкращі умови вимірювання, при яких похибки будуть найменшими, та провести загальний аналіз результатів вимірювань.

Вимірювання – процес знаходження будь-якої фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Це є пізнавальний процес порівняння величини будь-чого з відомою величиною, що прийнята за одиницю (еталон). Теорією і практикою вимірювань займається наука – метрологія.

Вимірювання бувають статичними, коли вимірювана величина не змінюється, і динамічними, коли вимірювальна величина змінюється (наприклад, вимірювання пульсуючих процесів). Окрім того, вимірювання поділяють на прямі та непрямі. При прямих вимірюваннях вихідну величину встановлюють безпосередньо із досліду, при непрямому – функціонально від інших величин, визначених прямим вимірюванням: b=f(a), де b знайдено за допомогою непрямого вимірювання, а – за допомогою прямого.

Розрізняють 3 класи вимірювань:

– **особливо точні** – еталонні вимірювання з максимально можливою точністю;

– **високоточні** – похибка яких не повинна перевищувати заданих значень (використовують для найбільш відповідальних експериментів, а також для контрольно-вивіркових вимірювань приладів);

– **технічні** – в яких похибка визначається особливостями засобів вимірювання.

Розрізняють також абсолютні та відносні вимірювання. Результати вимірювання оцінюють різними показниками. **Похибка вимірювання** – різниця між дійсним значенням вимірюваної величини та отриманим. Похибки бувають абсолютними та відносними. **Точність вимірювання** – степінь

наближення вимірюваної величини до її дійсного значення. **Достовірність вимірювання** – степінь довіри до результатів вимірювання або ймовірність відхилення величини вимірювання від дійсного її значення.

Похибки бувають систематичними та випадковими.

Систематичні похибки – такі похибки вімірювання, які при повторних експериментах залишаються постійними (або змінюються за відомим законом). **Випадкові похибки** – виникають випадково при повторному вимірюванні.

Таким чином, загальна похибка дорівнює: $\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2$, де ε_1 і ε_2 – систематичні та випадкові похибки.

Основна задача вимірювання – отримати результати вимірювання із максимально малими похибками. Розглянемо основні принципи і методи усунення систематичних і випадкових похибок.

Систематичні похибки поділяють на 5 груп:

1) інструментальні похибки, які виникають внаслідок порушення засобів вимірювання, додаткових люфтів, тертя, неточності градуювання шкали, зносу і старіння вузлів і т.д.;
2) похибки установки засобів вимірювання;
3) похибки, що виникають в результаті дії зовнішнього середовища: високих температур, магнітних та електричних полів, вологості, вібрації і т.д.;
4) суб′єктивні похибки – виникають в результаті індивідуальних фізіологічних, психофізіологічних властивостей людини;
5) похибки методу, які з′являються в результаті необгрунтованого методу вимірювання.

Систематичні похибки обов′язково потрібно виключати. Від них можна позбутись до початку експерименту шляхом регулювання або ремонту засобів вимірювання, покращеної перевірки установки засобів вимірювання, усунення небажаної дії зовнішнього середовища. Особливу увагу необхідно приділити обгрунтуванню теорії та методики вимірювання. Основним принципом виключення похибок 1-3 груп є повторне вимірювання величин.

При проведенні експерименту виникають також і випадкові похибки, які при повторенні експерименту виникають несистематично, випадково. До них також належать **промахи** і **грубі похибки.** Причинами промахів є помилки при спостереженнях: неправильний відлік за шкалою вимірювальних приладів, помилки при записуванні результатів, маніпуляції з приладами і т.д. Грубі помилки виникають внаслідок несправності приладів, а також при неочікуваній зміні умов проведення експерименту.

Аналіз випадкових похибок базується на **теорії випадкивих помилок** (ТВП)**.** Дана теорія дає можливість з визначеною гарантією обчислити дійсні значення і оцінити можливі помилки. В основі ТВП лежить допущення, що при великій кількості вимірювань випадкові похибки однакової величини, але різного знаку, зустрічаються однаково часто; більші похибки зустрічаються рідше, ніж менші, або ймовірність появи похибок зменшується із зростанням її величини, і при безмежно великій кількості вимірювань дійсне значення вимірювальної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірювання: поява того або іншого результату вимірювання як випадкової події описується **нормальним законом розподілу.**

Теорія випадкових помилок розв′язує **дві основні задачі**: 1) дозволяє оцінити точність та надійність вимірювання при заданій кількості замірів; 2) визначити мінімальну кількість замірів, яка гарантує задану точність і надійність вимірювання. Поряд із цим виникає необхідність виключити грубі помилки ряду, визначити достовірність отриманих даних та ін. Розглянемо основні задачі ТВП.

6.3.1 Інтервальна оцінка за допомогою довірчого інтервалу

Для великої вибірки і нормального закону розподілу загальною оцінюючою характеристикою вимірювання є дисперсія Д і коефіцієнт варіації:

$$Д = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{r}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \qquad K_B = \frac{\sigma}{\bar{x}}. \tag{6.1}$$

Дисперсія характеризує однорідність вимірювання. Чим більше σ, тим більше розсіювання вимірювань. Коефіцієнт варіації характеризує змінюваність, і чим він вищий, тим більша змінюваність вимірювань відносно середніх значень.

Довірчим називається інтервал значень x_i, в який потрапляє дійсне значення $x_д$ вимірюваної величини із заданою ймовірністю. **Довірчою ймовірністю** (достовірністю) вимірювання називається ймовірність $P_д$ того, що дійсне значення $x_д$ вимірюваної величини потрапляє в даний довірчий інтервал. Необхідно встановити ймовірність того, що $x_д$ потрапить в зону $a \le x_д \le b$. Довірча ймовірність $P_д$ описується виразом:

$$P_Д = P(a \prec m(x) \prec b) = \frac{1}{2}\left[\Phi\left(\frac{b-\bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-\bar{x}}{\sigma}\right)\right],$$

де Ф(t) – функція Лапласа, аргументом якої є відношення μ до середньоквадратичного σ, тобто t=μ/σ – гарантійний коефіцієнт.

Ф(t) є інтегральною функцією: $\Phi(t)=\frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^{t_i} e^{-\frac{t^2}{2}}dt$. Чисельні значення Ф(t) приведені в таблицях.

В даній задачі можливий інший варіант. На основі визначених даних установлюють довірчу ймовірність $P_д$. Досить часто її приймають 0,90; 0,95; 0,9973. Необхідно установити точність вимірювання, тобто довірчий інтервал 2μ.. В зв′язку з тим, що $P_д=Ф(\mu/\sigma)$, то за даними таблицями зворотнім інтерполюванням можна визначити половину довірчого інтервалу: $\mu = \sigma \arg Ф(P_д)=\sigma t$, де $\arg Ф(P_д)$ – аргумент функціїї Лапласа, або при n<10 – функції Стьюдента. Довірчий інтервал характеризує точність вимірювання даної вибірки, а довірча ймовірність – достовірність вимірювання.

Значення 1-Ф(t) називають **рівнем значущості** . З нього слідує, що при нормальному законі розподілу похибка, яка перевищує довірчий інтервал, буде зустрічатись один раз із n_i вимірювань: $n_i=P_д/(1-P_д)$.

6.3.2 Встановлення мінімальної кількості вимірювань

Для проведення дослідів з необхідною точністю і достовірністю необхідно знати кількість вимірювань, за якої експериментатор буде впевнений в позитивному завершенні процесу. Задача зводиться до встановлення мінімального об′єму вибірки (числа вимірювань) N_{min} для заданого значення довірчого інтервалу 2μ і довірчої ймовірності. При виконанні вимірювань необхідно знати їх точність Δ, яку характеризують σ_0 – середньоарифметичним значенням середньоквадратичного відхилення σ: $\sigma_0=\sigma/\sqrt{n}$; $\Delta=\sigma_0/\bar{x}$. Значення σ_0 часто називають середньою помилкою. Довірчий інтервал помилки вимірювання Δ визначається аналогічно, як для вимірювання $\mu=t\sigma_0$. За допомогою t легко визначається довірча ймовірність похибки вимірювання із таблиць.

В дослідженнях часто за заданою точністю Δ і довірчою ймовірністю вимірювання визначають мінімальну кількість вимірювань, що гарантують задані значення Δ і Ф(t).

У зв′язку з тим, що $\mu=\sigma_{\arg}\Phi(P_Д)=\sigma_0/\sqrt{nt}$, то враховуючи, що N_{min}=n, отримаємо: $N_{\min}=\frac{\sigma^2t^2}{\sigma_0^2}=\frac{K_в^2t^2}{\Delta^2}$,

де $К_в$ – коефіцієнт варіації (змінюваності), %; Δ – точність вимірювання, %.

Оцінка вимірювань за допомогою σ та σ_0 за приведеним методом справедлива при n>30. Для знаходження границь довірчого інтервалу при

малих значеннях застосовують метод Стьюдента. Криві розподілу Стьюдента у випадку n>20 переходять в криві нормального розподілу.

6.3.3 Виключення грубих похибок ряду

При аналізі експерименту необхідно, перш за все, виключити грубі похибки. Але спочатку потрібно впевнитись, що це дійсно груба похибка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Найбільш простим способом виключення із ряду вимірювань, які найбільше виділяються, є правило трьох сигм. Розкид випадкових величин від середнього значення не первищує $X_{\max,\min} = \bar{x} \pm 3\sigma$.

Більш достовірними є методи, що базуються на використанні довірчого інтервалу. Нехай є статистичний ряд малої вибірки, що підлягає нормальному закону розподілу. При наявності грубих помилок критерії їх появи:

$$\beta_1 = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma\sqrt{\frac{n-1}{n}}}; \qquad \beta_2 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma\sqrt{\frac{n-1}{n}}},$$

де x_{max} і x_{min} – найбільше та найменше значення із n вимірювань. В спеціальних таблицях приведені в залежності від довірчої ймовірності максимальні значення β_{vax}, що виникають внаслідок статистичного розкиду. Якщо $\beta_1 > \beta_{vax}$, то значення x_{max} необхідно виключити із статистичного ряду як грубу похибку. Якщо $\beta_2 < \beta_{vax}$, виключається величина x_{min}. Після виключення грубих похибок визначають нові значення $\bar{x}$ і σ із n-1 або n-2 вимірювань.

6.3.4 Визначення похибки функції

В багатьох випадках в процесі експериментальних досліджень доводиться мати справу із непрямими вимірюваннями, для чого застосовують функцію $y=f(x_1, \dots x_n)$. У зв′язку з тим, що в дану функціюю підставляють не дійсні, а наближені значення, то і кінцевий результат буде наближеним. Тому в ТВП однією із основних задач є визначення похибки функції, якщо відомі похибки їх аргументів.

При дослідженні функції однієї змінної граничні абсолютні $\varepsilon_{пр}$ та відносні $\delta_{пр}$ похибки обчислюються наступним чином:

$\varepsilon_{пр} = \pm \varepsilon_x f'(x)$, $\delta_{пр} = \pm d \ln(x)$,

де f’(x) – похідна функції f(x), d ln – диференціал натурального логарифму функції.

Якщо досліджувана функція – функція багатьох змінних, то

$$\varepsilon_{пр} = \pm\sum_1^\tau \left|\frac{\partial f(x_1,\dots, x_2)}{\partial x_i} dx_i\right|; \quad \delta_{пр} = \pm d\left|\ln(x_1,\dots, x_n)\right|.$$

6.3.5 Визначення оптимальної зони вимірювання

Однією із задач ТВП є установлення оптимальних, тобто найбільш вигідних, умов вимірювання. Оптимальні умови вимірювання мають місце при $\delta_{пр} = \min$. Методика розв′язку цієї задачі наступна. Якщо досліджують функцію з однією невідомою змінною, то спочатку беруть першу похідну по х. Прирівнявши її до нуля, визначають x_1. Якщо друга похідна по x_1 буде додатньою, то функція у випадку $x=x_1$ має мінімум. При наявності кількох змінних чинять аналогічно, але беруть похідні по всіх змінних. В результаті мінімізації функцій встановлюють оптимальну область вимірювання (інтервал температур, напружень,…) кожної функції, при якій похибка вимірювання є мінімальною.

6.3.6 Перевірка відтворюваності вимірювань

Вище були розглянуті загальні методи перевірки експериментальних вимірювань на точність та достовірність. Відповідальні експерименти повинні бути перевірені також на відтворюваність результатів, тобто на їх повторюваність в певних межах вимірювань із заданою достовірністю. Суть такої перевірки зводиться до наступного. Є кілька паралельних дослідів (серій). Для кожної серії вираховують середньоарифметичне значення $\bar{x}_i$. Потім вираховують дисперсію $Д_i$. Для того, щоб оцінити відтворюваність, розраховують критерій Кохрена (розрахунковий):

$$K_{кр} = \frac{\max Д_i}{\sum_1^m Д_i},$$

де max $Д_i$ – найбільше значення дисперсій із числа розглядуваних паралельних серій m. $\sum_1^m Д_i$ – сума дисперсій m серій. Рекомендується m приймати від 2 до 4.

Досліди вважають відтворюваними при $К_{кр} \le К_{кт}$, де $К_{кт}$ – табличне значення критерія Кохрена, що приймається залежно від довірчої ймовірності $Р_д$ і числа степенів вільності q=n-1.

6.4 Засоби вимірювання в експериментальних дослідженнях. Якість вимірювання

Невід′ємною частиною експериментальних досліджень є засоби вимірювання – сукупність технічних засобів, що дають необхідну інформацію для експерименту. Основні групи приладів призначені для вимірювання наступних показників: фізичних, механічних, хімічних властивостей, структури металів та виробу. Виділяють засоби для безпосереднього (прямого)

вимірювання та непрямого (ультразвукові дефектоскопи, що дозволяють оцінити міцність матеріалу по швидкості проходження ультразвуку).

До засобів вимірювання відносять **вимірювальний інструмент**, **вимірювальні прилади** і **установки**. Вимірювальні засоби поділяють на зразкові та технічні. **Зразкові** засоби є еталонами і призначені для перевірки технічних (робочих) засобів. Зразкові засоби не обов′язково повинні бути більш точними від робочих, еле вони повинні мати велику стабільність і надійність у відтворенні. Їх не використовують для робочих вимірювань. З метою підвищення точності та чутливості вимірювань, а також розширення діапазону, додатково використовують вимірювальні перетворювачі.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювання, призначений для отримання певної інформації про величину, яку вивчають, в зручній для експериментатора формі. Прилади складаються із двох основних вузлів: вузла, який приймає сигнал і вузла, що його перетворює.

Прилади класифікують за різними ознаками. За способом відліку значень вимірюваної величини їх поділяють на ті, що показують, і ті, що регіструють. Найбільшого поширення отримали **показуючі** аналогові прилади, пристрої відліку яких складаються із шкали і покажчика. Дані прилади дають покази без додаткових операцій експериментатора. Але вони мають більші похибки, ніж у цифрових, які є більш зручними та перспективними і мають меншу похибку.

Регіструючі прилади бувають самопишучими та друкуючими. Самопишучі прилади – термограф, шлейфовий осцилограф – видають графік вимірювань. Друкуючі прилади видають вимірювання у вигляді цифр на стрічці. Прилади також класифікують за точністю вимірювання, стабільністю показів, чутливістю, межами вимірювання і т.д.

Вимірювальна установка (стенд) – система, що складається із основних та додаткових засобів вимірювання і призначена для вимірюваня одного складного або кількох параметрів. Установки включають різноманітні прилади і перетворювачі. Перетворювачі є масштабні (трансформатори, електропідсилювачі) і такі, що змінюють фізичну суть сигналу (електромеханічний перетворювач).

Вимірювальні прилади характеризуються похибкою, точністю, стабільністю вимірювання і чутливістю.

Похибки приладів

Абсолютна похибка дорівнює: $b = \pm (x_i - x_д)$, де x_i – покази приладу (номінальне значення); $x_д$ – дійсне значеня. Причини виникнення похибок: недоброякісні матеріали та комплектуючі, що використані при виготовленні

приладу; погана якість виготовлення; погана експлуатація і ін. Суттєвий вплив мають: градуювання шкали та періодична перевірка. Крім цих систематичних похибок виникають випадкові, і тому при вимірюванні враховують сумарні похибки.

Відносна похибка: $b_{відн}=\pm (x_i - x_д)/x_д$. Інколи застосовують поняття приведеної похибки $b_{пр}=\pm (x_i - x_д)/x_{пр}$, де $x_{пр}$ – будь-яке значення шкали вимірювального пристрою (діапазон вимірювання), довжина шкали і ін.

Сумарні похибки, встановлені при визначених умовах (температурі, вологості, тиску) називають основними похибками приладу.

Діапазон вимірювання – та частина діапазону показів приладу, для якої встановлені похибки приладу. Якщо шкала вимірювання встановлена від 0 до N, то в характеристиці на прилад діапазон вказують в межах: 0–N. Різниця між максимальним показом приладу і мінімальним – це розмах. Якщо ця величина є непостійною, тобто якщо при зворотньому ході є збільшення або зменшення ходу, то цю різницю називають **варіацією показів ω**. Іншою характеристикою приладу є його чутливість – здатність реагувати на зміни вимірювальної величини. Порогом чутливості називають найменше значення вимірюваної величини, що викликає зміну показу приладу, яку можна ним зафіксувати.

Точність приладу – основна його характеристика і характеризується сумарною похибкою. Засоби вимірювання поділяють на класи точності залежно від допустимих похибок. Способи позначення класів точності приладів різні. Клас точності приладу (1-й – найвищий, 4-й – найнижчий) означає допустиму, сумарну, відносну похибку від верхньої межі вимірювання. Так, якщо клас приладу рівний 1, то допустима відносна похибка рівна ± 1%.

Стабільність – це властивість відлікового пристрою забезпечити постійність показів однієї і тієї ж величини. Вона визначається варіацією показів. Тому при встановленні стабільності нормують допустиму варіацію ω_1.

На всі прилади тією або іншою мірою діє магнітне поле Землі. Тому ряд електровимірювальних приладів повинні бути захищені. Схеми захисту бувають I та II категорій.

Перевірка засобів вимірювання передбачає визначення і, по можливості, зменшення похибок приладів. Визначення похибок дозволяє установити, чи відповідає даний прилад регламентованій степені точності і чи може бути застосованим для даних вимірювань.

При перевірці засобів вимірювання визначають і встановлюють, чи не виходять їх похибки за межі допустимих значень. Перевірку виконують на різних рівнях – від спеціальних державних організацій до низових ланок.

Державні метрологічні інститути і лабораторії по нагляду за стандартами і вимірювальною технікою виконують державний контроль із забезпечення в країні єдності міри. На високоточні вимірювальні засоби державні метрологічні оранізації видають спеціальне свідоцтво, в якому після перевірки взазують номінальні значення вимірюваної величини, клас точності, граничну допустиму похибку, результати перевірок похибок у вигляді таблиць, варіацію вимірювань. Для приладів меншої точності свідоцтва не видають, а замінюють його вказівкою, що прилад задовільняє вимоги стандарту або інструкції. Замість інструкції на прилад наносять клеймо перевірки.

Регулювання приладу – операції для зниження систематичних похибок до величини, що є меншою за допустиму похибку. Вимірювальні прилади оснащені двома вузлами для регулювання нуля і чутливості. Часто виникають систематичні похибки, які лінійно збільшуються або зменшуються із зміною вимірюваної величини. Такі похибки усувають за допомогою регулювання вузла чутливості.

Градуювання – нанесення міток на шкалу відлікового пристрою. Якщо шкала рівномірна, то градуювання не є складним процесом. При градуюванні нелінійних шкал попередньо регулюють прилад і наносять на циферблат поділки, що відповідають відомим значенням вимірювальної величини.

При виборі засобів вимірювання необхідно максимально використовувати стандартну апаратуру, інформацію про яку можна знайти у спеціальних щорічних довідниках-каталогах.

ТЕМА 7 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

7.1 Експеримент як засіб отримання нових знань

Експеримент – метод дослідження, який полягає в цілеспрямованій дії на об’єкт в заданих контрольованих умовах, що дозволяють стежити за ходом його проведення з точною фіксацією значень наперед намічених параметрів досліджуваного об’єкту. Експеримент є важливим засобом отримання нових знань.

Експериментальні дослідження дають критерії оцінки обґрунтованості й прийнятності на практиці будь-яких теорій і теоретичних уявлень. У залежності від мети експерименту (дослідження, управління, контроль) можуть бути використані різні методи аналізу об’єкта або явища. Експерименти розрізняються:

– **за способом формування умов** (природний і штучний);

– **за метою дослідження** (перетворюючі, констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні);

– **за організацією проведення** (лабораторні, натурні тощо);

– **за структурою досліджуваних об'єктів і явищ** (прості, складні) тощо.

Природний експеримент передбачає проведення дослідів у природних умовах існування об'єкта дослідження.

Штучний експеримент передбачає формування штучних умов.

Перетворюючий експеримент включає активну зміну структури і функцій об'єкта дослідження у відповідності з висунутою гіпотезою, формування нових зв'язків і відношень між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами. Дослідник навмисно створює умови, які повинні сприяти формуванню нових властивостей і якостей об'єкта.

Констатуючий експеримент використовується для перевірки певних припущень.

Контролюючий експеримент зводиться до контролю за результатами зовнішніх впливів над об'єктом дослідження з урахуванням його стану, характеру впливу і очікуваного ефекту.

Пошуковий експеримент здійснюється в тому випадку, якщо ускладнена класифікація факторів, що впливають на досліджуване явище внаслідок відсутності достатніх попередніх даних. За результатами пошукового експерименту встановлюється значимість факторів, здійснюється відсіювання незначущих.

Вирішальний експеримент ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або декілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Це узгодження призводить до ускладнення, а яку саме з гіпотез вважати правильною. Вирішальний експеримент дає такі факти, які узгоджуються з однією з гіпотез і суперечать іншій.

Лабораторний експеримент здійснюється в лабораторних умовах із застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів тощо. Зазвичай в лабораторному експерименті досліджується не сам об'єкт, а його зразок (модель).

Натурний експеримент здійснюється в природних умовах і на реальних об'єктах. У залежності від місця проведення іспитів він поділяється на виробничий, польовий, полігонний тощо.

Простий експеримент використовується для дослідження об'єктів, що не мають розгалуженої структури, з невеличкою кількістю взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів, що виконують найпростіші функції.

Складний експеримент досліджує явища або об’єкти з розгалуженою структурою і великою кількістю взаємопов’язаних і взаємодіючих елементів, що виконують складні функції.

7.2 Розробка методики експерименту

Методика експерименту – це сукупність розумових і фізичних операцій, розташованих у певній послідовності, в відповідності з якою досягається мета дослідження.

При розробці методики проведення експерименту необхідно передбачити:

– проведення попереднього цілеспрямованого спостереження над досліджуваним об’єктом або явищем з метою визначення вихідних даних (гіпотез, вибору факторів варіювання);

– створення умов, у яких можливе експериментування (підбір об’єктів для експериментального впливу, усунення впливу випадкових факторів);

– визначення меж вимірювань;

– систематичне спостереження за ходом розвитку досліджуваного явища і точний опис фактів;

– проведення систематичної реєстрації вимірів і оцінок фактів різними засобами і способами;

– створення повторюваних ситуацій, перехресних впливів, зміна їх характеру і умов;

– створення ускладнених ситуацій з метою підтвердження або спростування попередньо одержаних даних;

– перехід від емпіричного вивчення до логічних узагальнень, до аналізу і теоретичної обробки одержаного фактичного матеріалу.

Важливим етапом підготовки експерименту є визначення його цілей і задач. Кількість задач не повинна бути занадто великою (найкращий варіант 3–4, максимально 8–10). Перед експериментом потрібно вибрати фактори варіювання, тобто встановити основні і другорядні характеристики, що впливають на досліджуваний процес, проаналізувати розрахункові схеми процесу.

Правильний вибір основних і другорядних факторів відіграє суттєву роль в ефективності експерименту, оскільки він зводиться до знаходження залежностей між цими факторами. Необхідно також обґрунтувати набір засобів вимірів, обладнання, машин і апаратів. Тому важливо бути добре ознайомленим з вимірювальною апаратурою що використовується в країні. Нерідко виникає потреба в створенні унікальних приладів, установок, стендів для виконання експерименту. При цьому їх розробка і конструювання повинні бути ретельно обґрунтовані теоретичними розрахунками.

Одним з найвідповідальніших моментів в експерименті є встановлення точності вимірів і похибки. Методи вимірів повинні ґрунтуватись на законах спеціальний науки – метрології, що вивчає засоби і методи вимірів.

При експериментальному дослідженні одного і того ж процесу повторні відліки з приладів зазвичай неоднакові. Розкид значень (відхилення) відбувається через недосконаліть приладів, неоднорідність властивостей досліджуваного матеріалу тощо. Тому експеримент ніколи не завершується одним виміром, а отже, потрібно знати їх мінімальну кількість, яка змогла б забезпечити стійке середнє значення вимірюваної величини і яка б задовольняла заданому ступеню точності.

В методиці експерименту ретельно розробляється процес його проведення; складається послідовність операцій вимірів і спостережень; детально описується окремо кожна операція з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту; обґрунтовуються методи контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній кількості вимірів високу надійність і задану точність; розроблюються форми журналів для запису результатів спостережень і вимірів.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних. Зазвичай результати експериментів зводяться в такі форми запису: таблиці, графіки, формули, що дозволяє швидко аналізувати одержану інформацію.

Особлива увага в методиці повинна бути приділена математичним методам обробки і аналізу дослідних даних, наприклад, встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв’язків між характеристиками варіювання, встановленню критеріїв і довірчих інтервалів тощо.

Перед кожним експериментом складається його план, що включає: – мету і задачі експерименту; – вибір факторів варіювання;

– обґрунтування об’єму експерименту, кількості іспитів; порядок реалізації іспитів;

– визначення послідовності зміни факторів;

– вибір кроку зміни факторів, завдання інтервалів між майбутніми експериментальними точками;

– обґрунтування засобів виміру;

– опис проведення експерименту;

– обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

На об’єм і трудомісткість проведення експериментальних робіт істотно впливає вид експерименту. Наприклад, натурні і польові експерименти, як правило, мають більшу трудомісткість, що треба враховувати при плануванні.

Після встановлення обсягу експериментальних робіт складається перелік необхідних засобів вимірів, об’єм матеріалів, список виконавців, календарний план і кошторис витрат.

Програму експерименту розглядає науковий керівник, обговорюють у науковому колективі (наприклад, на засіданні кафедри або науково-технічної ради) і затверджують у встановленому порядку.

ТЕМА 8 ВИНАХІДНИЦЬКА РОБОТА І ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

8.1 Основні відомості про винахідництво і пошуково-конструкторську роботу

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

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

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

Відкриття повинне відповідати наступним вимогам:

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

Наприклад, відкриття явища фрикційного переносу при терті І.В.Крагельським, яке в повній мірі відповідає вищевикладеним умовам.

Відкриття вважається юридично визнаним тільки після наукової експертизи.

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

Критерії винаходу:

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

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

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

Критерії технічного рішення:

а) наявність змін об′єкту (конструкції, матеріалу тощо);

б) локальна новизна;

в) корисність для установи, підприємства.

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

8.2 Винахідництво як творчий процес. Методи пошуку нових технічних рішень

Пошук нових технічних рішень при розв′язанні винахідницьких задач є творчим процесом. **Технічна творчість** – це цілеспрямована діяльність людини, що зосереджена та спрямована на отримання нових технічних рішень і оригінальних результатів. В основі процесу творчого пошуку лежить відповідна

методологія. Розвиток методики технічної творчості та пошуку нових технічних рішень має історичний характер (табл.8.1.)

Таблиця 8.1

Класифікація методів пошуку нових технічних рішень

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

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

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

2. **Асоціативні** (психологічної активізації творчості) – передбачають активізацію генерування ідей за рахунок психологічного переборення інерційності мислення і представляють собою безсистемний пошук розв′язку

задачі (метод фокальних об′єктів, мозкового штурму, контрольних запитань, гірлянд випадковостей і асоціацій, синектики і ін.).

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

Розглянемо основні **системні** методи.

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

Приклад. Морфологічна таблиця методів подріблення стружки при обробці металів різанням (табл.8.2).

Таблиця 8.2

№ вар. (альтер-натива)	Ознака дії				
	А-об′єкт	В-спосіб	С-характер	Д-напрямок	Е-час
1.	А1 деталь	В1 механічний	С1 постійний	Д1 направлений	Е1 до обробки
2.	А2 стружка	В2 електронний	С2 періодичн.	Д2 скалярний	Е2 під час обробки
3.	А3 інструмент	В3 тепловий	С3 імпульсний		Е3 в проц. різання
4.		В4 хімічний			Е4 після обробки
5.		В5 магнітний			

За табл.8.2 синтез методів подріблення стружки створює N=3×5×3×2×4=360 комбінацій. Кількість варіантів можна збільшити суміщенням елементів (альтернатив), наприклад, В6=В2+В4 (електрохімічний спосіб впливу). В цьому випадку N=3×6×3×2×4=432. Надалі аналізують всі можливі варіанти:

1) А1-В1-С2-Д1-Е3 – віброрізання, коливання деталі;
2) А1-В4-С1-Д2-Е1 – зміна хім.складу деталі з метою підвищення оброблюваності і т.д.

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

Метод **десяткових матриць пошуку** грунтується на аналізі результатів системного застосування 10 еврістичних прийомів і 10 основних показників. За основні показники вибрані:

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

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

Систематизація прийомів та показників дозволяє побудувати матрицю 10×10, в якій в рядках розміщені показники, а в стовпцях прийоми.

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

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

1. Вибирають фокальний об′єкт (напр., цанга).
2. Вибирають 3-4 випадкових фокальних об′єкти (сталь, дискета, книга…).

3. Складають списки ознак випадкових об′єктів: легована сталь, конструкційна, кипляча, швидкорізальна і т.д.
4. Генерують ідеї шляхом приєднання до фокального об′єкта ознак випадкових об′єктів (легована цанга, швидкорізальна цанга і т.д.)
5. Розвивають одержані поєднання шляхом вільних асоціацій.
6. Оцінюють одержані ідеї і відбирають корисні рішення групою експертів.

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

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

Основні правила мозкового штурму:

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

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

В кожній модифікації АРВЗ розглядається три основні моменти: 1)постановка задачі і визначення протиріччя, що заважає її розв′язку

звичайними способами, або тими, що відомі в техніці; 2) усунення причини протиріччя з метою досягнення більш нового технічного ефекту; 3)приведення елементів вдосконалюваної системи у відповідність із замінюваним елементом.

8.3 Правова охорона винаходів. Об′єкти і ознаки винаходів

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

Пристрій – це виріб, який складається з елементів, що знаходяться в функціонально-конструктивній єдності між собою. Ознаки пристрою: 1)наявність конструктивних елементів; 2) наявність зв′язків між ними; 3)взаєморозташування елементів; 4) форма виконання елементів або пристрою вцілому, зокрема геометрична; 5) форма виконання зв′язків між елементами; 6) параметри; 7) матеріал, з якого виготовлений елемент чи пристрій вцілому.

Спосіб – це новий процес взаємопов′язаних дій над матеріальними об′єктами і за допомогою цих об′єктів, який характеризується суттєвими відмінностями і дає позитивний результат. Ознаки способу: 1) наявність чи сукупність дій; 2) порядок виконання дій в часі (послідовно, одночасно чи в поєднанні); 3) умови виконання дій, режими дій.

Речовина – нове, штучно створене матеріальне утворення, що являє собою сукупність взаємопов′язаних елементів-інгредієнтів, виробництво або використання яких дає позитивний результат. До речовин відносять: індивідуальні сполуки (зокрема високомолекулярні), композиції (склади або суміші) і продукти ядерного перетворення. Ознаки речовини: 1) кількісний, якісний склад кожного елементу, що входить в речовину, зв′язок атомів, їх взаєморозташування в молекулі; 2) хім.склад (для низькомолекулярних сполук) однієї з ланок молекул, молекулярна маса (для високомолекулярних сполук); 3) якісний і кількісний склад, структура композиції, структура інгредієнтів.

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

Об′єкти, що не вважаються винаходами: відкриття; наукові теорії та математичні методи; методи організації та управління господарством; умовні позначення, розклади, правила; методи виконання розумових операцій; програми для обчислювальних машин; результати художнього конструювання

(проектування і дизайн споруд тощо); топології інтегральних мікросхем; сорти рослин і породи тварин.

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

8.4 Оформлення та подання документів на предмет винаходів

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

1. **Заява на видачу патента**, що являє собою стандартний бланк з інформацією про авторів винаходу, патентовласників та їх реквізити.
2. **Опис винаходу**, що розкриває його повний зміст і можливість відтворення.
3. **Формула винаходу** – коротка характеристика технічної суті винаходу, яка містить перелік його суттєвих ознак і є достатньою для досягнення технічного результату.
4. **Креслення, таблиці та інші матеріали**, що необхідні для розуміння суті винаходу.
5. **Реферат** – скорочений виклад (до 250 слів) змісту опису винаходу, який включає в себе об′єкт винаходу, область застосування, суть винаходу, альтернативні рішення і технічний результат.
6. **Документ, що підтверджує сплату держмита.**

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

Список літературних джерел

1. Методологія наукових досліджень : підручник / О. Г. Данильян, О. П. Дзьобань. – Харків: Право, 2019. – 368 с.

2. Самсонов В.В., Сільвестров А.М., Тачиніна О.М. Методологія наукових досліджень та приклади її використання: Навч. посібник. К.:НУХТ, 2022. – 385 с.

3. Білуха М.Т. Методологія наукових досліджень. Підручник / М.Т. Білуха. - К.: Наука, 2012. - 480 с.

4. Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка / В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, В.П. Долгополов. -К.: Наука, 2014. - 252 с.

5. Петрук В.Г. Основи науково-дослідної роботи / В.Г. Петрук, Є.Т. Володарский, В.Б. Мокін. -К.: Наука, 2016. - 144 с.

6. Кулешов С. Г. Загальне документознавство : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / С. Г. Кулешов. – Київ : Києво-Могилян. акад., 2012. – 122 с.

7. Машталер А. А. Культура інноваційного мислення в освіті: інформація, творчість, знання : монографія / А. А. Машталер. – Київ : Інформ. системи, 2012. – 284 с.

8. Остапчук М. В. Методологія та організація наукових досліджень : підручник / М. В. Остапчук, А. І. Рибак, О. С. Ванюшкін. – Одеса : Фенікс, 2014. – 375 с.

СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕРМІНИ В ГАЛУЗІ СЕРТИФІКАЦІЇ

Сертифікація – це процедура, за допомогою якої третя сторона дає письмову гарантію того, що продукт, процес або послуга відповідають визначеним вимогам. Отже, процес сертифікації передбачає проведення в установленому порядку оцінки відповідності властивостей і характеристик продукції чи послуг.

Відповідність – це відповідність усім встановленим вимогам до продукту, процесу або послуги. Для забезпечення процесу сертифікації необхідно виконати дві умови. Першою умовою є бажання постачальника (виробника, підрядника). Процедура оцінки відповідності визначається як систематична перевірка ступеня відповідності продукції, процесів або послуг встановленим вимогам. Перевірка відповідності – підтвердження відповідності продукції, процесів або послуг визначеним вимогам, отримане шляхом дослідження доказів. При оцінці відповідності найбільш достовірними вважаються результати, отримані під час випробувань «третьою стороною». Третя сторона - особа або орган, визнаний незалежним від сторін, які беруть участь у справі, що розглядається. При цьому вважається, що сторони-учасники представляють, як правило, інтереси постачальників (перша сторона) і покупців (друга сторона). Отримання результатів відповідності та тестування проводяться в спеціалізованих лабораторіях, які повинні відповідати певним критеріям. Тому випробуванням, контролю та оцінці продукції за зразком, які становлять початкову фазу процесу сертифікації, передує процес визначення можливості проведення необхідних досліджень у самій лабораторії – перевірка якості випробувань, сертифікація та акредитація випробувальних лабораторій.

Перевірка якості випробувань лабораторії - це встановлення здатності цієї лабораторії проводити випробування за допомогою міжлабораторних порівняльних випробувань.

Атестація – перевірка випробувальної лабораторії на відповідність встановленим критеріям акредитації.

Акредитація – це офіційне визнання того, що випробувальна лабораторія уповноважена виконувати певні випробування або певні види випробувань.

Управління системою сертифікації здійснює орган сертифікації, який згідно з ДСТУ 2462-94 може сам проводити випробування або наглядати за діяльністю з сертифікації, яку проводить інший орган від його імені. Передбачено два види сертифікації: обов'язкова та добровільна. Обов'язкова

сертифікація - це визначення відповідності продукції (послуг, процесів) вимогам, які вводяться нормативними документами в ранг обов'язкових. Добровільна сертифікація проводиться на добровільних засадах за бажанням та ініціативою виробника, постачальника або споживача продукції.

Сертифікація вважається основним надійним способом підтвердження відповідності продукції (процесів або послуг) відповідним вимогам. Під час сертифікації використовується низка документів та маркування, які свідчать про відповідність продукції чи послуг встановленим вимогам:

– протокол випробувань;

– сертифікат виробництва;

– сертифікат відповідності;

– сертифікат на систему якості підприємства;

– сертифікат на систему охорони природи;

– сертифікат на систему охорони праці підприємства.

Протокол випробувань – документ, що містить результати випробувань продукції та іншу інформацію про випробування.

Сертифікат виробництва засвідчує, що виробництво забезпечує стабільність якості виготовлення окремих видів продукції або окремих її характеристик, підтверджених під час атестації, протягом встановленого терміну.

Сертифікат відповідності вказує, що надається необхідна впевненість у тому, що належним чином ідентифікований продукт, процес чи послуга відповідають певному стандарту чи іншому нормативному документу (від англ. segtificate – сертифікат, посвідчення). Відповідність продукції може бути засвідчено знаком відповідності, захищеним у встановленому порядку згідно з правилами сертифікації. Атестація проводиться з метою:

1. створення умов для діяльності організацій та підприємців в Україні; для участі в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві та міжнародній торгівлі;

2. допомога споживачам у виборі продукції;

3. захист споживача від несумлінності виробника (продавця, виконавця);

4. контроль безпеки продукції для навколишнього середовища, життя, здоров'я та майна;

5. підтвердження заявлених виробником показників якості продукції.

Необхідність сертифікації

1. Підвищити імідж організації в регіоні та галузі.

2. Можливість співпраці в спільних роботах і проектах з іноземними організаціями.

3. Обов'язкова умова для отримання державного, військового чи іншого замовлення, що фінансується з бюджету країни чи міста.

4. Отримання переваги над конкурентами при участі в тендерах.

5. Спрощення процесу отримання ліцензій чи дозволів.

6. Залучення іноземних інвесторів.

7. Полегшення управління всією діяльністю підприємства.

8. Скоротити непродуктивні витрати.

9. Підвищення якості продукції/послуг.

10. Удосконалити систему управління та підвищити її ефективність.

2 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ СЕРТИФІКАЦІЇ

Порядок проведення сертифікації системи якості регулюється ДСТУ 3419. Згідно з цим нормативним документом сертифікація систем якості в Системі здійснюється органами з сертифікації систем якості (далі – органи сертифікації), акредитованими на проведення цих робіт, а за їх відсутності - організаціями, на які згідно з рішенням Національного органу із сертифікації покладено виконання функцій органу із сертифікації. Сертифікація систем якості проводиться за ініціативою виробника продукції або за рішенням органу з сертифікації продукції, якщо це передбачено схемою сертифікації, або на вимогу інших незалежних організацій чи установ, уповноважених державою оцінювати системи управління якістю.

Сертифікація систем якості виробництва окремих видів продукції проводиться з метою підтвердження відповідності системи якості вимогам стандартів ДСТУ ISO 9000 та забезпечення впевненості в тому, що виробник здатний постійно випускати продукцію, яка відповідає вимогам нормативних документів.

Під час проведення сертифікації системи якості необхідно забезпечити конфіденційність інформації про результати сертифікації, яка є комерційною таємницею. Але це не повинно перешкоджати поданню в установленому порядку інформації про результати сертифікації системи якості.

Об'єктами оцінок під час сертифікації системи якості та технічного нагляду за сертифікованими системами є: діяльність з управління та забезпечення якості відповідно до вимог стандартів ДСТУ ISO 9000 та інша додаткова інформація, щодо оцінки системи якості; стан виробництва з точки зору можливості забезпечення стабільної якості продукції, що підлягає сертифікації; якість продукції (на основі аналізу інформації з різних джерел).

Отримання виробником сертифіката системи якості не означає, що відповідальність за забезпечення якості відповідної продукції переходить від

виробника до органу, який проводив сертифікацію. Виробник, який претендує на сертифікацію системи якості в Системі, подає заявку до акредитованого в ній органу сертифікації (у разі його відсутності – до Національного органу сертифікації). При наявності декількох органів з сертифікації систем якості виробник має право звернутися до будь-якого з них, якщо інше не встановлено органом з сертифікації продукції. Орган із сертифікації системи якості розглядає заявку та надсилає підприємству-заявнику: опитувальний лист для проведення попереднього обстеження системи якості підприємства-заявника; перелік сировини і матеріалів, які підприємство повинно подати до органу сертифікації для попередньої (заочної) оцінки системи якості та стану виробництва.

Компанія-заявник заповнює анкету, готує всі необхідні вихідні матеріали та подає їх до органу сертифікації. Процес сертифікації систем якості складається з наступних етапів: попередня (зовнішня) оцінка системи якості; остаточна перевірка та оцінка системи якості; оформлення результатів перевірки; технічний нагляд за сертифікованою системою якості.

Попередня оцінка системи якості проводиться з метою визначення доцільності продовження робіт із сертифікації системи якості підприємства, а у разі встановлення такої доцільності, розроблення програми перевірки.

Попередню оцінку проводить комісія органу з сертифікації. До складу комісії повинен входити хоча б один аудитор з сертифікації. Орган сертифікації призначає головного аудитора, який формує комісію з компетентних спеціалістів для аналізу отриманих матеріалів і підготовки попередніх висновків. Головний ревізор призначається навіть тоді, коли аналіз проводить одна особа. До складу комісії не входять працівники підприємства-претендента, а також представники інших підприємств, зацікавлених у результатах атестації системи якості підприємства-претендента.

Склад комісії затверджується керівником органу із сертифікації. Комісія аналізує всі матеріали, що надійшли від підприємства, для попередньої оцінки його готовності до сертифікації системи якості. У разі необхідності комісія може направити свого представника для неофіційного візиту на підприємство для проведення робіт з попередньої оцінки системи якості підприємства безпосередньо на місці або вимагати від підприємства додаткову інформацію та матеріали, необхідні для проведення оцінки.

Паралельно з аналізом матеріалів, отриманих від підприємства-претендента, комісія організовує збір та аналіз додаткової інформації про якість продукції, щодо якої проводяться роботи з сертифікації системи якості, з незалежних джерел Попередня оцінка системи якості завершується

підготовкою письмового висновку про доцільність (неналежність) проведення остаточної перевірки та оцінки системи якості. Висновок складається у двох примірниках: один залишається в органі сертифікації, другий передається підприємству-заявнику.

У разі позитивного рішення орган сертифікації надсилає заявнику висновок і проект господарського договору для кінцевої перевірки та оцінки системи якості. У разі прийняття негативного рішення за результатами оцінки у висновку зазначаються причини такого рішення та всі невідповідності системи якості продукції, що перевіряється, вимогам відповідних нормативних документів, які мають бути усунені до комісії відвідує виробника, після чого компанія може подати свою систему якості на повторну попередню оцінку.

Кінцева перевірка та оцінка системи якості здійснюється комісією, що проводила попередню оцінку, або іншою комісією, до складу якої обов'язково входять експерти, які проводили попередню оцінку, та експерт-фахівець з розробки та технології виробництва відповідної продукції. Склад комісії затверджується керівником органу сертифікації, переглядається компанією-замовником, яка може її відхилити, якщо вважає, що перевірка таким складом може викликати конфліктні ситуації. За результатами аналізу матеріалів, що надійшли від підприємства-замовника на етапі попередньої оцінки, комісія розробляє програму кінцевої перевірки системи якості з урахуванням специфіки підприємства, продукції, що випускається та вимог споживачів. Програма перевірки в цілому повинна містити: мету та область перевірки; склад оглядової комісії; дата і місце перевірки; перелік документів, на відповідність яким проводиться перевірка; перелік структурних підрозділів підприємства, що перевіряється; найменування елементів системи якості та виробництва, що підлягають перевірці; розподіл обов'язків між членами комісії з перевірки елементів системи якості та стану виробництва; джерела інформації про якість продукції; орієнтовні дати кожного з основних заходів програми; вимоги щодо забезпечення конфіденційності відомостей, що становлять комерційну таємницю; перелік організацій та осіб, яким надається акт перевірки.

Керівник підприємства-претендента ознайомлюється з програмою перевірки перед початком підсумкової перевірки. Для реалізації програми перевірки та відображення її результатів щодо окремих розділів програми, у разі необхідності, використовують форми наступних робочих документів: перелік контрольних питань, які використовуються для оцінки елементів системи якості; форми для здійснення спостережень під час перевірки; форми

для документування підтверджуючих даних, які підтверджують висновки аудиторів.

Робочі документи розробляються аудиторами під керівництвом головного аудитора. Вони мають бути такими, щоб не обмежувати здійснення додаткових перевірочних заходів, необхідність яких може бути виявлена на підставі інформації, отриманої під час перевірки. Перевірка включає такі процедури: проведення попередньої зустрічі; обстеження; проведення підсумкової зустрічі; підготовка акта перевірки.

Попередню нараду організовують і проводять підприємство та головний ревізор. У засіданні беруть участь члени комісії та працівники підприємства заявника, які визначені для участі в перевірці. Під час попереднього засідання: члени комісії рекомендуються керівництву підприємства-претендента; інформує учасників наради про мету та завдання перевірки, програму, методику та порядок проведення перевірки; встановити офіційні методи спілкування між аудиторами та персоналом компанії; узгодити дату підсумкової зустрічі та проміжних зустрічей (за потреби); скласти графік перевірки підрозділів і виробництв підприємства; уточнити всі незрозумілі питання програми перевірки.

Під час перевірки необхідні дані про систему якості збираються шляхом обстеження, вивчення документів та проведення спостережень на перевірених ділянках. Ознаки, які вказують на можливість невідповідності, повинні бути зафіксовані та досліджені окремо. Інформацію, отриману під час опитування, слід перевіряти шляхом порівняння з інформацією, отриманою з інших джерел.

Обстеження вимагає роботи з оцінки стану виробництва, аналізу фактичного матеріалу та підготовки попередніх висновків до підсумкової наради. Оцінка здатності виробництва забезпечує стабільний випуск продукції необхідного рівня якості здійснюється на основі аналізу відповідної інформації про якість продукції та спостережень за станом виробництва відповідно до програми та методики. Якщо підприємство сертифікувало продукцію в установленому порядку, оцінка її стану може не проводитися за рішенням комісії. За результатами аналізу фактичного матеріалу готуються попередні висновки про відповідність (невідповідність): системи якості в цілому вимогам нормативних документів із системи якості; виробництво відповідно до вимог стабільного забезпечення необхідного рівня якості продукції. Після перевірки комісія повинна провести підсумкову нараду з керівництвом підприємства та особами, відповідальними за об’єкти перевірки. Його мета – надати керівництву підприємства зауваження, що виникли за результатами перевірки

та оцінки, а також зробити попередні висновки щодо можливості (неможливості) видачі сертифіката відповідності системи якості.

За підсумками підсумкового засідання комісія під керівництвом головного аудитора готує акт перевірки, який повинен містити: загальну інформацію про підприємство-заявника (назва, адреса, банківські реквізити) та про орган сертифікації (назва, адреса, банківські реквізити, реєстраційний номер атестата про акредитацію органу); відомості про підстави проведення перевірки, мету, завдання та обсяг перевірки експертами; перелік основних документів, на відповідність яким проводилися перевірки; інформація про програму перевірки; результати попередньої перевірки та висновки за ними; опис фактичного стану об'єктів перевірки; зауваження щодо невідповідності; висновки комісії щодо відповідності системи якості вимогам нормативних документів; вказівку на конфіденційність інформації, використаної у звіті; висновки про можливість (неможливість) видачі сертифіката; відомості про організації та осіб, яким надається звіт.

Видача результатів перевірки. У результаті перевірки та оцінки систем якості можливі три варіанти висновків. Система повністю відповідає нормативним документам на системи якості, на відповідність яким проводилась перевірка. Система в цілому відповідає нормативним документам з системи якості, на відповідність яким проводилась перевірка, але по окремих елементах системи виявлено незначні невідповідності, які можна досить швидко усунути (до шести місяців). Система має серйозні невідповідності, які можна усунути лише в результаті доопрацювання протягом тривалого часу.

У першому варіанті орган сертифікації видає сертифікат відповідності, реєструє його в системному реєстрі, видає підприємству-заявнику та надсилає копії органу сертифікації продукції. Термін дії сертифіката визначається органом сертифікації, але не може перевищувати трьох років. У другому варіанті, якщо підприємство враховує зауваження та повторно подає заявку на сертифікацію у встановлений органом сертифікації термін, робота з сертифікації може проводитися за повною або скороченою схемою, коли тільки ті елементи якості системи, щодо яких були зроблені зауваження, перевіряються. У разі позитивного рішення за результатами цієї роботи виробнику видається сертифікат.

У третьому варіанті оцінка системи якості підприємства знову проводиться в повному обсязі. Термін дії сертифіката системи якості не продовжується. Для отримання сертифіката підприємство не пізніше ніж за три місяці до закінчення терміну дії надсилає до органу з сертифікації системи якості нову заявку. Порядок повторної перевірки та оцінки системи якості визначається органом із

сертифікації в кожному окремому випадку з урахуванням результатів технічного нагляду за сертифікованою системою якості.

Технічний нагляд за сертифікованими системами якості здійснюється органом із сертифікації протягом усього терміну дії сертифіката або за його пропозицією на підставі відповідних договорів територіальними центрами стандартизації, метрології та сертифікації. Обсяг, порядок і періодичність нагляду встановлюється органом із сертифікації під час сертифікації системи якості. За результатами технічного нагляду орган із сертифікації може призупинити або анулювати дію сертифіката у випадках: виявлення невідповідності системи якості вимогам стандартів на систему якості; наявність обґрунтованих претензій споживачів цієї продукції; виявлення порушень правил або процедур, встановлених органом сертифікації; виявлення некоректного використання сертифіката.

Рішення про тимчасове призупинення дії сертифіката на систему якості прий-мається, якщо протягом установленого терміну коригувальних дій, узгодженого з органом із сертифікації, підприємство може усунути виявлені причини невідповідності та підтвердити це без повторного проведення технічного нагляду.

Орган сертифікації повинен повідомити компанію-заявника про тимчасове призупинення дії сертифіката та одночасно зазначити умови, за яких тимчасове призупинення дії сертифіката може бути скасовано, а також подати їх для публікації у відповідному інформаційному виданні. У разі виконання підприємством зазначених умов протягом зазначеного терміну орган сертифікації скасовує рішення про тимчасове призупинення дії сертифіката та інформує про це виробника. В іншому випадку сертифікат анулюється. Орган із сертифікації анулює сертифікат відповідності на систему якості у разі: якщо за результатами технічного нагляду встановлено принципову невідповідність системи якості чинним вимогам; якщо у разі зміни правил системи сертифікації виробник не може забезпечити відповідність новим вимогам; якщо виробник тривалий час не постачає продукцію; якщо виробник не виконав фінансові зобов'язання перед органом сертифікації; при наявності офіційного запиту від виробника.

Про анулювання сертифіката відповідності орган сертифікації офіційно повідомляє компанію-заявника рекомендованим листом або подібним повідомленням. Орган сертифікації також подає інформацію про анулювання сертифіката до Реєстру Системи та для оприлюднення у відповідному інформаційному виданні. У разі необхідності внесення змін до системи якості та правил і процедури оцінки системи виробник зобов’язаний: негайно

інформувати орган сертифікації про будь-які передбачувані зміни в системі якості або про інші зміни, які можуть негативно вплинути на її відповідність чинним вимоги; погодитися з рішенням органу сертифікації про необхідність повторної оцінки системи якості у зв'язку з внесенням передбачених змін або проведенням додаткового аналізу цих змін.

Після отримання повідомлення про зміни в системі якості орган сертифікації повинен негайно прийняти рішення про необхідність відповідної переоцінки системи якості та довести це рішення до виробника. У разі необхідності внесення змін до правил і порядку оцінки системи якості орган сертифікації повинен: повідомити зацікавлені підприємства про необхідні зміни; визначити реальні терміни, необхідні виробнику для внесення відповідних змін до системи якості; офіційно інформувати всіх виробників про нові вимоги та необхідність вжити необхідних заходів для їх врахування, а також про те, що якщо ці заходи не будуть вжиті протягом зазначеного часу, дію сертифіката може бути тимчасово призупинено або сертифікат буде скасовано. скасовано.

Проведення атестації

Сертифікація продукції включає: подання заявки на сертифікацію; прийняття рішення по заявці, включаючи вибір схеми; відбір, ідентифікація зразків та їх випробування; оцінка виробництва (якщо передбачена схемою сертифікації); аналіз отриманих результатів та прийняття рішення про видачу (відмову у видачі) сертифіката відповідності; видача сертифіката та ліцензії на використання знака відповідності; здійснення інспекційного контролю за сертифікованою продукцією (якщо це передбачено схемою сертифікації). Подання заявки на сертифікацію та прийняття рішення по заявці. Для проведення сертифікації продукції заявник надсилає заявку до відповідного органу сертифікації.

Орган із сертифікації розглядає заявку і не пізніше ніж через місяць після її отримання (Конкретні строки розгляду заявки можуть бути визначені документом, що встановлює порядок сертифікації однорідної продукції) повідомляє заявника про прийняте рішення. Вибір конкретної випробувальної лабораторії, органу сертифікації виробництва чи системи якості здійснюється заявником. Відбір, ідентифікація зразків та їх випробування. Випробування проводять на зразках, конструкція, склад і технологія виготовлення яких повинні бути такими ж, як і продукція, що постачається споживачеві (замовнику).

Заявник подає необхідну технічну документацію із зразком (зразками), склад і зміст якого встановлюється в порядку атестації однорідної продукції.

Відбір зразків для випробувань здійснюється, як правило, випробувальною лабораторією або за її дорученням іншою компетентною організацією. У разі проведення випробувань у двох і більше випробувальних лабораторіях відбір зразків для випробувань може здійснювати орган із сертифікації (у разі потреби за участю випробувальних лабораторій).

Зразки, що пройшли випробування, підлягають зберіганню протягом терміну придатності продукції або терміну дії сертифіката. Конкретні терміни зберігання зразків встановлюються в документах, що встановлюють порядок сертифікації однорідної продукції.

3 СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ ТА ПОРЯДОК ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ

Процедури оцінки відповідності, що містяться в директивах, базуються на восьми модулях, встановлених Рішенням Ради 93/465/ЄЕС. Кожна конкретна директива використовує різні модулі залежно від рівня ризику, пов’язаного з продуктом. Однак виробники іноді стикаються з проблемами, пов'язаними з вибором моделей, які займають місце в директивах, що вимагає втручання уповноваженого органу. Це трапляється, коли йдеться про продукти, на які поширюється дія кількох директив, оскільки не всі відповідні директиви можуть пропонувати загальну модель. Це може означати, що виробникам потрібно застосовувати різні моделі для різних категорій ризиків, визначених у цих продуктах, і користуватися послугами різних уповноважених органів. Тобто виробники змушені користуватися послугами кількох уповноважених органів для оцінки відповідності своєї продукції.

Оскільки кожен компетентний орган повинен обмежити свою діяльність оцінкою вимог лише тих директив, для виконання яких він був призначений, втручання кількох компетентних органів неминуче збільшить витрати. Єврокомісія пропонує запровадити більш послідовний вибір моделей за категорією ризику продукту.

Можна вжити інших заходів, щоб підвищити ефективність директив і допомогти органам ринкового контролю контролювати продукцію їх виробників, навіть якщо використовується модель А. Наприклад, ввести вимогу передавати виробником технічну документацію на продукцію юридичної особи, зареєстрованої в ЄС. Метою такої процедури є забезпечення того, щоб усі виробники, включаючи виробників із третіх країн, були змушені вживати заходів для дотримання директив.

Таблиця 1 – Модулі оцінки відповідності

Умовне позначення модуля	Мета модуля	Зміст модуля
A	Внутрішній контроль виробництва	Охоплює внутрішній контроль проектування і виробництва. Цей модуль не вимагає участі нотифікованого органу
B	Експертиза типу ЄС	Охоплює стадію проектування і повинна передувати модулю, який забезпечує оцінку на стадії виробництва. Нотифікований орган видає свідоцтво про експертизу типу ЄС
C	Відповідність типу	Охоплює стадію виробництва і йде після модуля В. Передбачає відповідність типу, вказаному в свідоцтві про експертизу типу ЄС, виданому по модулю В. Цей модуль не вимагає участі нотифікованого органу
D	Забезпечення якості виробництва	Розповсюджується на стадію виробництва і йде після модуля В. Вводиться в дію прийнята система керування якістю за стандартом EN ISO 9001:2000. Нотифікований орган проводить її оцінку на стадіях виробництва, випробувань і контролю готової продукції
E	Забезпечення якості продукції	Розповсюджується на стадію виробництва і йде після модуля В. Вводиться в дію прийнята система керування якістю за стандартом EN ISO 9001:2000. Нотифікований орган проводить її оцінку на стадіях виробництва, випробувань і контролю готової продукції
F	Верифікація продукції	Розповсюджується на стадію виробництва і йде після модуля В. Нотифікований орган перевіряє відповідність типу, описаному у виданому по модулю В свідоцтву про експертизу типу ЄС, і видає свідоцтво про відповідність
G	Верифікація одиниці продукції	Розповсюджується на стадію проектування і виробництва. Кожен окремий виріб перевіряє нотифікований орган, який видає свідоцтво про відповідність
H	Повне забезпечення якості	Розповсюджується на стадію проектування і виробництва. Здійснюється на підставі стандарту EN ISO 9001:2000, передбачає участь нотифікованого органу, який видає сертифікат відповідності на схвалену систему керування якості

Деякі директиви вимагають різних процедур оцінки відповідності залежно від того, чи був продукт виготовлений відповідно до стандартів чи ні, наприклад, процедури випробування типу (модель В), якщо стандарти не були повністю

використані (модель А). У зв'язку з цим, коли продукція виробляється з незначними відхиленнями від норм, передбачених стандартами, виробники зобов'язані передати свою продукцію сторонній оцінці.

Успішна сертифікація відповідності можлива лише за умови високої компетентності учасників сертифікації у проведенні випробувань і перевірок, їх взаємної довіри. Заявник повинен довіряти органу сертифікації та випробувальній лабораторії, які дають висновок щодо його продукції, випробувальна лабораторія - органу сертифікації і навпаки. Тобто для визначення неупередженості, незалежності та компетентності учасників атестації необхідна наявність відповідного механізму. Таким механізмом забезпечення довіри є акредитація. Концепція акредитації стосовно процесу сертифікації є офіційним визнанням того, що випробувальна лабораторія (орган сертифікації) уповноважена проводити конкретні випробування або конкретні види випробувань. Основною метою акредитації є:

• підвищення якості роботи та зміцнення довіри до випробувальних лабораторій та органів сертифікації з боку заявника, держави та інших зацікавлених структур;

• забезпечення конкурентоспроможності продукції та послуг на внутрішньому та зовнішньому ринках;

• визнання результатів випробувань та сертифікатів відповідності на національному, європейському та світовому рівнях.

Така мета передбачає вирішення таких завдань у сфері акредитації:

• встановлення єдиних вимог до випробувальних лабораторій та органів сертифікації;

• встановлення загальних правил акредитації та вимог до органів з акредитації;

• створення національних систем акредитації, що відповідають міжнародним стандартам;

• співпраця національних структур з акредитації на міжнародному рівні та всередині країни. Більшість моделей оцінки відповідності, передбачених директивами Нового підходу, а також опублікованими технічними регламентами України, потребують втручання незалежного органу з оцінки відповідності, відомого як нотифікований (уповноважений) орган.

Уповноважені органи – це незалежні випробувальні лабораторії (центри) або органи сертифікації, які здійснюють процедури оцінки відповідності. Органи з оцінки відповідності призначаються та уповноважені кожною державою-членом ЄС. Вони повинні бути технічно компетентними, незалежними, неупередженими

та чесними, що необхідно для виконання вимог тестування та сертифікації, встановлених директивами.

Сертифікати, видані уповноваженим органом однієї з держав-членів ЄС, повинні визнаватися на всій території Європейського Союзу. У директивах зазначено, що повідомлення про дозвіл має бути надіслано до Комісії та інших держав-членів, обов'язком яких є визнання сертифікатів, виданих органами, зазначеними в повідомленні.

Органи з оцінки відповідності призначаються та уповноважені кожною державою-членом ЄС. Вони повинні бути технічно компетентними, незалежними, неупередженими та чесними, що необхідно для виконання вимог тестування та сертифікації, встановлених директивами. Сертифікати, видані уповноваженим органом однієї з держав-членів ЄС, повинні визнаватися на всій території Європейського Союзу. У директивах зазначено, що повідомлення про дозвіл має бути надіслано до Комісії та інших держав-членів, обов'язком яких є визнання сертифікатів, виданих органами, зазначеними в повідомленні.

Щоб полегшити процедуру, Комісія розробила керівний документ і стандартні форми для використання уповноваженими органами в державах-членах. Однак органи влади не завжди дотримуються цієї процедури, коли йдеться про зобов'язання повідомляти інші держави-члени, щоб переконатися, що уповноважені органи виконують свої зобов'язання.

Комісія пропонує розмістити в Інтернеті базу даних, яка міститиме перелік уповноважених органів, і використовувати цю базу для розробки електронної системи сповіщення для спрощення обтяжливої процедури. Це також зробить інформацію, пов'язану з уповноваженими органами, загальнодоступною в «реальному часі». Комісія впроваджуватиме таку систему в тісній співпраці з уповноваженими органами держав-членів ЄС.

Якщо заявник не володіє достатньою інформацією про орган, який сертифікує конкретну продукцію, або про порядок сертифікації, він може звернутися до територіального відділення Держстандарту, де йому нададуть необхідну інформацію. Заява та додаткова інформація до неї є першим прямим доказом від керівництва підприємства того, що виробництво або поставка продукції відповідає обов'язковим вимогам чинних стандартів та нормативних документів. Випробування проводять на зразках, які, як правило, відбирає представник органу з сертифікації або випробувальної лабораторії. Кількість зразків, порядок їх відбору, правила ідентифікації та зберігання визначаються правилами системи сертифікації однорідної продукції з урахуванням нормативних документів, що стосуються випробувань даного виду продукції. Якщо схемою сертифікації передбачено обстеження виробництва, то додатково проводиться

експертиза нормативно-технологічної документації з відповідною перевіркою характеристик і показників продукції на відповідність вимогам нормативних документів, оцінкою відповідності, проведення контрольних операцій і випробувань продукції на самому виробництві в процесі виробництва з урахуванням наявності на підприємстві служби вхідного контролю сировини та організації її роботи, оперативності роботи служби.

Метрологічне забезпечення, наявність та відповідність показників точності засобів вимірювальної техніки. Випробування імпортної продукції проводяться випробувальними лабораторіями або центрами, акредитованими в системі УкрСЕПРО, за винятком випадків наявності угоди про взаємне визнання результатів випробувань. У разі позитивних результатів випробувань протоколи передаються до органу сертифікації, а копії – заявнику.

