

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелєв І.Л.

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

на тему:

Дослідження методів та інформаційних технологій побудови СППР для вибору оптимального варіанту складу композиційних матеріалів і покриттів

Виконав: студент групи 6145 м



Могила Р.С.
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь вчене звання)



Слободян С.О.
(підпис)

м. Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

Спеціальність 124 "Системний аналіз"

Освітня програма "Системний аналіз"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми

д.ф-м.н, проф. Ушкац М.В.

"____" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

Студенту ____ Могила Р.С. _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження методів та інформаційних технологій побудови СППР для вибору оптимального варіанту складу композиційних матеріалів і покриттів

Керівник роботи ____ Слободян С.О. _____

Затверджені наказом ректора № 1055-уч. від "08" жовтня 2024 року.

2. Термін подання роботи: 15 грудня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) ДСТУ щодо обробки інформації, літературні джерела, технічна документація на існуючі аналоги систем, матеріали наукового стажування _____

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Системний аналіз моделей для розробки інформаційної системи. _____

2. Розробка технічного проекту інформаційної системи _____

3. Результати дослідження методів та розробка інформаційної системи _____

4. Технічно-економічне обґрунтування інформаційної системи _____

5. Охорона Праці. _____

6. Охорона навколишнього середовища.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Постановка задачі

2. Актуальність роботи

3. Концепція рішення проблеми

4. Діаграма використання інформаційної системи

5. Концептуальна модель інформаційної системи

6. Логічна модель даних

7. Фізична модель даних

8. Діаграма розгортання системи

9. Результати розробки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	01.08.2024	22.12.2024
2	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	15.08.2024	15.06.2024
3	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	09.09.2024	25.09.2024
4	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	25.09.2024	14.11.2024
5	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	25.09.2024	14.11.2024
6	Слободян С.О. доцент кафедри ІУСТ	25.09.2024	14.11.2024

7. Дата видачі завдання 05 вересня 2024 р.

– КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження та аналіз предметної галузі	22.12.2024	
2	Розробка концепції	15.03.2024	
3	Розділ з розробки проектних рішень по системі (та її частинах)	15.06.2024	
4	Реалізація проекту та розробка робочої документації	25.09.2024	
5	Обчислення економічної ефективності	14.11.2024	
6	Вирішення питань охорони праці та навколишнього середовища	14.11.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	14.11.2024	
8	Подання магістерської роботи на перевірку на плагіат	16.11.2024	
9	Подання магістерської роботи рецензенту	20.11.2024	
10	Подання магістерської роботи на державний захист	15.12.2024	

Студент



(підпис)

Могила Р.С.

(ПІБ)

Керівник роботи



(підпис)

Слободян С.О.

(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота «Дослідження методів та інформаційних технологій побудови СППР для вибору оптимального складу композиційних матеріалів і покриттів»

Актуальним питанням є створення спеціалізованих інформаційних систем управління складами композиційних матеріалів, що дозволяють як проектувати нові матеріали, так і коригувати склад вже існуючих на основі принципу «зворотного зв'язку».

Метою дослідження є підвищення ефективності праці інженера-матеріалознавця шляхом створення СППР, за рахунок впровадження інструментарію експертних оцінок, на основі методу аналізу ієрархії.

Об'єкт дослідження - інформаційні процеси і технології в проектуванні композиційних матеріалів. **Предмет дослідження** - методи та інформаційні технології побудови СППР для підвищення ефективності наукових досліджень в галузі проектування КМ.

Наукова новизна роботи:

- Запропоновано новий підхід до вибору складу композиційних матеріалів і покриттів при їх проектуванні із застосуванням методу аналізу ієрархій.

Методи дослідження: проведені дослідження засновані на методах і технологіях побудови інформаційних сховищ даних і технології інтелектуального аналізу даних, отриманих раціональним підходом для побудови системи підтримки прийняття рішень, методах експертних оцінок, методи пошуку оптимальних рішень, методах прийняття рішень, а саме метод аналізу ієрархій для вибору оптимального складу КМ і покриттів.