На підставі протоколів випробувань і результатів інспектування виробництва (оцінка та сертифікація систем якості) та аналізу документів про відповідність інших органів із сертифікації або протоколів державних випробувальних комісій орган із сертифікації оцінює відповідність продукції встановленим вимогам, здійснює видача та реєстрація свідоцтва. Сертифікат відповідності видається виключно органом сертифікації продукції. Сертифікат відповідності видається на одиничний виріб, на партію продукції або на продукцію, що випускається підприємством серійно з правом маркування знаком відповідності кожної одиниці продукції. Термін дії сертифіката на продукцію, що випускається підприємством серійно, встановлюється органом із сертифікації та зазначається в ліцензійній угоді з урахуванням:

1) термін дії нормативних документів на даний вид продукції;

2) термін сертифікації системи якості або атестації виробництва;

3) гарантійний термін придатності товару до моменту його продажу або термін зберігання товару.

У будь-якому випадку термін сертифікації продукції не перевищує:

- три роки - після сертифікації системи якості;
- два роки - при атестації продукції;
- один рік - під час перевірки виробництва.

Термін дії, встановлений у ліцензії, не продовжується, а порядок видачі нової ліцензії замість тієї, що втратила чинність, визначається органом із сертифікації в кожному конкретному випадку відповідно до вимог процедури сертифікації для конкретного. продуктів. Підтвердження факту сертифікації продукції (послуг) може здійснюватися такими способами:

- оригінал сертифіката відповідності:

- знак відповідності, що наноситься на продукцію шляхом маркування, згідно з ДСТУ 2296-93;

- копія сертифіката відповідності, засвідчена органом, який видав сертифікат, або територіальним центром стандартизації метрології та сертифікації;

- відомості в документації, що додається до продукції, із зазначенням номера сертифіката, терміну його дії та органу, що його видав.

Технічний нагляд за сертифікованою продукцією та її технічними показниками здійснюється органом із сертифікації, який видав сертифікат, протягом усього терміну дії сертифіката та ліцензії. Обсяг, порядок і періодичність нагляду встановлюються органом із сертифікації продукції та регламентуються програмою технічного нагляду, яка розробляється органом із сертифікації та затверджується його керівництвом. У разі необхідності у разі виявлення суттєвих недоліків у виробництві та невідповідності продукції вимогам нормативних документів орган із сертифікації може прийняти рішення про призупинення дії ліцензії чи сертифіката відповідності. Цю інформацію орган сертифікації письмово доводить до відома заявника та Національного органу сертифікації, після чого вживає коригувальних дій щодо усунення невідповідності, передбаченої ДСТУ 3413-96.

Відповідно до чинного законодавства за реалізацію продукції, яка підлягає, але не пройшла обов’язковій сертифікації, виробник (продавець) сплачує штраф у розмірі 25% вартості реалізованої продукції; за реалізацію імпортних продовольчих та непродовольчих товарів, які не відповідають вимогам чинних в Україні нормативних документів щодо безпеки життя, здоров'я та майна споживачів та навколишнього природного середовища, штраф становить 50% вартості реалізованих товарів.

4 ЗНАКИ ВІДПОВІДНОСТІ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Якщо продукт, процес чи послуга відповідають заданим вимогам, певним стандартам чи технічним умовам і мають задану якість, то вони отримують сертифікат відповідності, знак відповідності та маркування. Відомо, що у виробництві товарів домогтися відповідності всім стандартам практично неможливо і досить дорого. Тому саме система сертифікації може забезпечити оптимальну гарантію відповідності продукції найкращим показникам. Для кожного товару розроблено знак відповідності та правила його нанесення.

Закон «Про захист прав споживачів» забороняє реалізацію товарів, у тому числі імпортних, які підлягають обов’язковій сертифікації, не марковані знаком відповідності в установленому порядку. Маркування товарів знаком відповідності здійснюється відповідно до «Правил застосування знака відповідності при обов'язковій сертифікації», чинних з грудня 1993 року. У цьому документі

зазначено, що маркування продукції знаком відповідності необхідно для виробник, покупець, державний інспектор і страхові компанії:

• виробник зацікавлений у цьому для впевненості покупця в належній якості свого товару;

• знак допомагає органам державного контролю та нагляду прийняти рішення про можливість реалізації продукції;

• страхові компанії вважають знак відповідності однією з гарантій безпеки продукції.

Кожна система сертифікації може зареєструвати власний знак відповідності. Якщо система сертифікації уніфікованої продукції є основною частиною системи УкрСЕПРО, вона також має право використовувати зазначений знак. Цей знак відповідності не поширюється на добровільну сертифікацію.

Для отримання права маркування сертифікованої продукції знаком відповідності виробник отримує ліцензію разом із сертифікатом відповідності органу сертифікації, а якщо сертифікується один товар, то маркування здійснює сам орган сертифікації.

Вживаються заходи щодо запобігання підробці знака відповідності, а також його незаконному використанню. Держстандарт України підготував проект Державного закону «Про сертифіковані знаки», яким встановлено види знаків відповідності та їх правову охорону; порядок державної реєстрації та використання знаків відповідності та відповідальність за їх несанкціоноване використання. Розробляється голографічний захист знака та застосування тонкоплівкової технології. Виробництво охоронних знаків вважається ліцензованою та сертифікованою діяльністю. Технологія виробництва підлягає обов'язковій сертифікації в Системі сертифікації безпеки інформації. Контроль за застосуванням знаків відповідності на законних підставах здійснюватимуть територіальні органи ДПС, обладнані спеціальними технічними засобами для ідентифікації дійсності знака відповідності.

Правила застосування:

• підприємство (організація) має право використовувати знак відповідності після отримання зареєстрованого сертифіката відповідності на продукцію;

• знак відповідності для сертифікованої продукції наноситься на постійну частину продукції та (або) на тару, упаковку, експлуатаційну та супровідну документацію. Місце нанесення знака відповідності на продукцію, тару, упаковку та документацію встановлюється підприємством, яке отримало право на його використання. У разі неможливості нанесення знака відповідності безпосередньо на продукцію він наноситься на найменшу споживчу тару, в якій ця продукція реалізується;

• знак відповідності на сертифіковану послугу (процес) ставиться в супровідній документації на цю послугу (процес). У разі неможливості нанесення знака відповідності на супровідну документацію або неможливості супроводу послуги (процесу) цією документацією знак відповідності може бути нанесений виконавцем сертифікованої послуги (процесу) у рекламних матеріалах щодо цієї послугу (процес). У цьому випадку таке використання знака відповідності обумовлюється ліцензійним договором між органом із сертифікації та заявником;

• якщо дію сертифіката відповідності тимчасово призупинено, забороняється в цей період маркувати знаком відповідності продукцію, тару, упаковку, супровідну документацію, рекламні матеріали. При анулюванні сертифіката відповідності заявник втрачає право на використання знака відповідності;

• використання знака відповідності без отримання на це права або використання знаків і символів, що імітують знак відповідності, не допускається.

Конкретні правила, порядок, а також особливості нанесення знака відповідності, не відображені в цьому стандарті, встановлюються щодо конкретних умов виробництва і постачання продукції в організаційно-методичних та розпорядчих документах система сертифікації цієї продукції та ліцензійні угоди.

Знаки відповідності можуть містити багато інформації про продукт або послугу, зокрема:

- небезпека конкретного товару для споживача;

– його вплив на навколишнє середовище;

- про довговічність виробу;

- відповідність робочих характеристик продукції нормативним;

- належність знака конкретному постачальнику чи виробнику;

- умови праці виробника та наявність на підприємстві системи управління якістю продукції.

Знаки на продуктах або інформаційних документах на товари чи послуги можуть мати інший вигляд. Важливо відрізняти знаки або етикетки, які ідентифікують або описують продукти чи послуги разом із їхніми характеристиками, від тих, які вказують на їх відповідність специфікаціям, правилам, системам управління чи стандартам для продукту чи послуги. Саме остання група знаків, як правило, заснована на оцінці відповідності незалежним органом сертифікації, акредитації або контролю.

Приклади етикеток або маркування на основі оцінки відповідності включають товарні знаки постачальника або фабричні знаки, маркування якості харчових продуктів, запобіжні заходи або правила поведінки, заяви про відсутність інгредієнтів (часто пов’язані з екологічним маркуванням). Оскільки

деякі з цих маркувальних етикеток дозволяють перевірку шляхом оцінки відповідності, таке маркування може відбуватися без використання формального, належним чином структурованого процесу оцінки відповідності. До основних видів діяльності, які можуть призвести до присвоєння знака відповідності товару чи послузі, відносяться:

1) контроль;

2) тестування;

3) сертифікація систем менеджменту (якість, навколишнє середовище)

4) сертифікація продукції.

В ідеалі знак оцінки відповідності повинен вказувати споживачеві на дві речі:

– що певний товар чи послуга відповідає вимогам загальноприйнятого стандарту для цього товару чи послуги;

- що орган, який проводив оцінку відповідності, є компетентним здійснювати таку діяльність.

В ідеалі знак оцінки відповідності повинен вказувати споживачеві на дві речі:

– що певний товар чи послуга відповідає вимогам загальноприйнятого стандарту для цього товару чи послуги;

- що орган, який проводив оцінку відповідності, є компетентним здійснювати таку діяльність.

Деякі знаки відповідності є загальними за своєю природою і можуть наноситися різними процесами. Одним із найскладніших прикладів є нанесення обов'язкового знака CE на продукцію, що підлягає обов'язковій сертифікації в Європі (так звана регульована сфера сертифікації). Залежно від конкретної категорії продукції існують різні типи практик оцінки відповідності, які можуть призвести до використання цього знака. Знак CE є адміністративним знаком (рис. 1), який показує, що цей продукт відповідає вимогам безпеки та здоров’я як суспільства, так і окремих споживачів та іншим вимогам. Знак CE є знаком походження та знаком якості на рівні відповідних вимог нормативних документів на продукцію.

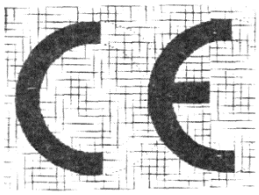


Рис.1 – Знак CE

Застосування знака CE пов'язане з виконанням вимог і критеріїв:

1. Використання знака СЕ повинно використовуватися виключно для встановлення відповідності директивам ЄС, які враховують усі національні інтереси споживачів у даному регіоні.

2. Маркування має означати або вказувати на те, що товар виготовлено або виробник забезпечив його виготовлення таким чином, що дозволяє вводити його в обіг без обмежень після оцінки його якості третьою стороною.

3. Маркування повинно бути нанесене на продукцію, розміщення її на упаковці або в супровідній документації на продукцію допускається лише в окремих випадках.

4. Маркування СЕ має бути пов’язане з виконанням вимог усіх застосовних директив. Якщо виробництво продукції підпадає під кілька директив, то маркування СЕ означає відповідність вимогам усіх.

5. Маркування не повинно вказувати на директиви або стандарти, яким відповідає дана продукція - це повинно бути зазначено в сертифікаті.

6. Маркування СЕ не повинно вказувати на існуючу схему (процедуру) оцінки відповідності, навіть якщо воно нанесене на продукцію.

7. Хоча знак СЕ не вказує на схему оцінки відповідності третьою стороною, він вказує на те, що третя сторона залучена до процесу виробництва продукту (у процесі контролю якості), а отже, можливість нанесення окремого знака на повинен бути забезпечений орган, який проводив сертифікацію.

8. Маркування має містити дві останні цифри року сертифікації або номер уповноваженого органу сертифікації.

9. Оскільки маркування знаком СЕ передбачає відповідність вимогам європейських нормативних документів, національні знаки відповідності, які також можуть наноситися на продукцію, встановлюють відповідність європейським вимогам. З іншого боку, саме маркування національними знаками відповідності не може означати відповідності вимогам Європейського Співтовариства.

10. Маркування знаком СЕ передбачає в майбутньому відмову від національного маркування в європейському регіоні, оскільки передбачає узгодження вимог з усіма національними організаціями сертифікації.

Маркування СЕ надає більшого значення європейському ринку, усуваючи нетарифні бар’єри в торгівлі, оскільки технічні правила безпеки та захисту навколишнього середовища часто відрізняються від однієї країни до іншої. Застосування маркування "СЕ", призначеного для демонстрації відповідності основним вимогам Директив, дозволяє продуктам вільно продавати в межах Європейського Союзу без подальшої участі відповідних національних органів держав-членів.

Знак «Keumark» або «Key mark» – новий знак CEN/CENELEC, який підтверджує відповідність продукції вимогам європейських нормативних документів у сфері добровільної сертифікації. Відповідно до резолюції Ради Європейського Союзу від 18.06.92, яка зобов'язала CEN/CENELEC створити систему підтвердження відповідності продукції вимогам ЄС, європейським організаціям стандартизації було запропоновано впровадити знак «Keumark» (рис. 2), можливість використання якого встановлена відповідними документами.



Рис.2 –Знак “Keymark” (Європейський знак ключа)

Знак «Keumark» допомагає і дозволяє:

- інформувати споживачів про відповідність продукції вимогам європейських стандартів, у тому числі безпеки, якості та захисту навколишнього середовища;
– отримати сертифікат третьої сторони для виробників, що підтверджує відповідність продукції;
– у полегшенні доступу до відповідних органів сертифікації та акредитованих лабораторій;
- забезпечувати ринковий нагляд, забезпечуючи довіру споживачів до надійності та безпеки сертифікованої продукції;
- зазначати найбільш необхідні, необхідні та очікувані для споживача властивості та характеристики продукції, що забезпечують його впевненість у якості продукції.

Додатковими умовами, які повинен виконати виробник для отримання знака «Keumark», крім виробництва якісної продукції, є впровадження на його підприємстві сертифікованої системи якості, відповідно до вимог ISO серії 9000 стандарти. Це сприяє створенню впевненості в тому, що продукція, яка пройшла сертифікацію свого часу, в майбутньому буде випускатися не гіршої якості. Знак «Keumark» необхідно наносити безпосередньо на продукцію, а якщо це неможливо, то на упаковку та супровідні документи. Знак містить ідентифікаційний код, який вказує на орган сертифікації, який акредитований у цій системі та провів оцінку відповідності. Використання знака «Keumark» не виключає можливості нанесення на продукцію інших знаків відповідності за умови належного проведення робіт із сертифікації в системах.

Таблиця 2 – Відмінності у впровадженні, використанні та застосуванні знаків CE та "Keymark"

Знак CE	Знак "Keymark"
Обов'язкова сертифікація	Добровільна сертифікація
Відповідність вимогам (законам, постановам, директивам) урядів	Відповідність стандартам (нормам)
Відповідність вимогам безпеки	Відповідність вимогам ринку
Правова відповідальність при порушенні вимог	Використання важелів ринкового контролю при порушенні вимог

Національні організації з сертифікації різних країн мають власні знаки відповідності, встановлені відповідними нормативними документами, які визначають відповідність даної продукції обов'язковим або необов'язковим вимогам стандартів, обов'язкову або добровільну процедуру оцінки відповідності, орган, що проводив оцінку відповідності. .

Крім знаків міжнародних, регіональних і національних органів сертифікації та акредитації, на продукцію можуть бути нанесені знаки екологічної безпеки та інші попереджувальні знаки та обмеження (наприклад, вказівка на небезпеку потрапляння продукції на дітей, небезпека утилізації використаної продукції для навколишнє середовище.

5 ПОНЯТТЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ КЛАСИФІКАТОРІВ

У загальному розумінні класифікація - це виявлення сукупності явищ, понять або якоїсь сукупності, що представляють сукупність об'єктів з логічним розташуванням або операцією, пов'язаною з поділом об'єктів на окремі й однорідні групи, підгрупи, або інші зв'язки за спільними ознаками, виявленими в результаті їх всебічного вивчення та поглибленого аналізу властивостей.

Інформацію про процеси та явища, що відбуваються в економічній та соціальній сферах, неможливо сприйняти без певної систематизації та логічного упорядкування. Тому, описуючи економічні процеси за допомогою статистичних даних, необхідно чітко розрізняти та встановлювати взаємозв’язки між елементами явищ. Розмежування статистичних даних досягається за допомогою класифікацій, які є системою мов, що використовуються для характеристики процесів.

При проведенні робіт з класифікації для позначення окремих ланок використовується певна, дещо умовна за змістом, термінологія: розділ, тип, клас, порядок, рід, вид. Перш за все, з чого почати створення будь-якої класифікації, розглядається питання про можливість надання матеріалів для дослідження за категоріями. Це означає, що основним принципом, який передує реалізації будь-якого процесу класифікації, має бути питання про можливість збору даних про ознаки, на яких базуватиметься нова класифікація.

Виходячи з цього принципу, можна сказати, що створення статистичних класифікацій відбувається послідовно в три етапи:

- визначення одиниць спостереження (одиниць класифікації);
- визначення всіх рівнів спостереження (одиниць, що класифікуються);
- встановлення взаємозв'язків між спостерігачами та об'єктами спостереження.

Класифікатори, що використовуються в різних областях, містять чотири основні елементи, які характеризують особливість тієї чи іншої системи класифікації. Це включає:

- об'єкт класифікації;
- мета класифікації;
- класифікаційна ознака;
- одиниця класифікації.

Перехід до використання міжнародних класифікацій в Україні супроводжується зміною методологічних засад, на яких базувалися старі та нові національні класифікації.

Нова методологія побудови національних класифікаторів передбачає:

- заміна розподілу секторів економіки виробничою і невиробничою сферами та розподіл підприємств і організацій за ознаками отриманих, перероблених і обслуговуючих видів діяльності;

- класифікація нових видів економічної діяльності, які вносять нові уявлення про поділ праці в суспільстві та відтворюють ринкові відносини в економіці.

У світі існують системи класифікації, які забезпечують можливість статистичного спостереження процесів і явищ, що відбуваються в економіці. Центральними статистичними класифікаціями у світі є класифікації видів діяльності, продуктів і товарів економічної діяльності. До них належать:

- Міжнародна стандартна галузева класифікація всіх видів економічної діяльності, прийнята установами Організації Об'єднаних Націй (ООН) - ISIC (International Standard Industrial Classification of All Economic Activities);

- Міжнародна класифікація видів діяльності за економічними критеріями Організації економічного співтовариства та ОЕСР розвитку;

- Міжнародна класифікація торговельної діяльності Світової організації торгівлі СОТ;

- Центральна класифікація товарів CPC (Central Product Classification) організацій, що входять до ООН;

- Гармонізована система опису та кодування товарів HS (Harmonized Commodity Description and Coding System) організацій ООН;

- Стандартна торгова класифікація SITC (Standard Industrial Trade Classification);

- Класифікація видів економічної діяльності NACE - (Загальна промислова класифікація видів економічної діяльності в рамках Європейських співтовариств) організації Європейського Союзу;

- Класифікація продукції за видами діяльності CRA (Classification of Products according to their Activities) організацій Європейського Союзу;

- Комбінована номенклатура CH (Combined Nomenclature) організацій Європейського Союзу;

- Міжнародна класифікація стандартів за предметною галуззю - ICS.

Зараз в Україні формується Державна система класифікаторів, перед якою поставлені такі завдання:

- розробка однозначної ідентифікації продукції, відповідно до уніформи| стандартні правила;

- збір, реєстрація та зберігання інформації;

- виявлення взаємозамінних, дублюючих і застарілих видів продукції;

- інформаційне обслуговування споживачів продукції.

Класифікатори концентрують інформацію про види продукції, процеси обслуговування і, відповідно, види діяльності, роботи, професії. Вони надають відомості про номенклатуру та показники якості продукції того ж призначення, що є важливим матеріалом для вдосконалення стандартів на конкретну продукцію.

Класифікатори відіграють важливу роль у сертифікації продукції, рекламі продукції, з їх допомогою здійснюється процедура «електронного маркетингу». Класифікатор валют є складовою частиною (і, водночас, окремим елементом) державної системи класифікації техніко-економічної та соціальної інформації та використовується для обміну інформацією, обліку та статистики у зовнішньоторговельній, банківській та фінансової сфери у випадках, коли необхідно використовувати кодову форму позначення валюти. У класифікаторі валют використовуються два види кодів:

- тризначний цифровий;

- тризначна буква (на основі латинського алфавіту).

Структурно класифікатор складається з трьох блоків: код, назва валюти українською та англійською мовами.

Класифікатор включає наступні підрозділи:

- покажчик кодів цифрових валют (у порядку зростання кодів);
- покажчик літерних кодів валют (в алфавітному порядку кодів).

Класифікатор країн світу (КДС) - державний класифікатор, який використовується з метою обміну інформацією, для ведення бухгалтерського обліку, звітності та зовнішньоекономічної статистики, встановленої відповідності сертифіката походження та валютно-фінансової діяльності, перевезення експортно- імпортні товари та в інших випадках, якщо необхідно використовувати кодову форму позначення країн світу.

Об'єктом класифікації класифікатора держав світу є незалежні та залежні держави або території, які мають особливий геополітичний статус. Структурно класифікатор складається з трьох блоків: код, коротка офіційна назва держави українською та англійською мовами.

Перехід на використання нового класифікатора також зумовлює необхідність проведення ряду заходів щодо перегляду комплексів електронної обробки поточної інформації.

Класифікатор послуг зовнішньоекономічної діяльності (КПЗЕД) є складовою частиною державного класифікатора та кодування техніко-економічної та соціальної інформації. КПЗЕД призначений для використання органами статистики, а також тими підприємствами, організаціями, установами, які беруть участь як у зовнішньоекономічній діяльності (підприємства, банки, комерційні структури, будівельні та транспортні організації, річкові та морські порти, готелі, ресторани та заклади громадського харчування). , вищі навчальні заклади, туристичні бюро, поштові відділення, страхові компанії та інші організації та установи, що надають експортно-імпортні послуги), а також контролюють діяльність (митні органи, органи сертифікації).

Впровадження КПЗЕД забезпечує проведення статистичних досліджень зовнішньоекономічних послуг та аналізу статистичної інформації щодо експорту-імпорту послуг (складання платіжних балансів України). Види послуг, що використовуються у звітності, обліку та статистиці експорту-імпорту послуг, включені до КПЗЕД.

Зовнішньоекономічна торгівля послугами відрізняється від торгівлі товарами тим, що останні можуть фізично переміщуватися через кордон. Послуги зовнішньоекономічної діяльності можна порівняти з товаром, який не проходить митний контроль і на який оформлена вантажна митна декларація. Блок

ідентифікації має ієрархічну систему класифікації та буквено-цифрову систему кодування.

Продукція та послуги галузей економіки згруповані в блоки (17 розділів та 16 підрозділів), які позначаються великими літерами латинського алфавіту. Літери не використовуються безпосередньо для ідентифікації продуктів і послуг. За формою представлення ДКП складається з ідентифікаційного блоку та блоку назв класифікаційних груп. Ідентифікаційний блок має ієрархічну структуру класифікації та послідовну систему кодування з додатків цифрового коду.

Структура десятизначного запису включає код групи, позиції, підпозиції, категорії та підкатегорії і виглядає так:

ХХ - група;

ХХХХХ - товарна позиція;

ХХХХ ХХ - товарна підпропозиція;

ХХХХ ХХ ХХ - категорія товару;

ХХХХ ХХ ХХ ХХ - товарна підкатегорія.

Особливості національних товарів в УКТЗЕД відображаються останніми дев’ятою та десятою цифрами коду. Для встановлення єдиної структури розрядності цифрового коду класифікаційні угруповання, які додатково не деталізуються, доповнюються двома нулями «00» до десяти знаків. Ці доповнення не змінюють назви класифікації груп.

Розподіл класифікаційної сукупності товарів на окремий вид товарів або на групи товарів здійснюється таким чином: із угруповання товарів вибирають один або кілька видів товарів, які найбільш поширені у світовій торгівлі, а для інших типів, визначено узагальнене класифікаційне угруповання «інші». «Інші» угруповання УКТЗЕД можуть бути на всіх рівнях класифікації, але основна їх кількість – остання.

УКТЗЕД має дуже детальну систему опису та правил кодування товарів. В основі формування класифікаційних груп лежать різні ознаки. При створенні розділів використовуються такі ознаки: походження матеріалу, з якого виготовлено виріб, призначення, хімічний склад. При формуванні груп закладається принцип послідовної обробки товарів - від сировини, напівфабрикатів до готової продукції, що створює умови для використання УКТЗЕД при визначенні митних тарифів. При формуванні товарних позицій і підпозицій кожна група часто використовує свою послідовність ознак. Проте основними можна виділити чотири:

- ступінь обробки,
- призначення,
- вид матеріалу, з якого виготовлено виріб,

- вартість товару у світовій торгівлі.

Для відображення одиниць вимірювання та обліку товарів у класифікації за групами введено поняття основні та додаткові одиниці вимірювання та обліку, які наведено на початку УКТЗЕД. Для зазначення додаткових одиниць вимірювання та обліку окремих товарних позицій введено графу «Додаткові одиниці вимірювання та обліку».

Використання матеріалів класифікатора в Україні дозволяє:

- порівнювати національну інформацію з міжнародною;

- проводити експертизу господарської діяльності та виробництва на макро- та мікрорівнях;

- вивчення ситуації на ринку;

- для використання під час сертифікації продукції.

Використання класифікаторів має особливе значення для забезпечення інформаційних технологій та виконання робіт з оцінки відповідності електронного обладнання, де на основі класифікаторів розробляються відповідні специфікації, придатність та безпечність для життя електроприладів та електрообладнання. визначаються компоненти обладнання.

6 СТАНДАРТИЗАЦІЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Важливим елементом систем управління якістю є стандартизація - нормотворча діяльність, яка знаходить найбільш раціональні норми, а потім закріплює їх у нормативних документах, таких як стандарти, інструкції, методики та вимоги до розробки, тобто це сукупність засобів які встановлюють відповідність стандартам.

Стандартизація є одним із найважливіших елементів сучасного механізму управління якістю продукції (робіт, послуг). Згідно з визначенням Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), стандартизація – це встановлення та застосування правил з метою оптимізації діяльності в певних галузях на користь та за участю всіх зацікавлених сторін, зокрема для досягнення загального оптимального економічність при дотриманні функціональних умов і вимог безпеки.

Об'єктами стандартизації можуть бути продукція, послуги та процеси, що мають перспективу багаторазового відтворення та (або) використання.

Загальною метою стандартизації є захист інтересів споживачів і держави в питаннях якості продукції, процесів і послуг, забезпечення:

- реалізація єдиної технічної політики у сфері стандартизації, метрології та сертифікації продукції;

- безпечність продукції, робіт і послуг для навколишнього середовища, життя, здоров'я та майна;

- безпеки суб’єктів господарювання з урахуванням ризику виникнення катастроф природного та техногенного характеру та інших надзвичайних ситуацій;

- якість продукції, робіт і послуг відповідно до рівня науки, техніки і технології;

- економія всіх видів ресурсів.

Сучасна стандартизація базується на таких принципах: системності; повторюваність; варіанти; взаємозамінність; зобов'язання.

Принцип системності визначає стандарт як елемент системи і забезпечує створення систем стандартів, взаємозалежних між собою за сутністю конкретних об'єктів стандартизації. Системність – одна з вимог до діяльності зі стандартизації, яка передбачає забезпечення взаємоузгодженості, несуперечності, уніфікації та виключення дублювання вимог стандартів.

Принцип повторюваності означає визначення кола об'єктів, до яких застосовні речі, процеси і відносини, що мають одну загальну властивість - повторюваність у часі або просторі. Принцип варіативності в стандартизації означає створення раціонального різноманіття (забезпечення мінімуму раціональних різновидів) стандартних елементів, що входять в об'єкт стандартизації.

Принцип взаємозамінності передбачає (щодо технології) можливість складання або заміни ідентичних деталей, виготовлених у різний час і в різних місцях. Принцип обов'язковості передбачає визначення законодавчого характеру стандартизації. На основі цих принципів реалізовано такі методи стандартизації:

- метод спрощення – скорочення кількості видів та інших видів продукції до кількості, достатньої для задоволення існуючих на даний момент потреб у них;

- спосіб уніфікації - об'єднання двох або більше документів в один з таким розрахунком, щоб вироби, регламентовані цим документом, могли взаємозамінюватися в процесі експлуатації;

- метод типізації – розробка типових конструкцій або технологічних процесів має здійснюватися на основі спільних для ряду виробів технічних характеристик;

- метод специфікації – складання одного з основних документів, конструкторської та технологічної документації;

- спосіб агрегатування - компонування машин і механізмів повинно здійснюватися з типових і уніфікованих агрегатів.

Залежно від етапів і етапів розробки нової продукції виділяють поняття прогресивної та комплексної стандартизації.

Прогресивна стандартизація полягає у встановленні вимог до об'єктів стандартизації, підвищених по відношенню до вже досягнутого на практиці рівня норм, які, за прогнозом, будуть оптимальними в майбутньому. Прогресивна стандартизація базується на правильному підборі сировини і матеріалів, технічного оснащення і технічних процесів, раціональних методах організації виробництва, методах пакування, транспортування та збереження.

Зміст комплексної стандартизації полягає в системному підході у визначенні вимог до всіх елементів, що входять до стандартизованої продукції і знаходяться на різних стадіях виробничого процесу по відношенню до готової продукції.

Механізм дії стандартизації складається з чотирьох етапів:

1. вибір об'єкта стандартизації (систематичні, повторювані об'єкти);

2. моделювання об'єкта стандартизації (абстрактна модель реального об'єкта);

3. оптимізація моделі (оптимальна модель об'єкта, що стандартизується);

4. стандартизація моделі (розробка нормативного документа на основі уніфікованої моделі).

Безпосереднім результатом стандартизації є насамперед нормативний документ (НД). Нормативний документ - документ, який встановлює правила, загальні принципи або характеристики, що стосуються різних видів діяльності або їх результатів. Термін «нормативний документ» є узагальнюючим, охоплює такі поняття, як стандарти та інші НД зі стандартизації - правила, рекомендації, кодекси усталеної практики, положення, загальноукраїнські класифікатори. Застосування НД є методом регулювання в певній галузі, тому нормативний документ є методом стандартизації.

Стандарти поєднують технічні, економічні та правові вимоги.

Технічні вимоги полягають у тому, що стандарти регламентують науково-технічну підготовку, технологію, організацію та процес праці.

Економічні вимоги:

1) стандарти - це норма і шкала вимірювання якості послуг;

2) стандарти є засобами організації, а також керують її діяльністю;

3) стандарти забезпечують взаємозв'язок між різними галузями народного господарства;

Правові вимоги: стандарт – це нормативний акт, який затверджується державними органами у встановленому законом порядку, містить викладення норм, яких необхідно дотримуватись. Санкції встановлюються за порушення норм цивільного, трудового, кримінального та адміністративного законодавства.

Об'єктами стандартизації є продукція, послуги, процеси, системи, правила та функції.

Залежно від об'єкта стандартизації, положень, що містяться в документі, і порядку його введення в дію розрізняють такі нормативні документи:

- стандарти;
- технічні умови.

Стандарт – нормативно-технічний документ із стандартизації, що встановлює сукупність правил, норм і вимог до об'єкта стандартизації та затверджується уповноваженим органом. Стандарти подаються у вигляді документів, що містять певні вимоги, правила чи положення, які є обов'язковими.

Технічні умови - це документи, що встановлюють вимоги до конкретної продукції. Законодавством України встановлено такі суб'єкти стандартизації:

- центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації;
- рада стандартизації;
- комітети з технічної стандартизації;
- інші суб'єкти стандартизації.

Замовниками робіт зі стандартизації за кошти Державного бюджету України є центральні органи виконавчої влади, що здійснюють технічне регулювання в окремих сферах діяльності. Центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації в межах своїх повноважень:

- забезпечує реалізацію державної політики у сфері стандартизації;
- вживає заходів щодо гармонізації розроблених національних стандартів з відповідними міжнародними (регіональними) стандартами;
- бере участь у розробленні та погодженні технічних регламентів та інших нормативно-правових актів з питань стандартизації;
- встановлює правила розроблення, затвердження, прийняття, перегляду, зміни та визнання недійсними національних стандартів, їх позначення, класифікації.

за видовими та іншими ознаками, кодуванням і реєстрацією;

- вживає заходів щодо виконання зобов'язань за участю в міжнародних (регіональних) організаціях стандартизації;
- співпрацює у сфері стандартизації з відповідними органами інших держав;
- формує програму робіт із стандартизації та координує її виконання;
- приймає рішення про утворення та припинення діяльності технічних комітетів зі стандартизації, визначає їх повноваження та порядок створення;
- організовує створення та управління Національним фондом нормативних документів та Національним центром Міжнародної інформаційної мережі ISONET COT;
- організовує надання інформаційних послуг з питань стандартизації.

Залежно від обсягу змісту та рівня затвердження стандарти поділяються на категорії та види. Державні стандарти, галузеві стандарти та стандарти підприємств поділяються на категорії.

Державні стандарти розробляються на групи однорідної продукції, що характеризуються спільністю функціонального призначення, сфери використання та номенклатури показників якості, а також на конкретну продукцію, що має важливе народногосподарське значення.

Галузеві стандарти – стандарти, встановлені на виробничо-технічні вироби, запасні частини до них, а також технологічне обладнання, інструмент, типові технологічні процеси промислового використання та деякі види товарів народного споживання. Порядок розроблення, розгляду та затвердження галузевих ГОСТів встановлюється відповідними міністерствами. Галузеві стандарти є обов'язковими для всіх підприємств, що випускають цю продукцію, незалежно від їх галузевого підпорядкування.

Стандарти підприємства - це стандарти, сфера дії яких поширюється лише на сферу діяльності підприємства, тому вони розробляються і затверджуються на самому підприємстві.

Стандарти діляться на такі види:

а) стандарти продукції;

б) стандарти на правила;

в) загальнотехнічні стандарти;

г) організаційно-методичні нормативи.

З метою організації та координації розробки стандартів та підготовки їх до впровадження встановлено наступні етапи роботи:

- організація розробки НД;
- розробка першої редакції проекту;
- розробка другої редакції проекту;
- розробка остаточної версії проекту та підготовка файлу ND;
- державна експертиза проекту;
- прийняття та набрання чинності НД;
- державна реєстрація та видання НД.

В обґрунтованих випадках допускається об'єднання перших чотирьох етапів або введення додаткових. Стандарти, замовником яких є Держспоживстандарт України, розробляються на основі договорів, правила укладання яких встановлюються цими органами відповідно до чинного законодавства.

Перелік організацій, з якими необхідно узгодити проект НД, в основному включає:

- замовник (або науково-дослідна організація за його дорученням) і (або) основний користувач НД;

- центральний орган виконавчої влади, до сфери діяльності якого відноситься НД;

- науково-дослідна організація Держспоживстандарту України або Держбуду України;

- органи державного нагляду, якщо положення НД стосуються сфери їх діяльності відповідно до чинних технічних регламентів, законодавства та положень про ці органи.

До переліку організацій (підприємств), яким проект НД надсилається на відгук, залежно від об'єкта стандартизації та виду НД входять:

- організації, з якими необхідно узгодити проект НД;

- технічний комітет суміжних сфер діяльності;

- підприємства, які надають послуги або виконують процеси, визначені об’єктом стандартизації, за умови, що вони не є розробниками проекту НД.

7 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЮТЬСЯ МАШИНОБУДІВНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Якість - це сукупність властивостей, ознак товарів, матеріалів, послуг, робіт, що характеризують їх відповідність призначенню та висунутим до них вимогам, а також здатність задовольняти потреби і запити споживачів. Більшість якісних характеристик визначається об'єктивно на основі стандартів, угод, контрактів.

Сучасний рівень розвитку народного господарства та науково-технічного прогресу, а також зростаючі потреби населення нагально вимагають підвищення якості продукції, що випускається. Якість продукції в процесі розробки все більше залежить від рівня розвитку технології і визначається рядом факторів, таких як механізація і автоматизація технологічних процесів, їх безперервність, якість сировини, організація праці, вимоги до техніки безпеки та охорони праці на виробництві. Необхідно також враховувати економічні критерії управління якістю. Неприпустимим є підвищення якості продукції за рахунок погіршення гігієнічних, екологічних, естетичних та інших умов виробництва. За методикою оцінки якості промислової продукції встановлено 8 груп показників якості:

Показники призначення - характеризують корисний ефект від використання продукту за призначенням і визначають сферу його застосування.

Показники надійності - надійність, збереження, ремонтопридатність, довговічність.

Показники технологічності - характеризують ефективність конструктивних і технологічних рішень щодо забезпечення високої продуктивності праці при виготовленні та ремонті виробів.

Показники стандартизації та уніфікації - характеризують ступінь використання стандартизованої продукції у виробництві та рівень уніфікації складових частин продукції.

Ергономічні показники - характеризують систему "людина - продукт - середовище" і враховують комплекс гігієнічних, фізіологічних, антропологічних властивостей людини, що проявляються у виробничих і побутових процесах.

Естетичні показники - характеризують такі властивості виробів, як виразність, оригінальність, відповідність навколишньому середовищу та стилю.

Патентно-правові показники – характеризують ступінь патентоспроможності товару в Україні та за кордоном.

Економічні показники - відображають витрати на розробку, виробництво та експлуатацію продукції, а також економічну ефективність експлуатації.

Види контролю якості в машинобудуванні

На машинобудівних підприємствах застосовують такі види контролю якості:

Залежно від місця контролю та етапів роботи:

- контроль дизайну,
- вхідний контроль матеріалів і комплектуючих,
- контроль за станом технологічного обладнання,
- оперативний контроль під час виробництва,
- авторський нагляд за виробництвом.

Залежно від охоплення підконтрольної продукції:

- вибірковий контроль,
- постійний контроль.

Перелічені види контролю якості продукції здійснюються різними фізичними, хімічними та іншими методами, які можна розділити на дві групи: руйнівні та неруйнівні.

Серед деструктивних методів:

- випробування на розтяг і стиск;
- випробування на удар;
- випробування на твердість.

До неруйнівних методів відносяться:

- магнітні (наприклад, магнітографічні методи);
- акустична (ультразвукова дефектоскопія);
- радіаційна (дефектоскопія з використанням рентгенівського та гамма-променів);

- органолептичні (зорові, слухові).

Основи організації контролю якості продукції

Організація контролю якості – це система технічних і адміністративних заходів, спрямованих на забезпечення виробництва продукції, що повністю відповідає вимогам нормативно-технічної документації. Технічний контроль – це перевірка відповідності об'єкта контролю встановленим технічним вимогам (далі контроль).

Під контролем якості розуміється перевірка відповідності кількісних або якісних характеристик властивостей продукції або процесу, від якого залежить якість продукції, встановленим технічним вимогам.

Об'єктом контролю може бути виріб або процес його створення, зберігання, транспортування, ремонту та відповідна технічна документація.

8 СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ УКРСЕПРО

Основні положення Системи регламентуються ДСТУ 3410. Відповідно до цього стандарту Система встановлює основні принципи, структуру та правила Української державної системи сертифікації продукції, процесів і послуг (далі - продукція), призначена для проведення обов'язкова і добровільна сертифікація і відкрита для вступу в органи сертифікації інших держав і доступу до неї будь-яких підприємств і організацій.

Обов'язковій сертифікації підлягають послуги, для яких статутними або нормативними документами встановлені обов'язкові вимоги безпеки для життя і здоров'я споживачів, їх майна та навколишнього природного середовища. Обов'язкова сертифікація проводиться виключно в Державній системі сертифікації та включає перевірку та випробування послуг для визначення їх характеристик.

Добровільна сертифікація відповідності вимогам нормативних документів, погоджених з постачальником і споживачем, проводиться за ініціативою виробника, продавця, споживача, органів державної влади, громадських організацій для встановлення відповідності послуг необов'язковим вимогам, за договором. умови між заявником і органом із сертифікації.

Організаційна структура Системи сертифікації складається з:

- Національний орган сертифікації - Держстандарт України;
- науково-технічна комісія;
- органи сертифікації продукції;
- органи з сертифікації систем якості;
- випробувальні лабораторії (центри);
- аудитори;

- науково-методичний та інформаційний центр;
- територіальні центри стандартизації, метрології та сертифікації Держстандарту України;
- Український навчально-науковий центр стандартизації, метрології та якості продукції. Структурна схема Системи наведена на рис. 1. У Системі здійснюються такі взаємопов'язані види діяльності:
- сертифікація продукції (процесів, послуг);
- сертифікація систем якості;
- атестація виробництва;
- акредитація випробувальних лабораторій (центрів);
- акредитація органів сертифікації продукції;
- акредитація органів сертифікації систем якості;
- сертифікація аудиторів для перерахованих видів діяльності.



Рисунок 1-Структурна схема Системи сертифікації УкрСЕПРО

Національний орган сертифікації виконує такі основні функції:

• розробляє стратегію розвитку сертифікації в Україні;

• організовує, проводить та координує роботу із забезпечення функціонування Системи;

• взаємодіє з національними органами сертифікації інших держав та міжнародними організаціями, які здійснюють діяльність із сертифікації;

• організовує розроблення та вдосконалення організаційно-методичних документів Системи;
• приймає рішення про приєднання до міжнародних систем та угод сертифікації;
• встановлює основні принципи, правила та структуру Системи, а також знак відповідності та правила його застосування;
• створює правові та економічні основи функціонування Системи;
• формує та затверджує склад науково-технічної комісії;
• веде Реєстр Системи;
• організовує роботу з сертифікації продукції за відсутності органу сертифікації певного виду продукції;
• затверджує перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації;
• розглядає звернення щодо виконання правил Системи;
• організовує інформаційне забезпечення сертифікаційної діяльності в Системі;
• несе відповідальність від імені держави за дотримання встановлених у Системі правил і процедур сертифікації продукції.

Науково-технічна комісія утворюється та затверджується Національним органом із сертифікації та виконує такі функції:
• формує єдину політику з питань побудови, функціонування та вдосконалення Системи;
• вносить пропозиції щодо співпраці з національними органами інших держав та міжнародними організаціями з сертифікації.

Органи сертифікації продукції та систем управління якістю призначаються Національним органом сертифікації.

Орган сертифікації продукції виконує такі основні функції:
• керує системою сертифікації, встановленою нею номенклатурою продукції та відповідає за її функціонування;
• розробляє організаційно-методичні документи з сертифікації закріпленої продукції;
• визначає схему і порядок сертифікації закріпленої продукції;
• організовує та проводить атестацію виробництва;
• здійснює технічний нагляд за сертифікованою продукцією та її виробництвом;
• видає сертифікати відповідності на продукцію та сертифікати виробництва.

Орган із сертифікації систем якості виконує такі основні функції;
• розробляє організаційно-методичні документи з сертифікації систем якості;
• організовує та проводить сертифікацію систем якості;
• організовує та проводить атестацію виробництва за пропозицією органу з сертифікації продукції;

• здійснює технічний нагляд за сертифікованими системами якості та сертифікованими виробництвами;
• видає сертифікат на системи якості.
Випробувальні лабораторії виконують такі основні функції:
• проводити випробування сертифікованої продукції відповідно до галузі акредитації та видавати протоколи випробувань;
• брати участь за пропозицією органу з сертифікації у здійсненні технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції, а за пропозицією Національного органу з сертифікації - у здійсненні інспекційного контролю;
• брати участь за пропозицією органу сертифікації в атестації виробництва продукції, що сертифікується. Аудитори з сертифікації, атестовані в Системі та внесені до Реєстру Системи, за дорученням Національного органу сертифікації виконують окремі види робіт із сертифікації продукції.

Науково-методичним та інформаційним центром у Системі є Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації та інформатики, який виконує такі основні функції:
• розробляє та вдосконалює організаційно-методичні документи Системи;
• готує та подає до Національного органу сертифікації пропозиції та проекти законодавчих актів у сфері сертифікації;
• готує пропозиції з асортименту продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації;
• бере участь на договірних засадах у підготовці організацій до сертифікації продукції та систем якості.
Територіальні центри стандартизації, метрології та сертифікації виконують такі основні функції в Системі:
• здійснює інспекційний контроль за дотриманням правил Системи від імені Національного органу сертифікації;
• здійснювати за пропозицією органу з сертифікації продукції технічний нагляд за стабільністю показників сертифікованої продукції під час її виробництва;
• надавати методичну допомогу організаціям у підготовці до сертифікації продукції, систем якості та атестації виробництва на договірних засадах.
Український навчально-науковий центр стандартизації, метрології та сертифікації проводить підготовку та підвищення кваліфікації спеціалістів у сфері сертифікації.

Правила та порядок сертифікації УкрСЕПРО

Право на проведення робіт із сертифікації продукції мають органи з сертифікації, випробувальні лабораторії (центри) та аудитори, акредитовані в Системі та внесені до Реєстру Системи. Органами сертифікації в Системі

можуть бути акредитовані організації та державні підприємства. Випробувальними лабораторіями (центрами) можуть бути акредитовані організації та підприємства будь-якої форми власності. Якщо в Системі акредитовано кілька органів сертифікації однієї послуги, заявник має право сертифікувати послугу в будь-якому з цих органів.

Система встановлює наступний розподіл відповідальності:

- виробник несе відповідальність за невідповідність сертифікованої послуги вимогам нормативних документів та використання сертифікатів і знаків відповідності з порушенням правил Системи;
- продавець несе відповідальність за відсутність сертифіката або знака відповідності на послугу, що надається, якщо вона підлягає обов'язковій сертифікації;
- виконавець несе відповідальність за невідповідність наданої послуги вимогам нормативних документів та використання сертифікатів і знаків відповідності з порушенням правил Системи;
- орган сертифікації несе відповідальність за необґрунтовану або незаконну видачу сертифікатів відповідності, сертифікатів виробництва та підтвердження їх дійсності, а також за порушення правил Системи;
- органи, лабораторії, аудитори з сертифікації, організації, які порушують правила Системи, виключаються з Реєстру Системи та несуть відповідальність згідно з чинним в Україні законодавством.

Порядок сертифікації продукції регулюється ДСТУ 3413. Згідно з цим нормативним документом, сертифікацію продукції в Системі здійснюють виключно органи з сертифікації, а за їх відсутності - організації, які виконують функції органів з сертифікації продукції від імені Національного Орган сертифікації.

Загалом процедура сертифікації складається з наступних етапів:

• подання та розгляд заявки;
• аналіз поданої документації;
• перевірка виробництва;
• сертифікація виробництва;
• сертифікація систем якості;
• проведення випробувань з метою сертифікації;
• видача сертифіката відповідності.

Подача та розгляд заявки. Для проведення сертифікації продукції заявник подає до акредитованого органу сертифікації продукції заяву відповідної форми, яка підлягає розгляду, і не пізніше ніж через місяць після її подання

заявнику подається рішення, що містить основні умови сертифікації. Копії ухвали надіслати за адресою:

• до органу з сертифікації системи якості (за потреби);

• до випробувальної лабораторії, яка проводитиме випробування;

• до органу, який здійснюватиме технічний нагляд (за потреби);

• до територіального центру стандартизації, метрології та сертифікації за місцезнаходженням заявника.

Якщо в різних регіонах діє декілька акредитованих органів сертифікації певного виду продукції, заявник має право подати заявку до будь-якого з них.

Аналіз документації. Проводиться з метою перевірки його відповідності встановленим вимогам. Під час аналізу поданої документації перевіряються:

• наявність нормативних документів на продукцію (при необхідності);

• наявність документа, що підтверджує походження продукції;

• наявність документа виробника про гарантії та відповідність діючим вимогам;

• наявність документа, що підтверджує розмір партії та дату виробництва;

• наявність (за необхідності) висновків відповідних контролюючих організацій;

• достовірність, правильність заповнення та термін дії документації;

• адекватність вимог до маркування та маркування продукції. Негативні результати аналізу документації оформлюються висновком, який надається заявнику для усунення всіх недоліків. Позитивні результати використовуються для підготовки та видачі сертифіката відповідності.

Перевірка виробництва. Проводиться з метою встановлення відповідності фактичного стану виробництва вимогам документації, що підтверджує здатність підприємства виготовляти продукцію відповідно до вимог чинних нормативних документів, рекомендації щодо періодичності та форм технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції. Під час обстеження виробництва проводиться перевірка нормативної, технічної та технологічної документації.

Атестація виробництва. Проводиться органом з сертифікації продукції згідно з ДСТУ 3414. Його результати оформляються актом виробництва, який надсилається заявнику.

Сертифікація системи якості. Проводиться з метою забезпечення впевненості органу з сертифікації продукції, що продукція, що випускається підприємством, відповідає обов'язковим вимогам нормативних документів, контролюються всі технічні, адміністративні та людські фактори, що впливають на якість продукції. Продукцію незадовільної якості виявляється своєчасно, і підприємство постійно вживає заходів щодо запобігання

виготовленню такої продукції. Порядок його проведення буде розглянуто нижче.

Проведення випробувань з метою атестації. Заявник надає зразки продукції для випробувань та нормативну документацію на них. Кількість зразків для випробувань і правила їх відбору встановлюються органом із сертифікації. У разі позитивних результатів протоколи випробувань надсилаються до органу з сертифікації продукції, а їх копії – заявнику. У разі отримання негативних результатів хоча б за однією з характеристик сертифікаційного випробування інформація про негативні результати надається заявнику та органу сертифікації продукції, який скасовує заявку. Повторні випробування можуть бути проведені лише після подання нової заявки та надання органу сертифікації продукції переконливих доказів того, що підприємства вжили коригувальних дій щодо усунення причин, що викликали невідповідність. Зразки продукції, які пройшли випробування з метою сертифікації, у тому числі руйнівні, залишаються власністю заявника.

Видача сертифіката відповідності. При наявності протоколів з позитивними результатами випробувань сертифікат системи якості або сертифікат виробництва в залежності від прийнятої схеми (моделей) сертифікації орган сертифікації продукції складає сертифікат відповідності, реєструє його в системному реєстрі та видає заявнику, який надалі має право маркувати знаком продукцію, тару, упаковку, супровідну документацію та рекламні матеріали. відповідності.

Термін дії сертифіката на продукцію, що випускається підприємством серійно протягом терміну, встановленого ліцензійною угодою, визначається органом із сертифікації з урахуванням терміну дії нормативних документів на продукцію, терміну, на який система якості відповідає вимогам законодавства, сертифіковане або сертифіковане виробництво, гарантійний термін на продукцію до моменту її продажу або термін зберігання продукції, але не більше двох років, якщо виробництво сертифіковане, і трьох років, якщо сертифікована система якості. За умови сертифікації продукції, що випускається серійно, за схемою з інспекцією виробництва термін дії сертифіката відповідності не повинен перевищувати одного року. Термін, встановлений у ліцензії, не продовжується. Порядок видачі нової ліцензії замість простроченої визначається органом із сертифікації продукції в кожному конкретному випадку.

Технічний нагляд за стабільністю показників сертифікованої продукції під час її виробництва здійснюється органом, який видав сертифікат, або за його рекомендацією органом із сертифікації систем якості або територіальними

центрами стандартизації, метрології та сертифікації. До технічного нагляду можуть залучатися спеціалісти Держнаглядохоронпраці, Держсаннагляду тощо. Обсяг, порядок і періодичність нагляду встановлюються органом із сертифікації продукції під час сертифікації.

За результатами нагляду орган із сертифікації продукції може призупинити або анулювати ліцензію чи сертифікат у разі:

• порушення вимог до продукції з обов'язковою сертифікацією;

• порушення вимог щодо технології виготовлення, правил приймання, методів контролю та випробувань, маркування продукції, погоджених з органом із сертифікації при сертифікації продукції;

• зміни нормативних документів на продукцію або методи її випробувань без попереднього погодження з органом сертифікації;

• зміни конструкції (складу) комплектності або технології виробництва продукції без попереднього погодження з органом із сертифікації продукції.

Інформація про результати сертифікації продукції. Орган сертифікації продукції веде облік виданих ним сертифікатів і надсилає їх копії до Національного органу сертифікації, який видає довідки з інформацією про сертифіковану продукцію. Орган сертифікації продукції та організації, що діють від його імені, несуть відповідальність за розголошення професійної таємниці, що стосується конфіденційності інформації. Усі роботи з сертифікації продукції оплачуються заявником відповідно до договорів на виконання робіт, укладених з органом сертифікації продукції заявника. Витрати на сертифікацію продукції входять до собівартості продукції.

9 ПІДТВЕРДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

Якщо продукція, що ввозиться на митну територію України, входить до переліку товарів, що підлягають обов'язковій сертифікації (перелік встановлюється Кабінетом Міністрів України та Держстандартом), а сертифікат відповідності чи угода про взаємне визнання відсутні, між країною-виробником та Україною не укладено іноземних сертифікатів, які видаються уповноваженими органами сертифікації, то сертифікація продукції проводиться на загальних підставах, за загальними правилами та схемами, а також продукції вітчизняного виробництва відповідно до ДСТУ 3413- 96.

Для сертифікації продукції, яка виготовляється серійно і постійно надходить на споживчий ринок України, висуваються підвищені вимоги щодо контролю параметрів і характеристик, що визначають безпеку продукції. Перш за все, процедура сертифікації імпортної продукції, що випускається серійно,

переслідує мету запобігання поширенню на митній території України підробок під назвою престижних, авторитетних фірм, компаній, підприємств; по-друге, ця продукція в основному призначена для масового споживача, тому витрати, пов'язані з її неякісними характеристиками, можуть мати серйозні економічні чи соціально-політичні наслідки. З цієї причини процедура сертифікації обов'язково включає процедуру перевірки виробництва або системи якості, що діє на цьому виробництві. При проведенні робіт із сертифікації орган із сертифікації або комісія, що здійснює перевірку виробництва, може висувати вимогу щодо інформування вітчизняного покупця про властивості та характеристики продукції державною мовою.

Крім того, договором може бути передбачено маркування продукції українським знаком відповідності під час прийняття експертною комісією позитивного рішення. До митного оформлення не допускається продукція іноземного виробництва, яка виробляється серійно та не пройшла процедуру сертифікації (не має сертифіката відповідності), у тому числі якщо продукція призначена для реімпорту або переробки. під митним наглядом, або переробка за межами митної території. Без сертифіката може бути допущена продукція, призначена для офіційного використання представництвами іноземних держав і міжнародних міжурядових організацій, а також продукція, що імпортується фізичними особами і не призначена для виробничої або комерційної діяльності (за наявності певних зобов'язань перед органами). територія України митний контроль).

Система сертифікації УкрСЕПРО має виключне право визнавати результати сертифікації продукції інших країн на відповідність обов'язковим вимогам нормативних документів України. Перелік товарів і послуг, які підлягають перевірці на підтвердження їх відповідності вимогам обов'язкової сертифікації, та органи, які проводять роботи із сертифікації, встановлюються Національним органом України з сертифікації (Держстандартом України).

Для проведення процедури визнання сертифікації заявник повинен подати до органів сертифікації конкретного виду продукції системи УкрСЕПРО таку документацію:

- заява про визнання; сертифікат (знак) відповідності;
- стандарт (технічні умови) на продукцію та процедури сертифікації;
- сертифікат про акредитацію випробувальної лабораторії (за наявності);
- документ, що засвідчує країну походження товару;
- супровідна документація.

10 РОЛЬ СЕРТИФІКАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ. КОНКУРЕНТНОСПРОМОЖНІСТЬ

Конкурентоспроможність товару є не що інше, як можливість його успішного продажу на цьому ринку в певний момент часу. На сучасному ринку тільки той товар виявляється конкурентоздатним, який створюється з розрахунку на певного покупця. Непроданий товар не може вважатися якісним товаром, навіть якщо відповідає стандарту, якщо технологія виробництва відпрацьована, а виготівник високо його оцінив. Працювати на споживача, домагатися такої якості, яка йому потрібна, тобто управляти якістю, як показала практика успішних фірм, можна тоді, коли система якості створюється на базі дослідження ринку.

Конкурентоспроможність залежить від ряду чинників : якості товару і його новизни; ціни продукту; умов платежу; терміну постачання товару; організації реклами і витрат на неї; розміру податків і митного обкладення; насиченості ри нку аналогічними товарами; платоспроможності населення; рівня технічного об слуговування; наявність на ринку запасних частин.

Для дослідження ринку і аналізу діяльності фірми необхідно мати критерії оцінки рівня конкурентоспроможності товару. Проте різноманіття чинників, що впливають на конкурентоспроможність продукції, утрудняє визначення кількісного його значення за всіма показниками одночасно. Тому часто для цього використовують економічні показники.

Оцінка конкурентоспроможності товару вимагає вивчення і аналізу ряду чинників: вимог зовнішнього і внутрішнього ринку, і перш за все до якості виробів, що реалізовуються на нім; основних напрямів створення і виготовлення продукції, що має попит на зовнішньому і внутрішньому ринку; перспектив продажу конкретних виробів; цін на продукцію, призначену на продаж; можливості атестації і сертифікації продукції; рівня і якості реклами товару, пропонованого споживачеві (у тому числі і іноземному).

У основу розрахунку економічних показників конкурентоспроможності товару може бути покладене зіставлення повних витрат споживача, що складаються з одноразових і експлуатаційних (поточних) витрат.

Один з методів комплексної оцінки рівня конкурентоспроможності заснований на зіставленні інтегральних показників якості оцінюваної і базової продукції. Існує ряд інших методів оцінки конкурентоспроможності продукції, наприклад: ціновий, за порівняльною вартістю, по порівняльній прибутковості.

При ціновому методі товар вважається конкурентоздатним, якщо його ціна, дизайн і якість не поступаються таким же характеристикам товарів-аналогів, представлених на ринку. Конкурентоспроможність за порівняльною

вартістю розуміється як порівняльна вартість одиниці праці в оброблювальній промисловості порівнюваних фірм, підрахована в одній валюті.

Важливим аспектом конкурентоспроможності виробу є ступінь його новизни і відповідності вимогам споживача. Даний показник визначається інтенсивністю науково-дослідних робіт і перш за все – в області машинобудування. Однією з тенденцій визначення конкурентоспроможності товарів, що з'явилися останнім часом, і, відповідно, їх продуцентів є оцінка на основі патентної інформації. 80% інформації, що міститься в патентах на винаходи, неможливо знайти ні в яких інших джерелах. Інформація про патентування винаходів конкуруючою компанією дуже важлива для підприємства в його конкурентній боротьбі.

Для проведення в життя ефективної стратегії якості фірма повинна зробити конкретні заходи в трьох напрямах, кожне з яких веде до фундаментального зміцнення економічного стану фірми, а всі разом дають вирішальні переваги в конкурентній боротьбі на ринку:

– створення сучасної програми поліпшення якості. Мета – досягнення першості в рівні якості продукції серед конкурентів на ринку;

– здійснення цієї програми (заходи щодо поліпшення якості повинні проводитися систематично в напрямах маркетингу, виробництва і подальшого обслуговування);

- постійна оцінка досягнутих результатів в двох напрямах: визначення міри задоволення споживача якістю товару і підрахунок повної вартості досягнення цього задоволення.

Список літературних джерел

1. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю : підручник / Г. А.Саранча. – К. : ЦНЛ, 2006. – 672 с.

2. Чуйко А. М. Основи стандартизації, метрології та управління якістю : навчальний посібник / А. М. Чуйко, О. В. М'ячиков, І. І. Семенова. – Х. : Харк. держ. ун–т харч. та торг., 2008. – 144 с.

3. Кириченко Л. С. Стандартизація і сертифікація товарів та послуг : підручник / Л. С. Кириченко, А. А. Самойленко. – Х. : Ранок, 2008. – 240 с.

4. Міжнародні та європейські системи сертифікації та акредитації: організація діяльності, норми та правила [Текст] : довідник / Ю. І. Койфман [та ін.]. – Львів; К., 2005. – 268 с.

5.Величко, О. Гармонізація національних стандартів: основні завдання та проблеми діяльності ТК [Текст] / О. Величко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 6. – С. 36-38.

6. Голінка, І. Розвиток стандартизації на міжнародному, регіональному та національному рівнях [Текст] / І. Голінка // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 1. – С. 13-15.

7. Грищенко, Ф. Українські ТК: Оцінювання участі у міжнародній та європейській стандартизації [Текст] / Ф. Грищенко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2007. – № 1. – С. 20-22.

8. Бичківський Р.В., Столярчук. П.Г., Сопільник Р.Г., Друзюк В.К. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. – Львів НУЛП: 2004. – 559 с.

9. ДСТУ 2296-93. Національний знак відповідності. Форма, розміри, технічні вимоги та правила застосування.

10. Боженко Л. І. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції / Л. І. Боженко, О. Й. Гутта. – Львів: Вид-во нац. університету «Львівська політехніка», 2001. – 176 с.

11. Кириченко Л.С. Основи стандартизації, метрології та управління якістю / Л. С. Кириченко, Н. В. Мережко. – К. : Вид-во Київського нац. торг.-екон. університету, 2001. – 446 с.

12. Ольонова І. В. Основи стандартизації, сертифікації та ідентифікації товарів / І. В. Ольонова, В.І. Павлов, О. В. Мишко. – К. : Кондор, 2004. – 229 с.

13. Шаповал М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації / М. І. Шаповал. – К. : Вид-во Європейського університету фінансів, інформ. систем, менеджменту і бізнесу, 2000. – 174 с.

14. Тарасенко А. В. Стандартизація, сертифікація і метрологія. Опорний конспект лекцій / А. В. Тарасенко. – К.: КНТЕУ, 2001. – 98 с.

15. Кириченко Л. С, Самойленко А. А. Стандартизація і сертифікація товарів та послуг: Підручник/ Л. С. Кириченко, А. А. Самойленко. – Х.: Вид-во «Ранок», 2008. – 240 с.

16. Мережко Н. В. Сертифікація товарів і послуг: Підручник. – К.: Вид-во КНТЕУ, 2002.

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ

ТЕМА 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ

1.1 Класифікація моделей

Моделюванням називають заміщення одного об’єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об’єкта-оригінала шляхом здійснення експериментів з об’єктом-моделлю. Модель можна визначити як об’єкт, що у деяких відношеннях збігається з оригіналом і є засобом подання, пояснення та/або прогнозування його поведінки.

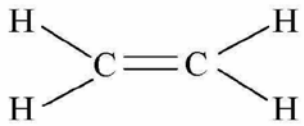
За формою подання вирізняють реальні та абстрактні моделі.

Реальні (матеріальні, речовинні, натурні) моделі є реальними об’єктами, які у тому чи іншому відношенні можуть замішувати об’єкти-оригінали. При цьому вони відтворюють ті характеристики та властивості останніх, що цікавлять дослідника, і є більш зручними для дослідження. Прикладами таких моделей можуть бути моделі літаків, призначені для аерогідродинамічних випробувань, макети промислового обладнання, еквівалентні електричні схеми напівпровідникових приладів тощо.

Абстрактні (ідеальні) моделі є ідеальними конструкціями, створеними засобами мислення, свідомості. їх поділяють на мовні, графічні, знакові, математичні й алгоритмічні. Прикладами ідеальних моделей є рівняння, формули, схеми, плани тощо, що описують різноманітні реальні процеси та об’єкти. Наприклад:

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ – модель гармонічних коливань;

$2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$ – модель процесу дисоціації води;



– модель молекули етилену.

При побудові абстрактних моделей зазвичай використовують спеціальні мови, терміни, символи тощо. Ці мови створюють на основі тих чи інших природних мов, але значення наукових термінів можуть суттєво відрізнятися від значень відповідних слів у природній та професійних мовах. Прикладом є значення терміну «реакція» у хімії, біології, техніці та політології.

У сучасній науці та техніці велике значення мають **математичні** та **комп’ютерні** моделі. У природознавстві й технічних науках їх побудова та аналіз є одним з основних методів наукового дослідження і проектування. При

вивченні екологічних та соціально-економічних макросистем математичні моделі використовують в основному для прогнозування тенденцій розвитку систем, визначення їх загальних властивостей, стійкості, критичних умов існування й таке інше.

При побудові моделей часто виникає необхідність встановлення **відношення подібності** між моделлю та оригіналом. Для цього використовують такі основні методи.

Пряма подібність цілеспрямовано встановлюється під час створення моделі. Прикладами моделей прямої подібності є моделі промислових зразків, макети споруд, шаблони, викройки, фотографії тощо. Для їх побудови використовують теорію подібності, яка дає змогу перераховувати результати вимірювань, одержувані в експериментах з моделями на результати, які можуть бути одержані у подібних умовах на оригіналі.

Непряма подібність не встановлюється дослідником, а існує об'єктивно. Вона проявляється як збіг або достатня близькість абстрактних моделей різних систем та процесів. Наприклад, можна говорити про математичну тотожність моделей гармонічних коливань у різноманітних механічних, електричних, хімічних та інших системах. Тому коливальні системи одного типу можна використовувати як моделі коливальних систем іншого типу. Зокрема, електричний коливальний контур можна використовувати як матеріальну модель довільного гармонічного осцилятора, завдяки зручності автоматичної реєстрації його вихідної характеристики. Прикладами моделей непрямої подібності є годинник (аналог часу), піддослідні тварини у медичних дослідженнях (аналог організму людини) тощо. Існують спеціальні аналогові обчислювальні машини, за допомогою яких можна створювати електричні ланцюги, що є аналогами різноманітних динамічних систем.

Умовна подібність встановлюється як результат домовленості. Прикладами моделей умовної подібності є алгоритм (модель послідовності дій): робочі креслення (модель готового виробу), гроші (модель вартості), паспорт особи (модель його власника), географічні карти (модель місцевості), умовні сигнали тощо.

Залежно від мети моделювання, розрізняють пізнавальні та прагматичні моделі. **Пізнавальні (дескриптивні, описові)** моделі відповідають теоретичним цілям і є формою організації та представлення знань. Вони відображають те, що вже існує, а їх основним завданням є наближення моделі до реальності. У структурному системному аналізі їх називають моделями «Як є» («As is»).

Метою розробки й застосування пізнавальних моделей зазвичай є:

- вивчення об’єкта (наукові дослідження), тобто найбільш повне і правильне відображення його складу, структури й властивостей;
- управління об’єктом, тобто найточніше відображення впливу певних факторів у визначеному діапазоні їх змінювання, на його істотні властивості;
- прогнозування, тобто найточніше визначення подальшої поведінки об’єкта і майбутніх значень його параметрів;
- навчання, тобто правильне відображення певних властивостей об’єкта.

Прикладами пізнавальних моделей є наукові поняття, рівняння залежностей тощо. Пізнавальні моделі зазвичай використовують як теоретичну основу для проектування алгоритмів, програмних систем, засобів автоматизації, систем управління, електронних систем тощо.

Прагматичні (нормативні, прескриптивні) моделі є засобом керування, організації практичної діяльності людей, уявленням про зразково правильні дії, порядок їх виконання або результати. Основним завданням таких моделей є наближення реальності до них, оскільки у цьому разі модель розуміється як певний стандарт. У структурному системному аналізі прагматичні моделі називають моделями «Як має бути» («To be»).

Типовими прикладами прагматичних моделей є: мета (модель бажаного майбутнього); алгоритм (модель майбутньої діяльності); проекти машин та споруд; складальні креслення; шаблони; закони; плани та програми дій; розклади; статути й посадові інструкції організацій, бізнес-плани тощо.

В основі іншого підходу до класифікації моделей систем лежить їх поділ на статичні й динамічні.

Статичні моделі призначені для визначення будови та характеристик, що відповідають певному відносно стабільному стану системи, їх прикладами є структурні схеми, кристалічні решітки кристалів, географічні карти, розклади руху поїздів, кваліфікаційні характеристики фахівців тощо.

Динамічні моделі відображають процеси зміни стану та характеристик системи. їх прикладами є рівняння фізичних процесів (рівняння дифузії, теплопровідності та інші), моделі хімічних реакцій, перспективні плани розвитку організацій, моделі циркуляції атмосфери й т. п.

1.2 Основні властивості моделей

Основними властивостями моделей вважають їх скінченність, наближеність, повноту, адекватність та істинність.

Скінченність моделі полягає у тому, що вона відображає лише деякі з характеристик та відношень, властивих оригіналу. Скінченність зумовлюється обмеженістю часу, пам’яті ЕОМ та інших ресурсів, потрібних для розробки та

аналізу моделі. Іншою причиною є те, що із великої кількості різноманітних зв'язків досліджуваної системи з навколишнім середовищем, а також її компонентів та зв'язків між ними лише деякі істотно впливають на властивості, що вивчаються. Тому немає потреби у врахуванні інших зв'язків і компонентів. Більш того врахування в моделі несуттєвої інформації призведе до отримання надмірно складної моделі, результати дослідження якої можуть виявитися досить неточними через її математичну некоректність та похибки округлення при розрахунках. Зокрема, при створенні розкладу занять в університеті немає потреби враховувати те, що студенти складаються з певних атомів, між якими діють ковалентні, водневі та інші хімічні зв'язки.

Наближеність моделі означає, що вона лише наближено відображає характеристики та відношення, що існують в об'єкті дослідження. Типовими прикладами наближень, які використовують при математичному моделюванні, є заміна дискретних систем неперервними та навпаки, задання обмежень на точність чисельних розрахунків, заміна нелінійних залежностей лінійними тощо.

Із скінченності та наближеності моделі випливає, що вона відображає оригінал неповно. Ступінь повноти моделі визначається метою та завданнями дослідження. Слід зазначити, що неповнота моделі не обов'язково є її недоліком, оскільки немає сенсу будувати модель, яка є точним повторенням оригіналу. Важливо, щоб модель достатньо повно відтворювала лише ті риси об'єкта дослідження, що вивчаються, й ті його складові, зв'язки та зовнішні впливи, які можуть істотно впливати на них.

Адекватність моделі характеризує можливість реалізації цілей моделювання, а її істинність – відповідність моделі сукупності наявних знань про об'єкт дослідження. Істинність моделі не є гарантією її адекватності. Зокрема, неадекватність істинної моделі може бути зумовлена накопиченням похибок через необхідність виконання великого обсягу розрахунків. Тут іноді спрацьовує закон «краще є ворогом гарного». З іншого боку, адекватними можуть бути моделі, що не є істинними. Типовими прикладами таких моделей є регресійні моделі, які дають можливість прогнозувати поведінку досліджуваної системи у певному діапазоні зміни вхідних параметрів, але не відображають наявні знання про будову, зв'язки та внутрішні процеси в ній й тому свідомо не можуть бути істинними.

Спільною рисою всіх моделей є те, що модель є **цільовим відображенням оригіналу**. Це означає, що при побудові моделі у першу чергу слід враховувати цілі й завдання дослідження оригіналу. При зміні мети дослідження часто буває необхідно змінити й модель, яка використовується. Наприклад, якщо

вивчається орбітальний рух Землі навколо Сонця, моделлю Землі може бути матеріальна точка. Якщо ж вивчаються геологічні процеси, використовують модель оболонкової структури Землі (ядро – мантія – літосфера – гідросфера – атмосфера). При дослідженні кліматичних процесів і прогнозуванні погоди суттєвими є конвекційні потоки у нижніх шарах атмосфери, течії в океані, а також коливання коефіцієнта відбиття сонячного світла у різних точках поверхні Землі. Таким чином, для одного й того самого об’єкта може існувати багато різних моделей. Тому часто говорять про множинність моделей систем.

Якість моделей залежить як від об’єктивних, так і від суб’єктивних факторів. До об’єктивних насамперед належать обмеження пов’язані з можливостями використовуваних методів і програмного забезпечення. Наприклад, до появи сучасних суперкомп’ютерів і методів паралельного програмування моделі аеро- й гідродинамічних процесів, що відбуваються під час руху у них з високою швидкістю твердих тіл складної форми (ракет, літаків, кораблів), не давали змоги дослідити деякі суттєві ефекти через неможливість застосування достатньо щільних сіток при виконанні розрахунків методами скінченних елементів.

Основними суб’єктивними факторами, що впливають на якість моделей систем, є:

- вибірковість відображення властивостей оригіналу дослідником, яка залежить від рівня його кваліфікації, попереднього досвіду, самопочуття та інших чинників;
- властивість людського розуму заповнювати прогалини в наявній інформації на основі попереднього досвіду дослідника, який не завжди є адекватним ситуації, що вивчається;
- застосування для нового об’єкта так званих типових моделей, які можуть виявитися непридатними для його подання.

Існує декілька причин, що ведуть до необхідності вивчення моделей замість реальних об’єктів.

По-перше, реальні об’єкти зазвичай зазнають впливу великої кількості різноманітних факторів, що унеможливлює отримання будь-яких корисних висновків за результатами їх дослідження. Тому виникає необхідність спростити їх за допомогою моделей, які ігнорують вплив несуттєвих з погляду досягнення мети дослідження чинників.

По-друге, у багатьох випадках дослідження реальних систем виявляється або дуже коштовним, або занадто тривалим, або завдає неприпустимої шкоди навколишньому середовищу чи дослідникам. Типовими прикладами таких ситуацій є дослідження парникового ефекту, кліматичних наслідків ядерної

війни, розповсюдження епідемій і т. п.

По-третє, у багатьох випадках метою дослідження є прогнозування поведінки об'єкта дослідження. У більшості випадків це неможливо без побудови їх моделей.

По-четверте, до необхідності розробки моделей часто веде неможливість безпосереднього вивчення реальних об'єктів через їх розмір (елементарні частинки, галактики), час протікання досліджуваних процесів або руйнування чи істотне спотворення під час проведення експериментальних досліджень.

1.3 Основні види та етапи моделювання

Відповідно до класифікації моделей, вирізняють наступні види моделювання.

Концептуальне моделювання за допомогою природних або штучних мов визначає принципові аспекти побудови або функціонування об'єкта дослідження. Прикладами завдань концептуального моделювання є: вибір інерціальної або неінерціальної системи відліку при записі рівнянь руху у механіці; врахування або неврахування динаміки системи при її вивченні, побудова сценаріїв розвитку організації з метою прийняття стратегічних рішень тощо. Відомим з курсу фізики прикладом концептуальної моделі є модель ідеального газу. Згідно з нею ідеальним газом є сукупність молекул, що є матеріальними точками, які не взаємодіють одна з одною інакше, ніж через пружні зіткнення. Як бачимо, ця модель не містить жодних математичних елементів, але враховуючі відомі поняття й закони фізики її можна достатньо легко перетворити у математичну модель. Зазвичай, якщо це можливо, слід будувати концептуальну модель так, щоб її можна було формалізувати за допомогою тих чи інших математичних методів. Це дає змогу у подальшому використовувати комп'ютерні технології моделювання для її дослідження.

Інтуїтивне моделювання передбачає прогнозування поведінки досліджуваної системи на основі уявних експериментів і врахування практичного досвіду дослідника. Класичним прикладом інтуїтивного моделювання через здійснення уявних експериментів є дискусія А. Ейнштейна і Н. Бора стосовно філософських засад квантової механіки. Завдання моделювання на основі практичного досвіду зазвичай вирішують фахівці-практики: інженери, лікарі, агрономи, кваліфіковані робітники тощо. Наприклад досвідчений сталевар часто може точніше спрогнозувати хід плавки та її результати, ніж це можна зробити на основі певних фізико-хімічних або математичних моделей. Але це стосується лише плавок добре відомих йому марок сталі у стандартних печах.

Фізичне моделювання здійснюють шляхом дослідження як моделі реального фізичного об’єкта, між яким і об’єктом-оригіналом встановлені відношення подібності, що ґрунтуються на подібності фізичних процесів, що відбуваються в них. Зокрема при проектуванні гідротехнічних споруд здійснюють попереднє дослідження моделей, що є їх зменшеними аналогами. Іншим прикладом фізичного моделювання є апробація нових лікарських засобів на піддослідних тваринах.

Структурно-функціональне моделювання передбачає побудову і використання як моделей графіків, таблиць, блок-схем тощо, для яких встановлено певні правила їх об’єднання й перетворення. Прикладами структурно-функціонального моделювання є: розробка блок-схем алгоритмів роботи комп’ютерних програм; побудова й перетворення електричних схем; створення класифікаційних схем; розробка розкладів занять у навчальних закладах і т. ін.

Математичне (логіко-математичне) моделювання передбачає побудову й дослідження моделей математичними та логічними засобами. Прикладами математичних моделей є: рівняння коливань як модель циклічного процесу; логістична крива як модель кривої зростання; рівняння рівномірного та рівноприскореного руху тощо.

Імітаційне (програмне) моделювання передбачає побудову логіко-математичної моделі об’єкта дослідження у вигляді певної послідовності дій (алгоритму), яка реалізована як комп’ютерна програма. Зазвичай такий вид моделювання використовують, якщо певні дії відбуваються багаторазово і мають певні відомі статистичні характеристики. У таких випадках встановити зв’язок між входами й виходами досліджуваної системи у вигляді певної математичної моделі зазвичай буває доволі складно. Навпаки, відтворити за допомогою комп’ютерної імітації послідовність подій, які відбуваються в системі і отримати у числовому вигляді значення її вихідних параметрів, буває набагато легше.

Початковим етапом дослідження складної системи є побудова моделі чорної скриньки (рис. 1.1). При формальному описі вона задає множини вхідних та вихідних змінних системи, але не містить ніякої інформації про відношення між цими двома множинами.

Під **вхідними змінними (входами)** розуміють впливи навколишнього середовища на досліджувану систему, а під **вихідними змінними (виходами)** – її впливи на навколишнє середовище.

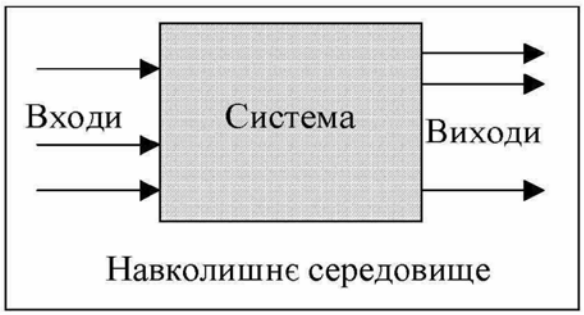


Рис. 1.1 – Структура моделі чорної скриньки

До вихідних змінних зокрема належать ті, які відображають контрольовані за допомогою вимірювальних приладів характеристики реальної системи, а до вхідних– управляючі впливи на неї та неконтрольовані випливи зовнішнього середовища.

Побудова моделі чорної скриньки є нетривіальним завданням, оскільки у реальних систем існує велика кількість входів та виходів, але залежно від мети моделювання деякі з них можуть виявитися суттєвими, а інші – несуттєвими. Завданням дослідника при побудові моделі чорної скриньки є визначення обмеженої кількості тих входів і виходів, суттєвих з погляду реалізації цілей моделювання. Крім того, завжди є невідомі дослідникові й тому невраховані ним впливи навколишнього середовища на досліджувану систему і навпаки – системи на навколишнє середовище.

У багатьох випадках модель чорної скриньки є єдиною можливою моделлю системи. Зокрема, така ситуація виникає у випадках, коли внутрішня будова системи є невідомою (наприклад, при дослідженні елементарних частинок), а також якщо необхідно мінімізувати вплив дослідження на систему (наприклад, коли вивчається психіка людини). Подальше дослідження таких систем може відбуватися шляхом побудови регресійних моделей, які у математичній формі відображають зв’язок між їх вхідними та вихідними змінними. У деяких випадках такі моделі можуть потім стати математичним відображенням певних концептуальних моделей. Відомо, наприклад, що рівняння, які описують вільне падіння тіл у механіці, спочатку були отримані Галілео Галілеєм саме як регресійні моделі певної «чорної скриньки» і лише значно пізніше теоретично виведені на основі законів класичної механіки.

Для вивчення динаміки систем, моделлю яких є «чорна скринька» часто застосовують методи аналізу часових рядів, рівні яких утворюють показники системи, які цікавлять дослідника.

Наступним етапом є побудова моделей складу та структури системи, а також її структурної схеми. При цьому необхідно мати на увазі, що для кожної системи можна побудувати багато таких моделей. Проте існує певна оптимальна модель,

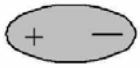
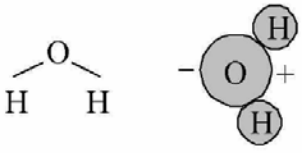
яка залежить від мети дослідження і дає змогу досягти цієї мети з найменшими витратами ресурсів дослідника.

Моделлю складу є перелік основних компонентів (складових частин) досліджуваної системи. При цьому вирізняють два типи компонентів – елементи, які розглядають як неподільні складові, та підсистеми – складові, що з погляду досягнення цілей моделювання мають розглядатися як утворення, що складаються з інших компонентів. При побудові моделі складу необхідно виявити всі підсистеми та елементи, які суттєво впливають на досліджувані характеристики і параметри системи. Модель складу відображає неоднорідність досліджуваної системи.

У моделі структури треба описати всі зв’язки між підсистемами та окремими елементами, та зв’язки всередині підсистем, що є важливими для досягнення мети аналізу. Якщо це можливо, зв’язки необхідно подати у математичному вигляді.

Після цього будують **структурну схему** досліджуваної системи, яка є сукупністю моделей чорної скриньки, складу та структури. В ній вказують всі важливі компоненти системи, зв’язки між ними, зв’язки компонентів системи із зовнішнім середовищем (входи та виходи системи). Побудова структурної схеми дає можливість виявити тип структури (лінійна, деревоподібна, матрична, сіткова тощо) і наявність зворотних зв’язків, що має суттєве значення для обрання методу подальшого аналізу системи.

Як приклад розглянемо різні види моделей молекули води:

Модель чорного ящика	
Модель складу	H_2O (2 атоми водню й один атом кисню)
Модель структури	2 ковалентні полярні зв'язки O - H
Структурні схеми	H:O:H 

Модель чорної скриньки не містить відомостей ані про склад, ані про структуру молекули, але відображає наявність в неї дипольного моменту, тобто те, що один бік молекули притягується до позитивно заряджених частинок, а інший – до негативно заряджених. Модель складу дає інформацію про те, з яких атомів складається молекула води, а модель структури – про те, як ці атоми зв’язані один з одним. Структурна схема першого типу відображає той факт, що утворення зв’язків пов’язано з утворенням спільних електронних пар між атомом кисню й кожним з двох атомів водню. Друга структурна схема

відображає те, що зв’язки існують тільки між атомами кисню та водню, при цьому є певні геометричні співвідношення у взаємному розташуванні атомів. Третя структурна схема додатково містить дані про наявність у молекули кисню дипольного моменту.

Всі структурні схеми мають загальні властивості, які дають можливість застосовувати до їх аналізу сучасні математичні та комп’ютерні методи, зокрема апарат теорії графів, теорії структур та інших розділі в математики. На рис. 1.2 показані деякі типи структур, що найчастіше зустрічаються у реальних системах.

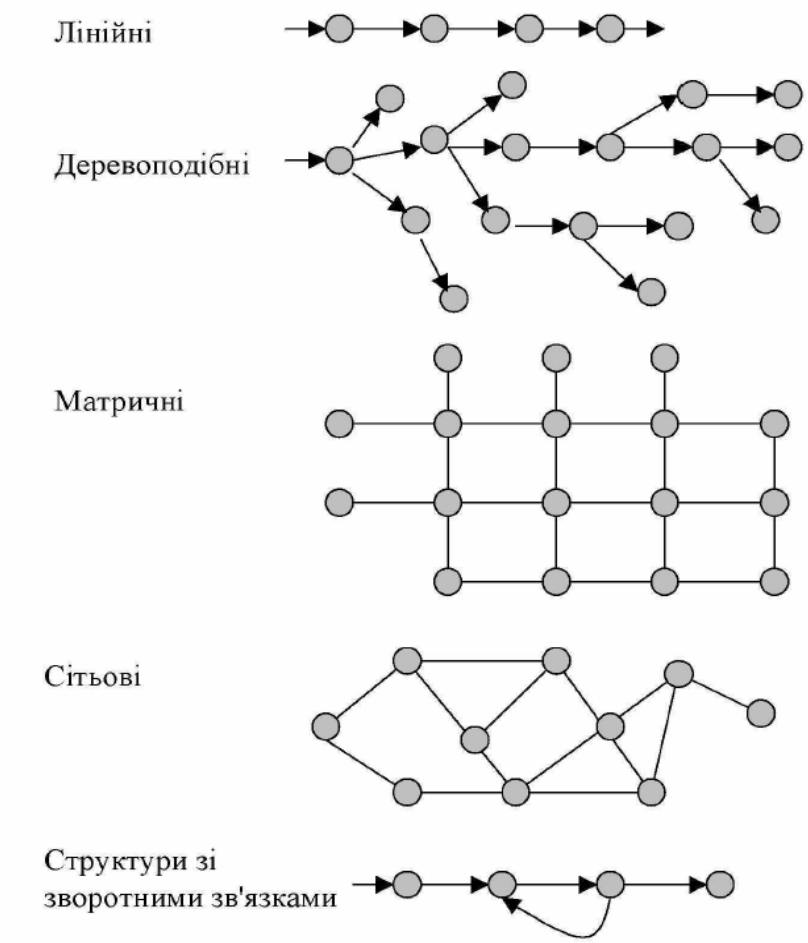


Рис. 1.2 – Основні типи структур систем

ТЕМА 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Поняття, класифікація та основні властивості математичних моделей

Якщо об’єкт дослідження є не надто складним, достатньо вивченим, а його властивості й характеристики можна виявити на основі теоретичних уявлень і наявних у літературі даних, доцільно як метод дослідження обрати побудову математичної моделі. У цьому разі процеси функціонування елементів системи

подають як певні функціональні співвідношення (алгебраїчні, диференціальні, інтегровано-диференціальні, скінченно-різницеві тощо) або за допомогою логічних мов.

Під **математичною моделлю** реальної системи (процесу) розуміють сукупність співвідношень (формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов, операторів тощо), які визначають характеристики станів системи залежно від її параметрів, зовнішніх умов (вхідних сигналів, впливів), початкових умов та часу. Загалом за визначенням В.М. Глушкова математична модель – це множина символічних математичних об’єктів і співвідношень між ними. За М.М. Амосовим, математична модель – це система, що відображає іншу систему.

Математичні моделі можна досліджувати такими методами:

а) аналітичними, що дають змогу отримати у загальному вигляді явні залежності для досліджуваних характеристик;

б) чисельними, що дають можливість одержати числові значення шуканих параметрів при конкретних початкових і межових умовах;

в) якісними, за допомогою яких можна визначити певні властивості розв’язку (стійкість, монотонність, характер змінювання, асимптотика тощо) без отримання його в явному вигляді;

г) аналоговими, що дають змогу вивчати властивості досліджуваної системи за допомогою певного реального об’єкта, наприклад електричної схеми, яку можна подавати за допомогою тієї самої математичної моделі.

Для складних об’єктів альтернативним є шлях **ідентифікації** моделі, через вибір найбільш придатної моделі, що належить до певного класу математичних моделей, і визначення її параметрів за наявними емпіричними даними. Наприклад, для вивчення багатьох практично важливих властивостей твердих тіл використовують метод механічної спектроскопії. При цьому отримують так званий релаксаційний спектр, що може бути поданий у вигляді суми декількох простих максимумів, кожний з яких відповідає певному процесу, що відбувається у досліджуваному об’єкті. Для інтерпретації одержуваних спектрів необхідно використовувати їх математичні моделі. Завдання ідентифікації математичної моделі у цьому разі полягає у визначенні рівняння, що описує один максимум (тут необхідно зробити вибір з декількох можливих варіантів таких рівнянь, які відповідають різним типам процесів), визначенні кількості максимумів та визначенні коефіцієнтів відповідних рівнянь.

Існує багато різноманітних класифікацій математичних моделей. Зокрема, вирізняють моделі: статичні й динамічні, диференціальні й інтегральні, детерміновані і статистичні, лінійні та нелінійні, геометричні, топологічні,

імітаційні, оптимізаційні тощо.

Статичні моделі характеризують конкретний стан об'єкта у заданий момент часу. Як правило, їх застосовують для подання стійких рівноважних чи стаціонарних станів систем, або таких нерівноважних й нестаціонарних станів, змінюванням яких з часом при дослідженні або роботі системи можна знехтувати. Прикладами статичних математичних моделей систем є відомі з курсу фізики рівняння стану ідеального газу, закон Кулона, формула Планка тощо.

Якщо ж метою моделювання є опис не одного конкретного стану системи, а різниці між станами, динаміки змінювання стану з часом, певних процесів, що відбуваються у системі, й таке інше, то виникає потреба в моделях, які б відображали ці процеси. Відповідні математичні моделі називають **динамічними.** Їх прикладами є рівняння дифузії **j = grad c** (**j** – потік компонента, що дифундує, **c**– його концентрація), рівняння руху, закон Ома у диференціальній формі, закон радіоактивного розпаду тощо.

Загальна математична модель динаміки системи задає множини входів, виходів та станів системи, а також зв'язків між ними. У найпростішому випадку вона встановлює зв'язок між функціями **X**(t) та **Y**(t), де **X** – вектор вхідних змінних, а **Y** – вектор вихідних змінних системи. У разі, коли система є безінерційною і миттєво перетворює вхід до виходу, цей зв'язок можна подати функцією y = Φ(x). На практиці ця функція зазвичай невідома. Вона може бути параметризованою або непараметризованою. У першому випадку про функцію Φ відомо, що вона належить до сім'ї функцій, визначених з точністю до значень окремих параметрів. Наприклад: $\Phi_1(x) = ax + b$, $\Phi_2(x) = A \exp(Bx)$. При цьому значення всіх або частини параметрів невідомі. У другому випадку невідомим є й вигляд функції, але можуть бути відомими деякі її загальні властивості – неперервність, гладкість, монотонність, симетричність й ін.

Детерміновані (жорсткі) моделі передбачають, що зв'язок між входами та виходами системи може бути описаний за допомогою відомих детермінованих функцій, а вхідні значення є точно визначеними. Поведінку детермінованої моделі у принципі можна передбачити однозначно, але у зв'язку із складністю багатьох детермінованих моделей при їх дослідженні застосовують чисельні й статистичні методи. Зазвичай детерміновані моделі призводять до отримання систем алгебраїчних, диференціальних, інтегровано-диференціальних або скінченно-різницевих рівнянь. Типовими завданнями, для вирішення яких застосовують ці моделі є дослідження динаміки систем, балансу, оптимізація систем та ін.

Стохастичні (статистичні) моделі будують, якщо параметри об'єкта

дослідження піддаються впливу неконтрольованих випадкових факторів, або він характеризується власною невизначеністю поведінки. Прикладами об’єктів першого типу є нестійкі технологічні процеси, курси валют, фондові індекси, тощо. Типовими прикладами об’єктів другого типу є квантові частинки, а також системи, що складаються з багатьох однотипних елементів, які мають власну поведінку. В обох випадках однозначно передбачити властивості таких об’єктів, їх зміну у часі та реакцію на певні зовнішні впливи неможливо, тому при їх вивченні застосовують методи теорії ймовірностей і математичної статистики. У цьому разі зв’язок між входами та виходами подають через випадкові чи кореляційні функції або через рівняння регресії, а не відомі точно параметри і вхідні змінні характеризують за допомогою відповідних функцій розподілу або математичних сподівань і стандартних відхилень. Окремими випадками статистичних моделей є моделі факторного аналізу, що встановлюють зв’язок між факторами, які впливають на досліджувану систему і дають змогу зменшити розмірність простору ознак, а також класифікаційні моделі, за допомогою яких у сукупності досліджуваних об’єктів або ознак виділяють групи подібних один до одного елементів. Прикладами статистичних моделей є відомі з курсу фізики розподіл Максвела, що характеризує розподіл молекул ідеального газу за швидкостями їх руху, та рівняння Шредінгера, яке дає змогу визначити щільність імовірності знаходження квантової частинки у певній точці простору.

Поділ моделей на **дискретні** й **неперервні** визначається характером області допустимих значень їх параметрів. Якщо остання є неперервною, то модель називають **неперервною**. Неперервні ознаки можуть набувати будь-яких значень у певному заданому діапазоні. Прикладами таких ознак є час, потрібний учню або студенту на виконання певного завдання, довжина, вага, температура тощо. Практично усі математичні моделі, що розглядаються у курсі фізики, є прикладами неперервних математичних моделей. Якщо ж область допустимих значень параметрів дискретна, то модель називають **дискретною**. Параметри дискретних моделей можуть набувати лише окремих визначених значень. Дискретними ознаками зокрема є кількість студентів у групі, кількість комп’ютерів в певній установі, обсяг пам’яті у комп’ютерних пристроях та ін. Прикладами дискретних моделей є різноманітні розклади; моделі даних для застосування у базах даних; моделі, що використовуються при вирішенні завдань оптимізації маршрутів перевезень, призначень виконавців робіт тощо. У фізиці дискретні математичні моделі використовуються зокрема при вивченні структури й деяких структурно чутливих властивостей кристалів.

Лінійні моделі характеризуються лінійним зв'язком між вхідними та вихідними змінними. На відміну від них у нелінійних моделях усі або деякі зв'язки є нелінійними. Найчастіше таку класифікацію застосовують для моделей, які подаються алгебраїчними та диференціальними рівняннями. Її необхідність пов'язана з тим, що для лінійних моделей зазвичай є стандартні процедури їх аналізу, а у багатьох випадках відомими є й основні властивості таких моделей. Тому для отримання необхідних результатів за допомогою таких моделей часто буває достатньо підставити задані числові значення до готових формул або комп'ютерних програм. Для нелінійних моделей така можливість є лише в окремих найпростіших випадках. Крім того, для нелінійних моделей значно частіше виникають проблеми аналізу й забезпечення стійкості одержуваних розв'язків.

Прикладами лінійних математичних моделей є закон Гука ($F = -k\Delta x$, де F – сила пружності, k – коефіцієнт пропорційності, Δx – видовження пружини), другий закон Ньютона.

Прикладами нелінійних моделей є закон всесвітнього тяжіння $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$, де F– гравітаційна сила, $m_1 m_2$ – маси взаємодіючих тіл, r^2– відстань між ними).

Одним із поширених методів дослідження нелінійних моделей є їх зведення до лінійних. Але при його застосуванні слід пам'ятати, що таке перетворення, навіть коли воно допустимо, веде до звуження меж застосовності результатів дослідження.

Одновимірними називають моделі, що мають лише одну вихідну змінну (незалежно від кількості вхідних змінних). **Багатовимірні моделі** мають декілька вихідних змінних. У загальному випадку кожна із вихідних змінних багатовимірної системи залежить від декількох вхідних. Тому багатовимірні системи зазвичай є також і багатозв'язними. Наприклад, модель, що визначає собівартість виробництва певного конкретного виробу на підприємстві, буде одновимірною. Модель яка визначає собівартості виробництва усієї номенклатури виробів цього підприємства буде багатовимірною. У другому випадку вона буде і багатозв'язною, через те, що одні й ті самі ресурси можуть використовуватися при виготовленні різних виробів. При цьому існують певні обмеження на їх загальний обсяг. Деякі з виробів можуть одночасно бути як кінцевою продукцією, так і сировиною для виготовлення інших виробів. Наприклад, на металургійному комбінаті частина чавуну відвантажується замовникам, а частина йде на виплавляння сталі. Так само і сталь: частина її є кінцевою продукцією, а частина використовується для виготовлення прокату.

Властивість **стаціонарності** або **нестаціонарності** відображає ступінь

змінюваності об’єкта у часі. Стаціонарними є динамічні системи, параметри яких за певних зовнішніх умов змінюються у часі настільки повільно, що цими змінами за період спостереження можна зневажати. У математичних моделях це відображається через залежність коефіцієнтів нестаціонарних моделей від часу.

Властивість **зосередженості** або **розподіленості** кількісних характеристик внутрішніх властивостей об’єкта дослідження (температура, механічні напруження, деформації, прожитковий мінімум, швидкості процесів тощо) характеризує врахування просторової протяжності системи й скінченної швидкості процесів, що відбуваються у неї, на адекватність моделі.

Якщо просторовою протяжністю можна зневажити й вважати, що всі процеси у системі відбуваються миттєво, то для подання системи можна використовувати математичні **моделі із зосередженими параметрами**. Такі моделі часто подають у вигляді звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Прикладами математичних моделей систем із зосередженими параметрами є рівняння руху матеріальної точки та абсолютно твердого тіла, закони Архімеда й Паскаля в гідростатиці тощо.

У просторово протяжних об’єктах (гази, рідини, деформівні тверді тіла, складні технічні й соціально-економічні системи) необхідно враховувати залежність характеристик від координат. З погляду математики об’єкти з розподіленими параметрами є одновимірними або багатовимірними полями відповідних величин (температур, напружень тощо), які існують у часі й просторі певної розмірності (лінійні, плоскі, тривимірні). Вихідні змінні відповідних моделей є функціями часу й просторових координат, а також їх похідних. Як математичні моделі таких об’єктів часто використовують диференціальні рівняння у частинних похідних. Прикладами **моделей з розподіленими параметрами** є закони Фіка та Фур’є в теорії дифузії й теплопровідності.

З погляду практичного використання важливою є класифікація моделей за методами їх подальшого аналізу. При цьому вирізняють моделі, які досліджують **аналітично, чисельно** та за допомогою **апаратурного моделювання** (аналогових обчислювальних машин).

У першому випадку вихідну математичну модель необхідно перетворити до такої системи співвідношень, яка дає можливість одержати необхідний результат аналітичними методами. Результатом аналітичного дослідження зазвичай є: побудова формул, що задають шукані величини в явній формі; перетворення рівнянь до вигляду, для якого аналітичний розв’язок є відомим тощо. Результатами аналітичного дослідження також можуть бути якісні

висновки про наявність особливих точок, асимптотичну поведінку, монотонність та однозначність залежності, стійкість розв'язку та інші.

Основні аналітичні методи дослідження математичних моделей вивчалися у курсі вищої математики, зокрема у таких його розділах, як математичний аналіз, лінійна алгебра, диференціальні рівняння й теорія імовірності. Серед них можна назвати методи диференціювання, інтегрування й дослідження функцій, методи Гауса та Крамера розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь, аналітичні методи розв'язування і якісні методи аналізу звичайних диференціальних рівнянь та їх систем тощо. Розвиток комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дає сьогодні можливість використовувати для аналітичного дослідження математичних моделей прикладні пакети символьних обчислень, такі, як Maple, Maxyma, Reduce та інші, що значно розширює можливості аналітичних методів.

2.2 Похибки математичних моделей

Важливою характеристикою результатів моделювання є **похибка** одержуваних

результатів. Можна виділити такі її основні складові: похибка математичної моделі, похибка вихідних даних, похибка розрахункового алгоритму та похибка обчислень.

Похибка математичної моделі пов'язана з тим, що будь-яка модель є лише наближеним відображенням об'єкта моделювання. Джерелами цієї похибки є припущення, що роблять при розробці концептуальної моделі досліджуваної системи, а також наближення, використані при побудові її математичної моделі. Зокрема, наближеність моделі може визначатися припущеннями про однорідність твердого тіла, незалежність коефіцієнта дифузії від концентрації домішки та від часу, нехтуванням впливу внутрішніх та зовнішніх електромагнітних полів на поведінку електрично заряджених домішок тощо. Якщо необхідно, похибку моделі можна зменшити шляхом урахування додаткових факторів, що впливають на вимірювані характеристики.

Похибка емпіричних даних пов'язана з: погрішностями вимірювань; використанням наближених значень параметрів досліджуваної системи; заміною генеральних сукупностей вибірками обмеженого обсягу; використанням даних, що були піддані попередній статистичній обробці, тощо. Її можна зменшити тільки шляхом проведення повторних або додаткових експериментів та спостережень.

Похибка розрахункового алгоритму пов'язана зі спрощеннями та припущеннями, що робляться при заміні вихідної математичної моделі

алгоритмом обчислювань. Зокрема, більшість методів чисельного знаходження інтегралів використовує заміну площі під кривою, що інтегрується, на суму площ відносно простих фігур. При цьому похибка інтегрування істотно залежить від того, на яку кількість ділянок розбивають інтервал інтегрування та які саме фігури будуть обрані для наближення.

Багато алгоритмів передбачають застосування ітераційних процедур, які теоретично можуть виконуватися нескінченно довго, поступово наближуючись до точного розв’язку. Але у практиці час виконання ітерацій має бути обмеженим. Тому необхідно заздалегідь встановити точність результату, що задовольняє дослідника, й задати умови зупинення обчислень. При цьому виникає необхідність пошуку компромісу між точністю одержуваних результатів з одного боку й потрібними для цього ресурсами (часом обчислень, пам’яттю ЕОМ) з іншого.

Похибка обчислень пов’язана з необхідністю обмеження кількості значущих цифр у числах, з якими здійснюють розрахунки. Її існування у деяких випадках веде до необхідності відмови від використання «точних» формул й застосування наближених методів.

Похибки алгоритму та обчислень є **усувними похибками**, оскільки їх можна зменшити до необхідного рівня шляхом внесення змін до алгоритму та підвищення точності розрахунків. Похибки вихідних даних та моделі є **неусувними похибками**. Останнє слід розуміти так: ці похибки не можуть бути усунені або зменшені математичними методами, але точність моделювання може бути підвищена шляхом обрання більш адекватної моделі (цей етап є неформальним, і для його реалізації необхідно використовувати не тільки математичні методи, а й дані відповідних конкретних наук), а також підвищення точності емпіричних даних.

При побудові моделі необхідно прагнути до **балансу похибок різного типу.** Це зумовлено тим, що похибка моделювання визначається найбільшою з них. Підвищувати точність розрахунків на деякому етапі моделювання недоцільно, якщо вихідні дані для нього мають суттєво меншу точність або якщо результати цього етапу потім використовують для розрахунків зі значно більшою похибкою. У цьому разі прагнення до надмірної точності призведе лише до невиправданого збільшення часу розрахунків та потрібної пам’яті ЕОМ, але точність результату при цьому не підвищиться.

Можна рекомендувати таку послідовність балансу похибок. На першому етапі необхідно визначити ступінь точності вихідних емпіричних даних, що використовуватимуться при розрахунках, та характер впливу їх похибки на результати моделювання. Загалом похибка результатів перевищує похибку

вихідних даних і є тим вищою, ніж складніша модель. Але при оцінюванні можливих наслідків неточності вихідних даних слід розрізняти систематичну та випадкову похибки моделювання. У деяких випадках неточність визначення сталих коефіцієнтів, що входять до моделі, призводить лише до появи систематичної похибки кінцевого результату. Якщо такий коефіцієнт використовують у моделі як самостійний доданок, то його похибка зумовлює збільшення або зменшення результату на одну й ту саму величину. При цьому якісна поведінка моделі та всі інші її кількісні характеристики залишаються незмінними. Якщо коефіцієнт використовують як загальний множник, то відхилення вихідних результатів будуть пропорційні похибці його визначення. При цьому якісна поведінка моделі також залишається правильною. У більш складних випадках похибки вихідних даних можуть призводити до якісних змін у поведінці моделі.

2.3 Методи формування й математичні схеми дослідження моделей систем

Зазвичай використовують такі два способи формування математичних моделей. У першому випадку досліджувану систему поділяють на декілька підсистем, моделі яких є відомими з попереднього досвіду та літературних джерел. Формальне математичне об’єднання відповідних моделей буде математичною моделлю цілої системи. Процедура дослідження такої моделі визначається специфікою задачі. Для багатьох випадків розроблено стандартні методи розв’язування подібних задач. Найчастіше використовують **блокову структуру моделі**. Процес відновлення системи за цими блоками, як правило, здійснюють за допомогою ЕОМ.

Інший спосіб передбачає ідентифікацію системи на основі реєстрації її вхідних та вихідних сигналів, тобто потребує проведення експериментального дослідження системи. Вихідною інформацією при побудові математичних моделей процесів функціонування систем є дані про призначення й умови роботи досліджуваної (проектованої) системи S. Вона визначає головну мету моделювання і дає змогу сформулювати вимоги до розроблюваної моделі М.

Перехід від змістового до формального подання процесу функціонування системи з урахуванням впливу зовнішнього середовища здійснюють за допомогою певної **математичної схеми**. При її використанні дослідник має у першу чергу перевірити адекватність відображення нею реальних процесів. Наприклад, подання процесу функціонування інформаційно-обчислювальної системи колективного використання у вигляді мережі систем масового обслуговування дає змогу подавати процеси, що відбуваються у системі, але при складних законах вхідних потоків і потоків обслуговування результати

такого моделювання неможливо отримати в явному вигляді.

Як детерміновані моделі для подання систем, що функціонують у неперервному часі, для випадку, коли випадковими чинниками можна зневажати, використовують алгебраїчні, диференціальні, інтегральні, інтегровано-диференціальні й інші рівняння та системи рівнянь. При поданні систем, що функціонують у дискретному часі, застосовують скінченні автомати та скінченно-різницеві схеми.

Як стохастичні моделі для систем з неперервним часом використовують системи масового обслуговування і стохастичні рівняння, а для систем з дискретним часом – імовірнісні автомати.

Для подання більш складних систем, зокрема для автоматизованих систем управління, у певних випадках доцільніше обирати агрегативні моделі. Вони дають змогу відображати широкий круг об’єктів дослідження як систем. Це здійснюють шляхом розбиття моделі на скінченну кількість підсистем із збереженням зв’язків, що забезпечують взаємодію компонентів реальної системи.

2.4 Загальна схема побудови математичної моделі

Загальна схема побудови математичної моделі є такою. Насамперед необхідно визначити, для чого потрібна модель, тобто визначити цілі й завдання моделювання. Це має принципове значення для обрання методів її побудови й дослідження.

На другому етапі необхідно визначити структуру моделі і способи математичного подання її окремих блоків. Для цього використовують два основні підходи. Перший передбачає побудову математичної моделі на основі відомих теоретичних даних про закономірності поведінки системи або протікання процесу. У цьому разі одержувана математична модель буде системою відомих з предметної області теоретичних моделей. Перевагами такого підходу є відповідність структури моделі реальній структурі об’єкта дослідження. Завдяки цьому всі параметри моделі мають реальним фізичним (технічний, економічний або інший) зміст. Такі моделі дають змогу аналізувати не тільки загальні властивості системи як цілого, але також і поведінку її окремих елементів, змінювання структури, визначати відносні вклади різних факторів у властивості, що спостерігаються, тощо. Недоліками цього підходу зазвичай є складність одержуваних моделей і, внаслідок цього, можливість їх некоректності та накопичення похибок при розрахунку вихідних характеристик досліджуваних систем.

У другому випадку будують статистичну модель, наприклад рівняння або

систему рівнянь регресії. За допомогою таких моделей можна встановлювати зв'язки між окремими змінними; вирішувати завдання класифікації; прогнозувати, як будуть змінюватися характеристики системи або процесу при зміні вхідних змінних. Статистичні, зокрема регресійні й кореляційні, моделі зазвичай відповідають розгляду досліджуваної системи як чорного ящика. Тому їх принципово неможливо використовувати для оцінювання вкладу окремих підсистем у формування загальних властивостей системи, аналізу структури системи, зв'язків між її елементами тощо. Коефіцієнти рівнянь регресії часто не мають якогось реального змісту. Проте регресійні моделі вирізняються простотою і у багатьох випадках дають можливість одержувати більш точні оцінки вихідних характеристик досліджуваних систем та процесів.

В багатьох випадках при побудові моделей складних систем і процесів використовують комбінації цих підходів. Зокрема, часто базову модель будують як систему відомих теоретичних моделей, окремі компоненти якої є рівняннями регресії.

Якщо модель будують як систему відомих теоретичних моделей, то на цьому етапі на основі відомих теоретичних та емпіричних даних про об'єкт дослідження розробляють його концептуальну модель. Це передбачає визначення суттєвих для вирішення поставлених завдань компонентів системи, взаємозв'язків між ними, взаємозв'язків системи і навколишнього середовища, можливих станів системи, закономірностей поведінки системи в цілому та її окремих елементів тощо. Потім переходять від змістового до формального опису, тобто відбирають теоретичні уявлення, на основі яких будуватиметься загальна математична модель об'єкта дослідження, визначають межі застосування зроблених у них припущень і спрощень. На цьому етапі широко застосовують метод аналогій та експериментальні дослідження системи.

Далі процедура розробки моделі залежить від обрання методики її подальшого аналізу. На сьогодні найбільш поширеним методом вивчення математичних моделей є їх чисельне дослідження за допомогою ЕОМ. Для цього можна використовувати різноманітні математичні, статистичні та інші прикладні пакети програмного забезпечення, зокрема Microsoft Excel, MathCad, MathLab, Mathematica, Statistica, SPSS тощо. Але при цьому слід мати на увазі, що не існує алгоритмів чисельних розрахунків, які б давали змогу отримати задовільні розв'язки для всіх задач певного класу. Якість роботи алгоритму залежить не тільки від типу задачі, але й від її конкретних умов та параметрів. Тому обрання алгоритму є нетривіальним завданням. Як правило, якість алгоритму (й моделі взагалі) визначають: порівнянням результатів, одержуваних за різними алгоритмами розрахунків; виконанням розрахунків для

тестових моделей де кількісний результат є відомим заздалегідь; порівнянням результатів моделювання з відомими якісними даними про модельовану систему (закономірностями її поведінки, впливом певних вхідних параметрів на характеристики, що розраховуються, тощо). У типових прикладних пакетах, як правило, не вказано конкретний алгоритм, за яким виконуються розрахунки. Більше того, досить часто не вказано навіть математичний метод, на якому базується цей алгоритм. Це суттєво ускладнює попередній аналіз можливості застосування прикладних пакетів до дослідження тієї чи іншої моделі, а також пошук джерел похибок моделювання.

Наступним етапом є вивчення моделі. Залежно від мети дослідження, на цьому етапі можуть встановлюватися межі адекватності моделі, області оптимальних значень параметрів, наявність прихованих зв’язків між окремими змінними тощо.

На заключному етапі здійснюють експериментальну перевірку моделі й у випадку необхідності повертаються до одного з попередніх етапів.

Після побудови математичної моделі необхідно визначити її **адекватність.** Для цього використовують формальні й неформальні процедури. У першому випадку результати моделювання порівнюють з емпіричними даними, що відповідають тим самим значенням вхідних параметрів, межових і початкових умов. У цьому разі залишки моделі, тобто різниці між емпіричними даними й результатами, що розраховані за моделлю, мають бути нормально розподіленими випадковими величинами з близьким до нуля середнім арифметичним. Немає бути часової, просторової або будь-якої іншої кореляції між цими залишками. Крім того має бути певна відповідність масштабів між стандартними відхиленнями залишків і похибок емпіричних даних. Неформальні процедури перевірки адекватності математичних моделей зазвичай передбачають якісне порівняння типових залежностей, передбачуваних моделлю, з наявними емпіричними даними та результатами, що одержані на інших вже апробованих моделях. Вони також мають встановлювати відповідність моделі більш загальним теоретичним законам і принципам, сформульованим у певній предметній області. Інколи для перевірки адекватності треба залучати незалежних експертів, які не брали участі в розробці моделі.

За результатами перевірки адекватності моделі приймають рішення щодо можливості її використання. Результатом перевірки може бути висновок про необхідність доробки (корегування) та оптимізації моделі. При корегуванні уточнюють перелік суттєвих параметрів моделі, обмеження, функціональні зв’язки між параметрами тощо. Під оптимізацією розуміють спрощення моделі

при збереженні заданого рівня її адекватності. Основними критеріями оптимальності є витрати часу, пам'яті ЕОМ та інших ресурсів при використанні моделі.

Як правило, основним критерієм оптимальності є співвідношення між можливими втратами, пов'язаними з неточністю моделі, й додатковими витратами, необхідними для їх усунення.

2.5 Комп'ютерна реалізація математичних моделей систем

Сьогодні для дослідження математичних моделей складних систем найчастіше використовують різноманітні технології комп'ютерного моделювання.

Поняття комп'ютерного моделювання не є тотожним поняттю математичного моделювання систем. З одного боку, важливою складовою математичного моделювання є дослідження загальних властивостей моделей, для чого необхідно використовувати аналітичні методи дослідження. З іншого боку комп'ютерне моделювання дає змогу досліджувати не тільки математичні моделі складних інженерних задач, а й моделі деяких інших типів, зокрема імітаційні.

Під комп'ютерною моделлю зазвичай розуміють:

а) умовний образ певної системи об'єктів або процесів, поданий за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, блок-схем, діаграм, графіків, рисунків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів тощо, який відображає структуру й взаємозв'язки між компонентами об'єкта дослідження; такі моделі називають **структурно-функціональними**;

б) окрему комп'ютерну програму, сукупність програм або програмний комплекс, що дає змогу за допомогою певної послідовності операцій і графічного відображення їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування досліджуваного об'єкта, як правило, за наявності впливу випадкових факторів; такі моделі називають **імітаційними**.

Основні підходи до структурно-функціонального моделювання спочатку було розроблено у теорії електричних ланцюгів, електроніки й радіотехніки, де вперше почали застосовувати блок-схеми. Подальшого розвитку вони дістали у теорії автоматичного управління. Вона розробила достатньо загальну методологію аналізу й синтезу структурних схем, яка ґрунтується на тому, що кожній математичній операції над сигналами приводиться у відповідність певний елементарний структурний блок.

Розроблений апарат має широке застосування в аналізі неперервних лінійних динамічних систем, що можуть бути подані за допомогою

диференціальних рівнянь. Але він не придатний для опису процесів у соціально-економічних та організаційних системах, де зв’язки між окремими блоками є більш складними й зазвичай не можуть бути зведені до певної функції часу. Він також є незручним у деяких інших випадках, коли поняття елементарного блока є істотно іншим, ніж в теорії автоматичного управління. Зокрема у деяких випадках ці блоки мають відповідати основним операціям машинної обробки даних – нагромадженню, сортуванню, передачі тощо. На сьогодні при розробці блок-схем використовують стандарти **Єдиної системи програмної документації** (ЄСПД).

Подальшого розвитку методологія побудови й аналізу блок-схем дістала у теорії **автоматизованих систем управління виробництвом** (АСУВ). При цьому функції, виконувані блок-схемами, дещо змінилися порівняно із алгоритмами і програмами. Головним призначенням графічних символів при проектуванні АСУВ є саме моделювання об’єкта автоматизації й процесів функціонування самої системи. Основними символами є функціональні блоки, що відображають основні функції збору, нагромадження, передачі й обробки даних. Поряд з ними до умовних графічних позначень включено символи, що дають змогу подавати різноманітні структури об’єктів управління. Розроблено спеціальні стандарти, які регламентують склад, розміри й вигляд символів, а також правила їх застосування. У цілому сукупність символів для АСУВ і правил їх використання утворює найпростішу мову структурно-функціонального моделювання, що застосовується при системному аналізі й проектуванні автоматизованих систем.

Сучасні методи структурно-функціонального аналізу й моделювання складних систем ґрунтуються на працях професора Массачусетського технологічного інституту Дугласа Росса, який вперше використав поняття структурного аналізу при створенні алгоритмічної мови модульного програмування АРТ. Подальший розвиток ідеї подання складних об’єктів як ієрархічних багаторівневих модульних систем призвів до створення технології структурного аналізу й проектування **SADT (Structured Analyses and Design Technique)**. Сьогодні вона успішно застосовується при вирішенні таких завдань, як вдосконалення управління фінансами й матеріально технічним забезпеченням крупних організацій; створення програмного забезпечення АСУ обчислювальними та телекомунікаційними мережами; довгострокове й стратегічне планування діяльності установ тощо.

Відмінною рисою методології SADT є принцип побудови моделі зверху вниз. На першому етапі побудову ієрархії моделей починають з розробки досить грубої (ескізної) моделі. Далі цю модель уточнюють, розробляючи

більш докладні моделі окремих SADT-блоків вищого рівня ієрархії. При цьому інші блоки моделі можуть залишатися незмінними.

Ще однією відмінністю технології SADT є можливість одночасно із структуруванням проблеми розробляти структуру бази даних з використанням мови SQL. Виключно важливою особливістю технології SADT є можливість зведення моделі до кольорової **сітки Петрі.**

Таким чином, застосування технології SADT й відповідного програмного забезпечення дає змогу уніфікувати окремі блоки моделі складної системи, розпаралелити процес створення моделі та об'єднати побудовані модулі до єдиної ієрархічної динамічної моделі.

Одним з поширених засобів структурно-функціонального аналізу є пакет **«CASE-Аналітик»**. Він призначений для автоматизації проектування і впровадження широкого класу систем обробки інформації й управління: інформаційно-обчислювальних мереж, організаційно-управлінських АСУ всіх рівнів, банківських та бухгалтерських систем, систем автоматизації експерименту й діловодства тощо.

В основі цього пакету лежать засоби побудови строгої та наочної структурно-функціональної моделі системи, яка є ієрархією **діаграм потоків інформації** та **функціональних зв'язків**, що автоматично відображаються у базі даних. Пакет дає змогу будувати й редагувати потокові діаграми, здійснювати пошук за діаграмами та даними, експортувати й імпортувати дані з інших пакетів, а також оформлювати проектну документацію відповідно до вимог стандартів.

Подібні програмні засоби зазвичай крім засобів структурно-логічного моделювання містять засоби моделювання й проектування баз даних, вартісного аналізу, оцінювання ризиків, контролю й управління реалізацією проектів.

ТЕМА 3 ІМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Моделювання випадкових процесів

При дослідженні систем методом імітаційного моделювання сама випадковість безпосередньо включається у процес моделювання і складає його суттєвий елемент. Кожного разу, коли на хід модельованого процесу впливає випадковий фактор, його вплив імітується за допомогою спеціального організованого розіграшу (імітації). Таким чином, будується одна реалізація випадкового явища, що є як би результатом одного досліду. У процесі моделювання для отримання точнішої оцінки результату формується велике

число реалізації (прогонів моделі).

Формування (розігрування) реалізацій випадкових процесів (подій, величин і функцій) із заданими характеристиками називають **моделюванням випадкових процесів**.

Проте програми вироблення (генератори) випадкових чисел з необхідним законом розподілу можуть виявитися дуже громіздкими. Тому випадкові числа з необхідним законом розподілу отримують не безпосередньо, а шляхом перетворення випадкових чисел, що мають деякий початковий розподіл. До початкового розподілу висувають такі вимоги: простота отримання чисел на ПК; зручність перетворення випадкових чисел у розподіл із заданим законом. Встановлено, що рівномірний закон розподілу достатньою мірою задовольняє цим вимогам. Нижче буде показано, що моделювання випадкових процесів може бути побудоване на використанні давача випадкових чисел, рівномірно розподілених в інтервалі (0; 1). Оскільки отримані таким чином лічильники випадкових чисел є в принципі наближеними для відповідних законів розподілу, то їх ще називають **генераторами псевдовипадкових чисел**.

Моделювання простих подій. Нехай ймовірність події *A* задана:*P(A)=p*. Виберемо за допомогою давача випадкових чисел деяке число *r* та вважатимемо, що якщо воно менше або дорівнює *p*, то подія *A* відбулася, якщо більше *p*, то не відбулася, тобто умовою здійснення події є виконання нерівності $r \le p$ (рис. 3.1).

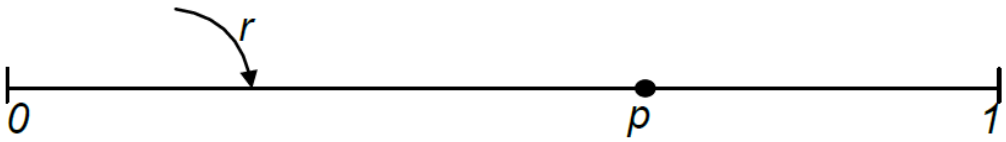


Рис. 3.1 – Моделювання простої події

Дійсно, якщо ξ – випадкова величина, рівномірно розподілена в інтервалі (0,1), то

$$P(\xi < p) = \int_0^p p_\xi(x)dx = p$$

$p_\xi(x)$ – функція щільності розподілу ймовірностей.

Моделювання повної групи подій. Нехай є повна група *n* подій *Ai* з ймовірностями *Pi*.· Оскільки події утворюють повну групу, то $\sum_{i=1}^{n} P_i = 1$. Розділимо весь інтервал (0,1) на *n* відрізків, довжини яких складають P_1, P_2,… *Pn*. Виберемо за допомогою датчика випадкових чисел деяке число *r* і

вважатимемо, що якщо воно потрапило, наприклад, на ділянку *Pk*, то це означає, що відбулася подія A_k, тобто

$$l_{k-1} < r \le l_k$$

де

$$l_{k-1} = \sum_{i=1}^{k-1} p_i , \quad l_k = \sum_{i=1}^{k} p_i = l_{k-1} + p_k$$

Дійсно

$$P(l_{k-1} < \xi \le l_k) = \int_{l_{k-1}}^{l_k} p_\xi(x)dx = p_k .$$

Процедура моделювання в цьому випадку полягає в послідовному порівнянні випадкових чисел r з величинами l_k (рис. 3.2).

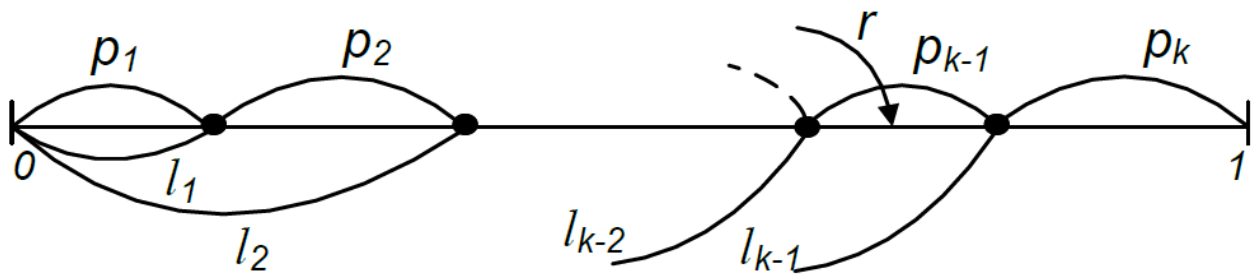


Рис. 3.2 – Моделювання повної групи подій

3.2 Генератори псевдовипадкових чисел

Розглянемо основні методи моделювання неперервних і дискретних випадкових величин.

Метод зворотної функції. Згідно з визначенням функції розподілу $F_\xi(x)$ випадкової величини ξ вона приймає значення на відрізку [0,1]. Тому для отримання реалізації x_i неперервної випадкової величини ξ можна спочатку згенерувати за допомогою датчика випадкових чисел деяке число r , а потім знайти x_i при якому $r_i = F_\xi(x_i)$ або $x_i = F_\xi^{-1}(r_i)$

де F_ξ^{-1} – функція, зворотна відносно функції розподілу $F_\xi(x)$ та зображена на рисунку 3.3.

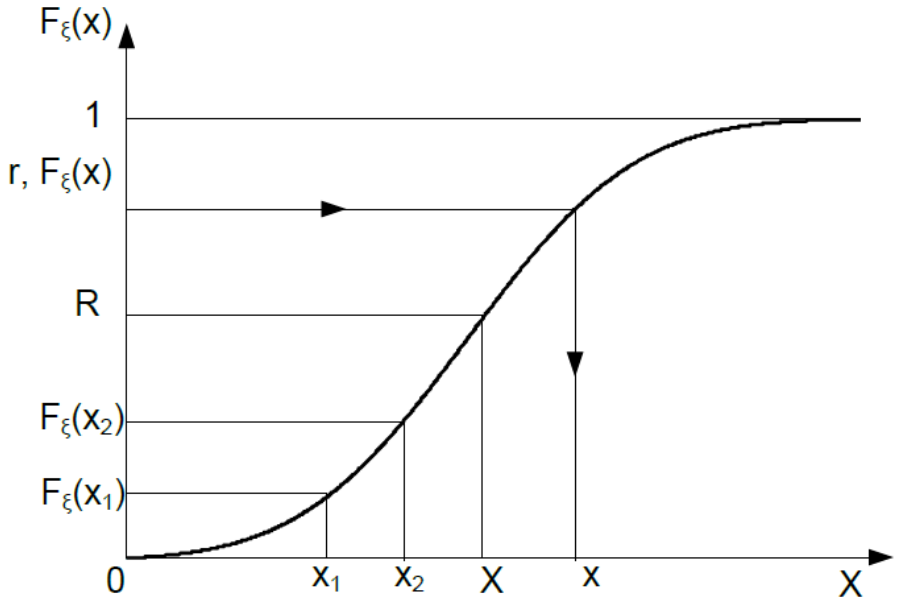


Рис. 3.2 – Графік функції розподілу $F_\xi(x)$

Тому розглянутий метод моделювання неперервної випадкової величини носить назву **методу зворотної функції**.

Розглянемо моделювання випадкових величин, розподілених за різними законами, з використанням методу зворотної функції, граничних теорем теорії ймовірностей і за допомогою кускової апроксимації законів розподілу.

Моделювання випадкової величини, розподіленої за нормальним законом. Нормальний розподіл є видом розподілу, що найчастіше зустрічається. З ним доводиться стикатися при аналізі виробничих похибок, контролі технологічних процесів і режимів, при аналізі і прогнозуванні різних явищ. Цей закон є граничним, до якого наближаються інші закони розподілу.

Щільність розподілу нормального закону виражається формулою

$$p(x) = \frac{1}{\sigma_\xi \sqrt{2\pi}} exp\left(- \frac{(x - m_\xi)^2}{2\sigma_\xi^{\,2}} \right),$$

де m_ξ – математичне очікування, σ_ξ– стандартне середньоквадратичне відхилення.

Пронормуємо випадкову величину ξ тобто розглянемо випадкову величину $\eta = (\xi - m_\xi)/\sigma_\xi$. Математичне очікування і середньоквадра- тичне відхилення випадкової величини η відповідно дорівнюють $m_\eta = 0, \sigma_\eta = 1$.

Для того щоб розіграти значення x_i випадкової величини ξ потрібно спочатку розіграти значення y_i випадкової величини η і від нього перейти до x_i за формулою

$$x_i = \sigma_\xi y_i + m_\xi .$$

У разі розіграшу на ЕОМ застосовують спосіб, заснований на центральній граничній теоремі теорії ймовірностей.

Згідно з цією теоремою, при додаванні достатньо великого числа незалежних випадкових величин, порівнянних за своїми дисперсіями, отримується випадкова величина, розподілена приблизно за нормальним законом, причому цей закон тим ближче до нормального, чим більше випадкових величин додається.

Як показали дослідження, при додаванні 12 випадкових величин з рівномірним розподілом в інтервалі (0, 1) отримується випадкова величина, яка з точністю, достатньою для більшості практичних задач, може вважатися нормальною.

Таким чином, процедура побудови нормально розподіленої випадкової величини ξ полягає в наступному:

1. Спочатку додають 12 випадкових величин R_i, рівномірно розподілених в інтервалі (0, 1), тобто складають суму

$$\mu = \sum_{i=1}^{12} R_i .$$

Випадкова величина μ має такі числові характеристики: математичне очікування

$$M(\mu) = m_\mu = \sum_{i=1}^{12} m_{R_i} = 12 \times (1/2) = 6$$

Далі визначаємо дисперсію

$$D(\mu) = \sum_{i=1}^{12} D(R_i) = 12 \times (1/12) = 1$$

і середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_\mu = \sqrt{D(\mu)} = 1$$

2. Нормують величину μ, тобто переходять до величини $\eta = (\mu - m_\mu)/\sigma_\mu$

3. Від величини η переходять до величини ξ за формулою

$$\xi = \eta \sigma_\xi + m_\xi$$

На ЕОМ описана процедура реалізується алгоритмом:

За допомогою датчика випадкових чисел генерують 12 чисел r_i .