Практична цінність роботи: розробка СППР в основу якої покладено метод аналізу ієрархій, якій дозволяє скоротити матеріальні витрати і витрати часу на наукові дослідження в області проектування КМ.

Ключові слова: проектування, композиційні матеріали, система підтримки прийняття рішень, метод аналізу ієрархій.

ABSTRACT

Master's thesis "Research methods and information technologies for construction of DSS to select the optimal composition of composite materials and coatings

Pressing issue is the creation of specialized management information systems compositions of composite materials, allowing both to design new materials, as well as adjust the composition of existing ones based on "feedback" principle.

Purpose of work - increase the efficiency of engineering materials scientists work through the creation of DSS, through the introduction of tools expert estimates, based on the analytic hierarchy process.

The object of research - information processes and technologies in the design of composite materials. **Subject of research** - methods and information technology to build DSS to increase efficiency in the field of scientific research design KM.

Scientific novelty of the work:

- A new approach to the choice of composition of composite materials and coatings in their design using the analytic hierarchy process.

Methods: The studies are based on the methods and technologies of building data warehousing and technology of data mining, obtained a rational approach to the construction of decision support systems, methods of expert estimations, the best search method for solving, decision-making methods, namely the method of analysis of hierarchies for selection the optimal composition of the Cabinet and coatings.

Practical value of the work: the development of decision support system which was based on hierarchy analysis method, which can reduce material costs and time spent on research in the field of design KM.

Keywords: design, composite materials, decision support system, method of analysis of hierarchies.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

1.1 Методи побудови систем автоматизованого проектування та місце СППР в ієрархії САПР

1.1.1 Загальні поняття САПР

1.1.2 Підсистеми САПР

1.1.3 Характеристика видів забезпечення САПР

1.1.4 Універсальні та спеціалізовані САПР в матеріалознавстві

1.1.5 Місце СППР в ієрархії САПР

1.2 Методологічні основи побудови системи підтримки прийняття рішень

1.2.1 Місце СППР в ієрархії інформаційних систем

1.2.2 Характеристика СППР

1.2.3 Структура СППР

1.2.4 Особливості побудови СППР

1.2.5 Методи створення СППР

1.3 Аналіз структури та особливості використання експертних систем

1.3.1 Структура експертної системи

1.3.2 Основні особливості використання експертних систем

1.4 Мета та задачі дослідження з розробки СППР для вибору оптимального складу композиційних матеріалів та покриттів

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИБОРУ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І ПОКРИТІВ

2.1 Дослідження існуючих методів прийняття рішень

2.1.1 Класифікація моделей та методів прийняття рішень

2.2 Метод аналізу ієрархій

2.2.1 Загальна характеристика МАІ

2.2.2 Основні етапи МАІ

2.2.3 Переваги та недоліки методу аналізу ієрархій

2.2.4 Застосування методу аналізу ієрархій для вибору складу КМ та покриттів

3 РОЗРОБКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СППР СКІФ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність теми. Наш час відрізняється високими темпами науково-технічного прогресу. Бурхливий розвиток сучасної техніки вимагає новіших матеріалів з наперед заданими властивостями. Потрібні матеріали з надвисокою міцністю, твердістю, жаростійкістю, корозійну стійкість, радіаційною стійкістю, іншими характеристиками і загальним поєднанням цих властивостей.

На сьогоднішній день найбільш популярними, використовуваними матеріалами є композити, вони застосовуються практично у всіх областях техніки.

КМ є багатокомпонентними матеріалами, властивості яких залежать від безлічі рецептурно-технологічних факторів, вплив яких визначається, як правило, експериментальним шляхом.