Обчислюють x_i за формулою

$$x_i = \sigma_\xi \left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6\right)_i + m_\xi$$

Моделювання випадкової величини, розподіленої за показниковим законом. З показниковим законом розподілу доводиться часто стикатися при визначенні показників надійності систем, дослідженні систем масового обслуговування й ін.

Щільність розподілу випадкової величини ξ , розподіленої за показниковим законом, виражається формулою:

$$p_\xi(x) = \lambda e^{-\lambda x} \ (x > 0)$$

а функція розподілу – формулою

$$F_\xi(x) = 1 - e^{-\lambda x} \ (x > 0)$$

де λ – параметр показникового закону.

Нехай параметр λ показникового закону заданий і потрібно провести розіграш x_i випадкової величини ξ. Також можна скористатися методом зворотної функції:

1. За допомогою датчика випадкових чисел генерують число r_i .

2. Знаходять x_i з умови:

$$r_i = F_\xi(x_i) = 1 - e^{-\lambda x_i}$$

тоді

$$-\lambda x_i = ln(1 - r_i)$$

тобто

$$x_i = -\frac{ln(1 - r_i)}{\lambda}.$$

Оскільки r_i є (0, 1), то можна скористатися і формулою

$$x_i = -\frac{ln(r_i)}{\lambda}$$

Моделювання випадкової величини, розподіленої за рівномірним законом. Рівномірний розподіл використовується при вивченні помилок округлення й ін.

3.3 Метод Монте-Карло

Під методом Монте-Карло розуміють чисельний метод розв'язання аналітичних задач.

Сутність методу Монте-Карло полягає в наступному: потрібно знайти значення $\check{a}$ деякої величини, що вивчається (розв'язок деякої аналітичної задачі). Для цього вибирають таку випадкову величину ξ математичне очікування якої дорівнює $\check{a}$, тобто $M(\xi) = \check{a}$. Практично ж чинять таким чином

1. Проводять n випробувань, у результаті яких отримують n можливих значень x_i випадкової величини ξ (вибірку).

2. Обчислюють середнє арифметичне і приймають його як оцінку (наближеного значення) $\check{a}^*$ шуканого значення $\check{a}$.

Оскільки метод Монте-Карло вимагає проведення великого числа випробувань, його часто називають методом статистичних випробувань. Теорія цього методу вказує як найдоцільніше вибрати випадкову величину ξ, як знайти її можливі значення. Зокрема, розробляються способи зменшення дисперсії використовуваних випадкових величин, внаслідок чого зменшується помилка, що допускається при заміні шуканого математичного очікування $\check{a}$ його оцінкою $\check{a}^*$.

Ідея методу Монте-Карло пізніше стала застосовуватися і для машинної імітації з метою дослідження характеристик процесів функціонування систем, схильних до випадкових дій, таким чином з'явився метод статистичного моделювання.

ТЕМА 4 ЗНАХОДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ ФІЗИЧНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ

4.1 Апроксимація інтерполяція і екстраполяція

Експериментальні дослідження систем мають метою встановлення залежності між величинами що характеризують систему. Для встановлення такої залежності виконують певні вимірювання. Величини, які характеризують систему прийнято поділяти на вхідні і вихідні. Вхідні величини – це ті, які можна змінювати, від яких залежить стан системи, а вихідні – це величини залежні від вхідних. Метою експерименту може бути встановлення залежності однієї величини від іншої: вихідної величини від вхідної, або залежності вихідної величини від декількох вхідних величин. Для встановлення таких залежностей вимірювання вихідної величини виконують при різних значеннях вхідної величини. Дані вимірювань записують у вигляді таблиці. Використовуючи табличні дані, можна зобразити результати вимірювань на папері. На основі експериментальних даних можна підібрати певний алгебраїчний вираз, який певним чином виражає залежність однієї величини у від іншої х. Цей математичний вираз записують у вигляді функції , наприклад:

$$y = f(x)$$

Такий вираз називають емпіричною формулою.

Емпірична формула – це формула, що відображає взаємозв’язок параметрів системи, що одержана на основі дослідних даних.

Емпіричні формули мають тим більшу цінність, чим у більшій мірі відповідають результатам експерименту. Потреба в підборі емпіричних формул виникає у багатьох випадках. Вони потрібні для опису фізичних процесів, для відображення взаємозв’язку між певними фізичними величинами, для розрахунків під час аналізу і проектування складних систем і т.п. Використовуються емпіричні формули для спрощеного запису результатів вимірювань. Також емпіричні формули використовують для відображення певних складних відношень величин більш простими. Якщо залежність між фізичними величинами є складною і вимагає для свого визначення громіздких обчислень, то часто ефективним є використання спрощених емпіричних формул. Практика показує, що емпіричні формули незамінні для вирішення цілого кола завдань.

До емпіричних формул ставлять дві головні вимоги: вони повинні бути найбільш простими і повинні відповідати дослідним даним з потрібною точністю. Для отримання емпіричних формул використовують методи апроксимації та інтерполяції.

Апроксимація – це заміна, одних математичних об’єктів іншими. Наприклад табличних даних – точками на площині; ізольованих точок – лініями; кривих ліній – ламаними; ірраціональних чисел – раціональними; ліній – функціями і т.п.

Інтерполяція – в математиці та статистиці – це відшукання проміжних значень величини за деякими відомими значеннями. Наприклад, відшукання значень функції f (x) в точках x, які знаходяться між точками $x_0 < x_1 < ... < x_n$ відомим значенням y: $f(x_i)$, де i = 0, 1, 2 ... n .

Екстраполяція – це розширення встановлених раніше тенденцій на більш широку область значень; розширення висновків одержаних при спостереженні однієї частини явища на другу його частину.

Під час експериментальних досліджень, одержавши дані вимірювання залежності однієї величини від іншої, практично завжди виконують процедури апроксимації та інтерполяції. Дані вимірювань спочатку заносять в таблицю результатів. Пізніше результати вимірювань зображають у вигляді точок на площині, тобто заміняють числові дані точками – виконують апроксимацію. Потім точки на площині замінюють лінією, яка описує множину точок, тут виконують як апроксимацію – замінюють точки лінією, так і інтерполяцію –

визначають проміжні значення на проміжках де даних вимірювань немає. Наприклад, маємо дані вимірювань у вигляді табл.4.1 .

Таблиця 3.1 – Приклад результатів вимірювань

x	1	2	3	4	5
y	0,8	1,2	1,62	2,01	2,41

Зображуючи ці дані у вигляді точок на координатній площині (рис.4.1), ми виконуємо апроксимацію – замінюємо одні математичні об’єкти – числа, іншими об’єктами – точками на площині (рис. 4.1).

Наступним кроком будуємо графік (рис.4.2), тут крім апроксимації і заміни точок – кривою встановлюємо проміжні значення, які знаходяться між точками, де виконані вимірювання, тобто виконуємо інтерполяцію.

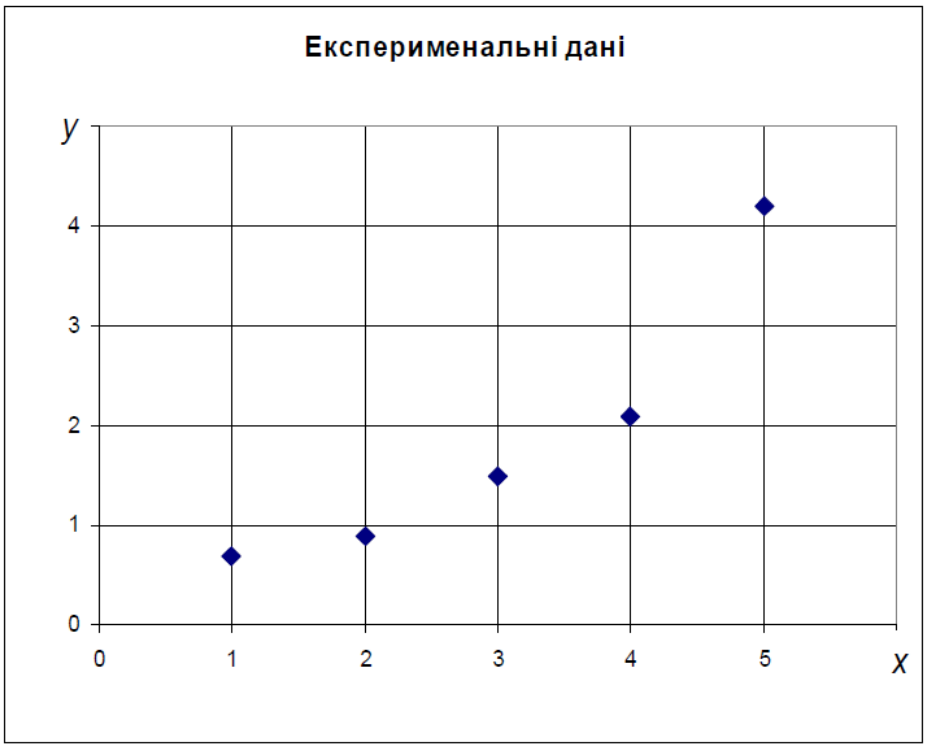


Рис. 4.1 – Зображення результатів вимірювань у вигляді точок на площині

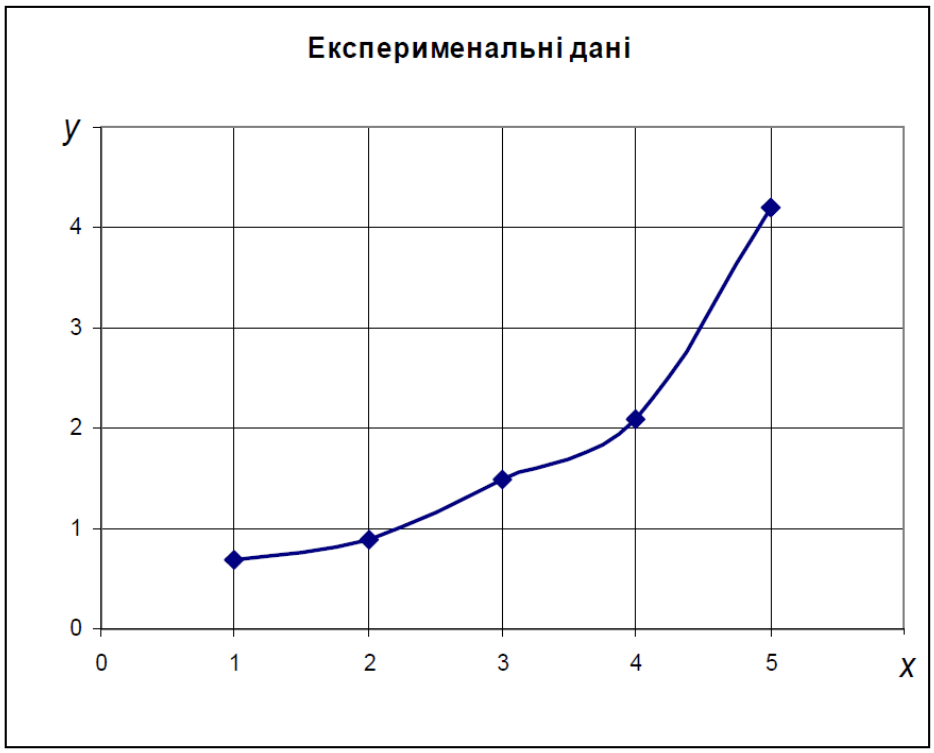


Рис. 4.2 – Інтерполяція значень в проміжних точках та апроксимація графіком

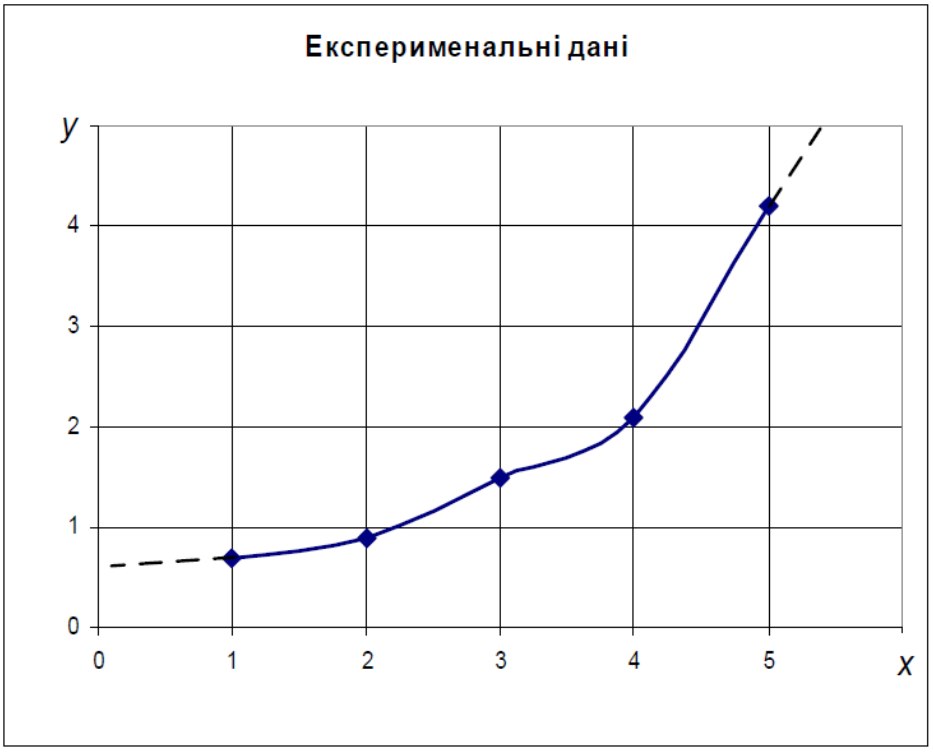


Рис. 4.3 – Екстраполяція залежності значеннями поза діапазону вимірювань

Задача екстраполяція появляється тоді, коли ми розширюємо одержану залежність (продовжуємо графік) і виконуємо прогноз на області, що

знаходяться поза інтервалом вимірювання, тобто на області $x < x_1$ і $x > x_n$. В нашому випадку це продовження на області x <1 та x > 5. На рис. 4.3 результати екстраполяції показано пунктиром, відрізки виділені пунктиром відповідають екстраполяції залежності. Наступним кроком апроксимації є заміна кривої певною функцією, яка описує залежність величини y від величини x.

4.2 Завдання апроксимації та інтерполяції

Найбільш просте й поширене завдання апроксимації та інтерполяції формулюється таким чином: за даними вимірювання пари величин – залежної y та незалежної x в N точках знайти функцію y = f (x) , яка найкращим чином описує залежність величини y від x.

Таке формулювання завдання апроксимації та інтерполяції є дещо невизначене, а саме: як розуміти поняття «найкращим чином». Очевидно, що воно пов’язане з тим наскільки близько знайдена функція f (x) буде проходити до точок вимірювання.

Можна вважати найкращим, коли f (x) проходить точно через всі N точок одержаних під час вимірювання. Але це не доцільно з двох причин:

По-перше – вимірювання виконується з певною точністю і дійсні значення величин не відповідають точно точкам одержаним в експерименті.

По-друге – якщо вимагати, щоб функція апроксимації проходила точно через всі точки вимірювань, то ця функція може мати велике число коефіцієнтів і стане досить складною і незручною в користуванні.

Чим більше коефіцієнтів a_1 a_2 … a_n має функція апроксимації тим з більшою точністю вона описує дані. Проте слід обмежувати число коефіцієнтів, або як їх називають параметрів залежності. Це зумовлене двома причинами:

по-перше, при великій кількості параметрів деякі з них не мають фізичного сенсу і їх використання небажане;

по-друге, чим більше параметрів апроксимації тим сильніше значення кожного з них залежить від точності вимірювань в точках $(x_1\ y_1)$ ... $(x_n\ y_n)$ 1 1 n . Значення деяких параметрів можуть бути нестабільними і сильно змінюватись при незначній зміні результату вимірювань в окремій точці.

Завдання апроксимації та інтерполяції можна вирішувати за таких умов:

1) вигляд функції апроксимації f (x) відомий;

2) вигляд функції апроксимації f (x) невідомий.

Коли відомий вигляд функції f (x) , завдання зводиться до відшукання коефіцієнтів функції апроксимації:

$$f(x) = f(x_1, a_1, a_2 \ldots a_k)$$

де a_1 , a_2 ... a_k – невідомі коефіцієнти, які слід розраховувати за даними

вимірювань.

Однозначне рішення можливе, якщо кількість вимірювань N рівне кількості коефіцієнтів $N = k$.

Якщо $N = k$ то одержуємо систему N рівнянь для відшукання N коефіцієнтів. Завдання вирішується однозначно шляхом розв’язання системи рівнянь. Причому функція апроксимації проходитиме точно через усі точок вимірювання. Проте це не найкращий варіант вирішення завдання, оскільки результат сильно залежить від точності вимірювання кожної окремої точки.

Якщо $N > k$ завдання є найбільш типовим завданням апроксимації та інтерполяції і його розглядатимемо далі.

Якщо $N < k$ (кількість точок вимірювань менше кількості параметрів) завдання неоднозначне, визначити всі коефіцієнти не можна.

Коли вигляд функції f (x) невідомий можлива ціла множина рішень, а однозначного рішення немає. Як правило, вигляд залежності встановлюють на основі певних теоретичних міркувань або з апріорних даних про характер залежності. Якщо це неможливо, то використовують найбільш вживані функції: лінійну функція, поліноми різних порядків, дробово-раціональні функції, логарифмічні чи експоненціальні функції, спеціальні поліноми, ряди Фур’є тощо. Для вибору вигляду функції апроксимації часто використовують графічні методи апроксимації.

Завдання апроксимації та інтерполяції вирішують різними методами. Серед них розрізняють:

- графічні методи;
- аналітичні методи.

Серед аналітичних методів найбільш вживані:

- метод середніх;
- метод найменших квадратів.

Графічні методи апроксимації та інтерполяції мають відносно невисоку точність. Проте вони є досить наглядними і майже завжди використовуються на перших етапах аналізу результатів експерименту. Графічні методи, як правило, використовують для вибору вигляду функції апроксимації у випадку, коли вона невідома. Ці методі буде розглянуто дещо пізніше.

В деяких випадках графічні методи апроксимації використовують самостійно навіть для виконання складних інженерних розрахунків. Використання графічних методів апроксимації в інженерній практиці було доцільне до появи сучасної обчислювальної техніки. Ці методи часто дозволяли за короткий час вирішити цілий ряд складних інженерних завдань. Для цього використовували різні типи графіків, номограми, діаграми. Подеколи вони

використовуються і тепер. Проте використовувати ці методи в інженерній практиці недоцільно, хіба що тільки в процесі навчання, коли є потреба найбільш наочними засобами звернути увагу студентів на певні особливості розрахунків і засвоїти теоретичний матеріал.

4.3 Аналітичні методи апроксимації

Аналітичні методи апроксимації використовуються для встановлення і уточнення числових параметрів залежності при відомому вигляді функції апроксимації. Найбільш вживаним є метод найменших квадратів і поряд з ним використовують метод середніх. Розглянемо ці методи.

Метод середніх квадратів.

За експериментальними даними можна побудувати ряд кривих, кожна з яких, в певній мірі, буде описувати ці дані. Згідно методу середніх найкращою вважають ту криву для якої сума віддалей від експериментальних точок до графіка кривої апроксимації найменша. Вигляд кривої апроксимації вибирають у вигляді поліному:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + ... + a_k x^k$$

Визначають число членів, як правило не більш 3-5. В прийнятий вираз послідовно підставляють координати x_i y_i експериментально знайдених точок і одержують систему рівнянь:

$$a_0 + a_1 x_1 + a_2 x^2 + ... + a_k x_2^k - y_1 = \varepsilon_1$$

$$a_0 + a_1 x_2 + a_2 x_2^2 + ... + a_k x_2^n - y_2 = \varepsilon_2$$

$$- \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad -$$

$$a_0 + a_1 x_т + a_2 x_т^2 + ... + a_k x_n^k - y_n = \varepsilon_n$$

Кількість точок n більше кількості коефіцієнтів a_k, (у системі вище) кількість рівнянь більша ніж кількість невідомих. Це дозволяє обчислити значення кожного коефіцієнти a_k декількома способами. Розраховані значення будуть різні. Кожне з них відповідає дійсному значенню коефіцієнта a_k з певним наближенням. Існує ряд способів усереднення з метою одержання найбільш типової величини. Найчастіше для одержання величин a_k поступають таким чином.

Систему початкових рівнянь розбивають зверху вниз на групи, число яких дорівнює кількості коефіцієнтів k. В кожній групі складають рівняння і одержують одне рівняння. По кількості груп одержуємо систему k рівнянь для знаходження коефіцієнтів a_k. В правій частині рівнянь суму відхилення і е вважають нульовою.

Розв’язавши систему рівнянь одержують значення коефіцієнтів a_k і підставляють їх у шукану формулу апроксимації. При великій кількості даних

для обчислення використовують ПЕОМ. Метод середніх квадратів, якщо кількість точок велика, дає достатню точність.

Для збільшення точності деколи використовують метод поточного середнього. Він полягає в тому, що точки на графіку наносять не за одержаними даними, а за середніми одержаними для певного числа сусідніх точок, а при розрахунках використовують ці середні значення.

Метод найменших квадратів.

Найбільш поширений та універсальний метод. На відміну від методу середніх в методі найменших квадратів прийнято, що в якості функції y = f (x) , яка найкращим чином описує залежність величини y від x, вважають функцію, що забезпечує мінімум суми квадратів віддалей до експериментальних точок. Математично це умова мінімуму функціоналу *Q* рівного:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2$$

Причому передбачається, що вигляд функції f (x) у формулі вище відомий і вона містить k параметрів a_1 a_2 ... a_n. Завдання відшукання функції апроксимації зводиться до знаходження параметрів a_1 a_2 ... a_n. які задовольняють поставленій вивозі, тобто мінімуму формулі визначення *Q*.

де n – кількість точок, в яких задано значення (x_i, y_i); k – кількість коефіцієнтів a_1 ...a_k. Пояснення методу видно з рис. 4.4.

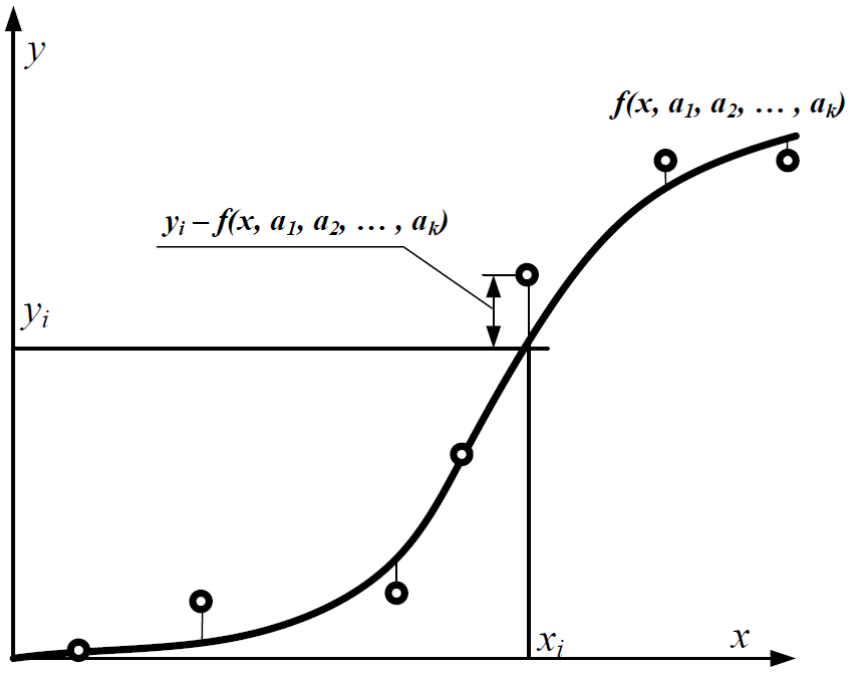


Рис. 4.4 – Визначення функції апроксимації за методом найменших квадратів

Нехай

$(x_1 , y_2)(x_2 , y_2)$ ... (x_i , y_i) – відомі значення;

f (x) – шукана функція апроксимації;
f (x_i) – значення функції апроксимації при значенні аргументу x_i;
y_i – f (x_i) – віддаль від функції апроксимації до точки (x_i , y_i).

На рис. 4.4 вказано точки з відомими значеннями ((x_1 , y_2)(x_2 , y_2) ... (x_i , y_i), шукана функція апроксимації f (x) та віддаль y_i – f (x_i) – від точки (x_i , y_i).до графіка функції апроксимації.

Для знаходження коефіцієнтів апроксимації потрібно записати умови, яким вони задовольняють знайти їх значення. Коефіцієнти функції апроксимації знаходять з умови, щоб сума квадратів віддалей всіх точок до графіка апроксимації була мінімальна. Умовою мінімуму є рівність нулю похідної по параметру який відшукують, тобто по кожному з коефіцієнтів. Коефіцієнти апроксимації вважають змінними параметрами a_1 a_2 ... a_k функції Q, знаходять часткові похідні функціоналу по параметрам a_1 a_2 ... a_k і прирівнюють їх до нуля. В результаті одержують систему рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n}(y_1 - f(x_1, a_1, a_2 \dots a_k))\dfrac{\partial f(x_1, a_1, a_2 \dots a_k)}{\partial a_1} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n}(y_2 - f(x_2, a_1, a_2 \dots a_k))\dfrac{\partial f(x_2, a_1, a_2 \dots a_k)}{\partial a_2} = 0 \\ - - - - - - - - - - - - - - - \\ \sum_{i=1}^{n}(y_n - f(x_n, a_1, a_2 \dots a_k))\dfrac{\partial f(x_n, a_1, a_2 \dots a_k)}{\partial a_1} = 0 \end{cases}$$

Дана система рівнянь це система *k* рівнянь для знаходження *k* коефіцієнтів a_1 a_2 ... a_k функції апроксимації.

Дана система розв'язується однозначно і розв'язком її є конкретні значення a_1 a_2 ... a_k . Підставляючи їх у вираз y = f (x) одержуємо функцію апроксимації, яка описує залежність величини *y* від *x*.

Крім відшукання значення коефіцієнтів важливу роль має оцінка точності апроксимації, тобто в якій мірі одержана функція відображає наявні дані. Такою оцінкою якості апроксимації служить залишкова дисперсія, у даному методі це мінімальний середній квадрат відхилення який може бути обчислений згідно з формулою:

$$\sigma^2_{min} = \frac{1}{n-1}\sum (y_i - f(x_i))^2$$

Описаний метод відшукання функції апроксимації є досить простий, проте при великій кількості *n* результатів вимірювань потребує громіздких обчислень. Сучасна обчислювальна техніка дозволяє виконати ці обчислення автоматично. Для цього можна використати цілий ряд програмних продуктів, як наприклад:

NUMERY, APROCS, CURVE та інші. В тому числі пакети MatLab, Mathematica, Statistica, SSPS. Кожна з цих програм вимагає ввести вхідні дані у вигляді таблиці та вказати вигляд функції, за допомогою якої потрібно виконати апроксимацію. Програми мають досить широкий набір функцій і допускають використання функції користувача, тобто будь-якої потрібної функції, яку задає користувач. Пакет NUMERY як найбільш простий і розроблений в середовищі .doc вимагає, у випадку використання функції користувача нести явний вигляд похідних цієї функції по параметрах a_1 a_2 ... a_k , а саме:

$$\frac{df}{da_1}; \frac{df}{da_2} \ldots \frac{df}{da_k}$$

Під час вирішення завдань розрахунку та моделювання технічних систем апроксимація залежностей у вигляді аналітичних функцій набуває все більшого значення. Характеристики багатьох електротехнічних систем є нелінійними. До них відносяться наприклад магнітні характеристики сталі, тягові характеристики двигунів, тягові характеристики мехатронних модулів, тощо. Через цю нелінійність характеристик розрахунки магнітних систем електричних апаратів, двигунів, розрахунки кривих руху транспортних засобів та ін. ще і зараз подекуди виконуються вручну, графоаналітичними методами. Використання аналітичної апроксимації залежностей дозволяє залучити до розрахунків сучасну обчислювальну техніку, забезпечує значно більшу точність розрахунків, продуктивність, універсальність.

ТЕМА 5 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчаючи методи моделювання технічних систем, моделювання технологічних процесів їх виготовлення та процесів експлуатації слід відмітити існування таких залежностей:

1. Функціональна залежність – коли вихідна величина системи повністю визначається значенням однієї чи декількох незалежних величин, які вважаємо вхідними.

2. Функціональна залежність з врахуванням впливу випадкових чинників. У ній крім залежності від вхідних змінних є вплив випадкових чинників, які дещо змінюють вихідну величину.

3. Випадкова залежність вихідної величини від невипадкової величини.

4. Випадкова залежність між декількома випадковими величинами.

Функціональну залежність величин описують алгебраїчними й диференціальними рівняннями і вивчають методами алгебри, інтегрального та диференціального числення. Використовують ці методи під час проектування

механічних систем, аналізу їх роботи в тих чи інших режимах. Ці методи розглянуто в попередніх лекціях де йшла мова про детерміновані моделі.

Функціональна залежність з урахуванням впливу випадкових чинників проявляється під час вивчення роботи механічних та мехатронних систем в умовах експлуатації. Тут крім функціональної залежності вихідної величини від вхідних змінних на стан системи впливають випадкові чинники, які дещо змінюють реально існуючу функціональну залежність. Для врахування таких впливів використовують методи усереднення, апроксимації, інтерполяції.

Випадкова (стохастична) залежність вихідної величини від невипадкової величини та залежність між декількома випадковими величинами проявляється під час експлуатації електромеханічних систем та їх виробництва. Тут випадкові величини можуть характеризувати, як реальний стан системи, так і причини, які викликають зміну цього стану. Якщо підходити більш детально, то чисто функціональна залежність проявляється тільки під час теоретичного вивчення технічних систем, а при вивченні реальних систем завжди, в тій чи іншій мірі, потрібно враховувати випадкові впливи. Вказану залежність називають стохастичною.

Для моделювання систем характеристики яких є випадковими величинами, чи залежать від випадкових величин, використовують методи статистичних досліджень. Ці методи дуже різноманітні. Умовою успішного їх використання є глибоке розуміння особливостей кожного методу досліджень.

Величини, які характеризують систему, можуть бути кількісні чи якісні. Вони вимірюються в різних кваліметричних шкалах. Використання тої чи іншої кваліметричної шкали вимірювань залежить від об’єкту та цілей дослідження. Так, під час теоретичного вивчення механічних систем, аналізу режимів їх роботи, здебільшого маємо справу з вимірюваннями у сильних шкалах: а саме шкалі інтервалів чи шкалі відношень. Якщо ми вивчаємо технологічні процеси виробництва або особливості експлуатації механічних систем, то доводиться користуватися слабкими шкалами, значну кількість чинників вимірювати в ранговій шкалі або в шкалі найменувань. Наприклад, вплив конструкційних матеріалів на якість виборів, залежність характеристик виробів від технологічних чинників, вплив умов експлуатації на надійність і термін служби доводиться визначати користуючись слабкими шкалами вимірювань. Виразити чинники від яких залежить ряд характеристик механічних систем у сильних шкалах, як правило, неможливо. Виникає потреба використовувати рангову шкалу чи шкалу найменувань. Залежно від того в якій шкалі вимірюються характеристики системи застосовуються різні методи аналізу. Серед цих методів основними є такі:

- регресійного аналізу;
- дисперсійного аналізу;
- коваріаційного аналізу;
- кореляційного аналізу.

Якщо вхідні величини системи вимірюють у сильних шкалах, то для статистичних досліджень використовують методи **регресійного аналізу**.

Коли чинники, які впливають на систему, вимірюють в шкалі найменувань – використовують методи **дисперсійного аналізу**.

Якщо є одночасно кількісні та якісні чинники, тобто чинники виражені в шкалі відношень і шкали найменувань, то застосовують методи **коваріаційного аналізу**.

Для визначення існування взаємозв’язку між випадковими величинами використовують методи **кореляційного аналізу**.

Залежно від того в якій шкалі вимірюється вихідна величина застосовують параметричні чи непараметричні критерії перевірки статистичних гіпотез. В подальшому буде розглянуто використання вказаних методів статистичних досліджень.

5.1 Регресійний аналіз. Лінійна регресія

Механічні системи можуть характеризуватись цілим рядом величин. Якщо є, наприклад, дві випадкові величини, то вони можуть бути незалежними, або значення кожної з них може залежати певним чином від значення іншої. Ці випадкові величини називають залежними. При цьому залежність однієї величини від іншої може бути не тільки функціональною, а носити випадковий характер. Для вивчення таких залежностей використовують методи теорії ймовірностей. Досить часто в теорії ймовірностей вважають, що мають справу з двох мірною випадковою величині, а у більш загальному випадку – багатомірною (векторною). Встановлюють залежність чи незалежність випадкових величин методами кореляційного аналізу. Для встановлення кількісної залежності однієї випадкової величини від іншої величини використовують методи регресійного аналізу.

Регресійним аналізом називають розділ математичної статистики, який об’єднує практичні методи дослідження та встановлення кількісної залежності між величинами за статистичними даними. **Регресією** називають залежність середнього значення випадкової величини від деякої іншої випадкової величини чи декількох випадкових величин.

Регресія – це будь-яка функція, яка наближено описує статистичну залежність однієї випадкової величини y від інших випадкової величини $x_1, x_2,...$ Цю залежність величини y від величин $x_1, x_2,...$ подають як суму двох складових

$$y = f(x_1, x_2, ...) + \varepsilon(x_1, x_2, ...).$$

Тут ε (x_1, x_2,...) розглядають, як поправочний коефіцієнт (залишок).

Проблеми регресійного аналізу характеризуються тим, що інформація про розподіл випадкових величин недостатня. Якщо під час вимірювань ми одержуємо дві або декілька випадкових величин і між ними існує певна залежність, то цю залежність можна подати у вигляді рівняння (чи лінії) регресії. Обробка результатів вимірювань у випадку випадкових величин може виконуватись графічними або аналітичними методами. На перших етапах аналізу, як правило, використовують графічні методи.

Послідовність обробки результатів вимірювань така.

- Результати вимірювань заносять в таблицю, яку називають кореляційною таблицею.

- Дані кореляційної таблиці зображають у вигляді точок на координатній площині. Таке зображення називають кореляційним полем або еліпсом розсіювання. Вигляд його показано на рис. 5.1.

- Проводять лінію регресії, яка відповідає залежності однієї величини від іншої.

- Розраховують коефіцієнт кореляції за величиною якого визначають тісноту зв'язку між величинами.

- Знаходять рівняння регресії.

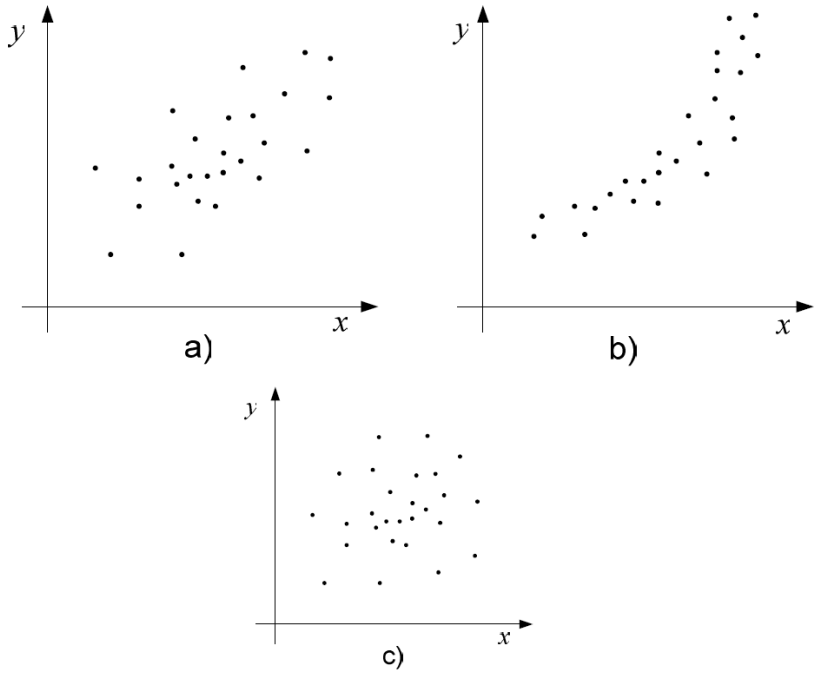


Рис. 5.1. – Кореляційне поле результатів вимірювань двох величин (еліпс розсіювання)

а) випадок лінійної залежності; б) нелінійної залежності

Як видно з рис. 5.1 кореляційне поле може мати різний вигляд залежно від характеру залежності величин. У багатьох випадках область точок результатів вимірювання має форму еліпса. Тому кореляційне поле називають еліпсом розсіювання. Еліпс розсіювання дає певну інформацію про характер залежності між величинами. Витягнутий еліпс розсіяння, якщо вісь еліпса направлена під кутом до координатних осей, свідчить про лінійну залежність між величинами. Трактувати це можна таким чином, що ймовірність розподілу величини *y* залежить від значення величини *x*. Якщо поле розсіювання має вигляд кола або витягнуте паралельно до однієї з координатних осей (*x* чи *y*), то це свідчить про відсутність статистичної залежності між величинами *y* та *x*. Витягнутий паралельно осі x чи y еліпс розсіювання при належному виборі масштабу завжди може бути представлений у вигляді кола. Кореляційне поле у вигляді кола свідчить про статистичну незалежність величин.

Інша, відмінна від еліпса чи кола, форма поля розсіювання свідчить про наявність нелінійної залежності. Аналізуючи поле розсіювання можна підібрати вигляд формули, яка найбільш повно описує статистичну залежність між величинами.

Більш строго про наявність чи відсутність статистичної залежності між випадковими величинами судять за результатами кореляційного аналізу. Методи кореляційного аналізу розглянуто нижче. У випадку існування статистичної залежності між величинами характер залежності встановлюють методами регресійного аналізу, а саму залежність називають регресійною моделлю.

Регресійну модель – це модель яку можна описати таким чином. Вважається, що одержані дослідні результати вимірювань величини *y* можна уявно розділити на дві частини: одна – закономірно залежить від величини *x*, а інша – випадкова величина по відношенню до *x* з певним розподілом ймовірностей. Першу величину позначають як f (*x*) другу як ε. Отже математично регресійну модель записують у вигляді

$$y = f(x) + \varepsilon .$$

Таку модель називають регресією *x* на *y*.

У класичній моделі регресії вважають, що:

- всі досліди виконані незалежно один від одного;
- статистична природа випадкових складових при всіх вимірюваннях незмінна.

Залежно від вигляду функції f (*x*) розглядають лінійну чи нелінійну регресійні моделі.

Величина ε у попередній формулі визначає випадкове відхилення виміряного значення y від значення розрахованого за формулою $y = f(x)$. Прийнято вважати, що величина ε – це випадкова величина, яка має нормальний розподіл ймовірностей з математичним очікуванням рівним нулю ($M\varepsilon = 0$), причому величина дисперсії Dε не залежить від значення x.

Якщо вигляд функції $f(x)$ можна представити у вигляді лінійної залежності

$$f(x) = a + b_{xy}x$$

то таку модель називають лінійною регресією. У випадку лінійної регресії результати вимірювань визначаються залежністю

$$y_i = a + b_{xy}x_i + \varepsilon_i$$

Коефіцієнти регресії a і b_{xy} визначають, як правило, методом найменших квадратів. У цьому випадку регресію називають **лінійною середньоквадратичною регресією**.

На основі теоретичних досліджень встановлено, що коли ε_i задовольняє наведеним умовам, а саме:

- має нормальний закон розподілу ймовірностей;
- математичне очікування дорівнює 0;
- дисперсія не залежить від значення x;
- величини ε_i взаємно незалежні, то коефіцієнти регресії, знайдені за методом найменших квадратів, задовольняють умовам;
- вони сходяться до математичного очікування кожного з коефіцієнтів регресії;
- вони є незміщеними, тобто при зростанні кількості даних регресія одержаних значень коефіцієнтів їх прямує до нуля;
- вони є ефективними, тобто мають найменшу дисперсію порівняно з будь-якими іншими оцінками.

Значення y, обраховані згідно формули називають регресію y на x. Розглянемо порядок розрахунку коефіцієнтів регресії згідно методу найменших квадратів. Тут ми використаємо його для вирішення конкретного завдання. Запишемо функціонал S, який являє собою суму квадратів віддалей від лінії регресії до експериментальних точок. Функціонал S буде рівний:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i) = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (a_y + b_{xy}x_i))^2$$

Коефіцієнти a та b повинні забезпечувати мінімальне значення суми квадратів відстаней від лінії регресії до експериментальних точок, тобто вони повинні забезпечували мінімум функціоналу відповідно за попередньою

формулою. Умова мінімуму – це рівність нулю похідних. У нашому випадку матимемо:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2\sum_{i=1}^{n}(y_i - a_y - b_{xy}x_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2\sum_{i=1}^{n}(y_i - a_y - b_{xy}x_i)x_i = 0$$

Таким чином ми одержуємо два рівняння для визначення коефіцієнтів регресії a та b_{xy}. Ввівши позначення

$$\overline{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$$

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i ,$$

після простих математичних перетворень знаходимо:

$$a_y = \overline{y} - b_{xy}\overline{x} ,$$

$$b_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i x_i - \sum_{i=1}^{n} \overline{y}x_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \sum_{i=1}^{n} \overline{x}x_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}$$

Приклад індивідуального завдання: виконайте самостійно математичні викладки та одержіть рівняння b_{xy} .

Графік одержаної лінійної регресії на кореляційному полі показано на рис. 5.2.

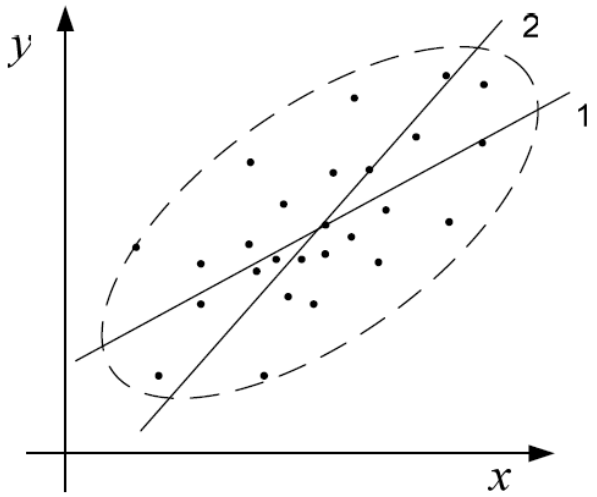


Рис. 5.2 – Кореляційне поле (еліпс розсіяння) двох випадкових величин. 1 – лінійна регресія y на x; 2 – регресія x на y

Як видно з рис. 5.2, графік проходить через центр еліпсу розсіяння під певним кутом, але він не співпадає з віссю еліпсу.

Якщо виконати розрахунок рівняння лінійної регресії вважаючи незалежною змінною *y*, а залежною *x*, то одержимо інше значення коефіцієнтів, а саме:

$$a' = \bar{x} - b'_{yx}\,\bar{y}$$

$$b'_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}.$$

Відповідне рівняння називають рівнянням регресії *x* на *y*. На кореляційному полі графіки обох ліній регресії матимуть вигляд показаний на рис. 5.2.

Коефіцієнт регресії *x* на *y* (b_{xy}) та *y* на *x* (b'_{xy}) зв'язані між собою співвідношенням

$$b'_{yx} = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} b_{xy}.$$

5.2 Коефіцієнт кореляції. Кореляційний аналіз

Коваріацію cov(*x*,*y*) двох величин *x* та *y* визначають, як математичне очікування добутку відхилення двох випадкових величин від їх математичних очікувань.

$$\operatorname{cov}(x, y) = \overline{M}_x((x - \overline{M}_x)(y - M_y))$$

Коефіцієнтом кореляції називають відношення коваріації величин до добутку стандартних відхилень.

$$\rho_{xy} = M\left(\frac{(x - \overline{\mu}_x)}{\sigma_x} \cdot \frac{(y - \mu_y)}{\sigma_y}\right).$$

Тут *M* – умовне позначення операції обчислення математичного очікування, σ_x σ_y – середні квадратичні відхилення величин *x* та *y*.

У випадку дискретної випадкової величини вибіркове значення коефіцієнта кореляції може бути розраховане згідно формули:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y - \bar{y})^2}} /$$

Коефіцієнт кореляції зв’язаний з коефіцієнтом регресії а саме:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} b_{xy},$$

$$\rho_{xy}^2 = b_{xy} b'_{yx}.$$

Коефіцієнт кореляції є однією з важливих характеристик, яка дозволяє визначити степінь залежності двох випадкових величин. Це зумовлено властивостями коефіцієнту кореляції.

Щоб підкреслити важливість коефіцієнта кореляції в статистичних методах аналізу властивості його деколи визначають як теореми. А саме:

Теорема 1. Якщо величини *x* та *y* є незалежними, то коефіцієнт кореляції дорівнює нулю.

Ця теорема доводиться виходячи з того, що коефіцієнт кореляції розраховують як математичне очікування добутку двох величин. З теорії відносності відомо, що математичне очікування добутку незалежних величин рівне нулю.

Теорема 2. Коефіцієнт кореляції для двох величин знаходиться в діапазоні значень (-1, 1).

Теорема 3. Коефіцієнт кореляції двох величин x та y дорівнює +1 чи -1 (ρ=+1) тоді і тільки тоді, коли між величинами x та y існує точна лінійна функціональна залежність.

Розглянуті властивості коефіцієнта кореляції дозволяють використовувати його для встановлення ступеня взаємної залежності випадкових величин. Метод дослідження такої залежності носить назву кореляційний аналіз.

Кореляційний аналіз – це розділ математичної статистики який об’єднує методи встановлення залежності між випадковими величинами. Він включає такі практичні прийоми:

- побудова поля кореляцій і складання кореляційних таблиць;
- обчислення вибіркових коефіцієнтів кореляції чи кореляційних відношень;
- перевірки статистичних гіпотез про значимість коефіцієнта кореляції (значимість взаємозв’язку між випадковими величинами).

Значимість взаємозв'язку між випадковими величинами встановлюється на основі перевірки статистичної гіпотези відмінності коефіцієнту кореляції від 0. Якщо виконується умова:

$$\rho_{xy} > \left[1+\frac{n-2}{t_\alpha^2}\right]^{-1/2},$$

де t_α – критерій Стьюдента з df = n^{-2} степенями свободи, α – рівень значимості

То взаємозв'язок між випадковими величинами вважають значущим, тобто величина у залежить від випадкової величини х. Більш детально питання перевірки статистичних гіпотез розглянуто далі.

Оцінкою ступеня близькості точок вимірювання до лінії регресії є величина залишкової дисперсії, тобто дисперсія відстаней точок від лінії регресії. Згідно наведених формул середній квадрат відхилення дорівнює:

$$S^2 = \sigma_y^2(1-\rho_{xy}^2)$$

У формулу входить дисперсія дослідних значень дисперсії у і коефіцієнт кореляції ρ_{xy}. Якщо коефіцієнт кореляції дорівнює 1, то середній квадрат віддалі буде рівним 0. Чим меншим буде значення коефіцієнта кореляції тим більш віддаленими є точки вимірювань від лінії регресії. Отже коефіцієнт кореляції дозволяє оцінювати якість опису даних рівнянням лінійної регресії.

Оцінкою степеня впливу однієї випадкової величини на значення іншої величина є величина ρ^2, яку часто називають R-квадрат. Нормована величина R-квадрат є оцінкою у відсотках степеня залежності однієї випадкової величини від іншої.

Після виконання кореляційного аналізу і встановлення значимості взаємозв'язку між випадковими величинами проводяться дослідження по встановленні вигляду цього зв'язку методами регресійного аналізу.

ТЕМА 6 УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДІВ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

6.1 Проблеми, що виникають під час регресійного аналізу

У попередній лекції розглянуто метод регресійного аналізу в найбільш простому вигляді лінійної регресії двох величин, коли виконується ряд вимог відносно залишку e . Але далеко не всі завдання досліджень систем можуть бути вирішені за допомогою такої лінійної моделі. Для вирішення цілого ряду завдань лінійна модель може бути незадовільною. Як приклади більш складних завдань побудови регресійної моделі є такі:

Перше – вхідні дані не задовольняють вказаним вище вимогам побудови лінійної моделі.

Друге – реальні процеси описуватись не лінійним, а більш складним залежностями.

Третє – вихідні величини залежать не від однієї а від цілого ряду випадкових величин.

Четверте – у системі, яка досліджується, можуть бути складні взаємозв’язки між досліджуваними чинниками і коефіцієнти регресійної моделі змінюються під впливом різних чинників.

Тут завдання побудови регресійної моделі розглянуто в порядку їх ускладнення. Останнє з чотирьох завдань побудови регресійної моделі найбільш складне, вирішення його потребує спеціальних досліджень. Для виконання таких досліджень розроблена значна кількість спеціальних методів. Розглянемо найбільш типові випадки та методи побудови регресійної моделі.

6.2 Зважений метод найменших квадратів

Потрібно побудувати регресійну модель коли вхідні дані не задовольняють розглянутим вимогам. Однією з вимог є відсутність залежності дисперсії ε_i від значення змінної x. На практиці часто зустрічаються випадки, коли дисперсія ε_i є неоднаковою при різних значеннях вхідної величини x. Часто зростанню величини x відповідає збільшення дисперсії ε_i. Тобто більшим значення незалежної змінної відповідає більший розмах значень залежної величини.

Використання методу найменших квадратів у цьому випадку може призвести до зміщення значення оцінюваних параметрів регресії, зменшення їх стійкості та надійності. Для пом’якшення небажаних результатів, збільшення адекватності моделі використовують ряд методів удосконалення моделі. Один з них реалізований у зваженому методі найменших квадратів.

На першому етапі дослідження будують лінійну регресійну модель за допомогою звичайного методу найменших квадратів. Розраховують величину залишкової дисперсії S_i^2 для декількох діапазонів величини x. Якщо S_i^2 відрізняється між собою то використовую зважений метод найменших квадратів, у якому функціонал S розраховують згідно з формулою

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{S_i^2} (y_i - a * x_i)^2 .$$

Величина S_i^2 у формулі відповідає конкретним значенням x розрахованими для окремих діапазонів. Використання такого зваженого методу приводить до того, що коефіцієнти регресії визначаються більш точно, а їх вибіркові значення мають меншу дисперсію.

Варіанти використання зваженого методу найменших квадратів є різними. Наприклад, коли з вихідних даних видно, що розмах їх значень збільшується із збільшенням незалежної змінної x, що можна перевірити виконавши попередній аналіз даних чи графік кореляційного поля, то в розрахунок включають ваговий коефіцієнт рівний $1/ x_i^2$.

Використання зваженого методу найменших квадратів дозволяє регулювати вклад тих чи інших даних у результаті побудови моделі. У цьому виникає необхідність, коли попередній аналіз показує не типовість якоїсь частини інформації. Це можуть бути дані які викликають сумнів щодо похибки вимірювань (мають відхилення набагато більші від середніх) або дані, одержані при деяких нетипових умовах, наприклад, при роботі системи в аварійному або близькому до нього режимі. Ряд математичних пакетів аналізу даних таких як наприклад «Statistica» чи «Statgraf» дозволяють не тільки розрахувати коефіцієнти регресії за тією чи іншою моделлю але вводити вручну ваги даних у різних діапазонах, і покращувати точність одержаних результатів.

6.3. Множина лінійна регресія

Переважно вихідна величина системи залежить не від однієї а від декількох вхідних випадкових величин. У таких випадках говорять про наявність множинної регресії. Якщо, наприклад, вихідна величина y залежить від двох вхідних величин x_1 та x_2, то ми маємо множинну регресію з двома незалежними величинами. Залежність змінної y від значень змінних x_1 та x_2 можна зобразити у вигляді кореляційного 3-х вимірного простору. Завдання встановлення взаємозв'язку між y та змінними x_1, x_2 полягає у виборі поверхні, яка б найкращим чином описувала залежність y від x_1 та x_2. Лінійна модель передбачає що такою поверхнею буде площина. Рівняння її визначається за формулою

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

У загальному випадку при наявності m незалежних змінних рівняння множинної регресії має вигляд

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b x_m + \varepsilon$$

З цього рівняння можуть бути одержані рівняння часткової регресії, а саме:

$$y = a_1' + b_1 x_1$$
$$y = a_2' + b_1 x_2 .$$

Причому тут b_1 і b_2 ці ж коефіцієнти що в рівнянні множинної регресії. Коефіцієнт а в даному рівнянні це значення у при $x_1 = 0$ та $x_2 = 0$. Тобто це

координата перетину площини з віссю y коефіцієнти a'_1 та a'_2 в даному рівнянні можна розрахувати згідно з формулами

$$a'_1 = a + b_1\bar{x}_1$$
$$a'_2 = a + b_2\bar{x}_2 .$$

Коефіцієнти множинної регресії розраховують за методом найменших квадратів, аналогічно як і у випадку однієї змінної. Додатковою умовою використання цього методу є взаємна незалежність чинників при x_1 , x_2 … x_n . Кожен з чинників повинен приймати значення незалежно від значень інших чинників.

Для оцінки тісноти зв'язку при множинній лінійній регресії використовують коефіцієнт множинної кореляції R , який визначають згідно з формулою:

$$R^2 = (b_1 \frac{\sigma_{x1}}{\sigma y} r_{yx_1} + b_2 \frac{\sigma_{x2}}{\sigma y} r_{yx_2} + ... + b_m \frac{\sigma_{xm}}{\sigma y} r_{yx_m}) .$$

тут b_1 , b_2 … b_m – відповідні коефіцієнти регресії;

σ_y^2, σ_{x1}^2 , σ_{x2}^2 … σ_m^2 – дисперсії значень змінних y, x_1, x_2… x_m;

r_{xy1} , r_{xy2} … r_{xy1m} – коефіцієнти парної кореляції між величиною y та відповідною величиною x_1 , x_2 … x_m.

Під час побудови моделі множинної регресії може виникнути бажання включити максимальне число незалежних змінних. Проте цього робити не слід і число змінних потрібно обмежувати вибираючи їх не більш 3-5 залежно від конкретного завдання S апріорних даних про вплив чинників. Це зумовлене такими міркуваннями.

Включення додаткових чинників у модель множинної регресії може тільки збільшити коефіцієнт множинної кореляції і ніколи його не зменшує. Це відбувається тому, що до загальної регресії додаються всі сприятливі моменти впливу доданої змінної, хоча сама змінна мало впливає на вихідну величину.

Таким чином оцінка коефіцієнтів регресії за дослідними даними буде ненадійною, а самі дослідні дані будуть мало відтворюватися при проведенні повторних дослідів. Тому кількість змінних у моделі слід обмежувати. Слід також мати на увазі, що ступінь впливу кожної змінної треба визначити не за парною регресією (парним коефіцієнтом кореляції) а за частковою регресією. Часткову регресі одержують якщо в множинній регресії виключають вплив усіх змінних крім однієї. Часткова регресія і частковий коефіцієнт кореляції більш повно характеризують фактичну залежність ніж коефіцієнти парної регресії. Причину цього можна продемонструвати на прикладі.

Допустимо, що для дослідження вибрана певна популяція людей і встановлюється взаємозв'язок між ростом та довжиною волосся. Одержали, що існує взаємна кореляція між цими величинами. Чим більший зріст тим менша довжина волосся. Результат дивний. Але якщо в аналізі додатково включити вплив такої змінної як «стать», то виявляється, що вказана залежність відсутня. Тобто кореляція між величинами «ріст» і «довжина волосся» проявилась через вплив третьої змінної, а саме «статі». Жінки мають менший зріст, але вони носять довге волосся, тоді як чоловіки, при більшому зрості, довгого волосся, як правило, не носять.

Для оцінки тісноти зв'язку функції у кожної незалежної змінної слугує коефіцієнт часткової кореляції R_{xyi}:

$$R_{yx_i} = \sqrt{\left(1 - \frac{1 - R_n^2}{1 - R_{n-1}^2}\right)}.$$

тут R_n – коефіцієнт множинної кореляції для n аргументів;
R_{n-1} – коефіцієнт множинної кореляції без *i*-го аргументу.

Коефіцієнт часткової кореляції приймає значення від 0 до 1. Він характеризує тісноту взаємозв'язку функції і одного з аргументів при умові, що інші аргументи закріплені на рівні своїх середніх значень. Коефіцієнт часткової кореляції для певного аргументу може відрізнятись від коефіцієнту парної кореляції для цього аргументу. Причому він є більш об'єктивною характеристикою дійсного взаємозв'язку ніж коефіцієнт парної кореляції.

6.4 Нелінійна (криволінійна) регресія

Мале значення коефіцієнту кореляції вказує тільки на відсутність лінійного зв'язку між величинами, але при цьому може існувати інший нелінійний зв'язок
і бути досить тісним.

Аналізуючи конфігурацію кореляційного поля можна виявити, що дане поле в достатній мірі точності описує деяка крива лінія. У такому випадку говорять про нелінійну або параболічну регресію. Таку регресію описують рівнянням апроксимації в якості якого вибирають параболу *m*-го порядку. Найчастіше використовується парабола другого порядку, яка описується формулою

$$f(x) = a + bx + cx^2$$

У більшості випадків, як правило, використовують параболу 2-го порядку і тільки в деяких виникає потреба використання параболи 3-го порядку.

$$f(x) = a + bx + cx^2 + dx^3 .$$

Якщо результати вимірювань задовольняють приведеним раніше умовам, то для знаходження коефіцієнтів нелінійної регресії використовують метод найменших квадратів. Коефіцієнти регресійної моделі відшукують з умови мінімуму функціоналу. Для параболи 2-го порядку функціонал має вигляд:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (a + bx_i + cx_i^2))^2 .$$

З умови мінімуму одержують систему трьох рівнянь для знаходження коефіцієнтів рівняння регресії:

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = na + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^3$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^4$$

Знайдені коефіцієнти підставляють в рівняння регресії f(x).

6.5 Множинна криволінійна регресія

У разі наявності декількох випадкових величин залежність вихідної величини від однієї чи всіх вхідних може мати нелінійний характер. У такому випадку статистичну залежність описують рівнянням множинної криволінійної регресії. Формально завдання відшукання коефіцієнтів такої залежності мало чим відрізняться від розглянутих вище випадків парної криволінійної регресії та множинної лінійної регресії. Проте треба особливу увагу звернути на характер залежності між величинами та вибір типу рівняння регресії. Потрібно враховувати, що складний вигляд рівняння регресії, наявність великої кількості коефіцієнтів не завжди оправдане. Деякі коефіцієнти можуть бути нестійкими чи статистично малозначущим. Наявність великої кількості коефіцієнтів ускладнює аналіз одержаних результатів та їх практичне використання. Тому під час отримання рівняння регресії а також під час аналізу його використовують ряд прийомів спрощення залежностей. Серед них виділяють відшукання часткової криволінійної регресії на основі множинної лінійної або криволінійної регресії.

Використовуючи методи регресійного аналізу, слід враховувати ряд застережень. Одне з них відноситься до того, що методи регресійного аналізу і метод найменших квадратів передбачають апріорі, що випадкові величини підпорядковані нормальному, або близькому до нього, закону розподілу

ймовірностей. Ці методи можуть давати невірні результати, якщо розподіл інший. Тому слід хоч якісно переконатись в характері розподілу. Це можна зробити, побудувавши графік залишків, тобто еліпс кореляції різниці між даними вимірювань та значенням розрахованими за рівнянням регресії. Більшість математичних пакетів, у тому числі і пакет аналізу даних електронної таблиці Excel, мають засоби розрахунку залишків та побудови номограми нормального розподілу. Якщо результати на монограмі розміщуються вздовж прямої лінії, то розподіл величин підпорядкований нормальному закону. Незначні відхилення від прямолінійності допустимі і розподіл можна вважати близьким до нормального, а регресійну модель можна приймати.

Ще одне застереження відноситься до того, що регресійна модель дає тільки кількісні залежності, а нічого не говорить про характер і причини залежності між випадковими величинами. Простий приклад з літературних джерел показує суть проблеми. У деяких дослідженнях було встановлено, що величина пошкоджень нанесених пожежею корелює з кількістю пожежників, які приймали участь у її тушінні й навіть одержано рівняння регресії для такої залежності. Тобто можна зробити висновок: чим більше пожежників приймає участь у тушінні пожежі, тим більші збитки буде нанесено і навіть можна підрахувати величину цих збитків. Проте зрозуміло, що тут взаємозв’язок зовсім інший: на більшу пожежу виїжджає більше пожежників, а величина збитків залежить від сили пожежі. Тобто дві величини кількість пожежників й величина збитків залежать від однієї величини: сили пожежі. Тобто характер та причини залежності регресійна модель не розкриває, а часто може їх маскувати. Цей приклад досить прозорий, тут все зрозуміло. Під час дослідження електромеханічних систем, в яких відбуваються складні процеси, випадки, змішування причин з їх наслідками й впливами сторонніх величин трапляються досить часто. Тому математичні моделі потрібно співвідносити з фізичними процесами і тільки після цього робити висновки.

ТЕМА 7 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

7.1 Основні поняття та визначення теорії планування експерименту

Побудова математичних моделей складних технічних та механічних систем здійснюється або теоретичним шляхом – на основі аналізу фізичних процесів, або експериментально – за результатами експериментальних досліджень. Експеримент є засобом побудови моделі й критерієм її адекватності.

Побудова будь-якої моделі здійснюється послідовно. На перших етапах розглядають найпростіші моделі, а в процесі вивчення систем моделі ускладнюються. В якості вихідної моделі приймають модель «чорна скринька».

Вона має такий сенс. Природа процесів, які відбуваються у складних системах невідома, або відома недостатньо. Ми можемо виділити систему з навколишнього середовища та визначити певну сукупність вхідних та вихідних величин, способів дії на систему і результатів до яких призводять ці дії. Модель «чорна скринька» зображає систему прямокутником який обмежує її границі. Зліва прямокутника стрілками позначають вхідні величини системи, а справа – вихідні. Вже таке просте подання системи є досить корисним.

Формальний опис такої моделі досить простий, але маючи справу з реальною системою подання її у вигляді такої найпростішої моделі «чорна скринька» пов’язано з вирішенням ряду проблем. Ці проблеми пов’язані, по-перше, з визначенням границь системи і, по-друге, визначенням вхідних та вихідних величин систем. Визначення границь навіть простих технічних систем не завжди однозначне. Наприклад, розглянемо гальмівну систему тролейбусу з електричним та пневматичним гальмами. Чи входять у дану систему компресор. Адже він забезпечує повітрям не тільки пневматичне гальмо, але і систему підвіски тролейбусу. А пневматичні магістралі входять в гальмівну систему! А манометри? Аналогічна ситуація виникає при визначенні границь електричного гальма. Реостати входять в гальмівну систему чи ні? Отже, визначення границь у випадку, коли маємо технічну, чітко детерміновану систему як тролейбус не завжди є простим. В інших випадках ситуація може ще ускладнюватись і однозначної відповіді не мати.

Аналогічна ситуація виникає і під час визначення вхідних та вихідних величин системи. Всяка система має безліч зв’язків з навколишнім середовищем і вирішити, які з цих зв’язків слід вважати вхідними, які вихідними а які зовсім не враховувати подекуди складно.

В плануванні експерименту ми вважаємо, що модель «чорної скриньки» побудована, визначено всі вхідні та вихідні величини і поставлене завдання подальшого вивчення системи. Метою такого вивчення є встановлення взаємозв’язку між вхідними та вихідними величинами, встановлення залежності вихідних величин системи від вхідних. Теорія планування експерименту спрямована на те як найбільш ефективно спланувати та здійснити експеримент, обробити його результати, щоб одержати потрібну інформацію з високою надійністю.

Перш за все розглянемо питання термінології.

Теорія планування експерименту, як і будь-яка теорія має свою термінологію. Згідно з неї вихідну величину чи сукупність вихідних величин системи називають **відгуком**. Величини, які впливають на систему, тобто вхідні величини, називають **чинниками**. Кожен чинник може приймати певні

значення. Значення чинника називають **рівнем чинника**. Залежно від того в якій шкалі вимірюють чинники вони можуть бути кількісними чи якісними. **Кількісні** це чинники значення яких виміряють у шкалі різниці чи відношень, **якісні** – це чинники значення яких вимірюють у шкалі найменувань чи ранговій шкалі. Систему чи об'єкт називають керованими, якщо чинник впливає на рівень відгуку. Якщо тільки певний чинник впливає на рівень відгуку, то говорять, що система керована по відношенню до цього чинника. Під час наукового вивчення важливо щоб результати дії на систему повторювались, тобто говорять про **відтворюваність результатів**. Досить часто розглядають не один а декілька чинників і вживають термін простір чинників (факторний простір). **Простір чинників** – простір утворений сукупністю чинників і обмежений областю їх визначення. У просторі чинники виступають як координатні осі. Оскільки результати експерименту прийнято відображати у просторі чинників, то в цей простір включають додатковий вимір відгуку (їх може бути декілька). У такому випадку вживають термін двох, трьох чи багатовимірний простір чинників.

Кожен чинник має свою область визначення. **Область визначення чинника** – це сукупність значень, які він може приймати. Ця область визначення може бути обмеженою чи безконечною, неперервною або дискретною. Неперервна, якщо чинник приймає будь-які значення в певному діапазоні, дискретна у випадку, якщо чинник може приймати тільки певні фіксовані значення. Ці значення можуть бути як кількісними так і якісними.

Значення відгуку, залежно від рівня чинників, називають функцією відгуку. Цю залежність записують у вигляді рівняння відгуку.

$$y = f(x_1\, x_2 ... x_n).$$

де y – відгук;

x_1, x_2… x_n – чинники;

n – кількість чинників;

f (x_1, x_2… x_n) – функція відгуку.

Відображення функції відгуку в n+1 мірному просторі чинників називають **поверхнею відгуку**, наприклад, при одному чиннику поверхнею відгуку буде лінія на площині (рис. 7.1)

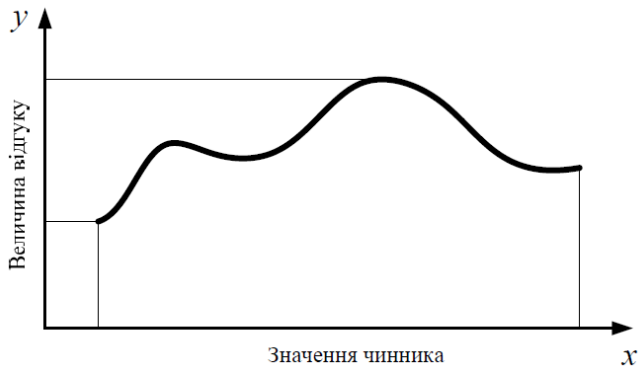


Рис 7.1 – Поверхня відгуку при одному чиннику

При двох чинниках поверхня відгуку це поверхня в трьохмірному просторі (рис. 7.2)

Якщо n ≥ 3, то ми маємо n +1 мірний гіперпростір для наочного відображення поверхні відгуку в такому гіперпросторі використовують окремі 2-х чи 3-х мірні січення, тобто розглядають тільки окремі компоненти гіперпростору, фіксуючи значення деякого числа чинників. Сукупність різних січень чинникового гіперпростору може дати повну уяву щодо поверхні відгуку.

Залежно від того яку систему ми вивчаємо можливі випадки, коли ми можемо керувати чинниками, задавати їх на певних рівняннях, а можливі випадки, коли ми не можемо керувати рівнями чинників, а тільки фіксуємо їх значення.

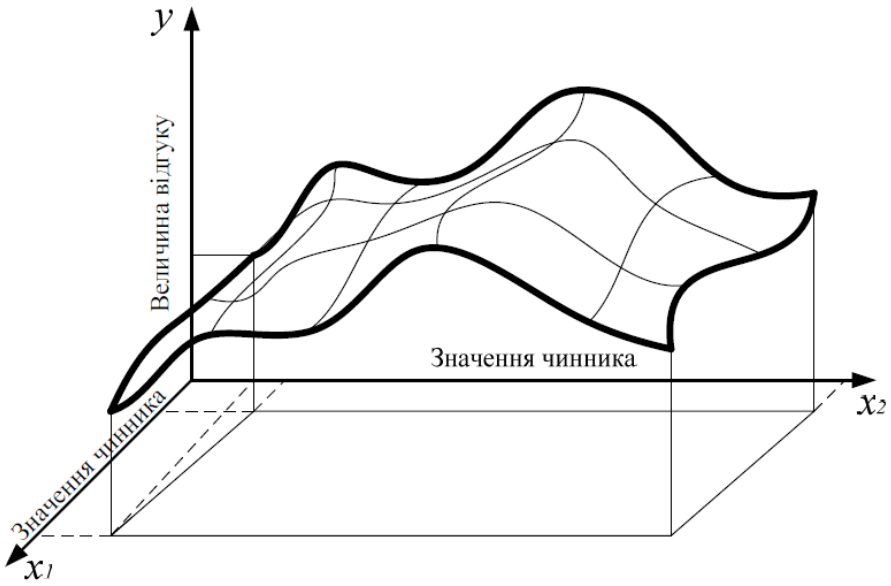


Рис 7.2 – Поверхня відгуку при двох чинниках

В таких випадках говорять про **активний (керований)** експеримент або про **пасивний** експеримент, який часто називають **спостереженням**. В активному експерименті можна наперед вибрати потрібні рівні чинників і

підтримувати їх в ході експерименту. В такому випадку говорять про планування експерименту.

Важливе значення має тип експерименту. Експеримент може проводитись з метою встановлення невідомих раніше залежностей, або з метою одержання оптимальних умов, при яких значення функції відгуку приймає найбільш бажані значення. У такому випадку експеримент називають **оптимізаційним**. В оптимізаційному експерименті важливою величиною є параметр оптимізації. Параметром оптимізації може бути певний відгук системи, комбінація відгуків чи певна їх функція. Яку конкретно величина вибирати в якості параметру оптимізації залежить від цілого ряду чинників. Далі будуть розглянуті вимоги до параметру оптимізації, методи його вибору.

7.2 Основні етапи експерименту

Термін планування експерименту вживають у вузькому й широкому розумінні. У вузькому розумінні це тільки вибір рівнів чинників при яких здійснюють експеримент, тобто точок у просторі чинників та кількості дослідів, які треба провести у кожній точці плану експерименту.

У більш широкому розумінні планування експерименту включають ряд етапів які розглянуто нижче.

Планування експерименту є однією з важливих складових частин будь-якого дослідження та побудови моделей системи. На етапі планування вирішують більшість питань, що визначають ефективність експерименту. Часто добре спланований експеримент дає більше корисних результатів ніж від нього очікували. На відміну від цього, погано спланований експеримент може дати мінімум результатів або взагалі не дати ніяких корисних результатів. Тому, під час вивчення системи, а особливо таких складних систем як механічні, планування експерименту має першочергове значення.

Планування експерименту передбачає ряд етапів: постановку завдання дослідження та конкретизацію цілей експерименту, розробку плану проведення експерименту, підготовку до проведення та методику проведення експерименту, методи обробки результатів та їх інтерпретацію, а також використання результатів експерименту. Розглянемо етапи експерименту.

7.3 Постановка завдань і цілей експерименту

І етап. Розпочинається з вивчення завдань досліджень та постановки цілей експерименту, а саме відповідей на запитання для чого потрібен експеримент і на які питання нам потрібно одержати відповідь, провівши експеримент.

II етап – Вибір шляхів вирішення поставлених завдань. Тут потрібно визначити як можна отримати відповіді на поставленні завдання, які треба провести досліди, якою повинна бути точність та надійність результатів при допустимих витратах. Слід мати на увазі що збільшення вимог точності результатів в 2-3 рази подекуди вимагає збільшення затрат в десять або сто разів.

III етап – Складання плану експерименту. Саме на цьому етапі розпочинається безпосереднє планування експерименту. Його виконують на основі аналізу попередньої моделі досліджуваної системи. Всяке планування і проведення експерименту передбачає наявність хоча б найпростішої моделі системи. На основі її вибирають чинники, які будуть змінювати (чи реєструвати якщо система некерована), відгуки, які будуть фіксувати під час проведення експерименту та параметри оптимізації, за якими визначають ефективність експерименту.

Під час складання плану експерименту визначають рівні чинників, тобто сукупність точок вимірювань, кількість дослідів в кожній точці та вимоги щодо точності вимірювань відгуку.

IV етап – підготовка до плану експерименту. Підготовка включає розробку методик проведення окремих дослідів, підготовку системи до проведення експерименту, підготовку обладнання, підготовку спеціалістів, які будуть проводити експеримент, виконання деяких контрольних вимірювань, розробку способів реєстрації результатів експерименту, бланків для запису і т.п.

V етап –Проведення експерименту та обробка його результатів. На цьому етапі, згідно з розробленим планом та методами, проводять експеримент, фіксують його результати та виконують обробку результатів.

VI етап – Інтерпретація результатів експерименту. Залежно від цілей експерименту і результатів обробки даних уточнюють і доповнюють модель системи. Результатом цього етапу є уточнена модель системи та практичні висновки зроблені згідно до цілей досліджень.

VII етап – Реалізація результатів експерименту. Результати експерименту впроваджують у практику. На основі них модернізують систему чи розробляють нову систему. Модернізовану систему використовують для вирішення конкретних практичних завдань. Під час реалізації результатів експерименту перевіряють адекватність моделі, відповідність модернізованої системи вимогам практики. На цьому етапі виникають нові завдання, які є основою подальших досліджень і проведення нових експериментальних та теоретичних досліджень.

Ряд етапів планування експерименту є формалізованим, а деякі неформалізованими. Не піддаються формалізації такі етапи, як постановки цілей експерименту та задач досліджень Важко піддаються формалізації операції вибору чинників та області чинникового простору, в якій потрібно проводити дослідження. Етапи складання плану експерименту, математичне планування та обробка результатів експерименту повністю формалізовані, вони виконуються за певними правилами у визначеному порядку.

Вчені, спеціалісти в певній області знань, інженери завжди намагалися найбільш ефективно вирішувати поставлені перед ними завдання. Завдання ефективності експерименту є загальні і торкається спеціалістів різних областей знань. За весь період розвитку наукових досліджень накопичено великий досвід проведення експерименту. Деякі вчені затратили багато зусиль на теоретичну розробку проблем підвищення ефективності експериментальних досліджень. Є ціла наукова дисципліна, яка вирішує завдання планування експерименту. Частково положення планування експерименту ми розглянемо далі.

7.4 Оптимізаційні та імітаційні моделі. Вимоги до чинників і параметру оптимізації

Залежно від цілей моделювання та шляхів використання моделі прийнято поділяти на імітаційні та оптимізаційні.

Імітаційні моделі – це моделі, які призначені для вивчення властивостей об’єкту шляхом імітації його функціонування. Властивості системи на імітаційних моделях дослідження поведінки під час зміни рівнів чинників від яких залежить модель. Результати досліджень інтерпретують на поведінку реального об’єкту. Імітаційне моделювання можна здійснювати як на матеріальних та ідеальних моделях. Матеріальні моделі створюють на основі подібності, вони відтворюють систему чи її окремі частини.

Ідеальною моделлю може бути певна система рівнянь, що описує систему або певна абстрактна символічна система. В імітаційному моделюванні широко використовують сучасну обчислювальну техніку. Існує ряд наукових напрямків по розробці та використанню методів імітаційного моделювання. Дані питання розглядають у великій кількості наукових праць та літературних джерел.

Оптимізаційні моделі – моделі, призначені для визначення рівнів чинників, при яких функціонування системи оптимальне.

Оптимізація – це знаходження екстремуму параметру оптимізації в просторі чинників.

Параметр оптимізації – це показник за яким виконують оптимізацію. Ним може бути відгук системи: одна вихідна величина чи певна сукупність вихідних величин.

Вибір параметру оптимізації обумовлений в першу чергу метою експерименту. Досить часто в якості параметру оптимізації може прийматись величина вартості, величина сумарних затрат, час затрачений на виконання певних функцій, сумарні затрати енергії і т.п. Реальні ситуації завжди складні і вимагають оптимізації за декількома параметрами.

Теоретично і логічно обґрунтоване вирішення задачі оптимізації вимагає наявності тільки одного параметру оптимізації. Тому в багатьох випадках формують один узагальнений параметр оптимізації а інші характеристики об’єкту розглядають як обмеження. Одним з можливих шляхів вибору узагальненого параметру оптимізації є подання його у вигляді функції від ряду вихідних величин системи. Наприклад, досить часто використовують подання відгуку системи одним з вказаних нижче способів:

$$q = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \frac{q_i}{S_i},$$

$$q = \prod \beta_i \frac{q_i}{S_i}.$$

де α_i та β_i – вагові коефіцієнти;

q_i – величини відгуку, вихідні величини системи;

S_i – коефіцієнти, які слугують для проведення розмірних величин до безрозмірних.

Розглянуті приклади формування параметру оптимізації найбільш прості. У ряді випадків використовують інші значно складніші методи визначення параметру оптимізації.

Параметр оптимізації повинен задовольняти ряду вимог, а саме:

1. Ефективності – тобто він повинен забезпечувати досягнення основної мети досліджень самим ефективним, швидким способом.

2. Універсальності – даний параметр оптимізації повинен бути таким, щоб його можна було використати при вирішенні не одного а цілої сукупності завдань, він повинен використовуватись у багатьох задачах.

3. Кількісним – виражатись певним числом.

4. Повинен існувати при всіх можливих станах системи.

5. Повинен мати фізичний чи економічний сенс. Під час планування експерименту ставлять вимоги до чинників. Головні з них такі:

1. Керованість – повинна бути забезпечено встановлення всіх потрібних рівнів чинників і підтримання їх на цих рівнях під час усього експерименту.

2. Однозначності – значення чинників повинні визначатись однозначно.

3. Точності – визначення величини чинника повинно здійснюватись з максимально можливою точністю, з огляду на поставлене завдання експерименту.

До сукупності чинників ставлять такі вимоги:

1. Сумісності – всі рівні чинників в сукупності повинні бути досяжними і забезпечувати безпечне функціонування системи.

2. Незалежності – повинна бути забезпечена можливість встановлення будь-якого рівня кожного чинника, незалежно від рівня всіх інших чинників.

7.5. Принципи побудови моделей систем

Математичне планування експерименту – це процедура вибору кількості та умов постановки дослідів необхідних і достатніх для вирішення поставленої задачі з потрібною точністю. В плануванні експерименту сам експеримент розглядають як об’єкт дослідження та оптимізації. Теорія планування експерименту розробляє різні типи планів які виключають сліпий пошук під час досліджень, скорочують число необхідних дослідів і дають можливість побудувати модель системи. Перевагою методу планування експерименту є його універсальність та придатність використання для вирішення широкого кола завдань.

Залежно від того кількісними чи якісними є чинники будують різні моделі систем і використовують різні типи планів експерименту. Якщо чинники кількісні, то модель системи будують на основі регресійного аналізу і використовують плани повного чи дробового факторного аналізу, плани з різним розміщенням експериментальних точок в області факторного простору, які задовольняють певним умовам оптимальності. У випадку якісних чинників використовують методи дисперсійного аналізу і плани експерименту будують на основі грецьких, латинських, греко-латинських та інших квадратів.

Якщо відгук системи є кількісним і всі чинники від якого він залежить також кількісні то використовують регресійну модель для опису системи. У переважній більшості випадків використовують регресійні моделі поліноміального типу, тобто залежність відгуку від рівнів чинників представляють у вигляді поліному. Таке представлення розглянуто у розділі регресійного аналізу. Коефіцієнти поліноміальної моделі безпосередньо показують ступінь впливу на величину відгуку. Завдання планування експерименту зводиться до вибору умов проведення дослідів, їх кількості з тим,

щоб одержати якомога точнішу регресійну модель, яка адекватно описує систему.

Регресійна модель, яка описує складні функції відгуку, може бути одержана шляхом розкладу функції розкладу в степеневий ряд:

$$y(x_1\ x_2\ \dots x_n) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\beta_{ij}x_i x_j + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\beta_{ij}x_i x_j x_k + \dots$$

де величини β_0, β_i, β_{ij}, β_{ijk}, ,– це коефіцієнти регресії;

Обмежуючись тільки β_i, β_0 одержуємо модель 1-го порядку;

Модель 2-го порядку враховує β_0, β_i, β_{ij};

Усе разом – модель 3-го порядку.

x_i , x_j – члени взаємодії.

Таке представлення функції відгуку називають поліноміальною регресійною моделлю. У ній β_0 – вільний член, що описує середнє значення функції відгуку в області визначення. Наступні члени – лінійні і подальші члени вищих порядків. Якщо відкинути всі члени другого і вищих порядків, то одержуємо лінійну регресійну модель. Використання лінійних моделей надзвичайно широке. У багатьох задачах обмежуються тільки лінійними членами, як це було показано в попередніх частинах даного посібника. Таку модель називають моделлю першого порядку. Кривизну поверхні відгуку описують члени другого порядку. Рівняння регресії другого порядку одержують відкинувши всі члени третього та вищих степенів. Модель яка відповідає рівнянню регресії другого порядку називають математичною моделлю другого порядку. Під час вирішення завдань оптимізації переважним чином використовують моделі другого порядку. Більшість планів експериментів розроблена саме для моделей другого порядку.

Моделі третього порядку одержують аналогічно моделям першого та другого порядку, відкидаючи в $y(x_1, x_2 \dots x_n)$ = … всі члени вищих порядків. Така модель використовується не так часто, але для опису складних нелінійних процесів вона досить корисна. З ростом порядку моделі і кількості чинників модель стає досить складною, оскільки в неї входить велике число доданків. Фізичне трактування такої моделі складне і не завжди можливе. Тому в плануванні експерименту обмежуються, як правило, моделями першого – третього порядків при максимальному числі чинників чотири – п’ять. В лінійних моделях подекуди враховують і більше число чинників.

ТЕМА 8 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

8.1 Особливості застосування комп'ютерного моделювання в навчальному процесі

Розглянуті в попередніх розділах методи та методики математичного моделювання містять етап 5 − «Комп'ютерне моделювання в середовищі розрахункових пакетів-програм, або CAE-систем». Сучасне навчання не можливо уявити без використання програмних та технічних засобів. Це стосується і даного курсу, який вивчає більшість здобувачів технічних закладів вищої освіти.

Сьогодні існує значна кількість пакетів прикладних програм математичного моделювання та навчальних версій CAE-систем, направлених на реалізацію математичного моделювання задач аналізу, розробки та дослідження різноманітних технічних систем. Обираючи той чи інший програмний продукт, необхідно враховувати такі фактори:

- зручність та швидкість доступу до даних;
- легкість освоєння, зручний інтерфейс користувача;
- інтерактивна та швидка графіка;
- спрощені інструменти аналізу із застосуванням широкої математичної обробки даних і графічних залежностей;
- формування вихідних документів, які можуть бути використані для опублікування;
- автоматизація процесу обробки даних при вирішенні задач значної складності;
- наявність у програмі вбудованих віртуальних контрольно-вимірювальних приладів;
- наявність засобів моделювання як аналогових, так і цифрових блоків;
- можливість створення на базі програми обчислювально-вимірювальних комплексів.

Застосування комп'ютерного моделювання в навчальному процесі під час аналізу, розробки та дослідження технічних систем має істотні переваги. Головними з них є такі:

1. Дослідження роботи компонентів (вузлів, схем) в різних режимах.

2. Вибір рівня складності об'єкта дослідження (від дослідження окремих елементів і підготовлених схем до самостійного проектування та розробки схеми, пошуку несправних елементів тощо).

3. Можливість планувати й перевіряти стратегію та методику вимірювального експерименту.

4. Можливість виконання експериментів на новітній елементній базі.

5. Можливість проведення температурних досліджень моделей технічних систем.

6. Аналіз впливу ушкоджень на роботу різних елементів та вузлів технічної системи.

7. Формування масивів експериментальних даних, їх транспортування в інші середовища математичних розрахунків для виконання ретроспективного аналізу, статистичного аналізу тощо.

8. Можливість дистанційного виконання лабораторних досліджень, що особливо актуально при організації заочної та дистанційної форм навчання.

9. Можливість запам’ятовувати, зберігати та аналізувати великі масиви експериментальних даних.

10. Можливість багатократного повторення експериментальних досліджень при ідентичних умовах проведення експерименту.

11. Швидкий темп засвоєння та обсяги нової інформації.

До організаційних переваг використання комп’ютерного моделювання в навчальному процесі можна віднести:

1. Можливість організації фронтального виконання лабораторних робіт у режимі подання лекційного матеріалу, що особливо важливо в умовах навчання за

кредитно-модульною системою.

2. Уніфікація лабораторних досліджень, що проводяться в межах різних дисциплін.

3. Можливість глибокої перевірки якості виконання курсових і дипломних проєктів та робіт.

4. Висока економічна ефективність підготовки нових лабораторних циклів.

Працюючи за комп’ютером, слід розрізняти технічну процедуру вирішення поставленої задачі та суть справи. Не можна зводити постановку задачі та отримання рішень лише до програмованих процедур: запису або представлення математичної моделі у формі, яка буде зручною для використання в інтегрованому комплексі прикладних програм, введення моделі в комп’ютер, вибору чисельного методу вирішення, виходячи з міркувань реального досягнення точності та часу вирішення, реєстрації рішення та ін. Проте людина, дотримуючись формального підходу, часто вважає, що її задача «повинна вирішуватися», але згодом розчаровується у можливостях інформаційних систем.

Де помилка? Як її знайти? Чи коректно поставлене завдання? Відповіді на ці питання найкраще дає фізичний підхід, за якого комплекс або система, яка

проектується, подана у вигляді сукупності заданих фізичних елементів, агрегатів, підсистем. Комплекс або система діляться на частини, для яких відомі точні рішення або експериментальні характеристики, а поєднання цих частин у моделі дають нові залежності. Модель аналізується і корегується за частинами, ніби за допомогою постановки додаткових експериментів у системах, які можна аналізувати окремо.

Для отримання достовірних результатів необхідно поєднати процес моделювання з фізичним змістом задачі, щоб бути впевненим в правильності отриманих результатів або отримати докази неправильної постановки завдання та знати, де шукати помилку.

Отже, моделювання на комп'ютері – не формальна процедура, а експериментальний пошук. Тому можна говорити про мистецтво моделювання як про мистецтво експерименту.

Суттєво спростити роботу з моделювання за допомогою комп'ютера дозволяє використання універсальних пакетів прикладних програм та інтегрованих середовищ CAE-систем.

Формалізація задач синтезу та аналізу технічних, вимірювально-обчислювально-керуючих систем і комплексів, а також використання числових методів вирішення задач дозволяє використовувати добре вивчені прийоми вирішення та стандартне (універсальне) математичне забезпечення комп'ютера. Використання комп'ютера підвищує ефективність наукових досліджень, дозволяє проводити моделювання складних технічних систем.

Сучасні програми чисельного моделювання систем та процесів стають дедалі більше автоматизованими, полегшуючи користувачеві процес постановки і вирішення широкого класу складних задач. Ще більший ефект дають можливості якісного візуального зображення результатів.

8.2 Аналіз сучасних пакетів прикладних програм математичного моделювання

Для вирішення задач із дослідження, аналізу та розробок технічних систем, їх елементів та параметрів, а також внутрішніх і зовнішніх процесів популярними серед дослідників є такі пакети прикладних програм моделювання: MathCAD, Simulink, MatLAB, LabView, Statistica (StatSoft Statistica), Electronics Wordbench, System View та ін.

Надзвичайна простота інтерфейсу MathCAD (розробник – компанія Mathsoft, США) зробила його одним із найпопулярніших математичних пакетів. Він надає користувачу широкий набір інструментів для реалізації графічних, аналітичних і числових методів вирішення математичних задач на комп'ютері.

Виконуючи рутинні чи несуттєві операції, пакет дозволяє самостійно виконати громіздкі обчислення, розв’язати змістовні задачі, набути та закріпити навички з вирішення прикладних задач.

MathCAD – це математично орієнтована універсальна система комп’ютерної математики, призначена для автоматизації рішення масових математичних завдань у різних галузях науки і техніки. Назва системи походить від двох слів – Mathematics (математика) і CAD (Computer Aided Design – системи автоматичного проектування або САПР). Тож цілком виправдано вважати MathCAD математичними САПР.

MathCAD − це програмний засіб або середовище для виконання на комп’ютері різноманітних математичних і технічних розрахунків, що надає користувачу інструменти для роботи з формулами, числами, графіками й текстами та забезпечене простим в освоєнні графічним інтерфейсом.

Крім числових та аналітичних обчислень, вона блискуче розв’язують складні оформлювальні завдання, які ледве вдається вирішити популярним текстовим редакторам або електронним таблицям. За допомогою MathCAD можна, наприклад, готувати статті, книги, дисертації, наукові звіти, дипломні й курсові проекти, що складаються лише з текстів, але й зі складних математичних формул, із вишуканим графічним поданням результатів обчислень і багатьма «живими» прикладами. Застосування бібліотек і пакетів розширення забезпечує професійну орієнтацію MathCAD на будь-яку галузь науки, техніки й освіти.

При вирішенні завдань інтеграції ця система забезпечує справжню інтеграцію з іншими математичними, графічними та офісними системами. Для цього до її складу входить спеціальний системний інтегратор MathConnex.

У середовищі MathCAD доступні більше сотні операторів і логічних функцій, призначених для числового і символьного вирішення технічних проблем різної складності. До складу MathCAD входять:

- велика бібліотека вбудованих математичних функцій;
- інструменти побудови графіків різних типів;
- засоби створення текстових коментарів та оформлення звітів;
- конструкції, подібні до програмних конструкцій мов програмування, що дозволяють писати програми для вирішення задач, які неможливо чи дуже складно розв’язати стандартними інструментами пакета;
- зручно організована інтерактивна система отримання довідки та оперативної підказки;
- засоби обміну даними з іншими windows-додатками через механізм OLE (Object Linking and Embedding − зв’язок і впровадження об’єктів);

- засоби переадресації готових робочих документів електронною поштою або через Інтернет у вигляді, представленому на екрані.

При проектуванні MathCAD ставилась мета − створити потужний, гнучкий та простий у користуванні засіб для проведення інженерних розрахунків.

Основною відмінністю MathCAD від інших програмних засобів цього класу є те, що математичні вирази на екрані комп'ютера представлені в загально прийнятній математичній нотації та мають такий вигляд, як в оригіналі. Записавши у звичній формі математичний вираз, можна виконати з ним найрізноманітніші символьні або числові математичні операції, можна забезпечити обчислення текстовими коментарями, ілюстраціями, побудованими в інших додатках, та отримати повний звіт про виконані обчислення.

Характерним представником цих систем також є MatLab (розробник – компанія MathWorks, США).

Система **MatLab** – це сучасний програмний засіб, який є інформаційним середовищем для числового моделювання, розрахунків і розробки алгоритмів аналізу та візуалізації даних. Це продукт високоякісний, що містить обчислення, візуалізацію й програмування в зручному вигляді, де завдання та їх рішення виражаються у формі, близькій до математичного. MatLab складається з п'яти основних частин:

1. Мова MatLab. Мова матриць високого рівня з керуванням потоками, функціями, структурами даних, введенням-виведенням і особливостями об'єктно-орієнтованого програмування, що дозволяє створювати нескладні програми та більш складні додатки.

2. Середовище MatLab. Набір інструментів і пристосувань, з якими працює користувач або програміст MatLab. Воно містить засоби для керування змінними в робочому просторі MatLab, введенням і виведенням даних, а також створенням, контролем і налагодженням файлів і додатків MatLab.

3. Керована графіка. Графічна система MatLab, що містить команди для візуалізації дво- і тривимірних даних, обробки зображень, анімації та ілюстрованої графіки.

4. Бібліотека математичних функцій. Велика колекція обчислювальних алгоритмів від елементарних функцій, таких як сума, синус, косинус, комплексна арифметика до більш складних, таких як обіг матриць, обчислення власних значень, функції Бесселя, швидке перетворення Фур'є.

5. Програмний інтерфейс. Бібліотека, що дозволяє писати програми мовами програмування Сі та Fortran, взаємодіючи з MatLab. Вона також містить засоби для виклику програм із MatLab (динамічний зв'язок).

Крім названих частин у MatLab є доповнення Simulink – супутня програма, що є інтерактивною графічною системою для моделювання складних нелінійних динамічних та вбудованих систем. Це середовище, яке дозволяє моделювати процес за допомогою блоків діаграм на екрані та їхній маніпуляції. Simulink працює з лінійними, нелінійними, безперервними, дискретними та багатомірними системами.

Головна перевага системи MatLab полягає в тому, що в ній реалізовані численні ефективні математичні алгоритми практично для всіх галузей інженерної діяльності. Програмні засоби цього типу у літературі називають універсальними математичними пакетами чи системами.

Система **LabView**, розроблена фірмою National Instruments (США), є системою автоматизованого проектування, що має засоби для створення віртуальних обладнань різного призначення, отриманих як у режимі реального часу від фізичного об’єкта, так і у вигляді файлів.

Основним принципом побудови систем збору, обробки й управління на базі обладнання та програмного забезпечення фірми National Instruments є можливість перетворення персонального комп’ютера на вимірювальний комплекс із необхідними метрологічними характеристиками.

Конфігурувати вимірювальні комплекси в системі LabView можна як від датчиків і виконавчих механізмів (вимірювальна частина), так і від обробки даних (вимірювальна частина). Дуже важливо, що алгоритм обробки сигналів для першого і другого підходу є одним і тим же.

LabView − система з великою кількістю бібліотек для розширеного аналізу сигналів. Програмування в LabView відбувається графічно, тобто відсутній звичний текстовий опис алгоритму мовою програм високого рівня. Сама програма LabView цілком відкрита, дозволяє отримати доступ до будь-якого компоненту всередині неї.

Як універсальна система програмування програма LabView має величезні бібліотеки для роботи з периферійним зовнішнім обладнанням, засобами обробки, аналізу та представлення даних. На базі LabView можна навіть побудувати засоби дистанційного навчання.

Система жорсткого реального часу LabView Real Time застосовується в системах збору/обробки інформації/управління, коли потрібен жорсткий детермінізм і коли звичайні операційні системи не можна застосовувати.

Вимогам навчального процесу також відповідає пакет прикладних програм Electronics Wordbench (розробка фірми Interactive Im-age Technology (США). Досвід використання пакета прикладних програм Electronics Wordbench свідчить про правильність зробленого вибору. Цей пакет програм як інструмент

пізнання має важливу особливість – сприяє підвищенню зацікавленості здобувачів питаннями технічної творчості, більш глибшому розумінню ідеології побудови цифрових вимірювальних приладів, принципів перетворення вимірювальних сигналів, методів оцінювання метрологічних показників приладів тощо.

Вимогам до комп'ютерних засобів при використанні моделювання даних досліджень найкраще відповідають інструментальні засоби аналізу даних і технічна графіка (data analysis and technical graphics software), яка відрізняється від електронних таблиць та відповідного програмного забезпечення широким набором засобів аналізу даних і побудови графіків, можливістю роботи з різними типами та великими масивами даних, а також підвищеною продуктивністю внаслідок автоматизації дрібних задач. Одним із прикладів такого інструментального засобу є пакет **Origin** (рис. 8.1) – програмний продукт фірми OriginLab Corporation (розробник США).

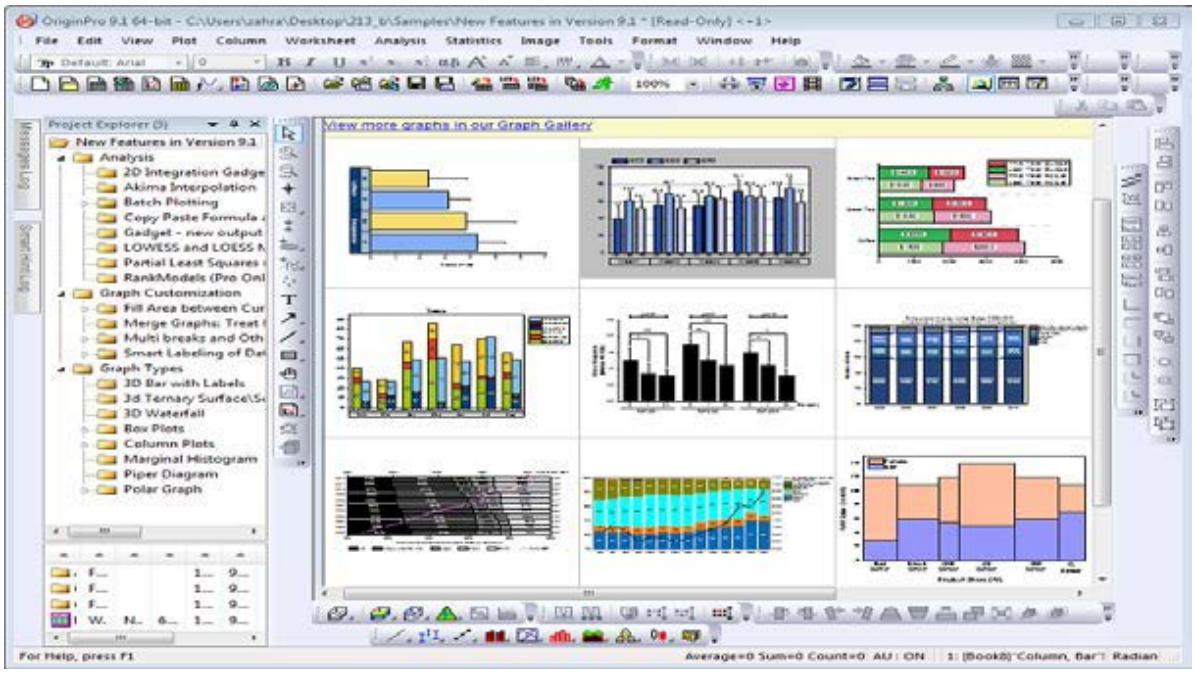


Рис. 8.1 – Приклад використання інструментального засобу Origin для побудови різноманітних графіків.

Програмний продукт Origin є одним із найрозповсюдженіших засобів графічного представлення табличних даних. Пакет Origin дозволяє не просто будувати графіки та оформлювати їх відповідно до вимог користувача. Він також надає можливість проводити потужну математичну обробку даних: шукати залежності в зміні отриманих даних; проводити числове диференціювання та інтегрування; здійснювати інтерполяцію та екстраполяцію; проводити статистичну обробку даних; виконувати необхідні перетворення даних безпосередньо в самому програмному середовищі тощо.

Origin є простим і прозорим у використанні при формуванні та збереженні баз даних, їх математичного аналізу та графічного представлення. Це сприяло його широкому застосуванню вченими та інженерами промислово розвинених країн світу, які працюють у різних галузях науки і техніки.

Statistica (StatSoft Statistica). Повністю інтегрований пакет статистичного аналізу даних, який дозволяє виконувати найрізноманітніші статистичні розрахунки, графічна обробка і візуалізація даних, управління базою даних і система розробки додатків, що настроюється. Стартове вікно пакету показане на рис. 8.2.



Рис. 8.2 – Стартове вікно пакету STATISTICA.

Statistica – Система для статистичного аналізу даних, що включає широкий набір аналітичних процедур і методів: більше 10 000 різних типів графіків, описових і внутрішньо-групових статистик, аналізу даних, кореляцій, основних статистик, інтерактивного імовірнісного калькулятора, Т-критеріїв, таблиць частот зв’язаності, аналізу багатовимірних відгуків, множинної регресії, непараметричних критеріїв, дисперсійного і коваріаційного аналізу, підгонки розподілів, багатовимірних пошукових технологій, нейронних мереж, карт контролю якості, аналізу процесів, планування експериментів і ін. Практичний інтерес має весь спектр класичних методів графічного контролю якості. Аналіз

процесів Плани вибіркового контролю, аналіз придатності, повторюваності й відтворюваності, а також аналіз надійності.

Система Statistica побудована по модульному принципу. Окремі модулі призначені для вирішення завдань з використанням різноманітних методів аналізу. Вони зв'язані між собою через спільні області і можуть використовуватись для обробки даних розміщених у цій області. До одних і тих же даних можна використати цілий ряд методів аналізу.

8.3 Аналіз сучасних CAE-систем комп'ютерного моделювання.

За даними аналітиків Міжнародної консалтингової компанії CIMdata, обсяг промислового ринку CAE-систем у 2011 році зріс на 77,1 % порівняно з докризовим 2008 роком – з 2,275 до 4,029 млрд доларів США. Зростання частки ринку CAE свідчить про наявне підвищення/зростання значення та використання інструментів комп'ютерного моделювання, аналізу та розрахунків для отримання якісних результатів у процесі розробки, виготовлення та експлуатації сучасних промислових виробів. У 2023 році обсяг промислового ринку CAE-систем зріс майже удвічі в порівнянні з 2011 роком.

Сучасні комп'ютерні системи з інженерних розрахунків або CAE-систем дозволяють проводити моделювання як окремих технічних систем, так і їх елементів та процесів. Різноманіття фізичних процесів, суб'єктивність у постановці задач аналізу, у підходах до формалізації та алгоритмізації процесів та елементів систем, у виборі методів моделювання та інші причини привели до створення багатьох спеціальних методик, алгоритмів, комп'ютерних програм і систем, призначених для вирішення задач інженерного аналізу та математичного моделювання.

Можна умовно виділити **три основні групи сучасних систем комп'ютерного моделювання**.

1. Системи повнофункціонального інженерного аналізу, що мають потужні засоби, великі сховища типів для сіток кінцевих елементів, а також різних фізичних процесів. У них передбачені власні можливості для моделювання геометрії. Крім того, є можливість імпорту через промислові стандарти Parasolid, ACIS та ін. Повнофункціональні CAE-системи позбавлені асоціативного зв'язку з CAD. Тому, якщо під час роботи з'являється потреба змінити геометрію, то користувачеві доведеться заново робити імпорт геометрії та вводити дані для розрахунку. Найвідомішими такими системами цієї групи є ANSYS та MSC.NASTRAN.

2. **Системи інженерного аналізу, вбудовані у «важкі» CAD/CAM/CAE,** мають менш потужні засоби аналізу. Проте вони асоціативні з геометрією, тому відстежують зміни моделі. Розрахункові дані структуровані та інтегровані в

загальну систему проектування в інтегровані CAD/CAM/CAE-системи. До них належать Pro/MECHANICA для Pro/ENGINEER, NX CAE для Simens PLM Software, Extensive Digital Validation CAE для I-deas, SIMULIA, DELMIA, CATIA.

3. **Спеціалізовані системи інженерного аналізу** не мають потужних розрахункових можливостей і зберігають дані у власних форматах. Деякі з них вбудовуються в CAD-системи, інші зчиту-ють геометрію з CAD. До перших належать COSMOS/Works, COSMOS/Motion, COSMOS/FloWorks для SolidWorks, до других – visualNastran та ін.

Різні види аналізу, що виконуються в комп’ютерних системах першої, другої та третьої груп, ґрунтуються на класичних інженерних підходах до розробки математичних моделей поведінки виробу за різних впливів. При кінцево-елементній постановці задачі моделювання, досліджувана область попередньо розбивається на обмежену множину кінцевих елементів, зв’язаних між собою кінцевою кількістю вузлів. Шуканими змінними рівнянь математичних моделей є переміщення, повороти, температура, тиск, швидкість, потенціали електричних чи магнітних полів. Ці змінні визначають степені вільності вузлів. Їх конкретний зміст залежить від типу (фізичної природи) елемента, зв’язаного з даним вузлом.

На рис. 8.3. зображено фрагмент комп’ютерного моделювання в інформаційному середовищі сучасної CAE-системи.

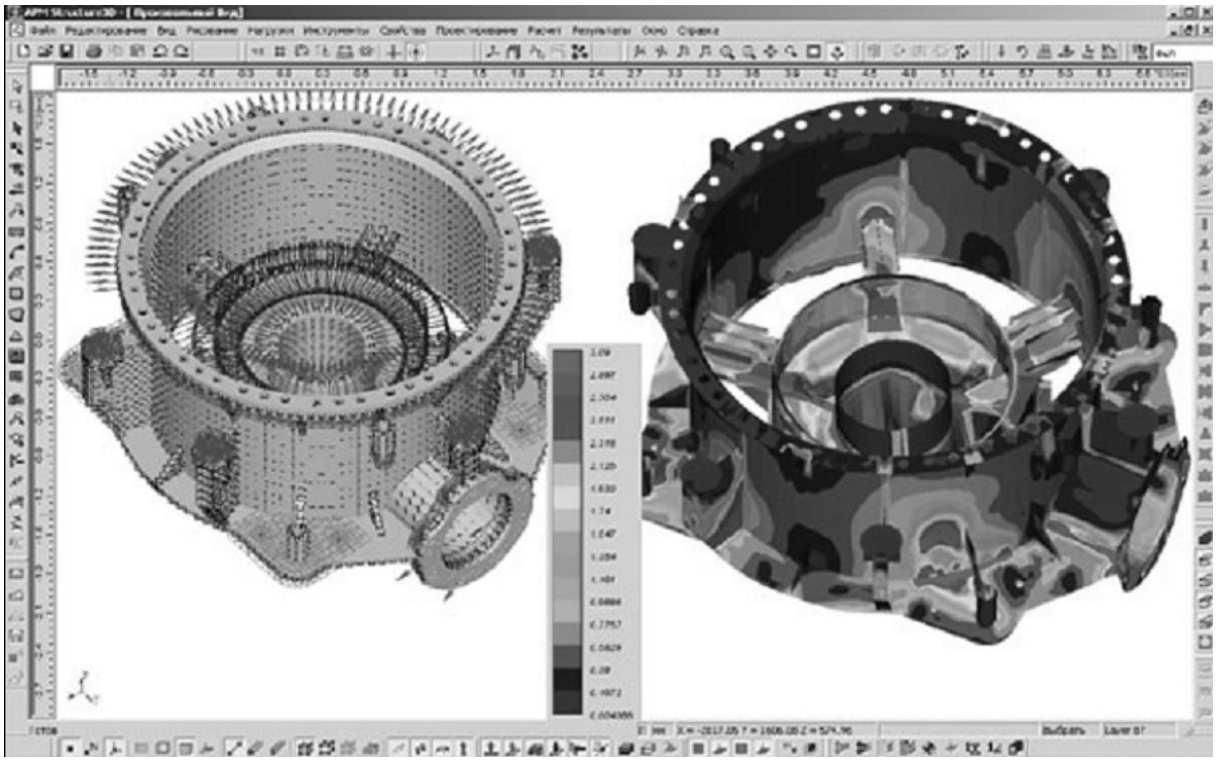


Рис. 8.3 – Комп’ютерне моделювання в інформаційному середовищі CAE-систем

Наприклад, у задачах аналізу на міцність для кожного елемента, з урахуванням степенів вільності його вузлів, можуть бути сформовані матриці мас, жорсткості (чи теплопровідності) та опору (чи питомої теплоємкості). Множину степенів вільності, що визначає стан усієї системи в даний момент, називають **хвильовим фронтом**, який може розширюватись чи звужуватись залежно від того, як невідомі змінні вводяться до сукупності, що розглядається, чи виводяться з неї. Після проходження хвильового фронту через усі елементи та врахування всіх шуканих змінних можна аналізувати отримані результати і будувати гіпотезу про поведінку досліджуваної технічної системи.

8.4 Типові задачі комп'ютерного моделювання

Інженерні розрахункові задачі, як правило, є типовими, тобто можуть класифікуватися. Наведемо коротку класифікацію типових задач, що вирішуються за допомогою комп'ютерного моделювання.

Конструкційні задачі:

- статичний і динамічний аналіз конструкцій з урахуванням нелінійного поводження матеріалів, включаючи повзучість, великі пластичні деформації, значний згин, наделастичність, накопичення залишкової деформації при циклічному навантаженні, змінні умови контакту;
- визначення власних мод і резонансних спектрів вимушених коливань, а також зміщень і напружень за відомими вібраційними спектрами;
- динамічний аналіз перехідних процесів і точний динамічний аналіз, що моделює великі деформації в тих випадках, коли значущими стають сили інерції – ударне навантаження, дроблення, швидке формування і т.п.;
- контактні задачі (поверхня – поверхня, вузол – поверхня, вузол – вузол, стрижень – стрижень);

Теплові задачі:

- стаціонарні та нестаціонарні задачі теплофізики з урахуванням теплопровідності, конвекції, випромінювання;
- врахування контактних термічних опорів, теплових ефектів при фазових перетвореннях.

Гідрогазодинамічні задачі:

- стаціонарні та нестаціонарні задачі гідрогазодинаміки;
- ламінарні і турбулентні течії стисливої й нестисливої рідини з урахуванням в'язкості, перехід від ламінарного до турбулентного стану;
- завдання з урахуванням вимушеної та природної конвекції, теплообмін випромінюванням, міжфазовий теплообмін;
- Ньютонівські та Неньютонівські рідини;

- завдання зовнішньої аеродинаміки, дозвуковий і надзвуковий режими;
- багатофазні течії. Моделі кавітації, конденсації; течії з твердими частинками, газовими бульбашками, краплями рідини;
- −завдання розрахунку оптимальних систем охолодження електронних пристроїв;
- потоки рідин і газів у задачах промисловості (обробка полімерів, заповнення форм, високотемпературне формоутворення);
- завдання потоків у системах опалення, вентиляції, кондиціонування в офісах, на заводах, стадіонах та інших громадських місцях; моделювання потоків повітря, теплоперенесення, поширення забруднювачів у системі вентиляції;
- лінеаризований аналіз;
- в’язко-пружний/в’язко-пластичний відгук.

Електростатичні та електромагнітні задачі:

- статичний і низькочастотний електромагнітний аналіз пристроїв, що працюють із джерелами постійного струму, струмами низької частоти, низькочастотними перехідними сигналами;
- обчислювані параметри: щільність магнітного потоку, інтенсивність поля, магнітні сили і моменти, опір, індуктивність, вихрові струми, втрата потужності;
- високочастотний електромагнітний аналіз пристроїв, що генерують електромагнітні хвилі.
- визначення електричних полів, порушуваних зарядом або різницею потенціалів.

Нестаціонарний нелінійний динамічний аналіз:

- моделювання складних, нелінійних явищ, які є результатом процесів, що породжують деформації. Області застосування: краш-тести, обробка металів тиском, штампування, катастрофічні відмови, аварії та крихке руйнування;
- моделювання нелінійної динаміки твердих тіл, рідин і газів та їх взаємодії.

8.5 Функціональні можливості сучасних інформаційних систем комп’ютерного моделювання

Коротко розглянемо функціональні можливості комп’ютерного моделювання систем кожної групи, які найчастіше застосовуються на українських підприємствах і в навчальному процесі технічних університетів та наукових інститутів.

До першої групи належать універсальні CAE-системи, такі як ANSYS (США), MSC Software (США), SAMTECH (Бельгія), ABAQUS (Франція) та ін.

ANSYS – універсальна CAE-система кінцево-елементного аналізу, яка впродовж останніх 30 років є світовим лідером у галузі комп'ютерного моделювання та кінцево-елементного рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), задач механіки рідини та газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів.

Система ANSYS – це гнучкий і надійний засіб проектування та аналізу. Особливістю програмної системи є файлова сумісність усіх членів сімейства ANSYS для всіх використовуваних платформ. Багатоцільова спрямованість системи (реалізація в ній засобів для опису відгуку або реакції складної системи на впливи різної фізичної природи) дозволяє використовувати одну й ту ж модель для вирішення таких пов'язаних завдань, як міцність при теплових навантаженнях, вплив магнітних полів на міцність конструкції, тепломасоперенесення в електромагнітному полі. Як новачкам, так і досвідченим користувачам ця система пропонує безперервно зростаючий перелік розрахункових засобів, які дозволяють:

- врахувати різноманітні конструктивні нелінійності;
- вирішити найзагальніший випадок контактної взаємодії для просторових тіл складної конфігурації;
- врахувати великі (кінцеві) деформації, переміщення і кути повороту;
- виконати багатопараметричну оптимізацію в інтерактивному режимі;
- аналізувати вплив електромагнітних полів;
- вирішити завдання гідро- та аеродинаміки.

Також є багато інших можливостей, які разом з параметричним моделюванням та широкими можливостями створення макрокоманд за допомогою мови параметричного проектування системи ANSYS–APDL реалізують ефективне комп'ютерне моделювання інженерних задач.

ABAQUS (Dassault Systèmes, Франція) – кінцево-елементний комплекс загального призначення для проведення багатоцільового інженерного аналізу. ABAQUS дозволяє розраховувати складний нелінійний напружено-деформований стан технічних споруд та оцінювати їх міцність і стійкість з урахуванням багатофакторного навантажування (сейсмічного, теплового, вибухового та ін.). Системи можуть моделюватися з урахуванням впливу попереднього навантаження з одночасним розрахунком контактних взаємодій і

моделюванням руйнувань.

Перевагою цього програмного комплексу також є наявність великої кількості нелінійних моделей матеріалів, що дозволяє ефективно та з великою точністю вирішувати завдання, які містять такі типи матеріалів, з урахуванням їх реологічних властивостей.

Серед розв’язуваних за допомогою ABAQUS завдань слід відзначити:

- розрахунок міцності й довговічності конструкцій під впливом довільного за часом навантажування з урахуванням пластичного стану;
- оптимізацію конструкцій до зміни параметрів (наприклад, можна оптимізувати геометрію конструкції за напруження-ми, що виникають у конструкції за заданих навантажень);
- розрахунок конструкцій на статичні, динамічні, сейсмічні й вітрові навантаження, а також на поєднання комбінацій навантажень (багатофакторність навантажування);
- розрахунок тріщиноутворення і концентраторів напружень;
- завдання з прогресуючого руйнування.

Особливістю ABAQUS є можливість використання власних підпрограм, що дозволяє створювати свої моделі поведінки різних матеріалів, кінцеві елементи і типи навантажень.

ABAQUS є надійною, якісною системою зі зручним інтерфейсом. Наявність вбудованої мови програмування PYTHON дозволяє створювати власні графічні оболонки, адаптовані для вирішення конкретних типів завдань. Програмний комплекс ABAQUS може застосовуватися на всіх обчислювальних платформах, включаючи багатоядерні обчислювальні системи та кластери.

До другої групи відносять системи, що об’єднують процеси проектування та аналізу в єдиний комплекс, наприклад, CAD/CAM/CAE – CATIA v6 (Франція) та ін. При їх використанні не виникають труднощі зі створенням складної та математично точної моделі виробу, бо вони мають найпотужніші засоби геометричного моделювання. Організація обміну між підсистемами конструювання та аналізу непомітна для користувача. Обидві підсистеми взаємодіють з однією базою даних або мають внутрішні формати даних. Склад різних видів аналізу обмежений порівняно зі складом універсальних програм, і здебільшого призначений для вирішення таких задач, як структурний аналіз, лінійний статичний аналіз, модальний аналіз, аналіз поздовжніх деформацій, тепловий аналіз, аналіз стійкого стану (електропровідність, лінійна конвекція) та ін.

Третю групу систем складають спеціалізовані системи комп’ютерного моделювання. До них можна віднести пакет MSC.SuperForge (фірма MSC,

США), призначений для об'ємного моделювання процесів штампування і кування. Результати аналізу можуть бути використані для проектування оснащення і технологічних процесів. Крім американської фірми MSC визнаними лідерами в галузі моделювання процесів штампування і кування є американська компанія SFTS (система DEFORM), французька компанія TRANVALOR (система FORGE).

COSMOS / Works (розробник – компанія Structural Research & Analysis Corporation, США) – кінцево-елементний комплекс, спеціально розроблений для спільного використання з системою твердотільного параметричного моделювання **SolidWorks**. Комплекс – це відкрита система модулів, призначених для вирішення задач міцності, стійкості, динаміки конструкцій, а також завдань оптимізації, гідродинаміки і магнітного випромінювання. Функціональні можливості комплексу можуть бути доповнені за допомогою спеціалізованих модулів: Assemblies – розрахунок складних складань; OPTSTAR – оптимізація та аналіз чутливості; Translators – перетворення звичайно-елементних форматів; Dynamic Designer/Motion – моделювання руху; COSMOS/HFS Suite – розрахунок високочастотних електромагнітних полів; COSMOS/Flow та FlowPlus – газо- та гідродинаміка.

DesignWorks – це комплекс цілком інтегрованих у **SolidWorks** систем інженерних розрахунків, розроблених фірмою CADSI (США). DesignWorks становить три самостійні програмні продукта: DesignWorks/Motion – для кінематичного аналізу складань, створених у SolidWorks; DesignWorks/Structure – для розрахунків на міцність; DesignWorks/Thermal – для теплових розрахунків.

Part Adviser – це перший програмний продукт із розроблюваної MoldFlow Corporation (США) серії програм Plastic Adviser. Part Adviser може швидко перевіряти будь-які деталі, одержані за допомогою литва пластмас під тиском, на максимальну відповідність умовам виробництва. Система створена на основі неньютонівського неізотермічного математичного апарату, що враховує реальну поведінку пластмаси при литті під тиском. Разом з системою поставляється база даних матеріалів, яка включає понад 4 000 різних полімерів, що застосовуються в усьому світі.

Список літературних джерел:

1. Belegundu, A. D., & Chandrupatla, T. R. (2019). Optimization Concepts and Applications in Engineering (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108347976 .

2. Daniel Lawson and Glenn Marion An Introduction to Mathematical Modelling. Bioinformatics and Statistics Scotland, 2008.

3. Василенко О. А. Матемачно-статистичні методи аналізу у прикладних дослідженнях: навч. посіб. / О.А. Василенко, І.А. Сенча. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. – 166 с.

4. Виклюк Я.І., Камінський Р.М., Пасічник В.В. Моделювання складних систем: Посібник – Львів: Новий Світ-2000, 2017. – 404 с.

5. Дубовой В.М., Квєтний Р.Н., Михальов О.І., Усов А.В. Моделювання та оптимізація систем: підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс». 2017 – 804 с.

6. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. Житомир : ЖДТУ, 2018. – 133 с.

7. Павленко П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П. М. Павленко. – К. : НАУ, 2014. − 274 с.

8. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України, Черкас.держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.

9. Усов А.В. Математичні методи моделювання: підручник / А. В. Усов, О.С. Савєльєва, І. І. Становська, А.О. Перпері; під наук. ред. О.Л. Становського; Одеський нац. політехн. ун-т. – Одеса, 2020. – 500 с.

10. Ямпольський Л. С. Гнучкі комп’ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління. / Л.С. Ямпольський, П.П. Мельничук, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко та ін. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 786 с.

УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В МАШИНОБУДУВАННІ

ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ

1.1 Основні поняття: «проєкт», «управління проєктом»

Організації і підприємства здійснюють цілеспрямовану діяльність. Ця діяльність, як правило, включає серійне виробництво продукції і повторюваних послуг (для простоти викладу будемо надалі називати їх «операції» чи окремі проєкти.

Операції і проєкти мають як схожі характеристики, так і визначені розходження.

Схожість цих понять полягає в тому, що і ті й інші:

- мають визначені цілі;
- виконуються людьми;
- вимагають ресурси, кількість яких, як правило, обмежено;
- підлягають управлінню, тобто плануються, контролюються і регулюються.

Головне ж розходження між операціями і проєктами полягає в тому, що операції багаторазово повторюються протягом тривалого часу, у той час як проєкти є тимчасовим, одиничним підприємством. Це означає, що проєкт має новизну і неповторність і має строго визначене в часі початок і закінчення. Кожен проєкт несе в собі цілеспрямовані зміни тієї системи, у якій він здійснюється.

Приведемо приклади операцій і проєктів.

Операції:

- роботи технологічної лінії по випуску продукції (деталей, вузлів, агрегатів);
- експлуатація теплової електростанції.

Проєкти:

- розробка і запровадження в дію технологічної лінії по випуску нових видів продуктів (деталей, вузлів, агрегатів);
- реконструкція теплової електростанції.

Управління проєктом (англ. *project management)* у широкому розумінні – це професійна діяльність, заснована на використанні сучасних наукових знань, навичок, методів, засобів і технологій і орієнтоване на одержання ефективних результатів; шляхом впливу на працівників для успішного здійснення проєктів.

Той факт, що УП – це власне кажучи професійне управління змінами, ставить методи і засоби УП у ряд ефективних методів організаційно-

економічного управління в умовах соціально-економічного середовища, що змінюється, і особливо в умовах переходу до ринкових відносин.

У поняття «управління» («менеджмент») входять наступні ознаки:

1. Окремий індивідуум не може справитися з рішенням великого обсягу задач. Це вимагає об'єднання фахівців та поділу праці. Звідси випливає необхідність у системі управління, що переслідує визначені цілі.

2. Щоб досягти визначених цілей, вимагаються ресурси, які необхідно забезпечити, скомбінувати, скоординувати і використовувати.

3. Дії по забезпеченню досягнення цілей позначають словом «менеджмент» («управління»). З одного боку, структура управління повинна розвиватися планово, з іншого боку – необхідно організовано оформити процеси її роботи, комунікацій і процедури прийняття рішень як всередині системи, так і за її межами.

4. Організація як система визначає рамки, усередині яких управління (як інститут) може вирішувати свої задачі (управління як функція).

Усі виділені ознаки управління мають силу для усіх видів проєктів, а також для заходів, що мають ознаки проєкту чи програми.

1.2 Сучасна концепція управління проєктом

Управління проєктами є міждисциплінарною наукою, що має багато загального з іншими дисциплінами. Оскільки УП зв'язано зі змінами, здійснюваними, як правило, усередині підприємства, то дуже важливо визначити, у чому розходження і що загального між різними сферами управлінської діяльності:

- загальна теорія управління (управління стаціонарними процесами, внутрішньо фірмове управління);
- управління виробництвом;
- управління проєктом (управління нестаціонарними динамічними процесами, управління змінами);
- соціально-психологічні дисципліни.

Очевидно, що всі чотири сфери знань перетинаються й УП містить у собі елементи з усіх сфер його оточення.

З цього можна зробити загальні висновки:

1. Сфера УП має свою унікальну область знань, що частково перетинається з іншими областями.

2. Загальна теорія управління містить знання, що повинний мати кожен менеджер проєкту.

3. Управління виробництвом містить спеціальні знання в конкретній сфері

діяльності. Це те, що робить менеджера проєкту фахівцем у цій області.

4. Соціально-психологічні дисципліни допомагають менеджеру проєкту краще виконувати свої функції.

Концепція УП може описуватися за допомогою таких основних структурних і функціональних компонентів, як:

- контекст управління проєктом;
- процеси управління проєктом;
- основні функції управління проєктом;
- методи управління проєктом;
- практика й ефективність управління проєктом.

1.3 Основний зміст процесів управління проєктом

Управління проєктом складається з процесів по здійсненню проєкту. **Система управління проєктом** є різновидом кібернетичної системи, що складається з об'єкта управління (проєкту) і суб'єкта управління (команди управління проєктом), зв'язаних прямим і зворотним зв'язком, за допомогою яких і здійснюється управління (рис. 1.1).

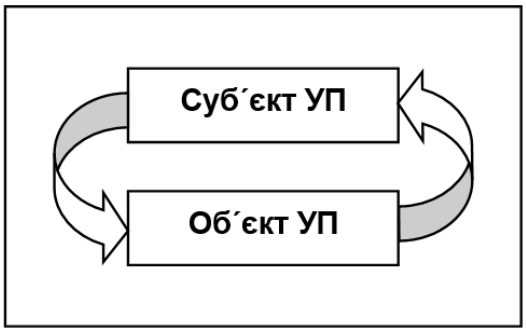


Рис. 1.1 – Кібернетична схема управління проєктом

У системі УП реалізуються дві групи процесів:

- проєктно-орієнтовані процеси, зв'язані з об'єктом УП чи самим проєктом; виконуються виконавцями робіт проєкту і спрямовані на досягнення результатів проєкту – створення нового продукту чи послуги;

- процеси управління проєктом, зв'язані із суб'єктом УП чи командою управління проєктом; вони включають складання описів заходів щодо планування, організації і координації робіт у проєкті для забезпечення успішного завершення проєкту.

Проєктно-орієнтовані процеси відносяться переважно до виробничих і технологічних. Вони звичайно визначаються життєвим циклом проєкту і залежать від сфери додатка, типу і виду проєкту.

Основні проєктно-орієнтовані процеси по фазах життєвого циклу

машинобудівного проєкту включають:

- розробку концепції проєкту і його техніко-економічне обґрунтування;
- розробку проєктно-кошторисної документації;
- постачання матеріалів і устаткування;
- будівельно-монтажні роботи;
- пусконалагоджувальні роботи;
- здачу об'єкта в експлуатацію.

Процеси управління проєктом відносяться переважно до організаційно-економічних (управлінських) процесів і спрямовані на рішення управлінських задач, пов'язаних з реалізацією різних функцій управління проєктом.

Безліч процесів управління проєктом, застосовних до більшості проєктів, може бути розділене на п'ять груп, кожна з який включає один чи кілька процесів:

- процеси ініціації – формальне визнання того, що починаються роботи з проєкту чи з його чергової фази. Сюди входять усі необхідні для цього роботи і заходи;

- процеси планування – розробка плану проєкту і діючої організаційно-технічної системи управління успішного досягнення цілей і результатів проєкту;

- процеси виконання – координація людських і матеріальних ресурсів для виконання плану проєкту;

- процеси контролю – спостереження за ходом виконання проєктів і досягненням цілей шляхом моніторингу, кількісної оцінки обсягу виконаних по проєкту робіт і здійснення необхідних коригувальних впливів для ліквідації небажаних відхилень від плану проєкту;

- процеси закриття – формальне приймання виконаного проєкту чи його окремої фази, закриття контрактів і завершення проєкту.

Принципова схема процесу управління проєктом приведена на рис. 1.2.

Зміст основних робіт з управління проєктами:

Ініціація

- Ініціація проєкту чи його чергової фази.
- Розробка концепції проєкту.
- Техніко-економічне обґрунтування.
- Оцінка і твердження проєкту.