Проектування композиційних матеріалів обмежено конструкторської та технологічної можливостями. Для скорочення обсягу дослідних робіт при пошуку рецептур композиційних матеріалів з оптимальними структурами, мінімізації матеріальних і фінансових витрат, підвищення ефективності праці використовується математичне і комп'ютерне моделювання. Це і призводить до необхідності автоматизації процесу проектування композиційних матеріалів.

Актуальним питанням є створення комп'ютерних систем управління складом КМ, які дозволяли б не тільки проектувати оптимальні за складом композити, а й коригувати їх склад на основі принципу «зворотного зв'язку», з метою прийняття раціональних рішень.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності праці інженера-матеріалознавця шляхом створення СППР за рахунок впровадження інструментарію експертних оцінок, які використовують аналіз ієрархій, який дозволить ефективно знаходити оптимальне рішення задачі проектування композиційних матеріалів.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів побудови системи підтримки прийняття рішень та методів прийняття рішень, які використовуються в СППР;
- обґрунтувати доцільність застосування методу аналізу ієрархій для розв'язання задачі вибору складу композиційних матеріалів і покриттів;
- розробити СППР для вибору оптимального складу композиційних матеріалів і покриттів.

Об'єкт дослідження: інформаційні процеси та технології в проектуванні композиційних матеріалів.

Предмет дослідження: методи та інформаційні технології побудови СППР для підвищення ефективності наукових досліджень в галузі проектування КМ.

Методи дослідження. Проведені дослідження ґрунтуються на методах та технологіях побудови інформаційних сховищ даних та технології інтелектуального аналізу даних, які є раціональним підходом для побудови системи підтримки прийняття рішень, методах експертних оцінок, методах пошуку оптимальних рішень, методах прийняття рішень, а саме методі аналізу ієрархій для вибору оптимального складу КМ та покриттів.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- запропонований новий підхід до вибору складу композиційних матеріалів і покриттів при їх проектуванні із застосування методу аналізу ієрархій.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

1.1 Методи побудови систем автоматизованого проектування та місце СППР в ієрархії САПР

1.1.1 Загальні поняття САПР

Оскільки необхідність автоматизації процесу проектування композиційних матеріалів була сформульована вище, то необхідно зрозуміти що ж із себе представляє автоматизація проектування.

САПР (CAD - Computer Aided Design) - загальний термін для позначення всіх аспектів проектування з використанням засобів обчислювальної техніки. Зазвичай охоплює створення геометричних моделей виробу, а також генерацію креслень виробів.

Прогрес науки і техніки, потреби суспільства, що розвивається в нових промислових виробках обумовлено необхідністю виконання проектних робіт. Вимоги до якості проектів, з термінами їх виконання стає все більш жорстким при зростанні складності проєктованих об'єктів. Крім цього, темпи морального старіння виробів сьогодні такі, що поставлені на конвеєр нові зразки частіше вже не відповідають сучасним вимогам.

Здійснення цих цілей стало можливим на основі широкого використання засобів ЕОМ на всіх етапах виробництва:

- контроль проектування, де зароджується вихідна модель виробу, технологічного проектування;
- проектування організації управління виробництвом з формуванням даних про матеріальні та інформаційні потоки виробництва;
- виготовлення виробів шляхом операцій над матеріальним об'єктом, на основі, створеної на попередніх етапах інформації;

- оцінка якості виробу на основі порівняння потрібних і реальних характеристик.

1.1.2 Підсистеми САПР

Як і будь-яка складна система, САПР складається з підсистем. За призначенням підсистеми САПР поділяють на два види: проектуючі та обслуговуючі. Структура САПР графічно представлена на рисунку 1.1.