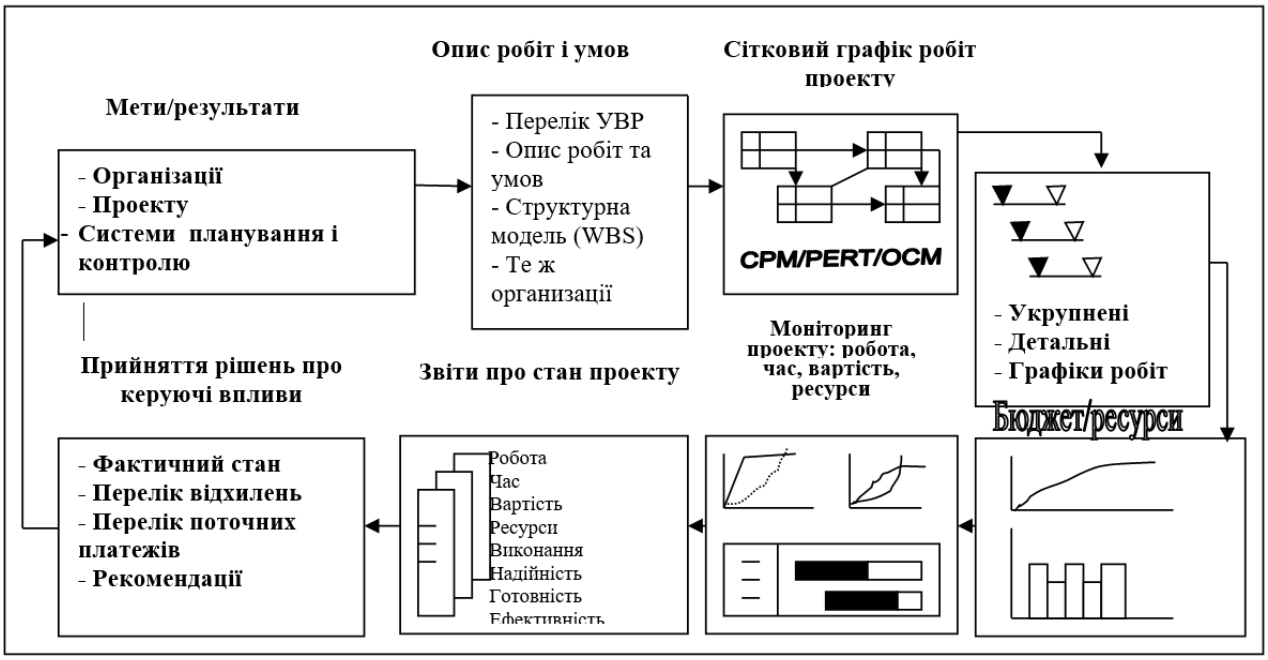


Рис. 1.2 – Принципова схема процесу управління проєктом

Планування

- Планування предметної області (мети, результати).
- Структурна декомпозиція проєкту.
- Визначення робіт і їхніх взаємозв'язків.
- Планування ресурсів.
- Оцінка тривалості робіт.
- Календарне планування робіт.
- Оцінка вартості і формування бюджету проєкту. ..
- Організаційне планування.
- Формування команди проєкту.
- Планування комунікацій у проєкті.
- Планування якості в проєкті. Ідентифікація, оцінка ризиків у проєкті.
- Розробка мір реагування на ризики.
- Планування контрактів і постачань.
- Розробка плану проєкту (єдиний зведений і погоджений документ, що включає і поєднує результати всіх процесів планування).

Виконання

- Організація і координація виконання плану проєкту.
- Розвиток команди проєкту.
- Розподіл інформації.
- Підтвердження предметної області.
- Розміщення замовлень на роботи, послуги, постачання.

- Висновок контрактів і їхній супровід.

Контроль і регулювання

- Представлення звітів про хід виконання робіт проєкту.
- Управління змінами.
- Контроль предметної області, термінів виконання, вартості проєкту.
- Контроль заходів щодо зниження ризиків.
- Контроль якості.
- Контроль виконання контрактів.

Закриття

- Адміністративне завершення проєкту.
- Закриття контрактів.

1.4 Зміст управління проєктом

Як уже відзначалося, управління проєктом – це управління змінами, що повинні бути зроблені в результаті його здійснення.

Стан проєкту від ідеї до завершення характеризується зміною ряду показників, що визначають його сутність і на основі яких встановлюється успішність проєкту. Ця сукупність «елементів» проєкту власне кажучи і є тим, що складає управління проєктом, тобто ці елементи і є об'єктами управління.

Таких об'єктів управління в кожнім проєкті може бути досить багато. Це залежить від типу і виду проєкту, вимог до самого УП, особливостей оточення проєкту і т.д. Однак для всіх проєктів можна виділити найбільш істотні об'єкти управління.

Предметну область проєкту визначають результати і склад робіт. У процесі життя проєкту всі складові предметної області відбуваються зміни:

- мети, результати і склад робіт можуть чи змінюватися уточнюватися як у процесі розробки проєкту, так і в міру досягнення проміжних результатів;
- обсяги робіт можуть уточнюватися в процесі розробки проєкту, а в процесі його виконання вони міняються від нуля до 100% – у міру завершення робіт.

Управління предметною областю і полягає в керуванні цими змінами протягом життєвого циклу проєкту і здійснюється через процеси:

- ініціації робіт;
- планування предметної області;
- визначення предметної області;
- уточнення і підтвердження предметної області;
- контролю зміни предметної області.

Функція управління якістю проєкту пронизує весь життєвий цикл, усі

сторони й елементи проєкту і включає: проєктні, організаційні й управлінські рішення; матеріали, устаткування, сировина й ін.; якість робіт; якість результатів проєкту продукції, послуг).

Управління якістю реалізується через установлення вимог і стандартів до якості результатів проєкту, планування якості, забезпечення виконання вимог до якості в процесі реалізації проєкту через систему контролю і підтримки якості.

Час є одним з визначальних факторів в оцінці успіху проєкту. Будучи основним ресурсом проєкту, воно вимагає особливої уваги, оскільки втрачений час не може бути заповнено.

Функція управління часом тісно зв'язаний з функцією управління предметною областю і включає визначення характеру робіт і їхньої тривалості, термінів початку і завершення проєкту, його частин, найважливіших (контрольних) подій і кожної з виконуваних робіт; мінімізацію (оптимізацію) тимчасових характеристик; розумне використання резервів часу; контроль за розвитком проєкту по тимчасових характеристиках; прогнозування термінів завершення робіт, етапів прийняття рішень по ліквідації небажаних тимчасових відхилень. Функція управління часом здійснюється шляхом аналізу термінів виконання проєкту і його частин, календарного планування робіт, контролю графіків робіт, їхньої актуалізації і коректування.

У ринковій економіці, зокрема і в машинобудуванні фактор вартості стає визначальним у здійсненні проєкту й оцінці його результатів. Тому вартість є одним з основних об'єктів при керуванні проєктами.

Функція управління вартістю включає планування ресурсів, попередню оцінку витрат, зв'язаних із проєктом, визначення кошторису витрат, грошових потоків, прогнозування доходів і прибутків, контроль витрат і надходження коштів і прийняття рішень у випадку перевищення витрат і інших відхилень від фінансових планів.

Головною задачею управління вартістю є дотримання бюджетних рамок проєкту й одержання передбаченого прибутку від його здійснення.

Ризик у контексті проєкту (ризик проєкту) розглядається як вплив на проєкт і його елементи непередбачених подій, що можуть завдати визначеної шкоди і перешкоджати досягненню цілей проєкту.

Ризик проєкту характеризується трьома факторами: подіями, що роблять негативний вплив на проєкт; імовірністю настання таких подій; оцінкою збитку, нанесеного проєкту такими подіями.

Управління ризиком – це мистецтво і формальні методи прогнозування, аналізу, оцінки, попередження виникнення ризикових подій; уживання заходів

по зниженню ступеня ризику протягом життя проєкту і розподілу можливого збитку від ризику між учасниками проєкту.

Ризику піддаються тією чи іншою мірою всі проєкти і більшість аспектів проєкту, такі, як:

- фінансовий;
- технічний;
- організаційний (зв'язаний з можливими порушеннями термінів);
- соціально-політичний і ін.

Управління ризиком застосовується в тих випадках, коли ступінь ризику в проєкті досить високий.

Для здійснення проєкту протягом його життєвого циклу залучаються фахівці різної кваліфікації. Кількість затребуваного персоналу протягом життя проєкту піддається значним коливанням.

Функції управління людськими ресурсами в проєкті включають: визначення потреби, чисельного і кваліфікаційного складу персоналу на всі періоди здійснення проєкту; пошук і добір кандидатур, оформлення прийому на роботу і звільнення; планування і розподіл працівників по робочих місцях; організацію навчання і підвищення кваліфікації; установлення відповідальності; створення умов і робочої атмосфери для колективної роботи; попередження і вирішення конфліктів; встановлення оплати праці й ін.

Управління персоналом повинне бути спрямоване на оптимальне використання людських (трудових ресурсів для досягнення цілей проєкту.

Реалізація проєктів відбувається на контрактній основі, яка використовується для залучення окремих фахівців, різних підрядних і субпідрядних організацій і фірм як для виконання робіт і послуг, так і для закупівель і постачань необхідного устаткування і матеріально-технічних ресурсів.

Функції управління контрактами і постачаннями в проєкті включають вибір стратегії контрактної діяльності; інформаційно-рекламну роботу; визначення складу, номенклатури і термінів роботи потенційних за контрактом суб'єктів; підготовку контрактних пропозицій; вибір контрагентів і постачальників шляхом торгів, конкурсів, тендерів і ін.; підготовку документації для висновку контрактів; контроль за ходом їхнього виконання; закриття і розрахунок по завершених контрактах.

Управління проєктом у цілому залежить від успішної організації взаємодії всіх учасників проєкту і забезпечення їхньої потреби в інформації для здійснення проєкту.

Масштаби, складність проєкту, його середовище, число учасників і

зацікавлених сторін породжують велике число взаємозв'язків і потоків інформації. Це і вимагає введення спеціальної функції управління проєктом, змістом якої є розробка, організація і контроль процесу інформаційного обміну за допомогою різноманітних засобів для задоволення потреб учасників проєкту. У цю функцію управління звичайно включаються процеси збору, передачі, сортування, відображення й інтерпретації інформації, необхідної і достатній для всіх учасників проєкту і його середовища. При цьому розрізняються два типи інформаційного обміну: формальний (шляхом використання інформаційних технологій) і неформальний (шляхом міжособистісних контактів і різного роду зборів). Управління комунікаціями усередині проєкту тісно зв'язане з управлінням персоналом.

Реалізація проєктів в умовах сучасної України, що будує нове суспільство та державність і перебуває на шляху до Європейського ринку, зв'язано з інтенсивними, динамічними змінами і викликаним ними великим ризиком. Це відноситься до великих довгострокових інвестиційних проєктів і програм.

ТЕМА 2 СЕРЕДОВИЩЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ

2.1 Структура проєкту

З теоретичних позицій проєктного менеджменту структура проєкту розглядається як організація зв'язків і відносин між його елементами. Структура проєкту покликана визначити продукцію, яку необхідно розробити або виробити, зв'язати елементи роботи, яку треба виконати, як між собою, так і з кінцевою метою проєкту.

Формування структури починається з поділу цілей проєкту шляхом декомпозиції на значно менші блоки робіт для досягнення найбільш деталізованих позицій, що мають підлягати контролю. Побудова дерева цілей дозволяє розбити загальний обсяг робіт з проєкту на незалежні блоки, що піддаються управлінню. Таким чином, установлюється логічний зв'язок між ресурсами й обсягами робіт, які необхідно виконати.

Процес структуризації проєкту може бути поданий у вигляді наступної сукупності стандартних кроків.

Визначення проєкту, що має на увазі чітке формулювання характеру, цілей і змісту проєкту, а також визначення всіх кінцевих продуктів проєкту з їх характеристиками. Процедура визначення припускає побудову ієрархії цілей.

Рівень деталізації. На цьому кроці розглядаються різні рівні деталізації плану, визначається оптимальна кількість рівнів елементів структури.

Структура процесу припускає розробку схеми життєвого циклу проєкту.

Організаційна структура представляє собою організаційну схему проєкту

за видами виконуваних функцій, що охоплює всі групи учасників або окремих учасників, зайнятих у проєкті, включаючи осіб із зовнішнього оточення, зацікавлених у реалізації проєкту.

Структура продукту – це схема розбивки кінцевого продукту проєкту на підсистеми або компоненти, включаючи матеріальне, програмне, інформаційне забезпечення і, якщо необхідно, – територіальний розподіл.

Система бухгалтерських рахунків організації припускає розробку системи кодів, що застосовуються при структуруванні проєкту. Дана система повинна ґрунтуватися на існуючому в організації плані бухгалтерських рахунків і на системі внутрішнього обліку.

Структура розбивки проєкту, поєднує результати кроків з 3-го по 6-й у єдину структуру проєкту і забезпечує основу для планування, складання розкладу, оцінки, формування бюджету, санкціонування робіт і підбиття витрат, а також:

- віддзеркалює встановлені цілі, вміщуючи всі основні види діяльності, виконання яких є необхідним для досягнення цілей проєкту;
- фіксує схему закріплення та розподілу відповідальності кожного окремого внутрішнього підрозділу організації, її партнерів або зовнішніх постачальників за забезпечення результатів конкретного пакету робіт;
- слугує для контролю за витратами, дотриманням розкладу, забезпечуючи основу для збору інформації про витрати у рамках системи бухгалтерської звітності проєкту;
- разом з матрицею відповідальності структура розбивки проєкту може використовуватися для поширення інформації про статус проєкту;
- використовується для ідентифікації проблем комунікацій і дозволяє проєктній команді одержати необхідні обсяги фінансування витрат на поширення інформації, оскільки команда під час роботи над проєктом повинна планувати здійснення комунікацій з різними структурами й організаціями;
- демонструє, яким чином буде здійснюватися контроль за проєктом, встановлюючи загальну структуру проєкту й визначаючи, чи буде проєкт контролюватися з погляду кінцевого продукту або функціональних особливостей (проєктування, тестування та ін.).

Генеральний зведений план проєкту, який в подальшому може піддаватися перманентній деталізації у процесі пошуку критичного шляху – оптимального шляху до успіху проєкту.

Матриця розподілу відповідальності. У результаті аналізу відносин між елементами структури проєкту й організаційною структурою будується матриця, де елементи структури проєкту стають рядками, а елементи

організаційної структури організації – стовпцями. Рівні відповідальності в матриці позначаються за допомогою умовних позначень або кодів. У цілому для структуризації проєктів використовується цілий ряд спеціальних моделей:

- дерево цілей;
- дерево рішень;
- дерево робіт;
- мережева модель;
- структура споживаних ресурсів;
- структура витрат;
- структура вартості.

Усі методи структуризації проєкту принципово зводяться до двох технологічних ходів: «зверху вниз», тобто визначення загальних завдань із подальшою деталізацією, і «знизу вгору» – визначення окремих завдань з наступним їх узагальненням.

2.2 Учасники й оточення проєкту

Учасники проєкту – це люди або організації, які залучені до виконання проєкту, а також ті, хто залежить або зацікавлений у результатах проєкту, його успішному виконанні. Серед учасників проєкту особливо виділяють **команду управління проєктом** – менеджера проєкту й функціональних менеджерів як членів команди проєкту, безпосередньо зайнятих його управлінням. У невеликих проєктах команда управління проєктом може включати практично всіх членів команди проєкту.

Залежно від типу проєкту кількість учасників може коливатись від одного до декількох десятків або навіть сотень. Команда проєкту повинна чітко визначити склад учасників, їх потреби й сподівання для того, щоб згодом керувати проєктом, впливаючи на ці сподівання для досягнення успіху проєкту. Досить часто визначення всіх учасників проєкту є непростим завданням. Ключові учасники будь-якого проєкту представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Ключові учасники проєкту

№ п/п	Учасник проєкту	Визначення і функції
1.	Менеджер проєкту	Особа, відповідальна за управління проєктом.
2.	Інвестор	Суб’єкт інвестиційної діяльності, що здійснює вкладення власних, позикових або залучених коштів у формі інвестицій і забезпечує їх цільове використання.
3.	Замовник	Інвестори або будь-які інші фізичні та юридичні

		особи, уповноважені інвесторами здійснювати реалізацію проєкту, не втручаючись при цьому в підприємницьку чи будь-яку іншу діяльність учасників проєкту, якщо інше не передбачено договором між ними.
4.	Споживач	Особа або організація, що використовує продукт проєкту.
5.	Виконуюча організація/ виконавець	Організація, чиї співробітники безпосередньо притягнуті до виконання проєкту.
6.	Проєктувальник	Особа або організація, що здійснює розробку всіх проєктних рішень.
7.	Постачальник	Особа або організація, що займається матеріально-технічним забезпеченням проєкту.
8.	Підрядник	Організація, що проводить будівельно-монтажні роботи, здійснює налагодження і пуск устаткування, виробничі випробування перед здачею готових об’єктів в експлуатацію.

Управління проєктами вимагає залучення індивідуумів і груп, які мають закріплену договірними угодами або законом зацікавленість в управлінні проєктом або в його результатах. До цих індивідуумів і груп, зв’язаних з різним організаційним оточенням, відносяться:

- вище керівництво організації, в якій впроваджується проєкт;
- керівники функціональних служб організації;
- співробітники організації;
- керівники проєкту;
- менеджери, які займаються реалізацією конкретного пакету робіт проєкту;
- члени проєктної команди;
- покупці, групи споживачів;
- постачальники, підрядники й субпідрядники;
- кредитори;
- акціонери;
- конкуренти;
- державні установи місцевого й державного рівнів, органи судової, законодавчої й виконавчої влади;
- політичні партії та громадські організації; профспілки.

У цілому оточення проєкту, складовою якого є й організаційне оточення, може бути представлено в такий спосіб (рис.2.1).

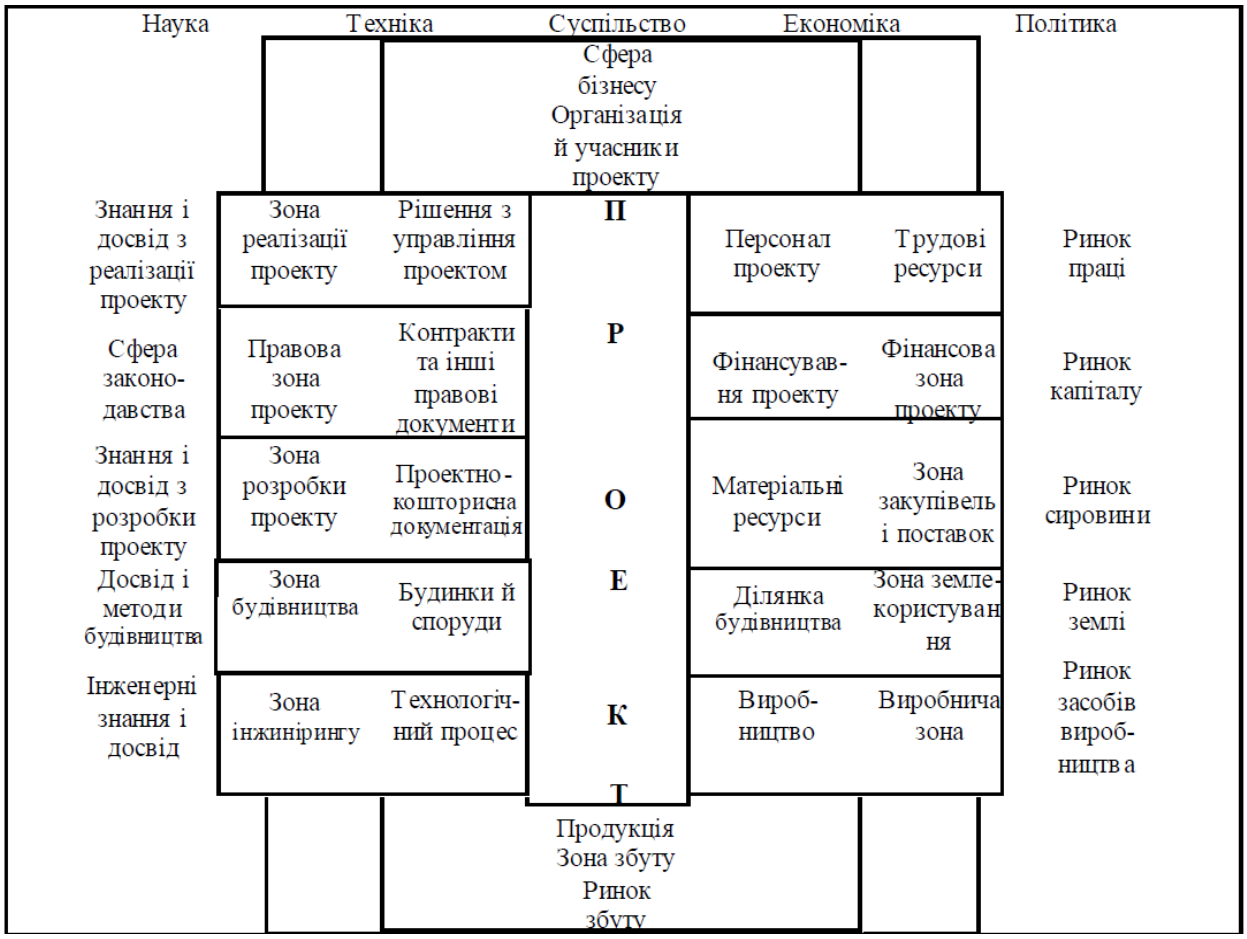


Рис. 2.1 – Оточення проєкту

Основні зацікавлені особи належать до проєктної команди й формують організаційну інфраструктуру її підтримки. Вони мають не тільки договірні або правові зобов'язання по відношенню до проєктної команди, наділені необхідними повноваженнями, вони також несуть відповідальність за управління ресурсами згідно з графіком робіт, обумовленим рівнем витрат і цілями. Основні зацікавлені особи мають такі функції й повноваження:

- керівництво членами проєктної команди;
- розміщення ресурсів, які повинні використовуватися при проєктуванні, розробці й створенні результатів проєкту;
- налагодження і підтримка зв'язків з усіма зацікавленими особами;
- формування умов прийняття рішень з розробки і реалізації стратегій при узгодженні з ресурсами проєкту;
- використання особистого прикладу з метою створення культурного середовища проєкту для того, щоб виявити і реалізувати найкращі професійні й людські якості команди менеджменту й персоналу проєкту;
- здійснення постійного контролю за впровадженням проєкту щодо його відповідності плану-графіку, рівню витрат і технічним характеристикам і, де це необхідно, проведення перерозподілу ресурсів відповідно до результатів

проведених спостережень;

- періодична оцінка результативності й ефективності діяльності проєктної команди з урахуванням її обов'язків і повноважень.
- управління другорядними зацікавленими особами.

Другорядні зацікавлені особи здатні значною мірою впливати на проєкт і його результати як у позитивному, так і в негативному відношенні. Фактично керівник проєкту може використати тільки особисті зв'язки, власні знання, силу переконання – будь-які, але головне дієві засоби впливу з метою встановлення тісного і ефективного співробітництва з другорядними зацікавленими особами.

Однієї із складових завдання ідентифікації зацікавлених осіб проєкту є збір інформації стосовно останніх. Аналіз слабких і сильних сторін зацікавлених осіб має важливе значення у справі розробки стратегії проєкту. Ґрунтуючись на розумінні стратегій та завдань зовнішнього оточення проєкту, проєктна команда може успішно прогнозувати його можливу поведінку й забезпечити розробку конкретних контрстратегій відносно тих осіб, що мають власні інтереси, які можуть стати на заваді інтересам проєкту.

В остаточному підсумку через значну кількість учасників і різноманітність їх цілей та інтересів задоволення сподівань учасників проєкту може бути ускладненим. Як правило, розбіжності між учасниками повинні вирішуватися на користь споживачів продукту проєкту. Але це не означає, що сподівання інших учасників повинні ігноруватися. Пошук компромісу між різними очікуваннями є концептуальною основою управління проєктами, оскільки спрямовується на розв'язання конфліктних ситуацій.

2.3 Життєвий цикл проєкту

Поняття життєвого циклу проєкту є одним з найважливіших для менеджера, оскільки визначення саме поточної стадії впровадження проєкту формує завдання і види діяльності керівника проєкту, методики й інструментальні засоби, що ним мають бути використані.

Життєвим циклом проєкту або проєктним циклом є відрізок часу між початком проєкту і його завершенням.

Початком проєкту можна вважати момент зародження ідеї або момент початку її реалізації. Наприклад, в інвестиційному проєктуванні початком проєкту прийнято вважати момент, з якого на проєкт починають витрачатися кошти.

Кінець проєкту може бути визначений по-різному, а саме:

- введення проєктованого об'єкта в експлуатацію;

- досягнення проєктом намічених результатів;
- припинення фінансування потреб проєкту;
- ліквідація проєкту.

При конструюванні й документальному опису моделі життєвого циклу проєкту використовують три основні параметри:

1) кількість основних фаз і підфаз з їх визначеннями;

2) визначення послідовності базових фаз і підфаз, можливості їх сполучення, перекриття, повторювання та співвідношення з процесом виконання проєкту;

3) кількість і розташування пунктів прийняття рішень (схвалення, продовжити/припинити, продовжувати/призупиняти).

Слід розрізняти життєвий цикл проєкту й життєвий цикл продукту проєкту. Кожна фаза життєвого циклу проєкту характеризується досягненням одного або декількох результатів.

Результат – це продукт роботи, який можна виміряти; детальний проєкт або робочий прототип. Результати, а значить і фази проєкту, є елементами послідовної логіки, розробленої для правильного визначення продукту проєкту.

Завершення фази звичайно пов’язане з аналізом основних результатів і ходу виконання проєкту для того, щоб визначити, чи варто далі продовжувати реалізацію проєкту й виявити і найбільш ефективно виправити допущені помилки. Такий аналіз називають виходом фази.

Кожна фаза, як правило, розбивається на окремі роботи, щоб забезпечити найкращу керованість. Більшість таких робіт відносяться до основного продукту фази й назва фази відповідає назві свого основного продукту. Так, назва фази проєктування полігону твердих побутових відходів є похідною від назви основного продукту – полігону твердих побутових відходів.

Більшість фаз життєвого циклу проєкту мають наступні схожі характеристики:

- вартість і кількість учасників на старті невеликі, але зростають наприкінці й різко зменшуються перед завершенням проєкту;
- імовірність успішного завершення проєкту на старті найменша, але зростає в міру реалізації проєкту;
- здатність замовника вплинути на результати й вартість проєкту найвища на старті й зменшується у процесі виконання проєкту, оскільки наприкінці вартість внесення змін і виправлення помилок значно зростає.

Універсального підходу до поділу проєкту на фази не існує. Керівники проєктів розбивають життєвий цикл проєкту на етапи по-різному. Найбільш

традиційним є виділення у проєкті чотирьох загальних фаз життєвого циклу проєкту: ініціація, планування, впровадження і контроль, завершення.

Фаза ініціації: Проєкти ініціюються внаслідок виникнення потреб, які треба задовольнити. Однак в умовах ресурсного дефіциту неможливо задовольнити всі потреби без винятку. Тому доводитися робити вибір. Одні проєкти вибирають, інші – відкидають. Рішення приймають, виходячи з наявності ресурсів, у першу чергу, з фінансових можливостей, порівняльної ефективності проєктів, важливості задоволення одних потреб та ігнорування інших.

Рішення з відбору проєкту для реалізації тим важливіше, чим масштабніше передбачається проєкт, оскільки великі проєкти визначають напрямок діяльності на майбутнє й зв'язують наявні фінансові й трудові ресурси. Визначальним показником тут є альтернативна вартість інвестицій.

Для порівняльного аналізу проєктів на даному етапі застосовують методи проєктного аналізу, що включають у себе фінансовий, економічний, комерційний, організаційний, екологічний аналіз ризиків та інші види аналізу проєкту.

У цілому фаза ініціації відзначена створенням ідеї проєкту, проведенням оцінки можливостей, здійсненням попереднього техніко-економічного обґрунтування (ПТЕО).

Фаза планування. Планування в тому чи іншому вигляді здійснюється протягом усього строку реалізації проєкту.

На самому початку життєвого циклу проєкту розробляють неофіційний попередній план – інформація про те, що буде потрібно виконати у випадку реалізації проєкту. Рішення про вибір проєкту значною мірою ґрунтується на оцінках попереднього плану.

Формальне й детальне планування проєкту починається після ухвалення рішення про його реалізацію. Визначають ключові моменти – так звані віхи проєкту, формулюють завдання і їх взаємну залежність. Саме на цьому етапі використовують системи для управління проєктами, що надають керівнику набір засобів для розробки формального плану: засоби побудови ієрархічної структури робіт, мережеві графіки й діаграми Гантта, засоби призначення і гістограми навантаження ресурсів.

Фаза впровадження і контролю. Після затвердження формального плану на менеджера проєкту покладається завдання з його реалізації. У процесі впровадження проєкту керівники зобов'язані постійно контролювати хід робіт. Контроль полягає у зборі фактичних даних про хід роботи й порівнянні їх з плановими показниками.

Оскільки відхилення між плановими й фактичними показниками трапляються завжди, завданням менеджера є аналіз можливого впливу відхилень у виконаних обсягах робіт на хід реалізації проєкту в цілому й у виробленні відповідних управлінських рішень. Наприклад, якщо відставання від графіку виходить за прийнятний рівень відхилення, може бути ухвалено рішення про прискорення виконання певних критичних завдань за рахунок виділення на них більшого обсягу ресурсів.

Фаза завершення. Проєкт закінчується, коли досягнуто поставлені перед ним цілі. Іноді закінчення проєкту буває раптовим і передчасним, як у випадках, коли приймається рішення припинити проєкт до його завершення за графіком.

Незважаючи на варіант завершення проєкту, його керівник повинен виконати ряд заходів. Конкретний характер цих зобов'язань залежить від характеру самого проєкту. Якщо в проєкті було використано устаткування, треба провести його інвентаризацію і, можливо, передати його для нового застосування. У випадку підрядних проєктів треба визначити, чи задовольняють результати умовам підряду або контракту. Можливо, виникне необхідність у складанні кінцевих звітів або організації проміжних звітів у вигляді архіву.

2.4 Класифікація проєктів

Залежно від сфери діяльності, при проєктуванні, розрізняють наступні типи: технічний проєкт, організаційний проєкт, економічний проєкт, соціальний проєкт, а також усі можливі їх комбінації, що відносяться до змішаного типу.

Існує кілька класифікаційних ознак, на основі яких здійснюється систематизація всієї сукупності проєктів.

За масштабом проєкти діляться на три групи: малі проєкти, середні проєкти та мегапроєкти (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. – Класифікація проєктів за ознакою масштабу

Показник	Малий проєкт	Середній проєкт	Мегапроєкт
Обсяг капіталовкладень	до 10-15 млн. грн.	від 15 млн. грн. до 1 млрд. грн.	більше 1 млрд. грн.
Витрати праці	до 40-50 тис. люд.-год.	від 50 тис. до 15 млн. люд.-год.	2 млн. люд.-год. на проєктування, 15-20млн. люд.-год. на будівництво
Тривалість	до 1 року	1-5 років	5-7 років

реалізації			
Складність системи менеджменту	1 керуючий проєктом, гнучка система організації управління	команда керуючих	складна система управління з обов'язковою координацією на регіональному, державному або міждержавному рівні
Залучення іноземних учасників	не вимагає	можливо в деяких випадках	як правило, вимагає
Вплив на соціально-економічне положення території	не здійснює	здійснює на муніципальному рівні	здійснює на регіональному, державному або міждержавному рівні

Для того, щоб визначити, до якої групи належить проєкт за ознакою масштабу, використовують такі показники:

- обсяг капіталовкладень;
- витрати праці;
- тривалість реалізації;
- складність системи менеджменту;
- склад учасників;
- вплив на соціально-економічну ситуацію території.

За строками реалізації проєкти прийнято ділити на короткострокові або швидкісні з терміном реалізації до 1 року, середньострокові – з тривалістю від 1 року до 5 років, і довгострокові проєкти – терміном понад 5 років.

Короткострокові проєкти, як правило, характерні для підприємств з асортиментом продукції, що швидко обновлюється; використовуються на відбудовних роботах, при с твореннi дослiдницьких установок і т.п. При реалізації подібних проєктів чинник часу є визначальним, тому замовник може піти на значне збільшення початкової вартості реалізації проєкту.

За якістю проєкти прийнято ділити на звичайні й бездефектні. Бездефектні проєкти припускають найвищий з досяжних рівень якості як домінуючий фактор. Бездефектні проєкти, як правило, дорого коштують і відносяться до галузей, у яких найменший відступ від стандарту загрожує катастрофічними наслідками. Наприклад, атомна енергетика.

За визначеністю меж і цілей проєкти діляться на мультипроєкти й монопроєкти.

Мультипроєктом прийнято називати виконання декількох замовлень у рамках інвестиційної програми замовника.

Монопроєкт є альтернативою мультипроєкту, має чітко окреслені ресурсні рамки й рамки тривалості, що відносяться до відособленого проєкту.

У випадку, коли підприємство реалізує декілька короткострокових проєктів, їх сукупність становить інвестиційну програму підприємства.

За структурою учасників проєкти прийнято ділити на національні й міжнародні.

Тенденції, що сьогодні існують на ринку проєктного менеджменту, свідчать, що основну частку проєктів, які було реалізовано, складають невеликі за розмірами проєкти.

2.5 Схеми управління проєктами

Проєктний менеджмент передбачає декілька схем участі в управлінні проєктом.

Основна схема. Менеджер проєкту виступає представником або агентом замовника й не несе фінансової відповідальності за прийняті рішення. В якості агента може виступати кожна організація-учасник проєкту. Відповідальність менеджера полягає в координації і управлінні ходом розробки й реалізації проєкту. Контрактні відносини встановлюються тільки між агентом і замовником. Основна перевага цієї схеми – об'єктивність менеджменту. Основний недолік – перекладання всього ризику на замовника.

Схема розширеного управління. Менеджер проєкту приймає відповідальність за проєкт у межах фіксованої кошторисної ціни. Він забезпечує управління й координацію етапів проєкту відповідно до угоди, що підписується між ним і учасниками проєкту в межах фіксованої ціни. У якості менеджера може виступати організація, що не бере участі у проєкті. Це, як правило, підрядна, консалтингова, рідше – інжинірингова фірма. У цій схемі ризик покладається на підрядника.

Схема спрощеного управління. Ця схема найчастіше використовується в проєктах з будівництва. В якості керівника проєкту виступає проєктно-будівельна фірма. Відповідальність менеджера визначена у межах оголошеної вартості проєкту. Менеджер забезпечує, відповідно до контракту, здачу об'єкта проєктування під ключ.

Адміністрування. Основна мета адміністрування полягає в тому, що адміністратор проєкту приймає на себе обов'язок із забезпечення оперативного управління, вивільняючи час керівнику проєкту, але при цьому не знімаючи з нього відповідальності.

В обов'язки адміністратора в такому випадку входить:

- використання сучасних засобів і прийомів управління в області

планування, складання графіків, моніторингу й звітності;

- забезпечення взаємодії й оптимального використання ресурсів проєкту;
- постачання керівників проєкту стислою інформацією, яка дає можливість здійснювати оперативний контроль за реалізацією проєкту, ресурсами й пріоритетами.

Крім того, адміністратор повинен уміти:

- виявляти проєкти, що потребують адміністрування;
- проводити цілеспрямовані опитування керівників та учасників проєкту для складання погоджених планів;
- розробляти збалансовані за ресурсами плани, що відповідають цілям управління;
- організовувати процес збору інформації про хід робіт за проєктом;
- формувати звіти про стан проєкту.

ТЕМА 3 ПРОЄКТНИЙ АНАЛІЗ

3.1 Організація робіт на етапі розробки проєкту

На стадії розробки (передінвестиційній фазі) виконують такі види робіт:

- визначення інвестиційних можливостей і висунення бізнес-ідеї;
- аналіз альтернативних варіантів проєкту й попередній вибір проєкту;
- підготовка проєкту – розробка попереднього техніко-економічного (ПТЕО) і техніко-економічного обґрунтування (ТЕО);
- функціональні дослідження з проєкту;
- висновок з проєкту й рішення про інвестування.

Таке виконання передінвестиційної фази за стадіями дозволяє робити поетапну перевірку бізнес-ідеї й оцінювати альтернативні варіанти рішень. При висуванні бізнес-ідеї велике значення мають творчі здібності задіяних у цьому процесі людей, які, як правило, у подальшому складають кістяк команди менеджменту проєкту. На цьому етапі доцільно використовувати різноманітні методи творчого мислення (табл.3.1):

Таблиця 3.1. – Методи творчого мислення

Група методів	Ознаки методу	Компоненти методу
Метод мозкового штурму та його варіації.	Необмежена дискусія, у ході якої забороняється висловлення будь-якої критики; не повинні відкидатися навіть нереальні ідеї й спонтанні асоціації.	Мозкова атака. Дискусія.
Методи фіксування ідей на папері.	Фіксація спонтанних ідей на спеціальних формулярах.	Метод Делфі.

Методи творчого орієнтування.	Дотримання певних принципів при пошуку рішення.	Евристичні принципи. Біоніка (застосування до проєктів особливостей функціонування живих організмів).
Методи творчої конфронтації.	Стимулювання знаходження рішень проблем шляхом розгляду важливих за змістом елементів, які прямо не зв'язані з цими проблемами.	Синектика. Семантична інтуїція.
Методи системного структурування.	Розгляд проблеми за окремими складовими; вирішення цих підпроблем і зведення цих рішень воєдино; систематизація можливостей рішення.	Морфологічна матриця. Функціонально-вартісної аналіз. Дерево рішень.
Методи системного виділення проблем.	Розкриття суті проблеми або області проблеми шляхом системного й ієрархічно-структурованого підходу.	Дерево проблем. Матриця гіпотез. Прогресивне абстрагування.

Бізнес-ідея в загальному вигляді віддзеркалює основні цілі проєкту. Процес розробки проєкту починається з формування його концепції. Його прийнято ділити на такі етапи:

1. Формулювання цілей, досягнення яких забезпечується реалізацією проєкту;

2. Визначення попередніх альтернативних варіантів (сценаріїв розвитку проєкту), що задовольняють цілям інвестора;

3. Відбір варіантів проєкту, прийнятних з погляду термінів реалізації та інших умов.

Безпосередньо сама розробка концепції проєкту передбачає виконання наступних дій:

- обґрунтування цілей проєкту на основі вивчення ринку й аналізу виробничих резервів;
- попередня оцінка вартості проєкту;
- оцінка тривалості інвестиційного процесу й власне реалізації проєкту, строку початку експлуатації проєкту;
- прогноз збільшення оборотного капіталу від реалізації проєкту;
- визначення джерел (інвесторів) і розмірів фінансування;
- визначення основних характеристик проєкту.

Прийнято вважати, що бізнес-ідея проєкту визначена і концепція сформована, якщо:

- визначено основні варіанти й альтернативи проєкту;
- виявлено основні проблеми, що можуть вплинути на реалізацію і ефективність проєкту;
- вибір варіантів підкріплено попередньою оцінкою витрат і результатів;
- є підстави припускати, що проєкт одержить необхідне фінансування.

Отримані на етапі формування концепції проєкту результати роботи оформляють у вигляді **резюме проєкту**, що являє собою аналітичну записку, яка виявляє суть проєкту за такими аспектами:

- мета проєкту;
- основні особливості й альтернативи проєкту;
- організаційні, фінансові, політичні та інші проблеми, які потрібно враховувати надалі;
- необхідні заходи щодо розробки проєкту.

Концепція проєкту багато в чому визначається стратегічними цілями його ініціаторів. Формування концепції великого проєкту – це складний процес, що вимагає всебічної підготовки. Для розробки різних аспектів концепції проєкту формуються робочі групи:

- група з маркетингу, в її завдання входить визначення ціни й обсягів реалізації кінцевої продукції;
- виробнича група, яка оцінює ймовірну собівартість продукції і вимоги до сировини, що буде використана для її виробництва;
- фінансова група, яка повинна оцінити витрати на реалізацію проєкту, визначити джерела й обсяги фінансування;
- інші групи, які збирають інформацію про навколишнє оточення проєкту, законодавство, податкову політику, а також інші відомості, що мають відношення до конкретного проєкту.

На першій стадії розробки концепції проєкту, як правило, використовуються послуги незалежних консультаційних фірм, яким доручається підготовка економічного обґрунтування, в якому аналізується попит на продукцію з оцінкою можливостей існуючих і потенційних конкурентів з виробництва аналогічної продукції, а також прогнозуються ціни на продукцію з урахуванням перерахованих вище вимог.

Рейтинг – спосіб якісної оцінки ризику в будь-якій області діяльності на основі формалізації експертних методів. Однією з найперших і найпростіших форм проведення рейтингової оцінки є так званий ранкінг (ranking), тобто ранжування. Ранжування передбачає впорядкування оцінюваних об’єктів у порядку зростання або убування їх якостей.

Сутність цього методу (рангова кореляція) полягає в тому, що експерти

розташовують у певному порядку (як правило, зростання або убування якостей) оцінювані об’єкти, потім розраховують середнє арифметичне місце кожного об’єкта й відповідно до цього значення складають остаточно впорядкований список. Вірогідність результатів експертизи перевіряють відповідно до значення коефіцієнта конкордації – погодженості методів експертів.

Більш складним варіантом ранжирування є попарне порівняння, відповідно до якого експерти, зіставляючи по черзі кожні два оцінюваних об’єкти, визначають, який з них кращий, потім ці думки усереднюють, і складають остаточний рейтинг за правилом «Якщо А краще В, В краще С, то А краще С». Проблема застосування цього способу пов’язана з тим, що експертам доводиться аналізувати велику кількість пар, при цьому усереднення може привести до логічного тупика: А краще В, С краще D, Е краще F. Крім того, безпосереднє ранжирування неможливо застосувати, якщо список оцінюваних об’єктів є відкритим.

Ранжування на основі бальної оцінки поєднує в собі переваги безпосереднього ранжирування і рангової кореляції. При цьому список оцінюваних об’єктів може бути необмеженим. Експерти самі вказують число об’єктів і оцінюють їх у балах або розташовують у певному порядку, при цьому порядковому номеру привласнюється відповідне число балів. Для одержання остаточно впорядкованого списку ранжируваних об’єктів бали складають, а об’єкти розташовують в порядку зростання або убування балів.

Головна проблема ранжування як одного з методів оцінки пов’язана з тим, що порівняння об’єктів здійснюється за декількома показниками і результати можуть бути неоднозначними: лідер по одному показнику може стати аутсайдером по іншому (класичний приклад: висока прибутковість корпоративних цінних паперів при високому ступені ризику інвестицій).

Щоб нівелювати суб’єктивний вплив експертів на результати оцінки, водночас з оцінюваними показниками в рейтинг включають об’єктивні характеристики об’єктів, що реально піддаються виміру й зіставленню без участі експертів. Рейтинг у цій формі одержав найменування скоринга (scoring), який являє собою оцінювання на основі системи показників і бальної оцінки.

Методи зведення ранжируваних списків за різними показниками в єдиний список з урахуванням характеристик об’єкта є ноу-хау конкретного рейтингового агентства. Для того, щоб результати узагальнення не викликали сумніву, агентство повинно мати авторитет незалежного і професійного агентства та солідну репутацію. Методики рейтингу оцінки агентства повинні бути сертифіковані й багаторазово випробувані на практиці протягом тривалого часу.

Оцінка на основі стандартної методики дозволяє віднести об'єкт до того або іншого класу (групи), наприклад, за кредитоспроможністю або надійністю. Отримана оцінка означає, що об'єкт належить до групи, що характеризується конкретними ознаками, список яких залежить від цілей рейтингу.

Практика проєктного аналізу дозволяє узагальнити досвід розробки проєктів і виділити їх типові види, що зустрічаються в закордонній практиці на підприємствах різних форм власності.

Заміна застарілого обладнання, як природний процес продовження існуючого бізнесу в незмінних масштабах. Звичайно подібного роду проєкти не вимагають застосування тривалих і складних процедур обґрунтування й прийняття рішень. Можливість вибору з декількох альтернатив може з'являтися у випадку, якщо існує кілька типів однакового устаткування, і необхідно обґрунтувати переваги одного з них.

Заміна устаткування з метою зниження поточних виробничих витрат. Метою подібних проєктів є використання більш досконалого устаткування замість менш ефективного працюючого. Цей тип проєктів передбачає детальний аналіз доцільності кожного окремого проєкту, тому що більш досконале в технічному сенсі устаткування не завжди є більш вигідним з фінансової точки зору.

Збільшення випуску продукції й/або розширення ринку послуг. Цей тип проєктів вимагає від керівництва підприємства прийняття відповідального рішення. У подібних проєктах необхідно детально аналізувати комерційну здійсненність проєкту з обґрунтуванням розширення ринкової ніші, а також фінансову ефективність проєкту, з'ясовуючи, чи призведе збільшення обсягу реалізації продукції до необхідного зростання прибутку.

Диверсифікація виробництва з метою випуску нових видів продукції. Даний тип проєктів є результатом нових стратегічних рішень і може торкатися зміни напрямів виробничої діяльності. Слід підкреслити, що помилка, зроблена в ході впровадження проєкту цього типу, призводить до найбільш драматичних наслідків для підприємства.

3.2 Загальна послідовність проєктного аналізу

Після формулювання бізнес-ідеї майбутнього інвестиційного проєкту природно виникає питання, чи здатне підприємство реалізувати цю ідею. Для відповіді на це запитання необхідно проаналізувати стан галузі економіки, до якого належить підприємство, і віднайти його конкурентне становище в рамках галузі. Даний аналіз є змістом попередньої стадії розробки й аналізу

інвестиційного проєкту. У практиці західного проєктного аналізу прийнято використовувати наступні два критерії:

- зрілість галузі;
- конкурентоспроможність підприємства, положення на ринку.

Відповідно до другого критерію необхідно встановити конкурентоспроможність підприємства в рамках галузі, до якої воно належить. Кінцевим результатом попередньої стадії аналізу проєкту є встановлення положення конкретного підприємства за певними критеріями, тобто буквально того, якій клітинці матриці життєвих циклів належить дане підприємство.

Визначивши положення конкретного підприємства, можна буде розглянути одну з можливих стратегій його подальшого поводження на ринку(табл.3.1):

Таблиця 3.1. – Методи творчого мислення

Положення на ринку	Стадії зрілості			
	Ембріональна	Зростаюча	Зріла	Занепадаюча
Домінуюче	Інвестуйте швидше вимог ринку	Утримуйте позиції. Утримуйте частку	Утримуйте позиції. Розвивайтеся разом з галуззю	Утримуйте позиції
Сильне	Інвестуйте зі швидкістю, продиктованою ринком	Спробуйте поліпшити положення. Збільшуйте частку	Утримуйте позиції. Розвивайтеся разом з галуззю	Утримуйтепозиції або підводьте підсумки
Сприятливе	Вибірково або цілком збільшуйте частку. Всі сили на збільшення ринкової частки	Спробуйте поліпшити положення. Вибіркове збільшення частки	Очікування або стабілізація. Знайдіть нішу й намагайтеся захищатися	Підводьте підсумки або поступово закривайтеся
Неврівноваженне	Вибірково підходьте до завоювання позицій	Знайдіть свою нішу й обороняйтеся	Знайдіть нішу й утримуйте її або поступово закривайтеся	Закривайтеся поступово або відразу
Слабке	«Нагору або геть»	Перелаштовуйтеся або закривайтеся зовсім	Перелаштовуйтеся або закривайтеся поступово	Закривайтеся відразу

Зрозуміло, що будь-який проєкт підприємства майже напевно приречений на невдачу, якщо положення підприємства відповідає нижній правій клітці матриці.

Незважаючи на те, що висновки, які робляться на попередньому етапі, базуються переважно на якісних оцінках, ця стадія необхідна принаймні з двох причин:

- при подальшому спілкуванні зі стратегічним інвестором питання зрілості галузі й конкурентного положення підприємства обов'язково будуть становитися і до цього треба бути готовим заздалегідь;

- якщо менеджери підприємства не подбають про цей аналіз, то стратегічний інвестор зробить це сам і його висновки можуть бути не такими сприятливими.

Виходячи з розмаїтості проєктів, їх аналіз упорядковується відповідно до загальної схеми, що включає спеціальні розділи, які оцінюють комерційну, технічну, фінансову, економічну й інституціональну здійсненність проєкту. Прийнятний з погляду стратегічного інвестора проєкт повинен закінчуватися аналізом ризику. На рис.3.1 подана загальна послідовність аналізу проєкту.

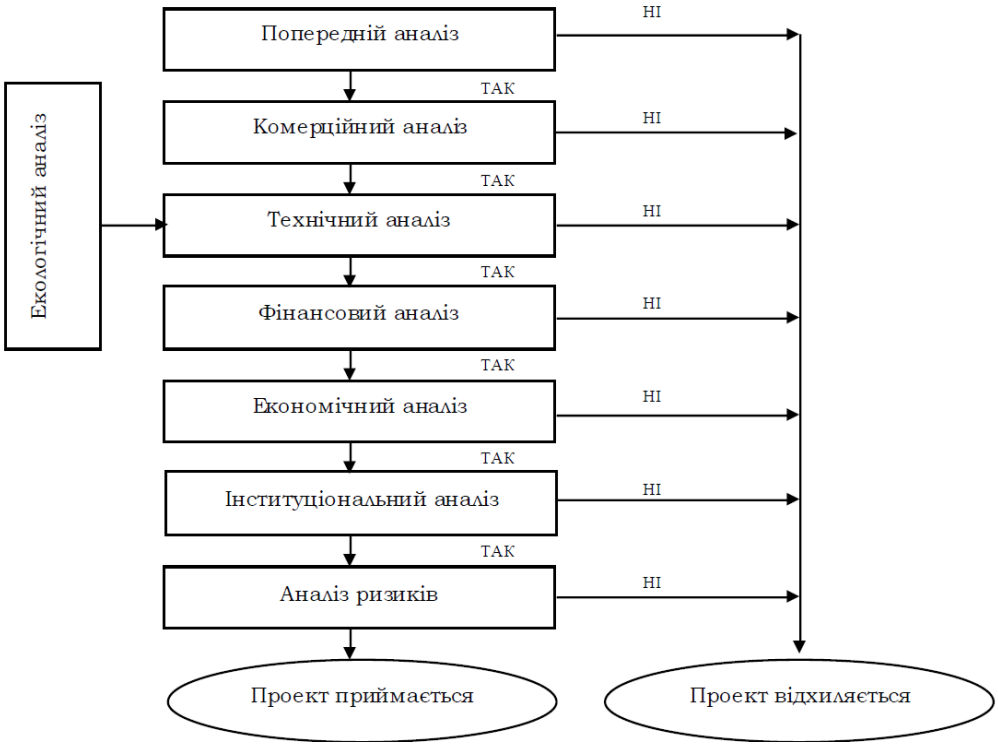


Рис. 3.1 – Загальна послідовність аналізу проєкту

Маркетингові дослідження мають велике значення при аналізі проєктів, тому що дозволяють одержати ринкову інформацію, необхідну для оцінки життєздатності проєкту.

Принципово суть маркетингового аналізу полягає у відповіді на два простих запитання:

- чи зможе підприємство продати продукт, що є результатом реалізації проєкту?

- чи зможе підприємство одержати від цього достатній обсяг прибутку, що

має виправдати інвестиційний проєкт?

Але їм передує розгляд більш концептуальних запитань, а саме:

- на який ринок спрямовується проєкт (внутрішній або міжнародний)?
- чи передбачає проєкт баланс між міжнародним і внутрішнім ринком?
- якщо проєкт націлений на міжнародний ринок, чи збігається його мета із зовнішньополітичним курсом держави?
- якщо проєкт спрямовується на внутрішній ринок, чи відповідають його цілі внутрішній політиці держави?
- якщо проєкт не сумісний з політикою держави, чи варто далі його розглядати?

Маркетинговий аналіз повинен включати аналіз споживачів і конкурентів. Аналіз споживачів повинен визначити споживчі запити, потенційні сегменти ринку й характер процесу покупки. Для цього розробник проєкту повинен провести детальне дослідження ринку. Крім того, необхідно виконати аналіз основних конкурентів у рамках ринкової структури й інституціональних обмежень, що впливають на неї.

На основі результатів маркетингового аналізу розробляють маркетинговий план. У ньому повинні бути визначені стратегії розробки продукту, ціноутворення, просування товару на ринок і збуту.

Технічний аналіз. Завдання технічного аналізу інвестиційного проєкту полягають у:

- визначенні технологій, найбільш прийнятних з погляду цілей проєкту;
- аналізі місцевих умов, у тому числі доступності й вартості сировини, енергії, робочої сили;
- перевірці наявності потенційних можливостей планування і здійснення проєкту.

Технічний аналіз звичайно виконується групою власних експертів підприємства з можливим залученням сторонніх вузькоспеціалізованих фахівців. Стандартна процедура технічного аналізу починається з аналізу власних використовуваних технологій.

Якщо виявляється неможливим використати власну технологію, то проводиться аналіз можливості залучення закордонної технології і устаткування за однією з можливих схем:

- спільне підприємство з іноземною фірмою – часткове інвестування і повне забезпечення всіма технологіями;
- купівля устаткування, що реалізує технологічне know-how;
- «turn-key» – купівля устаткування, будівництво заводу, налагодження технологічного процесу «під ключ»;

- «product-in-hand» – «turn-key» плюс навчання персоналу доти, поки підприємство не виробить необхідний продукт;
- купівля ліцензій на виробництво;
- технічна допомога з боку закордонного технолога.

Фінансовий аналіз. Цей розділ проєктного аналізу є найбільш об'ємним і трудомістким. Оскільки докладному висвітленню цього питання увага буде приділена в наступній лекції, окреслимо лише комплекс питань фінансового аналізу. Загальна схема фінансового розділу інвестиційного проєкту будується в такій послідовності:

- аналіз фінансового стану підприємства протягом 3-5 попередніх років роботи;
- аналіз фінансового стану підприємства в період підготовки інвестиційного проєкту;
- установлення обсягу інвестиційних потреб;
- установлення джерел фінансування інвестицій і їх вартості;
- аналіз беззбитковості виробництва основних видів продукції;
- прогноз прибутків і грошових потоків у процесі реалізації інвестиційного проєкту;
- оцінка ефективності інвестиційного проєкту.

Економічний аналіз. На відміну від фінансового аналізу, що спрямовується на визначення того, чи зможе проєкт збільшити капітал власників підприємства (акціонерів), економічний аналіз полягає в оцінці впливу внеску проєкту в збільшення національного добробуту.

Укрупнено процедура оцінки економічної ефективності може бути подана в такій послідовності:

- представити результати фінансового аналізу;
- здійснити нову класифікацію витрат і доходів з погляду економічного аналізу;
- перевести фінансові значення в економічні, оскільки вони не збігаються через невідповідність цін і витрат для зовнішнього й внутрішнього ринку;
- оцінити вартість інших можливостей для використання ресурсів і одержання такого ж продукту проєкту;
- виключити всі розрахунки за внутрішніми платежами, оскільки вони не впливають на зміну загального багатства країни;
- співставити щорічні економічні потоки засобів з вихідним обсягом інвестиції.

Необхідно ще раз підкреслити, що економічний аналіз звичайно проводиться для великих інвестиційних проєктів, які розробляються на замовлення уряду й покликані вирішити завдання національної ваги.

Інституціональний аналіз оцінює можливість успішного виконання інвестиційного проєкту з урахуванням організаційного, правового, політичного й адміністративного оточення. Головне завдання цього розділу проєктного аналізу – оцінити сукупність внутрішніх і зовнішніх чинників, що супроводжують здійснення інвестиційного проєкту.

Оцінку внутрішніх чинників виконують за наступними трьома компонентами. Можливості виробничого менеджменту. Аналізуючи виробничий менеджмент підприємства, необхідно зосередитися на таких питаннях:

- досвід і кваліфікація менеджерів підприємства;
- їх мотивація в рамках проєкту (наприклад, у вигляді частки від прибутку);
- сумісність менеджерів з цілями проєкту й основними його культурно-ціннісними орієнтирами.

Трудові ресурси. Трудові ресурси, які планується залучити для реалізації проєкту, повинні відповідати рівню використовуваних у проєкті технологій. Це питання стає актуальним у разі використання принципово нової для підприємства закордонної або вітчизняної технології, технічного устаткування.

Організаційна структура. Прийнята на підприємстві організаційна структура не повинна гальмувати розвиток проєкту, тому необхідно проаналізувати, як відбувається на підприємстві процес прийняття рішень і як здійснюється розподіл відповідальності за їх виконання. Не виключено, що управління реалізацією розроблювального інвестиційного проєкту варто виділити в окрему управлінську структуру, а по підприємству в цілому перейти від ієрархічної до матричної структури управління.

Політика держави, в якій виділяються для детального аналізу такі позиції:

- умови імпорту й експорту сировини і товарів;
- можливість для іноземних інвесторів вкладати кошти й експортувати товари;
- закони про працю;
- основні положення фінансового й банківського регулювання.

Ці питання найбільш важливі для тих проєктів, які передбачають залучення західного стратегічного інвестора.

Аналіз ринку. Більша частина даних, необхідних, наприклад, для фінансового аналізу, є невизначеними. Це насамперед елементи витрат, ціни, обсяги продажів продукції та ін. У майбутньому можливі зміни прогнозу як у гіршу сторону (зниження прибутку), так і в кращу. Аналіз ризику передбачає облік всіх змін як погіршення, так і поліпшення.

Іноді в процесі аналізу ризику обмежуються аналізом сценаріїв, що може бути проведений за такою схемою:

- обрання найбільш невизначених параметрів інвестиційного проєкту;
- проведення аналізу ефективності проєкту для граничних значень кожного параметра;
- розробка трьох сценаріїв інвестиційного проєкту: базового, найбільш песимістичного, найбільш оптимістичного (необов'язково).

Стратегічний інвестор, як правило, робить висновок на основі найбільш песимістичного сценарію. У кінцевому підсумку проєкт оформлюється у вигляді бізнес-плану, в якому знаходять відображення перераховані вище питання. У той же час, структура бізнес-плану не передбачає повторення окреслених раніше розділів.

ТЕМА 4 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ

4.1 Системи календарного планування і контролю

Наведемо перелік основних завдань, для вирішення яких використовуються системи управління проєктами:

- розробка розкладу виконання проєкту без урахування обмеженості ресурсів;
- розробка розкладу виконання проєкту з урахуванням обмеженості ресурсів (leveling);
- визначення критичного шляху й резервів часу виконання операцій проєкту;
- визначення потреб проєкту у фінансуванні, матеріалах і устаткуванні;
- визначення розподілу в часі завантаження поновлюваних ресурсів;
- аналіз ризиків і планування розкладу з урахуванням ризиків;
- облік виконання проєкту;
- аналіз відхилень ходу робіт від запланованого й прогнозування основних параметрів проєкту.

Як правило, **системи управління проєктами** (СУП) діляться на системи початкового рівня, до яких, з огляду на їх функціональність, частіше

застосовують термін «системи календарного планування й контролю» (СКПК) та професійні системи управління. Хоча в останні роки відзначається стійка тенденція «підростання» систем початкового рівня до професійних пакетів і ще більш активне розширення функціональності останніх, ціни на системи з різних груп можуть помітно відрізнятися. Якщо СКПК попадають у діапазон 200-800 дол., то професійні СУП можуть коштувати більше 5000 дол.

У цей час існує кілька сотень систем, що так чи інакше реалізують функції СКПК. Але на вітчизняному ринку офіційно представлено не більше 10 систем.

4.2 Системи управління проєктами професійного рівня

Принципових функціональних відмінностей між СКПК початкового рівня не так багато. Практично всі вони мають подібний набір функцій. Перелічимо основний, де-факто, стандартний їх набір:

- підтримка розкладу з необмеженої кількості операцій з урахуванням пріоритетів операцій, розрахунок критичного шляху, обчислення резервів часу; тривалість у годинах, днях, тижнях або комбінована;
- уміння працювати з користувальницькими календарями для операцій і ресурсів;
- підтримка всіх видів зв’язків, типів робіт (task, milestone, hammock), типів ресурсів (поновлювані, не поновлювані);
- здатність працювати з ієрархічною структурою робіт;
- можливість виконання вибірки, сортування, угруповання, підсумовування по кодах WBS і ID робіт;
- підтримка основних видів візуального подання (діаграма Гантта, PERT-діаграма, таблиця робіт/ресурсів, таблиця зв’язків, гістограми ресурсів).

Для обміну проєктними даними між СКПК часто використовується формат обміну даними mpx. По суті, він являє собою структурований текстовий файл з комами у якості роздільника. Недоліком цього формату є відсутність можливості передавати дані, підтримки яких немає в MS Project.

MS PROJECT. Розробник – Microsoft Corp. Найпоширеніша «легка» програма початкового рівня з управління проєктами з і стандартним офісним інтерфейсом. У багатьох компаніях використовується як звичний додаток Microsoft для планування та контролю невеликих проєктів.

Програма дозволяє вирішувати такі завдання:

- можливість покрокової розробки проєкту (Create Your First Project і Cue Cards) та інтелектуальної підказки (Answer Wizard);
- створення завдань, присвоєння ресурсів, вказівка строків виконання з одержанням моделі, максимально наближеної до реальності;

- можливість присвоєння ієрархічних кодів структур для завдань і ресурсів;
- демонстрація зв'язку окремих завдань (сітьова діаграма проєкту) і їхніх пріоритетів з наступним вирівнюванням ресурсів;
- використання загального пула ресурсів і консолідований аналіз групи проєктів дозволяють здійснити оптимізацію плану проєкту в рамках всієї організації;
- розрахунок критичного шляху в групі проєктів;
- подання «проблемних завдань» за допомогою графічних індикаторів;
- поля з формулами обчислень, обумовленими користувачами;
- визначення приблизного періоду виконання завдань із наступним уточненням;
- потужні вбудовані засоби аналізу поточного стану проєкту й тенденцій його розвитку;
- автоматизовані засоби підготовки звітів і можливість запам'ятовувати поточний стан проєкту для подальшого аналізу;
- можливість використати зовнішні проєкти як завдання дозволяє структуризацію, розподіл відповідальності за складові частини великих проєктів і аналіз по групах незалежних проєктів, що використовують загальні ресурси;
- створення шаблонів проєктів;
- можливість додавання макросів і VBA-програм, ідеальне середовище для розробки користувальницьких систем планування, календарного планування та управління.

Microsoft Project Central (починаючи з MS Project 2000) – додаток для спільного управління проєктами з використанням WEB- технологій, дозволяє організувати двосторонній обмін даними між всіма учасниками проєкту й надання інформації особам, в яких не встановлений MS Project. Користувачі MS Outlook мають змогу переглядати всю проєктну інформацію із цього додатка; керівник проєкту може передавати виконавцям дані про завдання для виконання, а виконавці, у свою чергу, можуть інформувати менеджера про зміни в робочому календарі. Є можливість імпорту / експорту даних (MS Excel, MS Access, FoxPro, ODBC, OLE, ASCII, CSV, Lotus, dBase).

Повна сумісність із MS Windows. Настроювання повідомлень в MS Exchange для команди проєкту включають можливість визначення складу проєктних даних, які пересилають учасникам проєкту електронною поштою, й установку обмежень на корекцію інформації, що пересилається одержувачами.

Зберігання проєктів у папках MS Exchange забезпечує додаткові засоби розмежування доступу до файлів проєктів.

Time Line. Розробник – Time Line Solut ions. Багато компаній у нашій країні, в тому числі будівельні, починали свій шлях до впровадження систем управління саме з цього продукту. Цей пакет почав продаватися ще на початку 90-х років минулого сторіччя. Були локалізовані дві версії – 5.0 для DOS і 1.0 для Windows. Відмінна функціональність і при цьому простота використання зробили його досить розповсюдженим пакетом. Дуже зручною, на той час, була можливість створення користувальницьких полів, що обчислюються. До дистрибютів пакету входить генератор звітів Crystal Report.

SureTrak Project Manager. Розробник – Primavera Inc. Залишаючись молодшим і найдешевшим (приблизно 700 дол.) продуктом у сімействі Primavera, SureTrak позиціюється як продукт початкового рівня для управління нескладними проєктами в невеликих компаніях. Вміє «читати» mps-формат і зберігати в ньому проєктні дані. Інтерфейс – цілком стандартний. Дуже добре реалізований принцип WYSIWYG і масштабування осі часу при відображенні діаграми Гантта. Сумісний з MAPi-сумісними системами електронної пошти, за допомогою яких відправляє дані проєктів. Убудований wizard «Швидкий старт» проєктів допомагає створити систему кодів для типових проєктів.

Досить скромні мінімальні системні вимоги. При установці під NT або Windows 2000 (і більш пізні версії) потрібно додатково скачати й установити драйвер hasp-ключа. Програма локалізована до російських вимог, тому має відповідний інтерфейс, систему допомоги й керівництво для користувача. З особливостей можна відзначити зручну функцію «промінь» (Progress Spotlights). При виділенні на осі часу (діаграмі Гантта) проміжку часу в таблиці робіт виділяються кольором операції, виконання яких заплановано в цей часовий інтервал. SureTrak має як власний формат даних, так і без них або додаткових настроювань «розуміє» формат P3.

Primavara Project Planner. Розробник – Primavara Inc. Для побудови інтегрованої системи управління проєктами компанія Primavera Inc. пропонує кілька продуктів: для використання на нижніх рівнях управління вже згадуваний SureTrak Project Manager, професійний пакет управління проєктами Primavera Project Planner (P3) для роботи зі складними багаторівневими ієрархічними проєктами й систему масштабу підприємства, що працює за технологією клієнт/сервер Primavera Project Planner for the Enterprise (P3e). В якості системи управління контактами пропонується повністю локалізований Expedit ion; забезпечувати доступ до проєктної інформації, використовуючи Інтернет, покликаний Webster for Primavera.

Оскільки така розмаїтість може збентежити, обмежимось розглядом Primavera Project Planner (P3). Інтерфейс системи – стандартний, віконний. Локалізація торкнулася всього, крім системи меню (назви полів, убудовані звіти, керівництво користувача). У версії 1.0 було обмеження на кількість одночасно відкритих проєктів – не більше 4, але в наступних проєктах це обмеження зняте. У поставці – декілька десятків стандартних шаблонів подання проєкту (в документації – макетів layout), користувачу надається можливість створювати й зберігати власні макети. Генератор звітів – Report Smith – поставляється у складі пакету та дозволяє створювати будь-які табличні й графічні звітні форми.

Для моделювання проєкту доступний великий набір інструментів, що включає до 20 рівнів WBS і 16 користувальницьких полів даних. Реалізовані 9 типів робіт (завдання, віха, гамак, зустріч та ін.), всі типи залежностей між роботами; 10 типів обмежень. Поточний розклад проєкту може рівнятися з необмеженим числом базових планів.

Розвинена функція глобальної заміни для внесення змін у дані проєкту з використанням логічних, арифметичних і строкових виражень.

Для управління ресурсами й вартістю доступні всі стандартні для такого класу продуктів інструменти. Вартості ресурсів у часі, а також їхні межі споживання можуть бути різними. Особливо цікавою здається можливість створювати власні профілі використання ресурсів на додаток до 10 існуючих.

Структура статей витрат може підтримувати необмежену кількість рахунків з 12-розрядним кодом. У пакеті реалізований аналіз відхилень ходу робіт від запланованого методом освоєного обсягу (Cost/Schedule Control System Criteria – C/SCSC) і прогнозування основних параметрів проєкту. Як засіб аналізу ризиків пропонується продукт Monte Carlo. Він дозволяє оцінити ймовірність виконання проєкту в заданий термін у межах бюджету. P3 також «читає» mpx-формат і зберігає в ньому проєкти. Для двостороннього обміну даними з віддаленими користувачами призначена функція Primavera Post Office.

Open Plan. Розробник – Welcom Software Technology. Цей продукт позиціюється як професійна система управління проєктами масштабу підприємства. Випускається в трьох версіях: Enterpr ise, Professional і Desktop.

Інтерфейс продукту досить оригінальний. Робочий простір представлений у вигляді декількох робочих столів, на яких містяться ярлики до стандартних об’єктів (файли проєктів, календарів, ресурсів, кодів, шаблонів) і до будь-якого файлу. При відкритті проєкту активізується «записна книжка проєкту» – набір робочих столів з ярликами до файлів, що безпосередньо відносяться до проєкту. У поставку входить кілька десятків найпоширеніших шаблонів подання

проєкту. Застосування шаблону до проєкту здійснюється простим перетаскуванням потрібного ярлика на записну книжку проєкту. Окремої уваги заслуговує функція «Директор управління проєктами» (ДУП). ДУП – це інструментарій автоматизації повторюваних процесів при управлінні проєктами. Об'єктами ДУП можуть бути не тільки стандартні форми, подання і процедури Open Plan, але й об'єкти з інших додатків, наприклад, текстового редактора, електронних таблиць, CAD. У поставці – 35 стандартних шаблонів ДУП, розбитих на 8 категорій. Природно, є функція створення і збереження користувальницьких шаблонів подання і шаблонів ДУП.

4.3 Вибір системи управління проєктами

Досить час то в організації, що зорієнтована на проєктний формат діяльності, перед керівництвом постає питання про вибір програмного забезпечення в області управління проєктами. Важливо, щоб обране програмне забезпечення задовольняло вимогам команди проєкту й забезпечувало повну і якісну підтримку та підвищення ефективності процесів управління проєктами в компанії.

Як правило, важливі вимоги, які розглядаються при виборі системи, це:

- користувальницький інтерфейс;
- управління даними;
- механізм планування;
- забезпечення спільної роботи.

Якщо всі ці вимоги задовольняють існуючим потребам, то даний програмний продукт (ПП) можна ефективно використати як елемент інформаційної системи управління проєктами. Розглянемо кожну вимогу більш детально.

Користувальницький інтерфейс. Перше, на що звертає увагу користувач при роботі з програмою, це користувальницький інтерфейс. При виборі програмного інтерфейсу можна відзначити ті особливості, які допомагають вводити й переглядати інформацію:

- гнучкість організації екранних форм;
- доступність системи допомоги;
- зручність засобів редагування;
- наявність майстрів і шаблонів.

Користувальницький інтерфейс може розглядатися з погляду простоти освоєння програмного засобу і оцінюватися за такими параметрами:

- легкість освоєння;
- легкість використання;

- наявність системи макросів (формул);
- гнучка система контекстного пошуку;
- навчальні програми.

Управління даними. З удосконаленням програмного забезпечення розробники стали робити більший акцент на процесах уведення інформації і навігації в ПП.

Управління даними повинне надавати розвинені можливості з доступу й передачі інформації, угруповання, об'єднання, адміністрування та адаптації даних проєкту.

Доступ і передача даних. При використанні багатопроєктного управління в організації і управління портфелем проєктів обсяг інформації значно збільшується. З'являється необхідність в доступі до даних різних джерел. Наприклад, при використанні різних додатків і систем (ERP та ін.) може знадобитися поєднати ці дані з інформацією про проєкти.

Розмежування доступу до інформації про проєкти також є обов'язковою умовою зберігання даних. У складних інформаційних системах (ІС) повинна використатися промислова система управління базою даних, що забезпечує користувачів швидким і надійним доступом до даних.

У випадках, коли дані зберігаються в декількох місцях або в декількох базах даних, може виникнути необхідність використання розподілених систем зберігання інформації і засобів реплікації.

Угруповання інформації. Залежно від ролі в проєктній команді, учасникам проєкту потрібний доступ до різної інформації. Загальні бази даних часто підтримують режим роботи, коли для одного користувача доступна більша кількість інформації, ніж він може використати в одиницю часу. Для оптимальної та ефективної роботи важливо побудувати надійну систему маніпуляції даними, щоб дати змогу користувачеві групувати інформацію відповідно до своїх знань і досвіду.

Для одержання різних видів аналітичних звітів у великомасштабних системах зберігання даних ефективним є використання механізмів OLAP (On-Line Analyt ical Processing). В OLAP системах інформація організується в групи певного формату для збільшення швидкості доступу до потрібних даних.

Адміністрування й адаптація. Окремі користувачі не повинні самі запускати процедури OLAP-аналізу або формувати запити при роботі з даними. У програмне забезпечення повинна входити система адміністрування, яка б сприяла формуванню системи даних, включаючи функцію централізованого відновлення даних і безпеки їхнього зберігання.

Адміністратор повинен визначати потреби в інформації окремих користувачів і організовувати висновок даних, формування запитів, складання електронних таблиць, шаблонів подань і звітів відповідно до їх вимог.

Дані повинні бути представлені у вигляді певних погодинних сегментів, організованих у системні ієрархії. Дуже зручним є графічне подання даних.

Об'єднання (підсумовування) даних. Багато програмних продуктів дозволяють поєднувати дані за різними ознаками. Така функція підтримується розмаїтістю полів (текстові, числових дані, поля для запису дат та ін.) Дані в цих полях можуть сортуватися, фільтруватися, групуватися. Можливість об'єднання даних є найціннішою для збільшення швидкості роботи з даними й складання звітів.

Методи планування. У процесі планування існує ряд вимог, де неточності й недотримання всіх умов планування можуть призвести до неефективної роботи програми управління проєктами.

Список основних можливостей систем при реалізації планування:

- створення робочої області проєкту;
- опис ієрархічної структури робіт (WBS);
- опис різних календарів виконання робіт;
- введення й зберігання даних по ресурсах;
- опис графіків часу і робочих кошторисів, графіків розподілу ресурсів і вартісних показників;
- введення й зберігання важливих проєктних дат і віх;
- складання розкладу робіт проєкту;
- ресурсне планування;
- розрахунок бюджетів проєктів;
- підрахунок витраченого на роботу часу;
- збір інформації про статус робіт і перегляд календарних планів;
- введення фактичних витрат;
- підрахунок вартості виконання робіт.

Користувачі можуть виявити бажання у використанні в самому продукті таких додаткових можливостей:

- визначення областей ризику;
- розрахунок показників ризику;
- розрахунок можливостей щодо зм'якшення ризику;
- планування критичного ланцюжка ризику;
- зміна дії контролю.

Для оптимального вибору програмного забезпечення необхідно замислитися над питанням, які дані необхідно вводити, підраховувати або

виводити з використанням цих можливостей? Чи може програмний засіб, який розглядається, справлятися з цими даними, задовольняючи вимоги бізнесу?

Крім цього, необхідно оцінити, чи володіють достатніми можливостями програмні алгоритми, щоб правильно й ефективно складати календарні плани? Чи можливо повторювати розрахунок і одержувати при цьому правильний результат? Чи можливо не виходити за рамки певних обмежень? Чи відповідає графік планування ресурсів графіку виконання робіт? Чи правильним є розрахунок вартості проєкту з урахуванням обсягу робіт?

З одного боку, майже у всіх популярних продуктах використовується традиційний метод критичного шляху й послідовний алгоритм розподілу ресурсів. Але кожний виробник розробив свої власні можливості для цих двох основних моделей розрахунку, які можуть стати вигідним доповненням до основних можливостей або, навпаки, погіршити програмний продукт.

4.4 Упровадження системи управління проєктами на підприємстві

Почати освоєння системи управління проєктами на підприємстві найкраще з розробки плану робіт із впровадження системи. Розроблений план не повинен обмежуватися лише установкою програмного забезпечення на підприємстві і навчанням користувачів функціям системи. Впровадження нових систем автоматизації управлінської діяльності традиційно охоплюють більш широкий спектр завдань від додаткової формалізації процедур збору й зберігання управлінської інформації до здійснення змін в організаційній структурі управління і перерозподілу обов'язків. З цієї причини ретельне планування та контроль не тільки технічних, але й людських аспектів впровадження системи набуває особливої ваги.

Можна сформулювати найбільш розповсюджені помилки планування впровадження систем для управління проєктами, що є причинами невдач освоєння подібних систем.

По-перше, цілі проєкту й очікувані результати не визначені заздалегідь або визначені не в повному обсязі. Тверді обмеження у часі, нетерплячість або непослідовність керівництва можуть не дозволити реалізувати цілі проєкту в повному обсязі.

По-друге, планування введення в експлуатацію всіх функцій пакету управління проєктами одночасно. Впровадження системи управління проєктами в повному обсязі може передбачати використання цілого ряду нових технологій (наприклад, установку глобальної інформаційної мережі і баз даних клієнт-сервер), а реалізація різних функцій може впливати на роботу різних підрозділів і фахівців (наприклад, різні відділи повинні бути залучені для

підтримки інформаційних потоків при реалізації таких видів планування робіт, як ресурсний, вартісний та у часі). Все це може призвести до значного ускладнення проєкту й робить проблематичною стабілізацію роботи системи в цілому.

По- третє, планування переводу відразу всієї організації на використання системи управління проєктами. Це подібно до спроби зв'язати одразу всіх співробітників великої організації в локальну обчислювальну мережу, замість того, щоб здійснювати підключення користувачів послідовно відділ за відділом.

Таким чином, деякі загальні рекомендації з впровадження програмного забезпечення для управління проєктами включають наступне:

- вирішіть, що Ви хочете від впровадження нової системи. Обговоріть очікувані від впровадження системи результати з усіма, кого це може стосуватися на різних рівнях управління на підприємстві (як з безпосередніми користувачами системи, так і з користувачами/постачальниками інформації для системи);

- сплануйте послідовне впровадження у використання функцій планування та управління від простого до складного. Рекомендується почати з планування і контролю параметрів часу, потім освоїти функції ресурсного планування й тільки після цього переходити до вартісного планування та контролю. До інтеграції системи управління проєктами з іншими системами краще переходити після того як процедури використання основних її функцій освоєні;

- сплануйте впровадження системи по відділах. Почати краще з невеликого відділу, що має досить кваліфікованих співробітників. Слід пам'ятати, що в кожній організації є співробітники, більше зацікавлені у використанні нових систем автоматизації й здатні в їхньому освоєнні. Починати краще саме з них.

Одержавши першу групу користувачів, які освоїли систему, можна переходити до поширення даної технології на інші відділи в організації. Коли система почне реально працювати в організації, супротивникам її використання прийдеться теж перейти в ряди користувачів. Важливо переконатися, що керівники відділів інформовані про плани впровадження нової системи й діють відповідно до плану.

У цілому складність завдань з впровадження системи управління проєктами на підприємстві залежить від масштабів організації, наявної структури управління і ступеня автоматизації, масштабів і типу реалізованих проєктів, рівня задіяності в управління проєктами зовнішніх організацій. Однак навіть у відносно простих ситуаціях план впровадження системи може зіграти вирішальну роль для її введення в реальну експлуатацію. Найбільш важливе значення проєктного підходу до освоєння системи полягає в тому, що він

дозволяє втягнути потенційних користувачів системи в єдину команду проєкту й у такий спосіб заручитися їхньою підтримкою. Саме це дає шанс на успіх упровадження системи на підприємстві.

Інтеграція СУП з компонентами корпоративних ІС. Успішне функціонування системи управління проєктами, заснованої на використанні програмних засобів календарного планування та контролю, суттєво залежить від повноти й вірогідності вихідних даних. У той же час на підприємствах уже функціонують різні інформаційні системи (бухгалтерські, кошторисні системи, програми матеріального обліку й т.д.), у рамках яких більша частина інформації існує. Звичайно, виникає бажання об'єднати й взаємодоповнити інформаційні потоки, породжувані різними системами. Напрями інтеграції можна розглядати за наведеними нижче групами.

Фінанси. Інформація про планований профіль витрат по проєкту із СУП може використовуватися в системах фінансового планування й аналізу проєктів і системах бюджетування підприємства. І навпаки, дані з цих систем можуть бути директивними обмеженнями при формуванні календарного плану проєкту. Інформація про використання людських ресурсів, про обсяг виконаних з проєкту робіт може бути використана для розрахунку заробітної плати.

Постачання. У СУП неважко сформувати графік потреби проєкту в ресурсах і потім використати в системах матеріального обліку або постачання для формування графіків закупівель і поставок матеріалів, виготовлення конструкцій. Динамічно оновлюється і реальна картина потреби в матеріалах і конструкціях, що допоможе максимально ефективно використати власні виробничі потужності.

Нормування. Кошторисні системи звичайно містять норми витрати матеріалів на різні види робіт, продуктивності машин і механізмів, одиничні вартості матеріалів. Але ці дані нас тільки не відповідають сьогоднішнім реаліям, що застосовувати їх для використання в реальних проєктах не можна. Багато підприємств йдуть шляхом створення своїх корпоративних нормативних баз і інтеграції їх із системами календарного планування, що є найбільш оптимальним рішенням.

Адаптація закордонного програмного забезпечення. При впровадженні програмних систем управління проєктами закордонного виробництва доводиться зустрічатися з різними проблемами, що відносяться до відмінностей як у традиціях підходів до управління виробництвом, так і традиціях звітності. Так, самою серйозною відмінністю і, як наслідок, самою серйозною проблемою є відсутність поняття «обсяг робіт».

Так, мірою роботи (операції) у машинобудівній галузі є її фізичний обсяг, а не тривалість. Тому можна стверджувати, що без поняття «обсяг робіт» серйозно говорити про створення моделі машинобудівного проєкту в системах управління проєктами не доцільно.

У західних пакетах для управління проєктами, що використовуються українськими підприємствами, відсутнє поняття «обсяг робіт». Робота вимірюється тривалістю. Немає його в TimeLine, P3, OpenPlan, SureTrak, MS Project. Тому при впровадженні й використанні СУП доводиться займатися розв'язанням цієї проблеми.

Існує як мінімум два способи вирішення цієї проблеми. Перший спосіб – використати програмний комплекс, що передбачає операціоналізацію поняття «обсяг робіт».. Якщо ж потрібно адаптувати західну систему, то проблему можна вирішити за допомогою додавання в стандартну модель проєкту користувальницьких полів для зберігання даних про обсяги робіт або зміни структури баз даних системи. У деяких випадках це дозволяє розв'язати проблему.

ТЕМА 5 УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЄКТУ

5.1 Ідентифікація ризиків проєкту

Управління ризиками проєкту (Project Risk Management) – розділ проєктного менеджменту, що включає процеси, необхідні для ідентифікації, аналізу й реагування на проєктні ризики. Управління ризиками включає такі компоненти:

- ідентифікація ризиків – визначення ризиків, здатних вплинути на проєкт, і документування їх характеристик;
- оцінка ризиків – оцінка ризику й ризикованих взаємодій з метою визначення діапазону можливих наслідків для проєкту;
- розробка реагування – визначення процедур і методів з ослаблення негативних наслідків ризикових подій і використання можливих переваг;
- моніторинг і контроль ризиків – моніторинг ризиків, визначення ризиків, що залишилися, виконання плану управління ризиками проєкту й оцінка ефективності дій з мінімізації ризиків.

Планування управління ризиками містить в собі рішення з організації, кадрового забезпечення процедур управління ризиками проєкту, вибір кращої методології, джерел даних для ідентифікації ризику, часовий інтервал для аналізу ситуації. Важливо спланувати управління ризиками, адекватне як рівню й типу ризику, так і важливості проєкту для організації. Ці процеси звичайно відбуваються на кожній фазі проєкту. На рис. 5.1. представлений взаємозв'язок процесів планування ризиків.

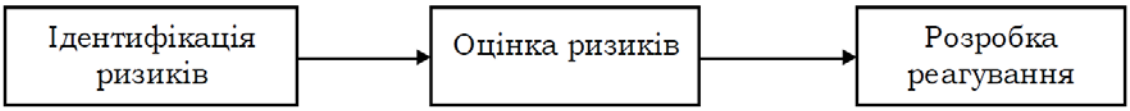


Рис. 5.1 – Взаємозв'язок процесів планування управління ризиками

Ризики можуть бути «відомі» – ті, які визначені, оцінені, для яких можливе планування, і «невідомі» – ті, які не ідентифіковані й не можуть бути прогнозовані. Хоча специфічні ризики й умови їхнього виникнення не визначені, фахівці в сфері проєктного менеджменту знають, що більшу частину ризиків можна спрогнозувати.

Ідентифікація ризиків – це ітераційний процес, який повинен залучати якнайбільше учасників: менеджерів проєкту, замовників, користувачів, незалежних фахівців.

Спочатку ідентифікація ризиків може бути виконана частиною менеджерів проєкту або групою аналітиків ризиків. Далі ідентифікацією може займатися основна група менеджерів проєкту. Для формування об'єктивної оцінки в завершальній стадії процесу можуть брати участь незалежні фахівці. Можливе реагування може бути визначене протягом процесу ідентифікації ризиків.

Ідентифікація ризиків стосується як зовнішніх, так і внутрішніх ризиків. **Зовнішні ризики** – це такі, що не залежать від команди проєкту (зміни ринку, дії уряду). **Внутрішні ризики** – це ті, на які команда проєкту здатна впливати. Прикладом таких впливів можуть бути вартісні й ресурсні оцінки, призначення персоналу.

Не треба вважати, що ризики провокують тільки негативні наслідки. Деякі ризикові події можуть впливати на успіх проєкту. Ідентифікація ризиків може здійснюватися як за схемою причини-наслідки (що може трапитися й до чого це приведе), так і за схемою наслідки-причини (яких наслідків слід уникати й до яких, навпаки, прагнути, які події ці наслідки можуть викликати).

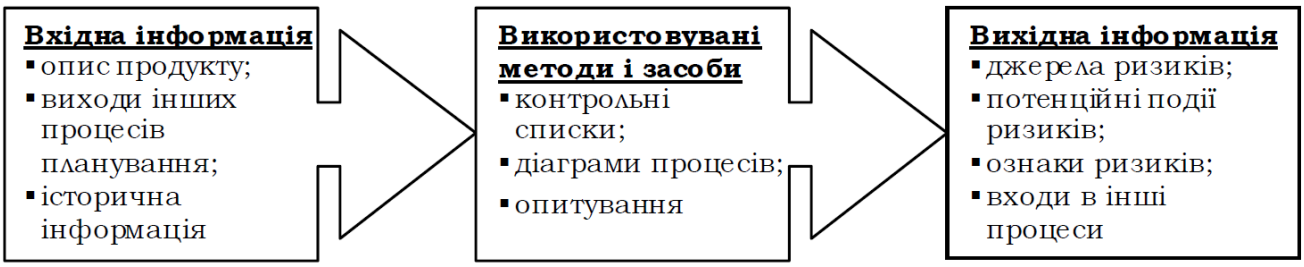


Рис. 5.2 – Ідентифікація ризиків проєкту

Вхідна інформація ідентифікації ризиків проєкту.

Опис продукту. Виникаючі ризики істотно залежать від специфіки проєкту. Так, випуск продуктів, що спираються на відпрацьовані технології, має значно менше ризиків, ніж виведення на ринок інноваційного продукту, технологія випуску якого повинна розроблятися. Ризики, пов'язані з продуктом, часто виражаються в їх впливі на очікувані вартості й строки виконання операцій проєкту.

Виходи інших процесів планування. Вони повинні бути розглянуті з метою ідентифікації можливих ризиків.

Наприклад:

- оцінки вартості й строків – надто тверді оцінки або оцінки, зроблені на підставі неповної інформації, пов'язані зі значним ризиком;
- потреби в персоналі – члени команди проєкту, які володіють спеціальними пізнаннями й навичками, можуть бути зайняті на інших роботах і їм буде важко підшукати заміну;
- план поставок – ситуація на ринку може дозволити закупити матеріали за більш низькими цінами.

Історична інформація. Інформація про те, що в дійсності відбувалося в аналогічних проєктах, може бути особливо корисною для ідентифікації потенційних ризиків.

Використовувані методи і засоби.

Контрольні списки. Контрольні списки звичайно складають по джерелах ризиків. Джерела включають оточення проєкту, виходи інших процесів, продукти проєкту і використовувані технології, а також внутрішні джерела, такі, як знання й досвід команди проєкту. У деяких областях для використання існують готові схеми класифікації джерел ризиків.

Діаграми процесів. Діаграми процесів можуть допомогти команд і проєкту ідентифікувати причини й наслідки ризиків.

Опитування. Опитування учасників проєкту можуть допомогти виявити ризики, пропущені при інших процедурах ідентифікації ризиків. Інформацію про подібні опитування слід зберігати для наступного використання.

Вихідна інформація ідентифікації ризиків проєкту.

Джерела ризиків – це категорії можливих подій ризиків (дії учасників проєкту, ненадійні оцінки, плинність кадрів команди проєкту), які можуть в ту або іншу сторону вплинути на проєкт. Перелік джерел ризику повинен бути якомога більш повним поза залежністю від імовірності й значення тих чи інших подій ризику. Звичайно джерела ризику включають:

- зміни вимог;
- помилки проєктування;

- не визначені або погано зрозумілі ролі й відповідальності;
- невірні оцінки;
- недостатньо підготовлений персонал.

Описи джерел ризику звичайно включають:

- оцінку ймовірності настання події ризику із цього джерела;
- перелік і оцінки можливих наслідків;
- очікувані строки;
- очікувану частоту настання ризикових подій із цього джерела.

Потенційні події ризиків – це дискретні події, такі, як паливна криза, вибуття члена команди проєкту і т.п., які можуть вплинути на проєкт. Потенційні події ризиків мають бути ідентифіковані поряд з джерелами ризиків, якщо ймовірність їхнього настання або можливі втрати досить великі. Перелік потенційних подій ризиків залежить від специфіки області використання.

Оцінки подій ризиків можуть бути як безперервними, так і дискретними.

Ознаки ризиків – це непрямі прояви реальних подій ризиків. Так, перевитрата коштів на початкових операціях проєкту може бути ознакою заниженої планової оцінки вартості операцій.

Входи в інші процеси. Ідентифікація ризиків може вимагати перегляду результатів інших процесів. Так, операції проєкту можуть бути недостатньо деталізовані для ідентифікації ризиків. Крім того, ризики часто служать обмеженнями або допущеннями в інших процесах.

Чисті ризики. На прийняття управлінських рішень завжди впливає ряд чинників, змінити або обмежити дію яких неможливо. До числа таких чинників відноситься податкове законодавство, природно-географічні умови, суспільна мораль, соціальні підвалини та ін. Ці чинники породжують чисті ризики. Але слід зазначити, що ті самі ризики можуть відноситися до чистого або не входити в цю групу. Наприклад, при ілюстрації характеру прояву чистих ризиків найчастіше пропонують розглянути природно-географічні ризики.

Природні й стихійні ризики являють собою ризики, пов’язані з проявами стихійних сил природи: землетрусом, повінню, бурею, пожежою, епідемією і т.п.

Чисті ризики мають відносно постійний характер прояву. Для їхнього аналізу й оцінки широко використовуються методи математичної статистики й теорії ймовірностей, оскільки їхній прояв, як правило, стабільний в часі або відрізняється певною закономірністю.

Спекулятивні ризики. На відміну від чистих, спекулятивні ризики повною мірою визначаються управлінським рішенням. Нерідко спекулятивні

ризики мають невизначений характер прояву, їхні аналітичні оцінки змінюються з часом. Така невизначеність збільшує не тільки ризик, але й, як правило, корисний ефект. Найбільш яскраво спекулятивні ризики проявляються в таких областях діяльності, які залежать від ринкової кон'юнктури. Тому часто спекулятивні ризики називають динамічними ризиками.

Кредитний ризик являє собою небезпеку несплати позичальником основного боргу й відсотків, що належать кредитору.

Комерційний ризик пов'язаний з виробничо-господарською або фінансовою діяльністю, головною метою якої є одержання прибутку.

Комерційний ризик є результатом сукупної дії всіх чинників, що визначають різні види ризиків: валютних, політичних, підприємницьких, фінансових та ін. Оцінку комерційного ризику здійснюють, виходячи з принципів поглинання ризиків і їхнього додавання: якщо ризики є незалежними один від одного, то в розрахунок приймаються найбільш песимістичні оцінки, якщо ризики породжують інші ризики, то їхні оцінки складаються за законами теорії ймовірностей і математичної статистики.

Валютний ризик розглядається як небезпека валютних втрат, пов'язаних зі зміною курсу іноземної валюти стосовно національної валюти при проведенні зовнішньоторговельних, кредитних, валютних операцій, операцій на фондових або валютних біржах. Виникає при наявності відкритої валютної позиції.

Портфельні ризики пов'язані з портфелем інвестицій. Стратегічне розміщення активів визначає, як повинні бути розміщені засоби портфеля при довгострокових прогнозах, заснованих на таких показниках, як прибутковість, дисперсія, коваріація. Тактичне розміщення активів визначає на основі даних короткострокових прогнозів, як повинні бути розміщені засоби в кожний конкретний момент.

5.2 Оцінка ризиків проєкту

Оцінка ризиків буває двох видів: якісна й кількісна.

Якісна оцінка ризиків – процес подання якісного аналізу ідентифікації ризиків і визначення ризиків, що вимагають швидкого реагування. Така оцінка ризиків визначає ступінь важливості ризику й вибирає спосіб реагування. Доступність супровідної інформації допомагає легше розставити пріоритети для різних категорій ризиків. Якісна оцінка ризиків – це оцінка умов виникнення ризиків і визначення їхнього впливу на проєкт стандартними методами й засобами. Використання цих засобів допомагає частково уникнути

невизначеності, яка часто зустрічається у проєкті. Протягом життєвого циклу проєкту повинна відбуватися постійна переоцінка ризиків.

Кількісна оцінка ризиків визначає ймовірність їх виникнення і вплив наслідків ризиків на проєкт, що допомагає групі менеджменту проєкту правильно приймати рішення і уникати невизначеностей. Кількісна оцінка ризиків дозволяє визначати:

- імовірність досягнення кінцевої цілі проєкту;
- ступінь впливу ризику на проєкт і обсяги непередбачених витрат і матеріалів, які можуть знадобитися;
- ризики, що вимагають якнайшвидшого реагування й більшої уваги, а також вплив їхніх наслідків на проєкт;
- фактичні витрати, передбачувані строки закінчення.

Кількісна оцінка ризиків часто супроводжує якісну оцінку і також вимагає ідентифікації ризиків. Кількісна й якісна оцінки ризиків можуть використовуватися окремо або разом, залежно від наявного часу й бюджету, необхідності в кількісній або якісній оцінці ризиків.

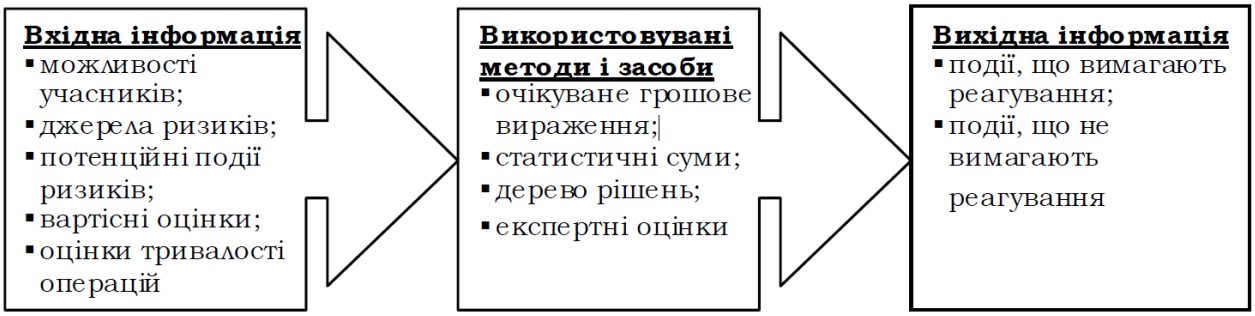


Рис. 5.3 – Оцінка ризиків проєкту

Вхідна інформація оцінки ризиків проєкту.

Можливості учасників. Різні організації можуть собі дозволити різні рівні ризиків. Наприклад: високорентабельна компанія може дозволити витратити 10 млн. гривень для підготовки комерційної пропозиції з метою підписання мільярдного контракту. Якщо ж у компанії низький прибуток, то такі витрати для неї непосильні. Оцінку витрат з 15% імовірністю перевитрати одна компанія може розцінити як прийнятну, а інша – як надто ризиковану.

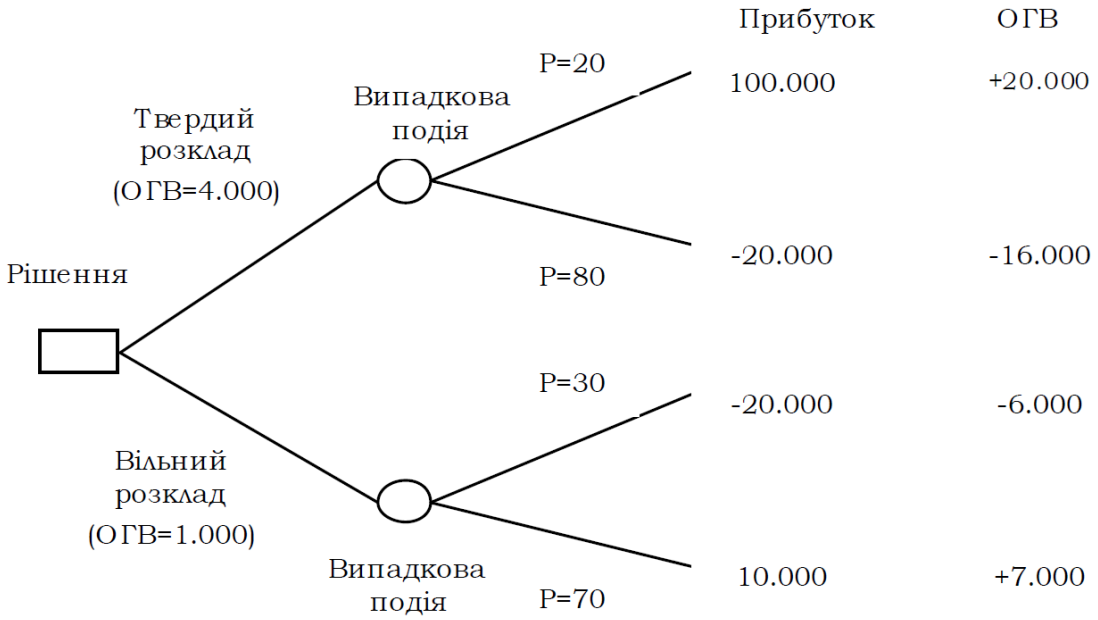
Використовувані методи і засоби.

Очікуване грошове вираження (ОГВ) – це спосіб кількісної оцінки ризику. Його значення – добуток імовірності настання події ризику на значення ризику – оцінку доходів або втрат, пов'язаних з настанням події ризику. Недоліками ОГВ є неадекватність у відбитті допустимості таких втрат для виконуючої організації. Значення ОГВ для події ризику, що супроводжується

більшими втратами з незначною ймовірністю, виявиться таким же, як для події, що супроводжується невеликими втратами, але з великою ймовірністю. Тому ОГВ частіше використовується як вихідна інформація для подальшого аналізу.

Статистичні суми. Статистичні суми можуть використовуватися для оцінки розкиду вартості проєкту, виходячи з оцінок вартості операцій. Розкид вартості проєкту застосовується для оцінки відносного ризику різних бюджетів проєкту або вартості пропозиції.

Дерево рішень – це діаграма, що відображає взаємозв'язки між рішеннями і пов'язаними з ними випадковими подіями. Дерево рішень відображає розуміння проблеми особою, яка приймає рішення. На рис.5.4 наведено приклад такого дерева. Гілки дерева відображають або рішення, або випадкові події.



P – імовірність події;
ОГВ = Прибуток х P
ОГВ рішення = Σ ОГВ різних результатів

Рис. 5.4 – Приклад дерева рішень

Імітаційне моделювання Монте-Карло. Метод імітаційного моделювання Монте-Карло вирізняється тим, що при оцінці ризику він уможливлює створення випадкових сценаріїв. Застосування аналізу ризику використовує багатство інформації, перебуває вона у формі об'єктивних даних або оцінок експертів, для кількісного опису невизначеності, що існує у відношенні основних змінних проєкту й для обґрунтованих розрахунків можливого впливу невизначеності на ефективність інвестиційного проєкту. Результат аналізу ризику виражається не яким-небудь єдиним значенням NPV, а у вигляді імовірнісного розподілу всіх можливих значень цього показника.

Отже потенційний інвестор за допомогою методу Монте-Карло буде забезпечений повним набором даних, що характеризують ризик проєкту. На цій основі він зможе прийняти зважене рішення про надання коштів.

У загальному випадку імітаційне моделювання Монте-Карло – це процедура, за допомогою якої математична модель визначення якого-небудь фінансового показника (у нашому випадку NPV) піддається ряду імітаційних прогонів за допомогою комп'ютера. У ході процесу імітації будуються послідовні сценарії з використанням вихідних даних, які за змістом проєкту є невизначеними, тому в процесі аналізу оперують випадковими величинами.

Процес імітації здійснюється таким чином, щоб випадковий вибір значень з певних імовірнісних розподілів не порушував існування відомих або передбачуваних відносин кореляції серед змінних. Результати імітації збираються і аналізуються статистично для того, щоб оцінити міру ризику. Процес аналізу ризику можна розбити на наступні стадії (рис. 5.5).

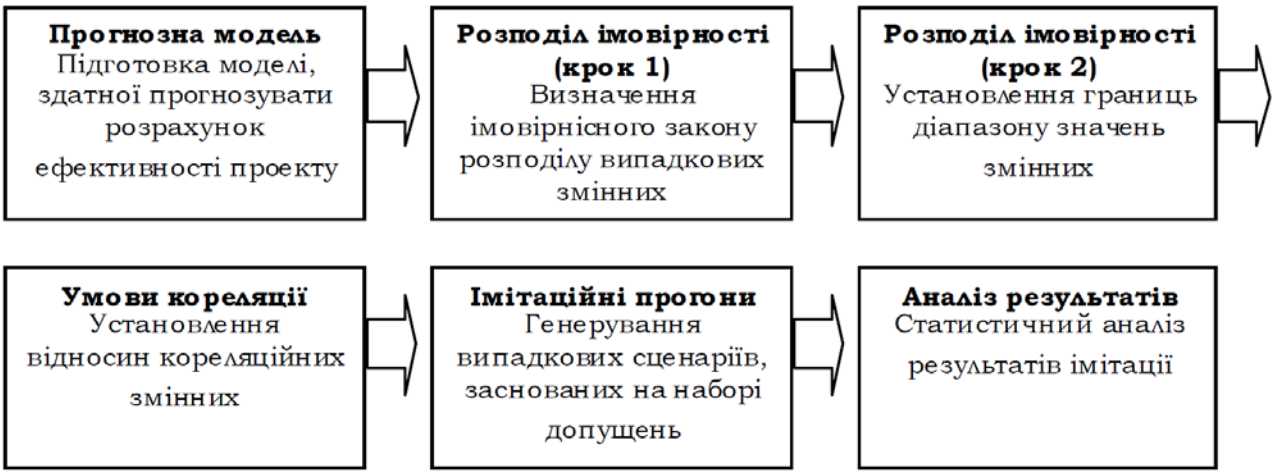


Рис. 5.5 – Процес аналізу ризику

Перша стадія у процесі аналізу ризику – це створення прогнозної моделі. Така модель визначає математичні відносини між числовими змінними, які відносяться до прогнозу обраного фінансового показника. Як базова модель для аналізу інвестиційного ризику звичайно використовується модель розрахунку показника NPV.

Загальна прогнозна модель імітується в такий спосіб. Генерується досить великий обсяг випадкових сценаріїв, кожний з яких відповідає певним значенням грошових потоків. Генеровані сценарії збирають разом і виконують їхню статистичну обробку для встановлення частки сценаріїв, які відповідають негативному значенню NPV. Відношення таких сценаріїв до загальної кількості сценаріїв дає оцінку ризику інвестицій.

Розподілом ймовірностей змінні моделі (грошових потоків) диктують можливість вибору величин з певних діапазонів. Такі розподіли являють собою математичні інструменти, за допомогою яких надається вага всім можливим результатам. Цим контролюється випадковий вибір значень для кожної змінної в ході моделювання.

В аналіз і ризиків використовується інформація, що міститься в розподілі ймовірності з множинними значеннями. Саме використання множинних значень замість детермінованих розподілів імовірності й відрізняє імітаційне моделювання від традиційного підходу.

Для практичного здійснення імітаційного моделювання можна рекомендувати пакет «Crystal Ball», розроблений у вигляді додатку для роботи в складі електронних таблиць EXCEL. Генерування випадкових чисел цей пакет здійснює на основі використання датчика псевдовипадкових чисел, які розраховуються за певним алгоритмом. Особливістю пакета є те, що він уміє генерувати кореляційні випадкові числа.

Остаточною стадією аналізу ризиків є обробка й інтерпретація результатів, отриманих на стадії прогонів моделі. Кожний прогін представляє ймовірність події, яка дорівнює:

$$p = 100 / n,$$

де p – імовірність одиничного прогону, %;
n – розмір вибірки.

Наприклад, якщо кількість випадкових прогонів дорівнює 5000, то ймовірність одного прогону становить p = 100 / 5000 = 0,02%.

Як міру ризику в інвестиційному проєктуванні доцільно використовувати ймовірність з негативним значення NPV. Ця ймовірність оцінюється на основі статистичних результатів імітаційного моделювання як добуток кількості результатів з негативним значенням і ймовірності одиничного прогону. Наприклад, якщо з 5000 прогонів негативні значення NPV виявляться в 3454 випадках, то міра ризику складе 69,1%.

Вихідна інформація оцінки ризиків проєкту.

Події, що вимагають реагування. Найважливішим виходом оцінки ризиків є перелік подій, що вимагають уваги й реагування.

Події, що не вимагають реагування. Іншим виходом оцінки ризиків повинен бути перелік подій, на які можна не звертати особливої уваги. При цьому обов’язковою є вказівка на особу, яка прийняла таке рішення.

5.3 Розробка реагування

Планування реагування на ризики – це визначення кроків, які слід здійснити, щоб посилити позитивні наслідки ризикових подій і послабити їхні негативні наслідки.

Планування містить у собі ідентифікацію і розподіл кожного ризику за категоріями. Ефективність розробки реагування прямо визначить, чи будуть наслідки впливу ризику на проєкт позитивними або негативними.

Стратегія планування реагування повинна відповідати типам ризиків, рентабельності ресурсів і параметрам у часі. Питання, обговорювані під час штабів, повинні бути адекватні завданням на кожній стадії проєкту і погоджені з усіма членами команди менеджменту проєкту. Звичайно потрібні кілька варіантів стратегій реагування на ризики.

Реагування на загрозливі події найчастіше попадає в одну з наступних категорій:

- ліквідація конкретної загрози через усунення її потенційної причини;
- зменшення очікуваного грошового вираження події ризику через зменшення ймовірності події ризику, зменшення потенційних втрат або через те й інше;
- прийняття наслідків, яке може бути активним, через розробку заходів на випадок настання події ризику, або пасивним, коли в план закладено менший прибуток.



Рис. 5.6 –Розробка реагування

Використовувані методи і засоби

Контрактація. Ризики можуть бути істотно зменшені через залучення зовнішніх організацій до проєкту. Зокрема, ризик використання незнайомої технології може бути зменшений за допомогою залучення організації, що має досвід використання цієї технології. Але слід мати на увазі, що контракти часто заміщують один ризик іншим. Так, віднесення всіх технічних ризиків на підрядника може породити високу вартість контракту.

Альтернативні стратегії. Ризикові події можуть бути відвернені завдяки вибору іншого підходу до проєкту. Страхування. Деякі види ризиків допускають страхування, що може знизити можливі втрати у разі настання ризикових подій.

Вихідна інформація розробки реагування

План управління ризиками – це документ, у якому описуються процедури, які повинні використовуватися для управління ризиками протягом проєкту. Крім опису й оцінки ідентифікованих ризиків план управління ризиками повинен містити:

- розподіл відповідальності за управління різними видами ризиків;
- як будуть переглядатися первісні оцінки ризиків;
- як буде реалізовуватися план дій у ризикових ситуаціях;
- як і де будуть використовуватися резерви.

План дій у ризикових ситуаціях – це опис кроків, які слід почати у раз і настання ідентифікованих ризикових ситуацій. План дій у ризикових ситуаціях звичайно входить у план управління ризиками, але він може також застосовуватися в інших розділах плану проєкту, наприклад, у плані управління якістю або цілями.

Резерви – це засіб зниження проєктних вартісних або ризиків у часі.

Умови контрактів. В умовах контрактів повинні бути передбачені заходи (страхування, послуги і т.д.), призначені для зниження негативних наслідків проєктних ризиків. Умови контрактів впливають на проєктні ризики.

Входи в інші процеси. Обрані або пропоновані альтернативні стратегії, план дій у ризикових ситуаціях та інші виходи процесів планування ризиків повинні бути розглянуті й оцінені з погляду інших функцій планування.

5.4 Моніторинг і контроль ризиків

Одне з головних завдань моніторингу і контролю протягом проєктного циклу– ідентифікація ризиків, визначення залишкових ризиків, забезпечення виконання плану ризиків і оцінка його ефективності з урахуванням зниження ризику. Показники ризиків, пов’язані з і здійсненням умов виконання плану, фіксуються.

Метою моніторингу й контролю є з’ясування, чи було:

- використано систему реагування на ризики відповідно до плану;
- реагування є ефективним або необхідні зміни;
- -міна ризиків у порівнянні з попереднім значенням;
- настання впливу ризиків;
- вжито необхідні заходи;

- вплив ризиків запланований або був випадковим результатом.

Контроль може викликати вибір альтернативних стратегій, прийняття коректив, перепланування проєкту для досягнення базового плану. Тому між менеджерами проєкту й групою ризику повинна бути постійна взаємодія, фіксуватися всі зміни і явища. Звіти з виконання проєкту повинні формуватися регулярно.

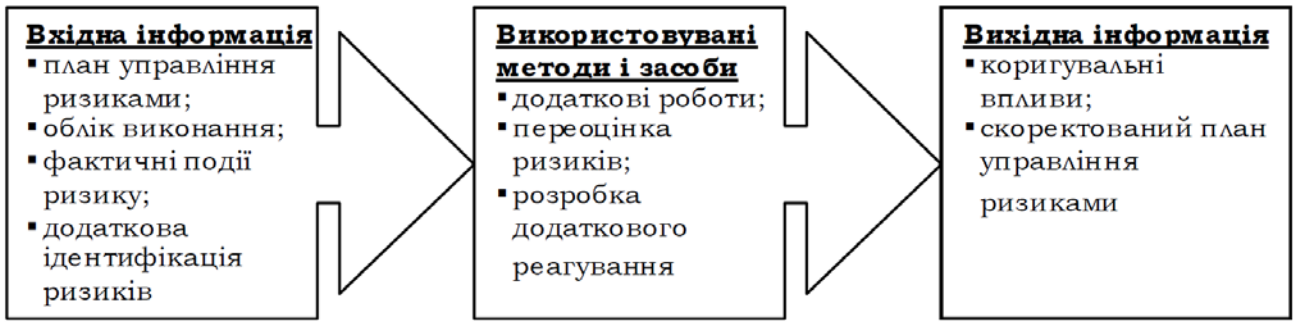


Рис. 5.7 – Моніторинг і контроль ризиків

Вхідна інформація моніторингу і контролю ризиків.

Облік виконання. Облік виконання містить інформацію про те, які з потенційних джерел ризику перестали існувати завдяки виконанню відповідних цим ризикам операцій, які фактичні тривалості й вартості операцій і характеристики ресурсів і т.д. Ця інформація необхідна для уточнення первісних оцінок проєктних ризиків.

Фактичні події ризику. Серед фактичних подій ризику можуть бути такі, на які попередньо розроблене реагування. Команда проєкту повинна ідентифікувати такі події ризику й застосовувати заплановані впливи.

Додаткова ідентифікація ризиків. У процесі виконання проєкту можуть виникнути додаткові джерела ризиків, які мають бути ідентифіковані.

Використовувані методи і засоби.

Додаткові роботи. У разі виникнення незапланованих негативних подій ризику необхідно визначити, які роботи слід провести для зменшення небажаних наслідків цих подій.

Переоцінка ризиків. Переоцінка ризиків включає як уточнення первісних оцінок проєктних ризиків, так і оцінку додаткових подій ризику, що виникли в процесі виконання проєкту.

Розробка додаткового реагування. На знову ідентифіковані події ризику, що вимагають реагування, розробляють процедури реагування.

Вихідна інформація моніторингу і контролю ризиків.

Коригувальні впливи. Коригувальні впливи в основному реалізують заплановане реагування на події ризиків, у тому числі додаткові роботи пункту «Використовувані методи і засоби управління контрактами».

ТЕМА 6 УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМ ПОТЕНЦІАЛОМ І КОМУНІКАЦІЯМИ ПРОЄКТУ

6.1 Призначення персоналу проєкту

Управління людським потенціалом (трудовими ресурсами) проєкту (Project Human Resources Management) – розділ проєктного менеджменту, що включає процеси, необхідні для забезпечення найбільш ефективного використання людей, зайнятих у проєкті.

Управління трудовими ресурсами включає:

- планування організації – визначення, документування, розподіл проєктних ролей, відповідальності й відносин звітності щодо виконання робіт з проєкту;
- призначення персоналу – підбір персоналу на виконання робіт у межах проєкту;
- розвиток команди – удосконалення навичок і кваліфікації команди проєкту для покращення виконання проєкту.

На рис. 6.1 наведено схему призначення персоналу проєкту.

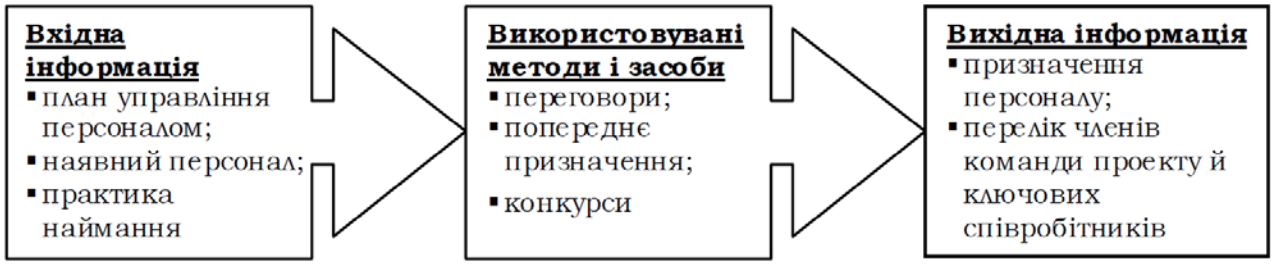


Рис. 6.1. – Призначення персоналу проєкту

Вхідна інформація призначення персоналу проєкту.

План управління персоналом. План управління персоналом визначає, коли і які фахівці будуть включені в команду проєкту й коли будуть виведені з неї. Він включається в загальний план проєкту. План управління персоналом часто включає ресурсну гістограму використання робочої сили.

Особливу увагу слід приділити тому, як члени команди проєкту будуть звільнятися від своїх обов'язків, якщо їхні послуги більше не потрібні. Варто дотримуватися таких правил:

- утримуватися від спокуси придумати роботу члену команди, який вивільняється, щоб зберегти його до моменту наступного використання;
- не допускати невизначеності відносно майбутнього використання членів

команди проєкту.

Наявний персонал. Якщо в команди проєкту є можливості брати участь у підборі персоналу, то треба в першу чергу розглянути можливості наявних в організації співробітників. При цьому слід звернути особливу увагу на:

- попередній досвід – чи є в претендентів досвід аналогічної роботи і як вони з нею справлялися;
- особисті інтереси – чи зацікавлені претенденти в роботі над проєктом;
- особисті якості – чи здатні претенденти ефективно працювати в команді;
- доступність – чи будуть претенденти вільні від інших обов'язків у необхідний час.

Практика наймання. Організації, які беруть участь у проєкті, можуть мати певні правила наймання персоналу.

Використовувані методи і засоби.

Переговори. Вибір персоналу практично завжди пов'язаний з переговорами. Зокрема, звичайно необхідно домовитися з:

- керівниками функціональних підрозділів про виділення необхідного кваліфікованого персоналу в потрібний термін;
- командами інших проєктів організації про розподіл людей між проєктами або спільним використанням дефіцитних фахівців.

У таких переговорах велику роль відіграють можливості впливу команди проєкту на організацію. Так, якщо функціональний керівник може

бути премійований за успішну роботу співробітників, виділених для участі в проєкті, це створить додатковий стимул для призначення кваліфікованого персоналу.

Попереднє призначення. У деяких випадках персонал призначається на проєкт з самого початку. Так буває, коли склад команди проєкту є частиною пропозиції, що виграла конкурс або у внутрішніх проєктах організації, коли склад виконавців входить у проєктне завдання.

Конкурси. У тих випадках, коли в організації-виконавця не вистачає персоналу необхідної кваліфікації, можуть бути організовані конкурси для залучення необхідних фахівців. Відзначимо, що мається на увазі не наймання співробітника, а саме залучення до роботи в команді проєкту.

Вихідна інформація призначення персоналу проєкту.

Призначення персоналу. Вважається, що призначення персоналу відбулося, якщо заповнені всі необхідні вакансії. Персонал може бути призначений як на повну ставку, так і на погодинну роботу або на певний строк залежно від потреб проєкту.

Перелік членів команди проєкту й ключових співробітників. У результаті призначення персоналу складається перелік членів команди і ключових співробітників проєкту. Цей перелік може бути коротким, але може містити й докладні інструкції, відповідальності й обов'язки учасників проєкту.

6.2 Розвиток команди проєкту.

Розвиток команди проєкту включає як збільшення можливостей окремих її членів зробити свій внесок в успіх проєкту, так і поліпшення взаємодії в команді проєкту. Індивідуальний розвиток – це основа розвитку команди в цілому.

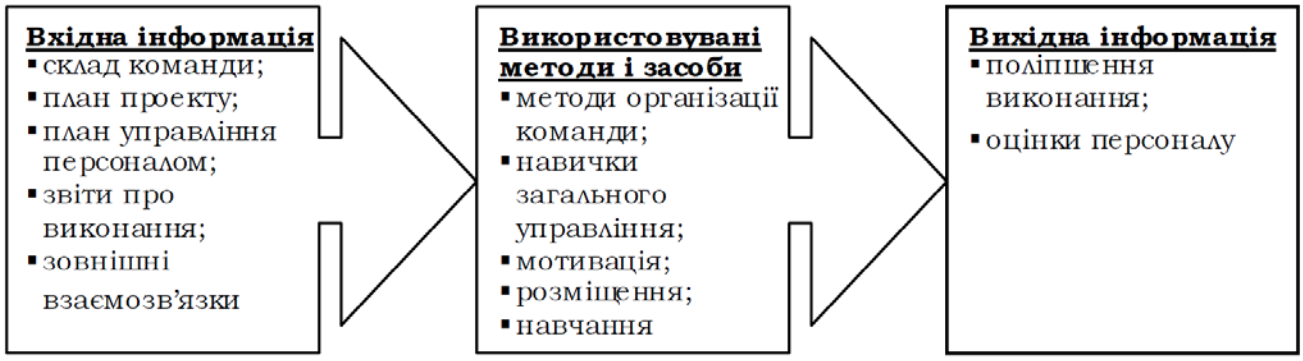


Рис. 6.2. – Розвитку команди проєкту

Вхідна інформація розвитку команди проєкту.

Склад команди. Склад команди визначає знання і навички членів команди проєкту.

План проєкту. План проєкту визначає технологічний зміст діяльності команди проєкту.

Звіти про виконання. Звіти про виконання дозволяють оцінити роботу членів команди проєкту шляхом порівняння результатів з планом проєкту.

Зовнішні взаємозв'язки. Команда проєкту повинна періодично оцінювати свою роботу в порівнянні з очікуваннями учасників проєкту.

Використовувані методи і засоби.

Методи організації команди. Методи організації команди включають індивідуальні й колективні дії для поліпшення командної роботи. Прикладами таких методів можуть бути залучення членів команди в процес планування, розробка правил розв'язання конфліктів. Ця тема широко представлена в літературі, команда проєкту повинна бути знайома з основними прийомами організації командної роботи.

Мотивація. Системи заохочення і визнання дозволяють спрямувати діяльність у потрібному напрямку. Для своєї ефективності ці системи повинні

бути ясно визначені, документовані й пов'язані з конкретною роботою в проєкті. Наприклад, якщо менеджер проєкту заохочується за виконання бюджету, то в нього повинна бути можливість ухвалювати рішення щодо контрактів і призначень персоналу.

Система мотивації у проєктах часто відрізняється від системи мотивації в організації. Така система повинна враховувати також культурні особливості.

Розміщення. Розміщення має на увазі забезпечення можливостей роботи команди в одному місці («штабі»). Це є важливим і в великих, і в малих проєктах.

Навчання. Якщо в членів команди проєкту бракує необхідних знань, то поповнення знань, навчання, підвищення кваліфікації повинно бути передбачене як частина робіт проєкту.

Вихідна інформація розвитку команди проєкту.

Покращення виконання. Основним виходом розвитку команди повинне стати поліпшення виконання проєкту, наприклад:

- підвищення індивідуальної кваліфікації дозволяє конкретній людині краще справлятися зі своїми обов'язками;
- поліпшення клімату в команді дозволяє членам команди приділяти більше уваги роботам проєкту;
- поліпшення того й іншого дозволяє знаходити нові методи поліпшення виконання проєкту.

Оцінки персоналу. Учасники команди проєкту звичайно дають оцінки роботі персоналу (у тому числі й інших членів команди), з яким вони взаємодіють.

Ці оцінки звичайно використовуються як для стимулювання персоналу, так і для отримання уроків і використання в наступних фазах і проєктах. На рис. 6.3. відображені фактори, що безпосередньо впливають на ефективність роботи команди проєкту. Зупинимося детально на кожному з них.

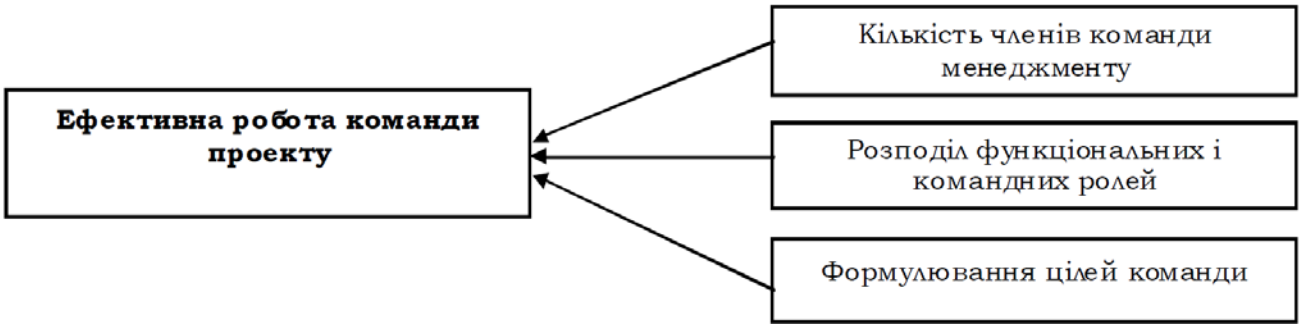


Рис. 6.3 – Чинники, що впливають на ефективність роботи команди проєкту.

Як правило, в літературі наводиться наступна класифікація команд за кількісним складом:

- маленькі команди (менше 4 чоловік);
- середні команди (від 5 до 9 чоловік);
- великі команди (понад 10 чоловік).

Для всіх етапів процесу змін небажаним є маленькі команди, тому що вони найбільш уразливі, зменшення їхньої чисельності хоча б на одну людину приводить до зростання нестійкості. Є небезпека, що в маленьких командах будь-які ухвалені рішення будуть жити доти, доки поруч із виконавцем невідступно перебуває лідер.

Командні ролі. Ефективність команди значною мірою визначається особистими якостями її членів і взаєминами між ними. Кожний повинен бути готовий направити свої здібності й знання на вирішення командного завдання.

На укрупненому рівні ролі, виконувані учасниками проєктної команди, можна підрозділити на три групи:

- ролі, орієнтовані на виконання завдань команди;
- ролі, орієнтовані на створення/ підтримку роботи команди;
- індивідуальні ролі (не функціональні).

Для того, щоб команда працювала ефективно, однаково важливі ролі першої і другої груп. Недостатньо орієнтуватися тільки на виконання завдань проєкту, необхідно, щоб учасники команди працювали і на підтримку команди як такої. Ролі третьої групи є деструктивними з погляду командної взаємодії.

Класичний підхід до розподілу ролей між учасниками проєктної команди був запропонований Р.М. Белбіном. У кожній проєктній команді, що прагне ефективно організувати свою роботу, незалежно від її чисельного складу повинні виконуватися такі вісім ролей:

Голова (chairman) – вибирає шлях, по якому команда рухається вперед до загальних цілей, забезпечуючи найкраще використання ресурсів; уміє виявити сильні й слабкі сторони команди й забезпечити найбільше застосування потенціалу кожного учасника команди. Слід вважати, що такою людиною є, як правило, офіційний керівник проєкту; але в самокерованих командах їм може бути будь-яка людина.

Оформлювач (shaper) – надає закінчену форму діям команди, націлює увагу й намагається додати певні рамки груповим обговоренням і результатам спільної діяльності. Така людина може мати офіційну посаду «архітектора» або «провідного проєктувальника», але головне те, що ця роль уявна. У безнадійному проєкті особливо важливо мати єдине й чітке уявлення про проблему і її можливе вирішення.

Генератор ідей (plant) – висуває нові ідеї і стратегії, приділяючи особливу увагу головним проблемам, з якими стикається група.

Критик (monitor-evaluator) – аналізує проблеми з прагматичної точки зору, оцінює ідеї та пропозиції таким чином, щоб команда могла прийняти збалансовані рішення. У більшості випадків така людина діє як скептик, урівноважуючи оптимістичні пропозиції оформлювача й генератора ідей. Критик добре знає, що нові технології не завжди працюють, обіцянки постачальників про можливості нових засобів не збуваються і все може піти не так, як було задумано.

«Робоча бджілка» (company worker) – перетворює плани й концепції в практичні робочі процедури, систематично й ефективно виконує прийняті зобов'язання. Інакше кажучи, в той час як оформлювач надає закінчену форму великим технологічним рішенням, генератор ідей пропонує радикальні нові рішення, а критик займається пошуком вад і недоліків у цих пропозиціях. «Робоча бджілка» – це людина, яка працює, не привертаючи уваги, виконує поточну роботу. Але самі по собі вони не здатні принести успіх проєкту, оскільки не мають необхідної широти кругозору.

Опора команди (team worker) – підтримує силу духу в учасниках проєкту, надає їм допомогу у важких ситуаціях, намагається поліпшити взаємини між ними й у цілому сприяє підняттю командного нас трою. Інакше кажучи, така людина виконує в команді роль дипломата.

Добувач (resource investigator) – виявляє і повідомляє про нові ідеї, розробки й ресурси, наявні за межами проєктної групи, налагоджує зовнішні контакти, які можуть бути корисними для команди, проводить всі наступні переговори. Командний добувач має багато друзів і зв'язків у своїй організації, за допомогою яких можна випросити або позичити необхідні ресурси. Головне, що він обожнює свою діяльність.

Завершувач (completer) – підтримує в команді наполегливість у досягненні мети, активно прагне відшукати роботу, яка вимагає підвищеної уваги, намагається, наскільки це можливо, позбавити команду від помилок, пов'язаних як з діяльністю, так і з бездіяльністю. Членам команди необхідно час від часу (а ще краще щодня) нагадувати, що вони не роблять собі кар'єру на все життя, а лише беруть участь у проєкті з твердими строками й проміжними контрольними точками, які необхідно досягати вчасно, щоб не провалити проєкт.