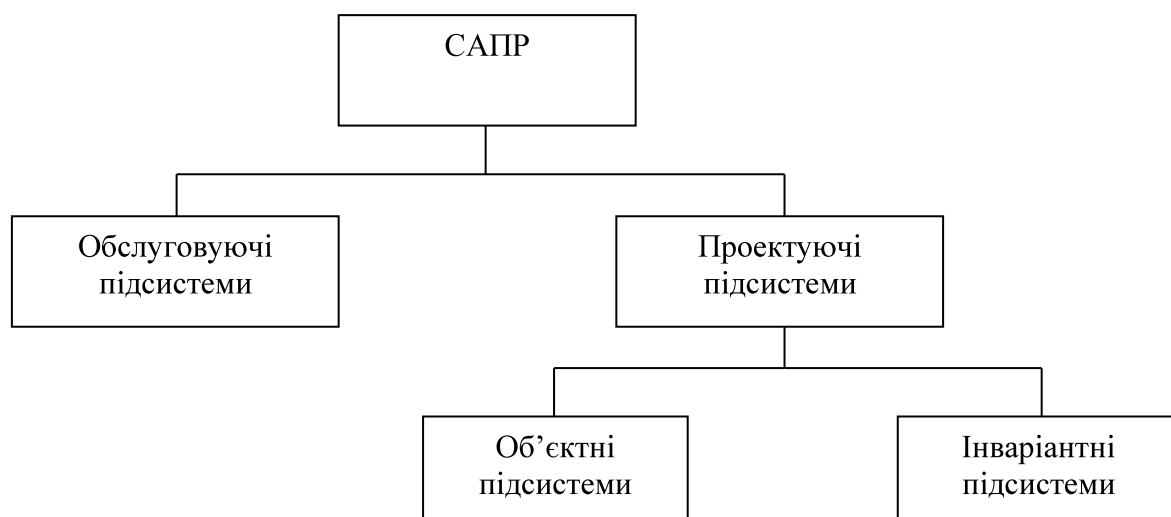


Рисунок 1.1 - Структура САПР

- обслуговуючі підсистеми — об'єктно-незалежні підсистеми, що реалізують функції, загальні для підсистем або САПР в цілому: забезпечують функціонування проектуючих підсистем, оформлення, передачу і вивід даних, супровід програмного забезпечення і т.п., Їх сукупність називають системним середовищем (або оболонкою) САПР;
- проектуючі підсистеми — об'єктно-орієнтовані підсистеми, що реалізують певний етап проектування або групу пов'язаних проектних завдань. Залежно від ставлення до об'єкта проектування, діляться на:
 - а) об'єктні — виконують проектні процедури і операції, безпосередньо пов'язані з конкретним типом об'єктів проектування;

- b) інваріантні - виконують уніфіковані проектні процедури і операції, що мають сенс для багатьох типів об'єктів проектування.

Прикладами проектуючих підсистем можуть служити підсистеми геометричного тривимірного моделювання технічних об'єктів, схемотехнічного аналізу, трасування з'єднань в друкованих платах.

Типовими обслуговуючими підсистемами є:

- підсистемами управління проектними даними;
- підсистемами підтримки прийняття рішень;
- навчальні підсистеми для освоєння користувачами технологій, реалізованих в САПР;
- підсистеми графічного вводу-виводу;
- система управління базами даних (СУБД).

1.1.3 Характеристика видів забезпечення САПР

Структурування САПР призвело до появи видів його забезпечення. На рисунку 1.2 представлена графічна схема забезпечення САПР.

Прийнято виділяти дев'ять видів забезпечення САПР:

- математичне (МЗ) - об'єднує математичні методи, моделі та алгоритми для виконання проектування. Розробка математичного забезпечення є найскладнішим етапом створення САПР, від якого, найбільшою мірою, залежать продуктивність і ефективність функціонування САПР в цілому;
- програмне (ПЗ) - представлено комп'ютерними програмами САПР. Програмне забезпечення САПР представляє собою сукупність всіх програм та експлуатаційної документації до них, необхідних для

виконання автоматизованого проектування. Програмне забезпечення ділиться на загальносистемне та спеціальне (прикладне) ПО;