Цікавий підхід був запропонований Р. Баррерою, членом PMI, фахівцем в області управління проєктами. Він виділяє чотири основні категорії учасників,

різних за типами поведінки, це: керівники (directors), «загальні друзі» (socializers), «особисті друзі» (relaters) і мислителі (thinkers).

Керівники відрізняються високою працездатністю, націлені на успіх виконання проєкту. Вони навряд чи погодяться займатися якимись іншими справами, поки залишилася невиконана робота. «Загальні друзі» займаються збором інформації, спілкуванням з колегами. Тільки після цього вони приступають до виконання роботи. «Особисті друзі», як і «загальні друзі», спілкуються з іншими членами команди, але роблять це віч-на-віч. Мислителі прагнуть виконувати всю роботу поодинці, аналізуючи й осмислюючи інформацію, повідомляючи про результати тільки після завершення всієї роботи.

Щоб домогтися найкращого результату в підборі проєктної команди, слід дотримуватися рівного співвідношення виконавців кожної категорії й уникати домінування жодної з них.

Щоб забезпечити ефективну командну роботу, менеджер проєкту повинен виявити всі категорії учасників для того, щоб підібрати точні ролі для кожного члена команди і створити йому максимально комфортні умови для роботи.

6.3 Планування взаємодії

Управління комунікаціями проєкту (Project Communication management) – розділ проєктного менеджменту, що включає дії, необхідні для забезпечення одержання, збору, поширення, зберігання і кінцевого розміщення проєктної інформації. Управління комунікаціями складається з таких процесів:

- планування взаємодії – визначення потреб в інформації і взаємодії учасників проєкту;
- розподілу інформації – своєчасного надання необхідної інформації зацікавленим особам проєкту на регулярній основі;
- обліку виконання-збору й поширення інформації про використання ресурсів для досягнення поставлених цілей між учасниками проєкту;
- адміністративного завершення – підготовки, збору й розподілу інформації для документально оформленого завершення всього проєкту або однієї з його фаз.

Планування взаємодії включає визначення інформаційних і комунікаційних потреб учасників проєкту:

- кому і яка інформація потрібна;
- коли ця інформація необхідна;
- яким чином інформація буде надаватися.

Хоча у всіх проєктах виникає потреба в поширенні проєктної інформації, інформаційні потреби й методи поширення можуть помітно відрізнятися. Визначення інформаційних потреб і засобів задоволення цих потреб – критичний фактор успіху проєкту.

У більшості проєктів значна частина планування взаємодії здійснюється на початкових фазах проєкту. Однак ухвалені рішення повинні регулярно переглядатися в процесі виконання проєкту, щоб забезпечити їхню відповідність сформованим обставинам. Якщо початковий план взаємодії втрачає зміст, він переглядається кардинально.

Планування взаємодії тісно пов'язане із плануванням організації, оскільки організаційна структура проєкту особливо суттєво впливає на вимоги до потоків інформаційної взаємодії.

Вхідна інформація планування взаємодії.

Потреби взаємодії – це об'єднання потреб в інформації всіх учасників проєкту. Потреби визначаються характером і формою інформації, а також аналізом її значення. Ресурси управління проєктом повинні витрачатися тільки на забезпечення інформаційних потоків, необхідних для успіху проєкту.

Інформація, необхідна для планування взаємодії проєкту включає:

- організаційну структуру й розподіл відповідальності проєкту;
- напрями, підрозділи й фахівців, залучених у проєкт;
- причини, за якими конкретні особи можуть бути залучені в проєкт, і місця їхнього розташування;
- - потреби в зовнішній інформації.

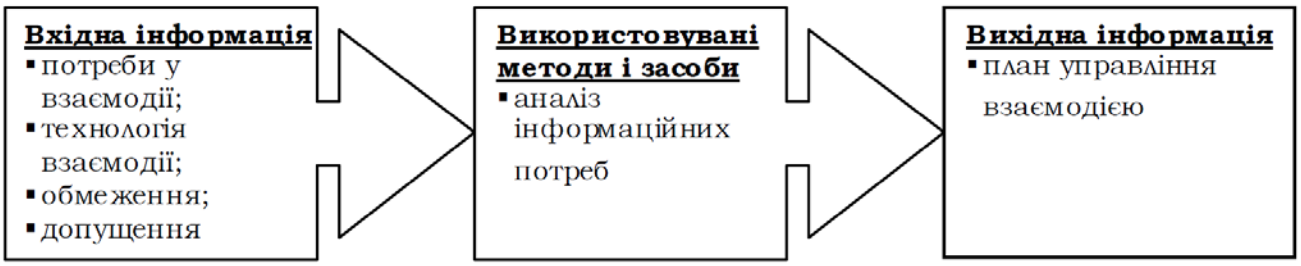


Рис. 6.4 – Планування взаємодії.

Технологія взаємодії. Технологія обміну інформацією між проєктними структурами може бути найрізноманітнішої – від коротких інструкцій до тривалих засідань, від простих друкованих документів до доступних у реальному режимі комп'ютерних графіків роботи й баз даних.

Вибір технології взаємодії залежить від:

- вимог до інформації за часом – чи залежить успіх проєкту від того, що інформація проєкту безупинно оновлюється і доступна в будь-який момент часу або достатньо регулярного випуску друкованих звітів про хід робіт;

- можливостей технології – чи підходять установлені системи або необхідна їхня модернізація;

- готовності учасників – чи відповідає запропонована система досвіду й знанням учасників проєкту або потрібне інтенсивне навчання й вивчення.

Використовувані методи і засоби

Аналіз інформаційних потреб. Інформаційні потреби різних учасників проєкту повинні бути проаналізовані для розробки форм подання і визначення джерел необхідної інформації. Такий аналіз повинен:

- розглянути можливі методи й технології, що підходять для проєкту;
- забезпечити повноту необхідної інформації;
- уникнути непотрібних витрат ресурсів, пов'язаних з надмірністю
- інформації або неадекватністю технології.

Вихідна інформація планування взаємодії

План управління взаємодією – це документ, що містить:

- структуру збору інформації - деталізацію того, хто і яку інформацію одержує, від кого і якими методами;

- структуру розподілу інформації – деталізацію того, кому інформація (звіти, дані, розклад, технічна документація і т.д.) направляється, які методи будуть використані для поширення інформації різних типів (звіти, засідання і т.д.). Ця структура повинна відповідати структурам розподілу відповідальності й звітності, визначеним в організаційній структурі проєкту;

- детальний опис всіх типів інформації, що повинна розподілятися, включаючи форму, зміст, ступінь деталізації, умовні позначення і т.д.;

- порядок подання інформації, що включає строки подання тієї чи іншої інформації, процедури відновлення або коригування даних, методи збору необхідної інформації;

- умови коригування плану управління взаємодією в міру розвитку проєкту.

6.4 Розподіл інформації

Розподіл інформації – процес регулярного забезпечення учасників проєкту необхідною інформацією. Він включає як виконання плану взаємодії, так і реагування на незаплановані запити.

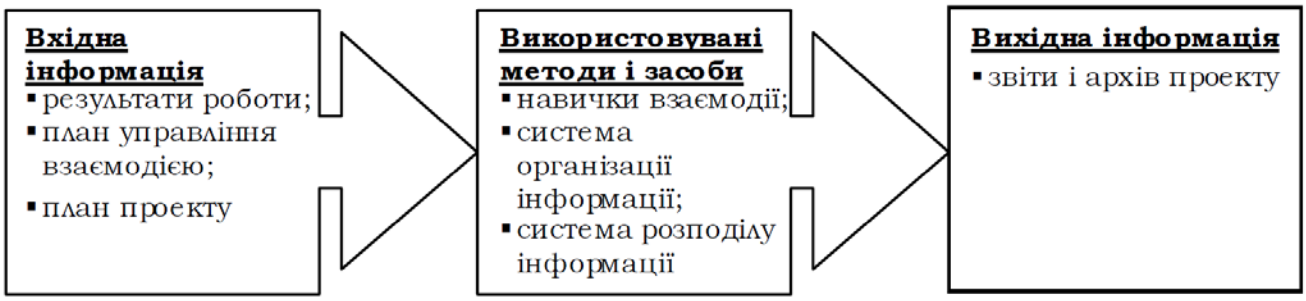


Рис. 6.5. – Розподіл інформації.

Використовувані методи і засоби

Навички взаємодії. Навички взаємодії використовуються для обміну інформацією. Той, хто відправляє інформацію, відповідає за її ясність, вірогідність і повноту. Одержувач відповідає за те, що інформація отримана повністю й правильно інтерпретована.

Тип взаємодії може бути різним:

- письмовим і усним;
- внутрішнім (усередині проєкту) і зовнішнім (із замовником, ЗМІ та ін.);
- формальним (звіти, інструкції та ін.) і неформальним (записки, розмови та ін.);
- вертикальним (вгору й вниз за ієрархією) і горизонтальним (на одному рівні ієрархії).

Система організації інформації. Інформація може бути організована різними способами, включаючи використання ручних систем архівації, баз даних, програм управління проєктами й систем, що забезпечують доступ до технічної документації.

Система розподілу інформації. Інформація може розподілятися різними методами, включаючи штаби проєкту, розсилання документації, загальний доступ до мережних баз даних, факсимільний зв'язок, електронну пошту, відеоконференції та ін.

6.5 Облік виконання

Облік виконання включає збір і розподіл інформації про використання ресурсів для досягнення поставлених цілей між учасниками проєкту. Ця інформація включає:

- звіти про статус проєкту, що описують поточний стан проєкту;
- оперативні звіти – описують, що зроблено за звітні періоди.

Звіти повинні постачати учасників проєкту інформацією про показники, що служать критеріями успіху проєкту (цілі, якість, вартість, строки),

показники, необхідні для прийняття управлінських рішень (ресурси, ризики, відносини з постачальниками).

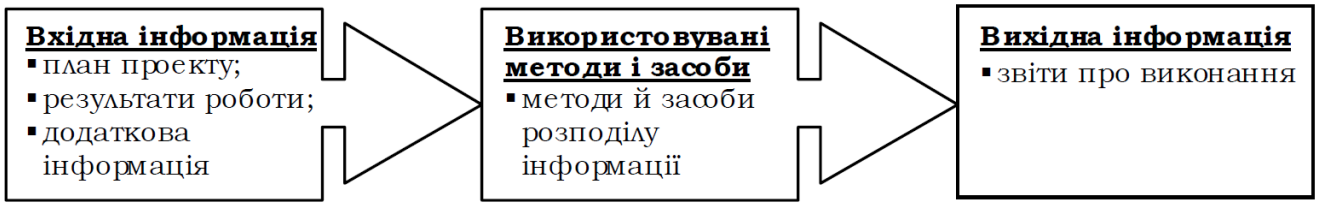


Рис. 6.6 – Схема обліку виконання.

Вхідна інформація обліку виконання

План проєкту. План проєкту містить базу для оцінки виконання проєкту. Результати роботи. Результати роботи – які результати частково, або повністю досягнуті, які засоби й на що витрачено і т.д. – це вихід виконання

плану проєкту.

Результати роботи повинні готуватися відповідно до плану взаємодії. Точна й регулярна інформація про результати роботи є дуже важливою для керованості проєкту.

Додаткова інформація. Мається на увазі будь-яка інформація, що не має прямого відношення до плану проєкту, але пов'язана з оточенням проєкту і здатна вплинути на проєкт.

Вихідна інформація обліку виконання

Звіти про виконання. Звіти про виконання організують і адресують інформацію про результати виконання проєкту. Вони повинні забезпечувати учасників проєкту тією інформацією і з тим ступенем деталізації, що документований в плані взаємодії. Звичайно інформація представляється у вигляді діаграм Гантта, S-кривих, гістограм і таблиць.

ТЕМА 7. УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЄКТУ

7.1. Планування якості проєкту

Управління якістю проєкту (Project Quality Management) – розділ проєктного менеджменту, що містить процеси, необхідні для забезпечення потреб, задля яких розпочато проєкт.

Якість – це узагальнений показник характеристик продукту, що відбиває його здатність задовольнити поставленим і потенційним вимогам.

Управління якістю проєкту складається з таких компонентів:

- планування якос ті – визначення того, які стандарти якості

застосовуються до даного проєкту і як ці стандарти досягти;

- підтвердження якості – процес регулярної оцінки виконання проєкту для підтвердження виконання прийнятих стандартів якості;

- аналіз якості – визначення відповідності результатів прийнятим стандартам якості, пошук шляхів усунення причин небажаних результатів виконання якості проєкту;

- контроль якості – відстеження певних результатів по ходу виконання проєкту для встановлення їхньої відповідності певним стандартам якості й для визначення шляхів усунення причин незадовільного виконання.

Процеси управління якістю відносяться не тільки до результатів проєкту – «що буде зроблено», але й до самого проєкту – «як це буде зроблено», тобто як будуть здійснюватися процеси управління проєктами.

Невдале управління якістю в якій-небудь з цих складових може привести до невдачі всього проєкту. Наприклад, задоволення вимог замовника за рахунок перевантаження учасників команди проєкту (низька якість процесу) призведе до великої плинності кадрів – негативні наслідки, які у разі розробки складних систем можуть виявитися фатальними для проєкту. Або дотримання директивних строків за рахунок скорочення планових інспекцій якості може призвести до негативних наслідків, коли порушення залишаться непоміченими (низька якість продукту).

Визначення і реалізація певного рівня і якості, і сорту продукції входять в обов'язки команди проєкту. Команда проєкту повинна також мати на увазі, що управління якістю доповнює управління проєктом.

Команда проєкту має дотримуватися фундаментального правила управління якістю: ЯКІСТЬ ПЛАНУЄТЬСЯ, А НЕ ПЕРЕВІРЯЄТЬСЯ.

Найбільш популярний на сьогодні принцип забезпечення якості – системне управління якістю (TQM). Воно здійснюється за такою схемою:

- проводиться обстеження виробництва і готується спеціальна доповідь;

- на основі обстеження і аналізу фактичного стану виробництва здійснюється вибір системи управління якістю і розробляється Програма якості;

- розробляється посібник з реалізації Програми якості, в якому описуються сутність і механізм функціонування системи управління якістю;

- обговорюються деталі, строки та організація програми якості й керівництва, вносяться необхідні виправлення та приймаються рішення, в тому числі з питань атестації і навчання персоналу;

- заходи Програми й керівництва включаються до загального плану проєкту;

Програма якості й керівництво запускаються у виробництво. Повноваження і відповідальність окремих осіб і організацій, які здійснюють діяльність, що впливає на якість проєкту, повинні бути чітко встановлені й закріплені документально в межах спеціальної програми забезпечення якості проєкту. Програма визначає заходи, спрямовані на забезпечення якості виконання робіт із проєкту.

Програма забезпечення якості повинна передбачати:

- організаційну структуру, в рамках якої вона буде реалізовуватися;
- чіткий розподіл відповідальності й рівень повноважень окремих осіб, груп і організацій, які беруть участь у рішенні цієї проблеми.

Планування якості – це визначення стандартів якості, на які націлений проєкт, і засобів досягнення цих стандартів. Планування якості – один з важливих допоміжних процесів планування, що повинен здійснюватися регулярно й паралельно з іншими процесами планування. Так, бажана якість процесу може вимагати коригування вартості або розкладу робіт, а бажана якість продукту – детального аналізу ризиків потенційних проблем.

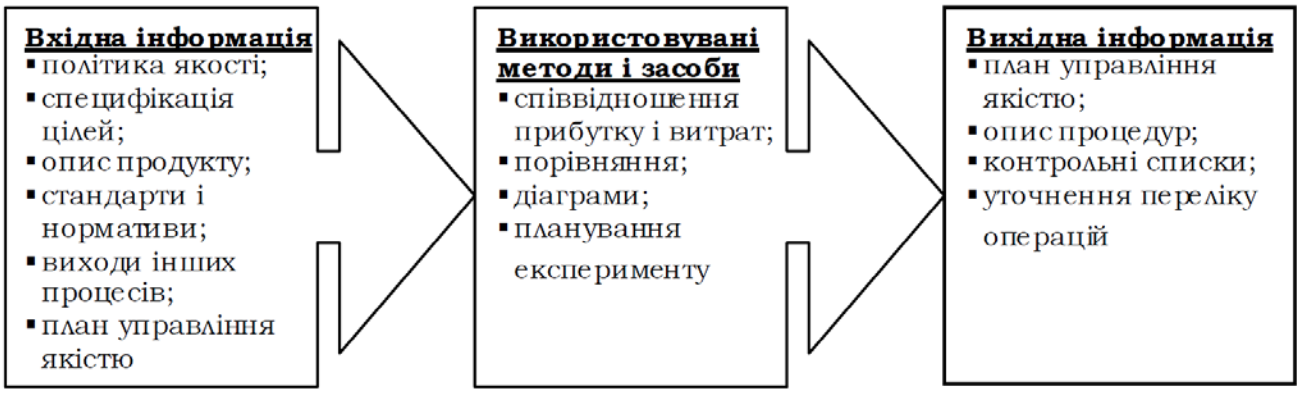


Рис. 7.1 – Алгоритм планування якості.

Вхідна інформація планування якості

Політика якості – це загальний підхід і напрямок діяльності організації відносно якості.

Політика якості виконуючої організації звичайно приймається такою, яка вона є, для використання у проєкті. Однак якщо у виконуючої організації не вироблена формальна політика якості, або якщо в проєкті беруть участь багато організацій, як це буває у випадку зі спільними підприємствами, команда проєкту повинна виробити політику якості для впроваджуваного проєкту.

Незалежно від походження політики якості команда проєкту відповідає за те, що всі учасники проєкту повністю в курсі прийнятої політики якості за допомогою поширення відповідної інформації.

Специфікація цілей – це ключовий момент для планування якості як продукту, так і проєкту, оскільки він визначає основні результати виконання проєкту і його спрямованість.

Опис продукту. Крім того опису продукції проєкту, що є в специфікації цілей, необхідно ще й більш докладний опис з тими технічними деталями, які можуть впливати на планування якості.

Стандарти й нормативи. Оскільки облік стандартів і нормативів у проєктах є обов'язковою умовою, команда проєкту повинна використати ті стандарти й нормативи, які діють у предметній області проєкту.

У тих випадках, коли вплив стандартів на проєкт неясний, цей вплив слід розглядати в управлінні ризиками проєкту.

Міжнародна організація стандартизації (ISO) так визначає різницю між стандартами й нормативами:

- **стандарт** – це офіційний документ, що містить загальноприйняті правила, інструкції або характеристики продукції, процесів або послуг, які не є обов'язковими;
- **нормативи** – документ, що визначає характеристики продуктів, процесів або послуг включаючи їх адміністративний супровід, дотримання яких є обов'язковим.

Всі роботи із забезпечення якості засновані на використанні стандартів ISO серії 9000 і еквівалентних їм українських стандартів.

Стандарти ISO 9001 і EN 29001 є головними при забезпеченні якості при проєктуванні, розробці, виробництві, монтажі й обслуговуванні.

Стандарти ISO 9002 і EN 29002 покликані забезпечити якість при виробництві й монтажі. Стандарти ISO 9003 і EN 29003 спрямовуються на забезпечення якості при контролі кінцевої продукції та її випробуваннях.

План управління якістю. План управління якістю містить опис того, як команда проєкту має проводити свою політику якості. За термінологією ISO 9000 повинна бути описана система якості проєкту, тобто організаційна структура, розподіл відповідальності, процедури, процеси та ресурси, необхідні для управління якістю. Він входить до загального плану проєкту і описує технологію управління якістю, підтвердження якості й поліпшення її для проєкту.

Використовувані методи і засоби

Співвідношення прибутку й витрат. У процесі планування якості необхідно оцінювати співвідношення між досягненням зиску і тим, у що це обходиться. Якщо розглядати якість процесу, а не продукту, то вигода від управління якістю полягає у скороченні числа необхідних коригувань і доробок, а вартість – у вартості робіт з управління якістю. Звичайно, прибуток повинен перевершувати витрати.

Порівняння. Порівняння полягають у зіставленні сформованої або планованої практики з аналогами в інших проєктах для вироблення ідей з покращення виконання проєкту й вироблення стандартів для оцінки виконання.

Планування експерименту – це дисципліна, що дозволяє виявити, які із змінних впливають на кінцевий результат. Планування експерименту, як правило, застосовується до продукції проєкту, але може бути використано й у процесі планування. Так, можна на деякій роботі використати ресурси більш дорогі, але й більше продуктивні. Що це дасть для проєкту? Щоб відповісти на це запитання, досить запустити розрахунок програми складання розкладу робіт – це і є експеримент. Результат покаже, що ви зможете вигадати від такого призначення – може бути й нічого, якщо робота не лежить на критичному шляху.

Вихідна інформація планування якості

Опис процедур. Опис процедур визначає параметри, використовувані для контролю якості, і способи виміру цих параметрів. Недостатньо вказати, що проєкт повинен виконуватися відповідно до прийнятого розкладу робіт. Команда проєкту повинна також вказати, чи потрібно неодмінно кожну роботу починати вчасно або тільки вчасно завершувати, чи всі роботи повинні контролюватися або деякі особливо важливі, а якщо так, то які.

Контрольні списки – це структуровані документи, специфіковані під конкретну галузь або вид робіт, використовувані для підтвердження проведення всіх намічених кроків.

Уточнення переліку операцій. Із плану управління якістю може випливати необхідність коригування переліку операцій проєкту. Операції, пов’язані з управлінням якістю, повинні включатися в перелік операцій проєкту і враховуватися в розкладі виконання проєкту.

7.2 Підтвердження якості

Підтвердження якості – це планова й регулярна оцінка виконання проєкту з метою підтвердження відповідності прийнятим стандартам якості. Ця процедура повинна здійснюватися на всьому протязі проєкту.

Звичайне підтвердження якості проводить спеціальний організаційний підрозділ, що може як входити у виконуючу організацію, так і бути зовнішнім щодо виконавців проєкту.

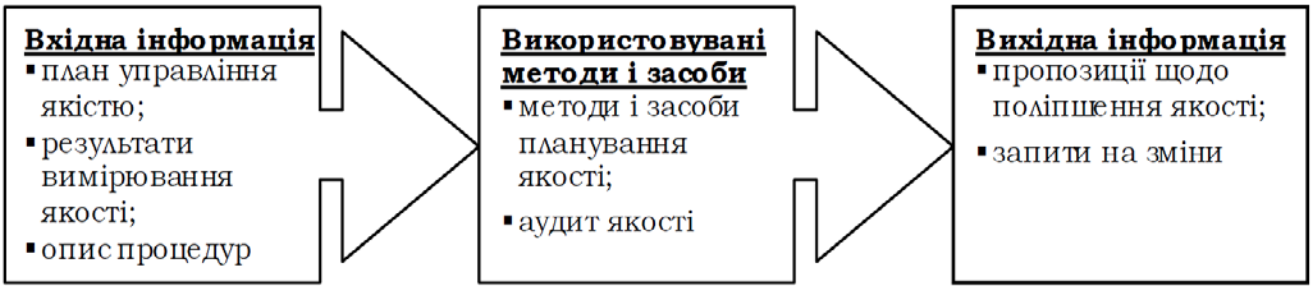


Рис. 7.2 – Алгоритм підтвердження якості.

Використовувані методи і засоби

Методи й засоби планування якості. Для підтвердження якості можуть бути використані ті ж методи, що й для планування якості.

Аудит якості – це структурований аналіз операцій з управління якістю. Метою такого аудиту є визначення корисного для поліпшення виконання проєкту досвіду і його поширення у виконуючій організації. Аудит може проводитися як у плановому порядку, так і випадково внутрішніми підрозділами виконуючої організації або зовнішніх фірм.

Вихідна інформація підтвердження якості

Пропозиції щодо поліпшення якості. Поліпшення якості означає виконання дій з підвищення ефективності проєкту. Звичайно заходи щодо підвищення якості пов’язані з необхідністю підготовки запитів на зміни й коригуванням планів робіт. Тому вони регулюються загальними процедурами управління змінами.

Запити на зміни. За результатами приймання або інспекції можуть виявитися такі претензії до якості роботи, які вимагають застосування коригувальних впливів і коригування базового плану робіт проєкту, що залишилися.

7.3. Аналіз якості проєкту

Аналіз якості містить у собі моніторинг результатів з метою перевірки на відповідність прийнятим стандартам якості й визначення шляхів усунення причин небажаних результатів виконання якості проєкту.

Оскільки результати проєкту включають як характеристики продуктів проєкту, так і результати процесів, існує розподіл функцій контролю якості. Контроль якості продуктів виконується відповідним підрозділом, а контроль якості процесу – командою проєкту.

Команда проєкту повинна бути знайома зі статистичними принципами аналізу якості, щоб грамотно оцінити результати аналізу якості.

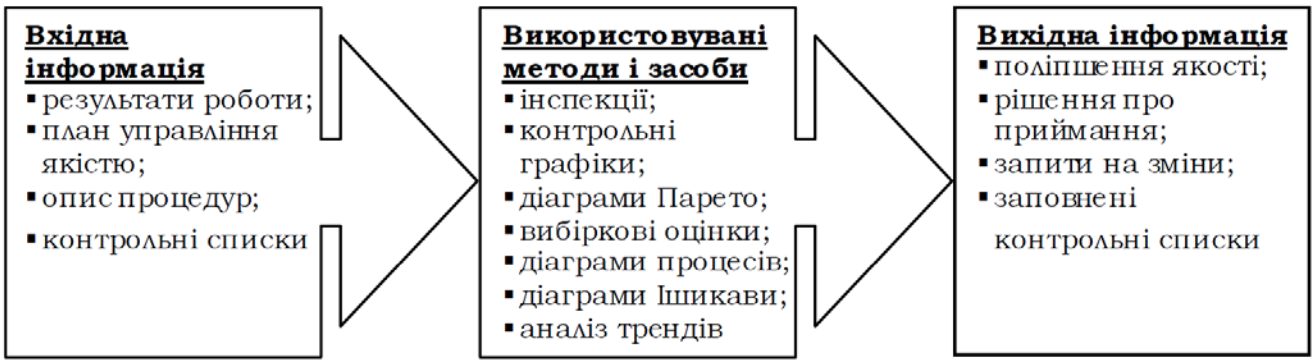


Рис. 7.3 – Аналіз якості

Вхідна інформація аналізу якості

Результати роботи. Результати роботи включають результати як по продуктах, так і процесах. Результати роботи необхідні для порівняння з запланованими показниками.

Використовувані методи і засоби

Контрольні графіки – це графічне відображення результатів процесу в часі. Вони призначені для виявлення того, чи залишається процес керованим. Поки процес є керованим, не потрібне проведення коригувальних впливів, хоча й можливі зміни процесу з метою досягнення певних поліпшень. Контрольні графіки можуть використовуватися для моніторингу будь-яких вихідних змінних.

Діаграми Парето – це тип стовпчикової діаграми (гістограми), що демонструє залежність або невідповідність у залежності частоти виникнення дефектів (подій) від їхніх причин. У процесі визначення необхідних коригувальних впливів використання діаграми Парето дозволяє команді проєкту сконцентрувати увагу в першу чергу на тих проблемах, що викликають максимальне число дефектів. Діаграма Парето концептуально пов’язана із законом Парето, який стверджує, що більшість дефектів є наслідком невеликого числа причин (рис.7.4).

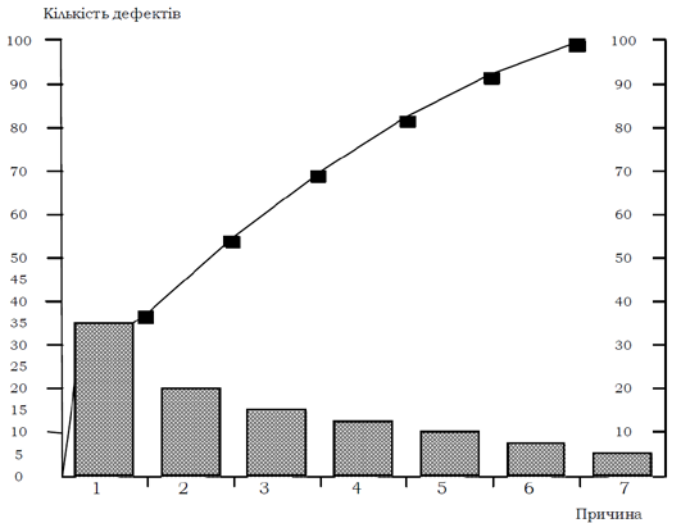


Рис. 7.4 – Приклад діаграми Парето

Вибіркові оцінки. Вибіркові оцінки означають вибір для оцінки час тини оцінюваної сукупності, наприклад, вибір для оцінки десяти робочих креслень для будівництва із сімдесяти п'яти підготовлених. Правильне використання вибіркових оцінок знижує трудомісткість і вартість аналізу якості. (рис.7.5).

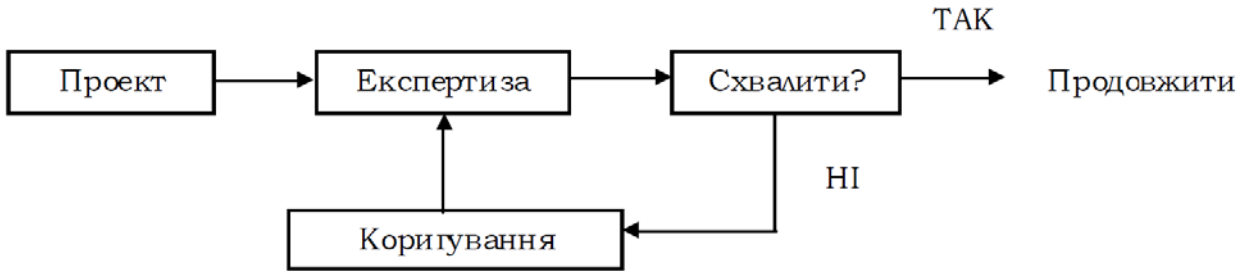


Рис. 7.5 – Приклад діаграми процесу

Іншим розповсюдженим типом використовуваних діаграм є діаграми причинно-наслідкових зв'язків, які також називають діаграмами Ішикави. Діаграми демонструють, через які причини можуть виникнути проблеми (рис.7.6).

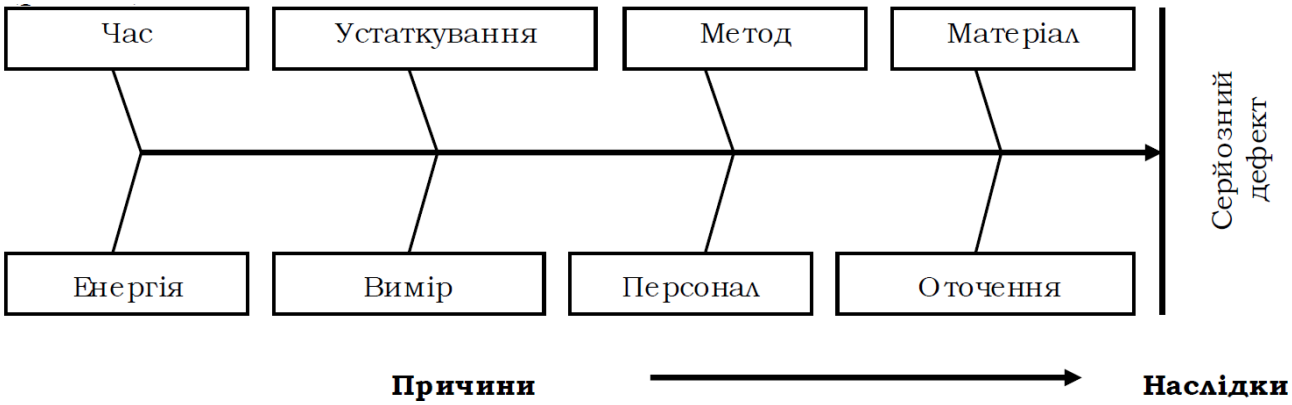


Рис. 7.6 – Приклад діаграми причинно-наслідкових зв'язків

Аналіз трендів – це математичний апарат, призначений для прогнозування майбутніх результатів, виходячи з минулих спостережень. Аналіз трендів використовують для оцінки:

- технічного виконання – скільки помилок або дефектів виявлено й скільки залишилося непоміченими;
- проєктного виконання – як часто операції виконуються з відхиленнями від запланованих характеристик.

Вихідна інформація аналізу якості

Покращення якості. Цей етап включає заходи для підвищення ефективності проєкту й збільшення вигоди для його власників. У багатьох

випадках заходи щодо поліпшення якості здійснюються за процедурами, певними правилами управління змінами.

Рішення про приймання. Проінспектовані об'єкти або приймають, або відхиляють. Відхилені вимагають переробки.

Запити на зміни. Дефектні або незадовільні результати можуть мати потребу в переробці. Це правильно як відносно результатів проєкту в цілому, так і стосовно результатів процесів.

Заповнені контрольні списки. Заповнені контрольні списки звичайно зберігаються і включаються в архів проєкту.

7.4 Контроль якості проєкту

Контроль якості – це комплекс технічних і технологічних заходів щодо перевірки, аналізу й внесення необхідних коригувальних заходів. Види й методи контролю якості представлені на рис. 7.7.

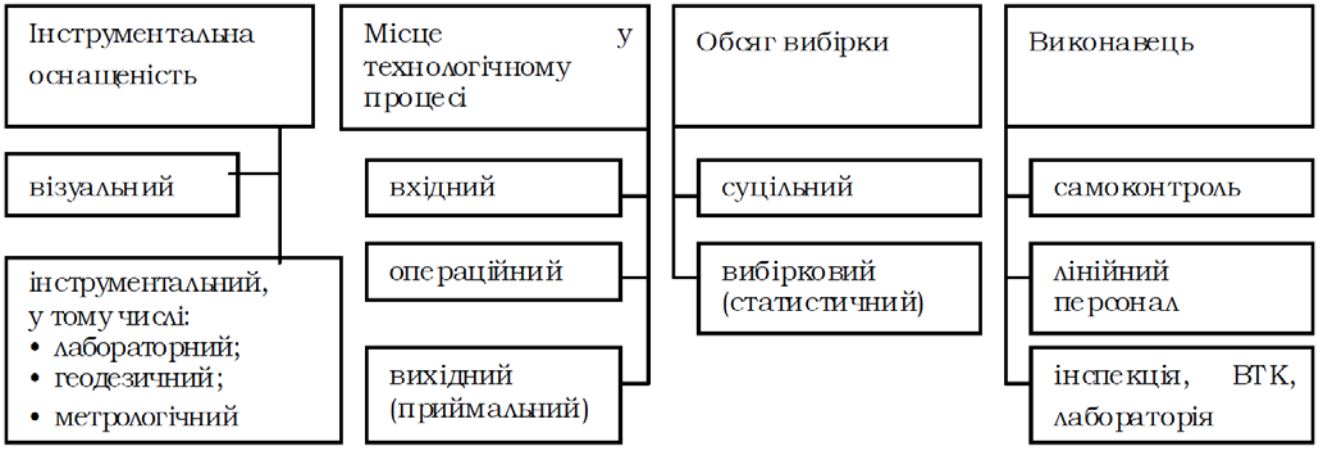


Рис. 7.7 – Види й методи контролю якості

З метою забезпечення якості в проєкті використовують такі заходи:

- контроль розробки проєкту (проєктування) має бути спрямований на те, щоб у проєктній документації були відображені вимоги законодавства, промислові стандарти, екологічні нормативи, а також враховані вимоги споживача;

- контроль документації повинен гарантувати, що документи й внесені в них зміни перевірені на відповідність, передані й використовуються за призначенням;

- контроль поставки устаткування і матеріалів повинен забезпечити відповідність устаткування, матеріалів і послуг проєктній документації;

- - ідентифікація і контроль матеріалів, деталей, вузлів повинен запобігати використанню помилкових або дефектних матеріалів і деталей;

- - перевірка готовності до випробувань повинна гарантувати, що при проведенні випробувань будуть дотримані всі необхідні вимоги, а самі випробування матеріалів, приладів, устаткування та ін. будуть проведені у відповідних умовах;

- - перевірка контрольно-вимірювальної апаратури повинна гарантувати необхідний рівень точності й акуратності при проведенні випробувань;

- - перевірка системи управління запасами повинна забезпечувати підтримку необхідного рівня запасів, їхній захист, умови зберігання та ін.;

- - контроль проведення випробувань і приймання;

- - коригувальні впливи повинні гарантувати виявлення і ліквідацію ситуацій, що негативно впливають на якість проєкту, а також запобігання повторенню таких ситуацій у майбутньому;

- реєстрація заходів із забезпечення якос ті дозволяє визначити ефективність програми забезпечення якості проєкту.

Організація контролю на різних фазах здійснення проєкту представлена на рис.7.8.



Рис. 7.8 – Організація контролю на різних фазах здійснення проєкту

Система управління змінами якості. Вона визначає процедури, за якими можуть бути змінені вимоги до якості. Вона повинна бути взаємозалежна із системами управління цілями проєкту.

Визначення альтернатив. Під визначенням альтернатив розуміються будь-які способи вироблення підходів до якості продукту й проєкту. При цьому застосовуються різні засоби, серед яких мозковий штурм, гуртки якості і т.д.

Додаткові роботи. Коригувальні впливи час то передбачають виконання додаткових робіт, тобто коригування цілей проєкту, складу операцій, розкладу робіт, потреб у ресурсах, вартості і т.д.

Приймання устаткування за кількістю, якістю і комплектністю здійснюється в порядку, регламентованому законодавством і відповідними підзаконними актами.

За договором поставки покупець зобов'язаний зробити всі необхідні дії, що забезпечують прийняття товарів і перевірити якість та кількість прийнятих товарів.

При контролі за прийманням продукції за строком й кількістю розрізняється:

- прострочення поставки – коли постачальник затримав поставку проти строку, обумовленого в договорі;

- недопоставка продукції – якщо постачальник в обумовлений у договорі строк поставив меншу кількість продукції, ніж це передбачено в договірній специфікації;

- заповнення – додаткова поставка раніше недоданої продукції;

- відповідальне зберігання – прийняття замовником поставленої продукції без права її використання із зобов'язанням її схоронності.

Розрізняють наступні оцінки поставленої продукції при контролі технологічного устаткування за критерієм якості:

- якісна – в наявності сукупність споживчих властивостей і здатність задовольняти певні потреби будівництва об'єктів і пускових потужностей, забезпечуючи технічні, соціальні, естетичні вимоги, установлені в нормативних документах;

- неналежної якості – устаткування відповідає вимогам нормативних документів і може використовуватися за прямим призначенням, але показники якості нижче зазначених у відвантажувальних документах постачальника;

- некомплектна – немає в наявності всіх необхідних деталей, апаратури, допоміжних пристроїв, запасних час тин, всіх предметів, що входять у строго встановлені асортименти;

- з виробничими недоліками – через порушення технологічних процесів при виготовленні й відхиленні від проєкту є недоліки або дефекти;

- з конструктивними недоліками – є недоліки або дефекти, викликані недостатнім пророблення проєктних рішень, що визначають конструкцію;

- недоброякісна – продукція не відповідає за своїми показниками вимогам нормативної документації і її не можна використати за прямим призначенням.

Якість продукції, що поставляється, повинна відповідати показникам державних стандартів, галузевих технічних умов, затвердженим зразкам. При їх відсутності контроль якості продукції здійснюється відповідно до стандартів і

технічних умов, затверджених постачальником за узгодженням із замовником.

По закінченні приймання продукції складається акт, який підписують всі особи, що беруть участь у перевірці якості й комплектності устаткування.

7.5 Комплексна система забезпечення якості продукції проєкту

Відповідно до визначення міжнародного стандарту ISO 8402 якість продукції– це сукупність властивостей і характеристик виробу, які дають йому здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби.

Показники якості продукції розосереджуються наступним чином (рис.7.9.).

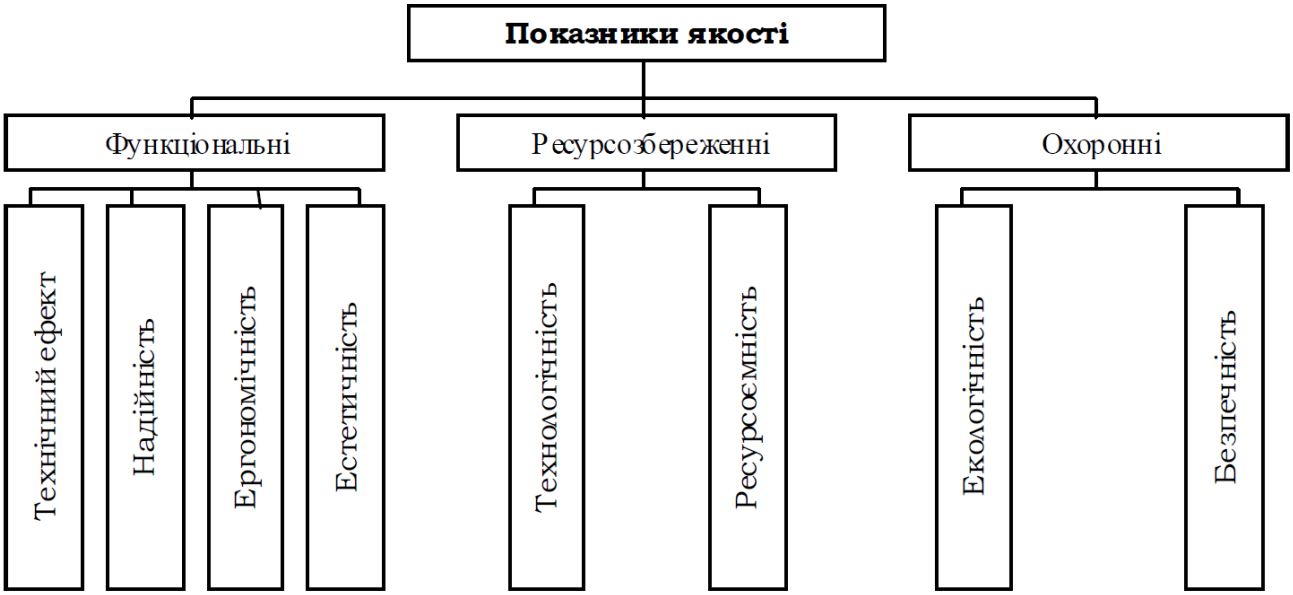


Рис. 7.9 – Показники якості продукції проєкту в машинобудуванні

Функціональні показники виражають ті чи інші споживчі властивості продукції. Показники технологічності конструкції характеризують ті її конструктивні особливості, зміна яких впливає на рівень витрат ресурсів на розробку й виготовлення і дозволяє оптимізувати ці витрати.

Комплексне використання всіх цих чинників і їхніх компонентів – основна умова успішного функціонування системи управління якістю продукції проєкту. Цей досвід узагальнено в серії міжнародних стандартів ISO 9000, про що вже йшлося раніше. Відповідно до цих стандартів існує тісний взаємозв’язок між стадіями життєвого циклу продукту проєкту і його якістю, який утворює так звану «петлю якості» (рис.7.10).

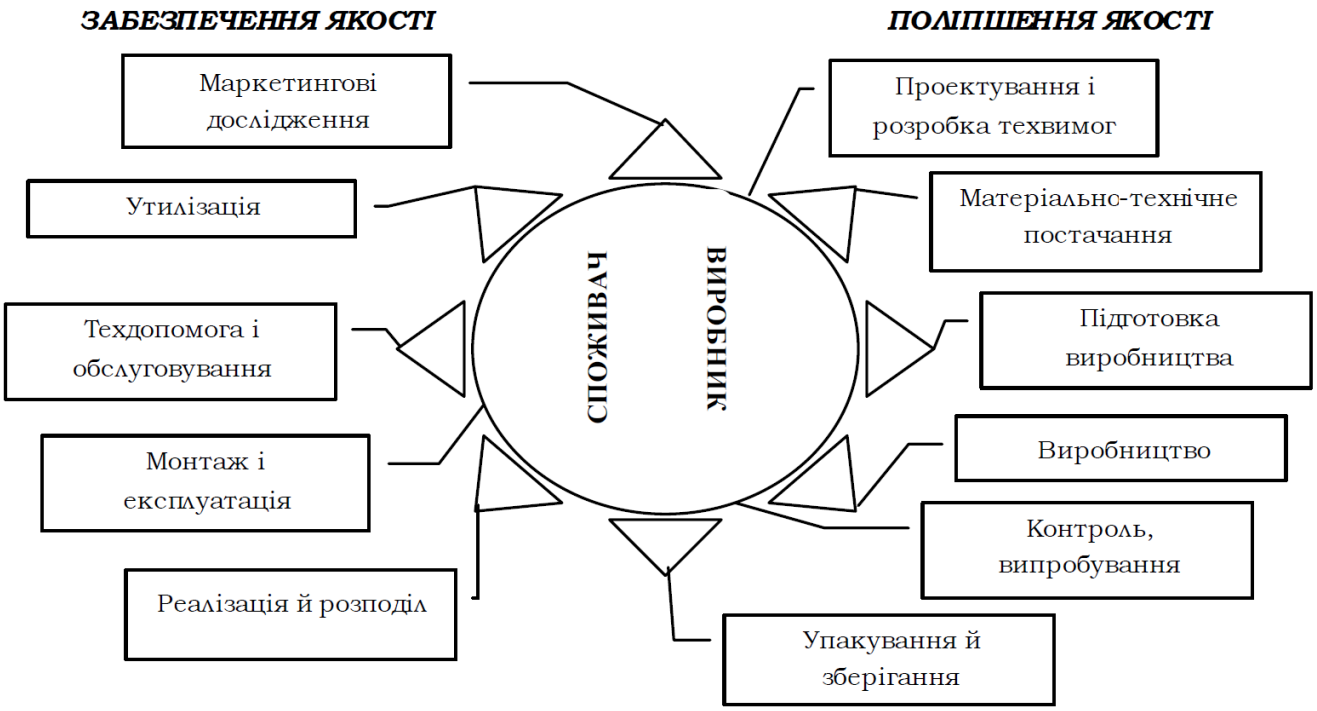


Рис. 7.10 – «Петля якості» продукції проєкту

Типова схема оцінки рівня якості продукції наведена на рис.7.11.



Рис. 7.11 – Схема оцінки рівня якості продукції

ТЕМА 8 УПРАВЛІННЯ ЗАВЕРШЕННЯМ ПРОЄКТУ

8.1 Етапи закриття проєкту

Фаза завершення робіт по проєкту включає наступні етапи: уведення проєкту в дію; досягнення проєктом заданих результатів; припинення фінансування проєкту; роботи з закриття проєкту і внесенню змін, не передбачених первісним задумом; участь в експлуатації об'єктів проєкту. На практиці завершальну фазу поєднують з фазою ліквідації проєкту, що передбачає виведення об'єктів проєкту з експлуатації, ремонт, модернізацію, реконструкцію об'єкта проєкту.

Уведення проєкту в дію означає остаточний етап інвестиційної фази, тобто до цього моменту повинні бути побудовані і прийняті до експлуатації всі основні об'єкти. Закінчені будівництвом об'єкти виробничого призначення приймаються приймальними комісіями в експлуатацію тільки в тому випадку, якщо вони підготовлені до експлуатації (укомплектовані експлуатаційними кадрами, забезпечені енергоресурсами, сировиною й ін.), на них усунуті недоліки і на встановленому устаткуванні розпочато випуск продукції (надання послуг), передбаченої проєктом, в обсязі, що відповідає нормам освоєння проєктних потужностей у початковий період.

Об'єкти машинобудівного призначення, закінчені будівництвом (реконструкцією), пред'являються до приймання в експлуатацію після виконання всіх будівельно-монтажних робіт і робіт із благоустрою території, а також за умови забезпеченості об'єктів устаткуванням і інвентарем у повній відповідності з затвердженими у встановленому порядку проєктами і кошторисами.

Закриття проєкту – це процедури по завершенню договірних зобов'язань між учасниками проєкту, а також комплекс організаційних заходів щодо доведення ряду адміністративних задач. Закриття проєкту здійснюється в кілька етапів, а саме:

I етап — перевірка фінансової звітності власника (замовника) проєкту і виконавців (учасників);

II етап — паспортизація. Закордонний досвід показує, що даний етап доцільніше здійснювати на більш ранніх фазах реалізації проєкту;

III етап — виявлення невиконаних зобов'язань. Найбільш часто зустрічаються такі види невиконаних зобов'язань, як постачання, брак і недоробки з боку підрядних і субпідрядних організацій;

IV етап — завершення невиконаних зобов'язань. Завершення невиконаних зобов'язань з боку учасників проєкту перед власником (замовником) проєкту здійснюється різними способами:

- своєчасним і сумлінним виправленням шлюбу й усуненням недоробок відповідно до вимог замовника, регулюванням взаємин у фінансовій частині зобов'язань;

- виставлянням претензій виконавцю замовником і стягуванням штрафів і т.д.;

V етап — гарантійне обслуговування;

VI етап — остаточний розрахунок;

VII етап — підготовка підсумкового звіту;

VIII етап — демобілізація. Даний етап включає наступні заходи: розформування організаційної структури проєкту, повернення орендованого майна, устаткування, пристосувань, ліквідація малоцінних інформаційних, технічних і інших матеріалів.

Закриття проєкту являє собою особливий проєкт зі специфічними обмеженнями ресурсів. Для реалізації цього "проєкту", як правило, розробляється спеціальний план. План закриття проєкту являє собою таблицю обов'язків, що відображує пакети задач і робіт, сформульованих у визначеній структурі, і вказує особу чи організаційні групи, відповідальні за їхнє виконання.

8.2 Підведення підсумків і одержання даних про результати, досягнутих у ході виконання робіт із проєкту

Аналіз і оцінка результатів діяльності по реалізації проєкту, як правило, здійснюються консалтинговою фірмою разом з компанією – ініціатором проєкту. При підведенні підсумків, досягнутих у ході виконання робіт із проєкту, підлягають оцінці наступні основні питання.

1. Стратегія по досягненню цілей проєкту.

2. Відповідність прийнятих рішень передпроєктному обґрунтуванню інвестицій, іншим передпроєктним матеріалам, завданню на розробку проєкту будівництва, а також вихідним даним, технічним умовам, регламентам і обмеженням, виданим зацікавленими організаціями й органами державного нагляду при узгодженні місця розміщення об'єкта.

3. Вибір площадки (траси) будівництва з обліком інженерно-геологічних, екологічних і інших факторів, погоджень місцевих органів управління в частині землекористування, розвитку соціальної і виробничої інфраструктури територій, результатів порівняльного аналізу варіантів розміщення площадки (траси).

4. Обґрунтованість визначення потужності (місткості, пропускної здатності) об'єкта, виходячи з проєктних рішень, забезпечення сировиною,

паливно-енергетичними й іншими ресурсами, потреби в продукції, що випускається, чи наданих послугах.

5. Достатність і ефективність технічних рішень і заходів щодо охорони навколишньої природного середовища, попередженню аварійних ситуацій і ліквідації їхніх наслідків.

6. Достатність інженерно-технічних заходів щодо захисту населення і стійкості функціонування об'єктів у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

7. Забезпечення безпеки експлуатації підприємств, будинків і споруджень, дотримання норм і правил вибухо- і пожежної безпеки.

8. Дотримання норм і правил по охороні праці, техніці безпеки і санітарних вимог.

9. Обґрунтованість застосовуваної технології виробництва на основі порівняння можливих варіантів технологічних процесів і схем, вибору основного технологічного устаткування.

10. Оцінка технічного рівня створеного (реконструйованого) підприємства (виробництва), його матеріало- і енергоємності.

11. Обґрунтованість і надійність будівельних рішень.

12. Оптимальність рішень за генеральним планом, їх взаємозв'язок з затвердженою містобудівною документацією, раціональність рішень по щільності забудови території і довжини інженерних комунікацій.

13. Забезпечення архітектурної єдності і високого рівня архітектурного вигляду будинків і споруджень, відповідність їхнім містобудівним вимогам в ув'язуванні з існуючою забудовою.

14. Обсяг робіт, графік їхнього здійснення.

15. Витрата бюджету проєкту.

16. Ефективність використання джерел і застосовуваних схем фінансування проєкту.

17. Здійснення договірної роботи.

18. Ефективність витрати матеріально-технічних ресурсів.

19. Аналіз комерційних аспектів проєкту.

20. Аналіз фінансової частини проєкту.

21. Економічний аналіз проєкту.

22. Інституціональний аналіз.

23. Оцінка діяльності по керуванню ризиком.

24. Аналіз механізмів контролю і звітності по проєкту за часом, витратам, показникам, ресурсам.

Результати, отримані в ході підведення підсумків діяльності по проєкту,

дозволяють розширити базу даних по проєкті, а також виявити всі помилки і недоліки, які необхідно враховувати при реалізації аналогічних проєктів.

Позитивним підсумком діяльності по здійсненню проєкту можна вважати досягнення поставлених цілей з найменшими витратами ресурсів і часу.

Зберігати підсумковий звіт по проєкту рекомендується протягом 10 років. Креслення, картки, звіти, фотознімки, дані іспитів і введення в експлуатацію, а також інша інформація, накопичена в ході роботи над проєктом, повинні бути проаналізовані з погляду їхньої необхідності в майбутньому (наприклад, при відстоюванні юридичних прав).

8.3 Гарантійне обслуговування об'єкта проєкту

Гарантія (фр. garantie, англ. guarantee) – один зі способів забезпечення виконання зобов'язань, застосовуваний у відносинах між суб'єктами, що хазяюють.

Гарантійне обслуговування – комплекс (програма) заходів, здійснюваних функціональною групою постачальника. Умови гарантії обмовляються в контракті.

Вони передбачають:

- визначення початку терміну гарантійного обслуговування і його тривалості;
- визначення переліку, обсягу ремонтних робіт;
- перевірку відповідності проєкту;
- спостереження за введенням в експлуатацію, початком робіт і іспитами;
- визначення відповідної вихідної сировини, застосовуваних технологій;
- перелік запасних частин, переданих замовнику;
- визначення припустимого режиму роботи устаткування;
- проведення іспитів для демонстрації відповідності паспортної продуктивності, а також якості продукції;
- обмеження відповідальності;
- умови закінчення дії контракту й ін.

Гарантійне обслуговування повинне передбачати передачу замовнику всієї технічної документації по устаткуванню (включаючи креслення), посібника з його експлуатації, технологічній документації, вимоги до сировини, матеріалів, інструментів, програми навчання персоналу.

Гарантійний термін (англ. warranty period) – період, протягом якого продавець (постачальник) ручається за нормальне функціонування товару (устаткування, сировини, матеріалів) за умови його належного використання і збереження.

Звичайно гарантійний термін (ГТ.) установлюється на товар, призначений для тривалого використання і збереження. У залежності від його властивостей і призначення можна назвати наступні види:

- ГТ експлуатації і (або) гарантійний наробіток. Гарантійний наробіток є різновидом ГТ експлуатації, однак виміряється в інших одиницях;
- ГТ збереження – період, протягом якого постачальник (виробник) гарантує усі встановлені стандартами експлуатаційні показники і споживчі властивості товару за умови дотримання замовником правил експлуатації і збереження;
- ГТ придатності;
- ГТ експлуатації – період, протягом якого постачальник (виробник) гарантує стабільність показників якості товару в процесі експлуатації.

За загальним правилом гарантійний термін на комплектуючий виріб вважається рівним гарантійному терміну на основний виріб і починає свій відлік одночасно з гарантійним терміном на основний виріб. Однак гарантійним контрактом можуть бути передбачені інші правила.

8.4 Аналіз ефективності реалізації проєкту

Реалізація будь-якого проєкту спрямована на досягнення заздалегідь заданих і чітко сформульованих цілей і зв’язаних з ними конкретних результатів. Ціль може бути визначена як намір досягти того чи іншого результату. У свою чергу, планований результат є об’єктом цілепокладання проєкту.

Мета і відповідно результати проєкту можуть бути економічними (наприклад, одержання прибутку, зниження собівартості продукції, досягнення визначеного рівня ефективності робіт, підвищення конкурентноздатності продукції), соціально-економічними (створення нових робочих місць, ріст бюджетних надходжень), екологічними (упровадження «чистих» технологій, зменшення викидів в атмосферу) і ін. Як правило, результати виражаються у виді кількісних показників.

Прийняття менеджерами проєкту адекватних сформованій ситуації управлінських рішень, спрямованих на максимально повне використання потенціалу наявних ресурсів проєкту і досягнення поставлених цілей у встановлений термін і при мінімумі витрат, неможливо без грамотної оцінки результатів і аналізу ефективності проєкту на стадії його реалізації. Для цього насамперед проводиться зіставлення планових і фактичних показників, витрат і результатів проєкту, що дозволяє зробити висновок про доцільність чи недоцільності здійснення тих чи інших заходів.

В оцінці результатів проєкту зацікавлені всі його учасники. Форма і ступінь участі кожного конкретного учасника в оцінці результатів проєкту залежить від прийнятої схеми управління проєктом. Склад і зміст показників, по яких оцінюються результати проєкту, а також критерії оцінки визначаються виходячи з інтересів окремих учасників. Іншими словами, учасники проєкту самі вирішують, що, як і коли треба оцінювати.

Замовник, як правило, оцінює результати проєкту (контролює хід його реалізації, а по завершенні підбиває підсумок), щоб приймати рішення про своєчасне перерахування засобів і відповідну винагороду виконавців. Критерієм результату для замовника виступає факт завершення проєкту (досягнення поставлених цілей) у заданий термін і в межах погодженого бюджету.

Інвестору оцінка результатів потрібна для прийняття інвестиційних рішень і формування стратегії і тактики інвестування в майбутньому. Результатом тут є дохід на вкладений капітал у сполученні з конкретним терміном повернення (окупності) інвестицій.

Кредитори стежать за ходом реалізації проєкту, щоб вчасно направляти обумовлені відповідним договором обсяги кредитних ресурсів і приймати рішення про подальше кредитування проєкту. Як об'єкти уваги кредиторів виступають грошові потоки проєкту, платоспроможність замовника, ліквідність активів власника проєкту.

Виконавці проєкту також оцінюють його результати. Реалізація проєкту сполучена з впливом на нього цілого ряду зовнішніх і внутрішніх факторів, не врахованих чи врахованих частково на етапі стратегічного, тактичного й оперативного планування. Ці фактори можуть істотно впливати на фактичні параметри проєкту, такі, як собівартість робіт, терміни і т.д. У зв'язку з цим керівництву проєкту необхідно постійно оцінювати фактично досягнуті проміжні результати, порівнювати їх із плановими показниками, виявляти причини відхилень і коректувати хід реалізації проєкту (контроль і управління змінами проєкту).

Оцінка прогнозованих кінцевих результатів проєкту, проведена на стадії його реалізації, дає можливість визначити, наскільки правильно реалізується проєкт у цілому. Аналіз фактичних кінцевих результатів проєкту дозволяє зробити відповідні висновки на майбутнє і вжити заходів по удосконаленню підходів до управління проєктами.

Розрізняють проміжні і кінцеві результати проєкту. Проміжні результати, як правило, зв'язані з виконанням комплексів (пакетів) робіт і завершенням визначених віх проєкту. Кінцевий результат зв'язаний з остаточною реалізацією

всього проєкту. Точній оцінці піддаються в основному економічні результати проєкту. Результати (наслідки) соціального, екологічного, політичного характеру коректній кількісній оцінці практично не піддаються.

Результати проєкту можуть бути виражені у виді статичних і динамічних показників, абсолютних і відносних величин.

Як результати проєкту можуть виступати:

- абсолютні показники тривалості, витрат і вигоди проєкту (тривалість будівництва, вартість виконаних робіт, обсяг витрачених ресурсів, прибуток від експлуатації проєкту, строк окупності й ін.);
- відносні показники ефективності використання ресурсів проєкту (оборотність ресурсів, продуктивність праці, рентабельність проєкту, прибутковість інвестицій і ін.);
- динамічні показники, що характеризують зміну в часі чи стосовно інших аналогічних проєктів параметрів проєкту (наприклад, ріст продуктивності праці, зниження собівартості робіт, скорочення термінів будівництва й ін.).

Результати можуть вимірятися в натуральних і грошових одиницях, тимчасових величинах і т.д.

Основними результатами проєкту є:

- Факт завершення проєкту (досягнення поставлених цілей з виконанням вимог якісного характеру).
- Вартість виконаних робіт (вартість витрачених ресурсів).
- Тривалість реалізації проєкту.
- Економічні вигоди, отримані в результаті реалізації проєкту (дохід, прибуток, зміцнення ринкових позицій і ін.).
- Соціально-економічні досягнення (збільшення зайнятості, ріст рівня життя населення і т.д.).

Оцінка результатів проєкту заснована на порівнянні фактичних показників із плановими і (або) з показниками аналогічних проєктів. Таким чином, оцінка характеризує міру досягнення намічених цілей (результатів) і відносні переваги реалізованого проєкту.

Аналіз результатів дозволяє виявити фактори, які призвели до відхилень від заданих параметрів проєкту, знайти «слабкі місця», установити причину збоїв, затримок, перевитрати коштів і інших “неприємностей”. Оцінка й аналіз результатів проєкту є основою ефективного управління проєктом.

Список літературних джерел:

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOKGuide). Sixth Edition. Project Management Institute, 2017. 800 p.

2. ISO 21500-2017 Guidance on Project Management (IDT).

3. Автухов А.К., Мартиненко О.Д. Управління проєктами в машинобудуванні. Навчально-методичний посібник для підготовки студентів освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, галузі знань 13 «Механічна інженерія», напряму підготовки 133 «Галузеве машинобудування», / Держ. біотенх. ун-т. – Х.: ДБТУ, 2023. – 96с.

4. Герасимчук Г.А. Управління проєктами в машинобудуванні: електронний навч. посібн. Луцьк: ЛНТУ, 2019. Затверджено науково-методичною радою Луцького НТУ, протокол №10 від 17 травня 2019р.

5. Довгань Л.Є., Мохонько Г.А., Малик І.П., Управління проєктами: Навчальний посібник.– К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 420 с.

6. Єгорченков О.В., Єгорченкова Н.Ю., Катаєва Є.Ю. Азбука управління проєктами. Планування : навч. посіб. Київ : КНУ ім.Т.Шевченка, 2017 – 117с.

7. Ноздріна Л.В., Ящук В.І., Полотай О.І. Управління проєктами : підручник. Київ: ЦНЛ, 2019 – 432 с.

8. Петрович Й.М., Новаківський І.І. Управління проєктами: підручник Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 396 с.

9. Прикладні аспекти управління проєктами в публічній сфері. За заг. ред. О.В. Кулініча. Х. : ФОП Іванченко І. С., 2018. – 93 с.

10. Управління проєктами в наукоємному машинобудуванні. Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. Г. Кривова, С. І. Трубачев. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 101 с.

11. Фіддінг Пол Дж. Як керувати проєктами /пер. з англ. О. Якименко. – Харків: Вид-во «Ранок»: Фабула, 2020. – 240 с.

12. Чумаченко І.В. , Морозов В.В., Доценко Н.В., Чередниченко А.М. Управління проєктами: процеси планування проєктних дій: підручник. К.: КРОК, 2014. – 673 с.

13. Яковенко О.І. Управління проєктами та ризиками: Навчальний посібник.– Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2019. – 196 с.

Навчальне видання

Божко Тетяна Євгенівна
Валецький Богдан Петрович
Самчук Людмила Михайлівна
Четвержук Тарас Іванович

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ПІДГОТОВЦІ МАГІСТРІВ З ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Комп’ютерний набір колектив авторів
Верстка: Б. Валецький

Формат 60х84 1/16. Обсяг 18,83 ум. друк. арк., 18,05 обл.-вид. арк.
Наклад 300 пр. Зам. 16. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. +38 066-936-25-49)
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.



ВЕЖА ДРУК

ISBN 978-966-940-536-4