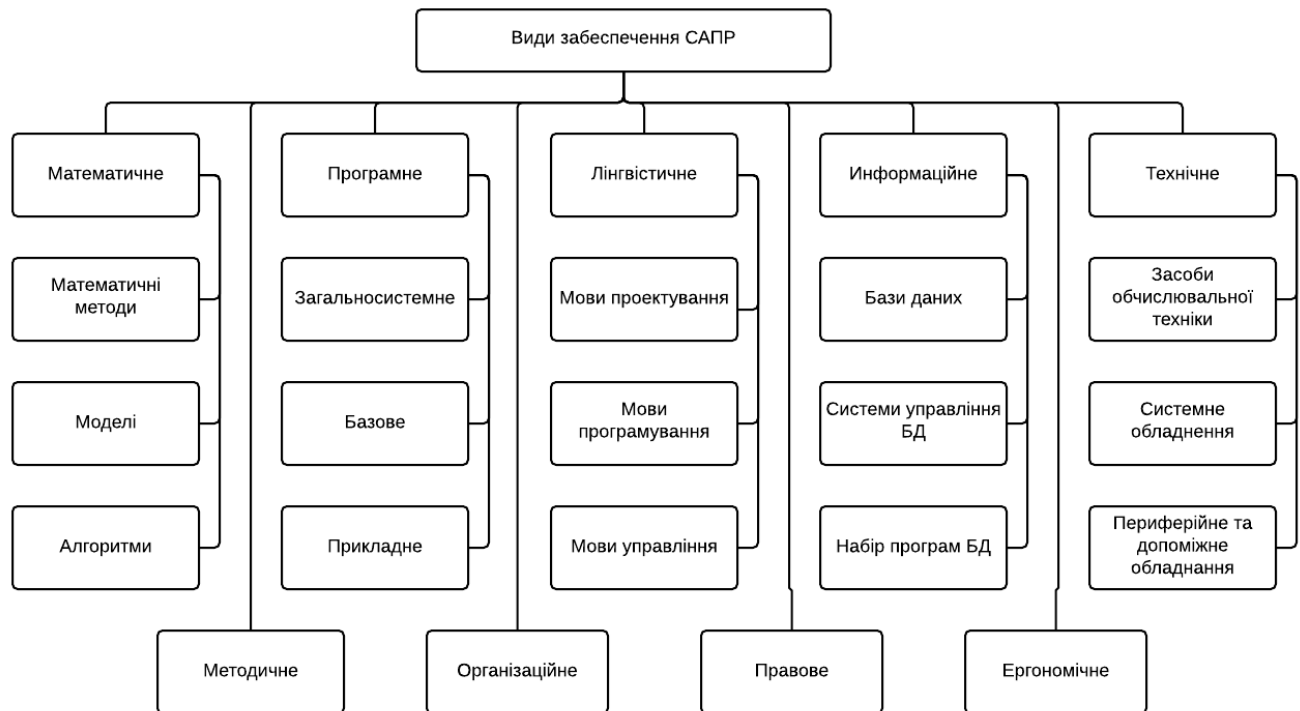


Рисунок 1.2 – Види забезпечення САПР

- інформаційне (ІЗ) - складається з бази даних, СУБД, а також містить у собі інші дані, які використовуються при проектуванні; відзначимо, що вся сукупність даних, що використовуються при проектуванні, називається інформаційним фондом САПР, база даних разом з СУБД називається банком даних;
- технічне (ТЗ) - включає в себе різноманітні апаратні засоби (ЕОМ, периферійні пристрої, мережеве комутаційне обладнання, лінії зв'язку, вимірювальні засоби);
- лінгвістичне (ЛЗ) - виражено мовами спілкування між проектувальниками і ЕОМ, мовами програмування і мовами обміну даними між технічними засобами САПР;
- методичне забезпечення - включає в себе різні методики проектування. Під методичним забезпеченням САПР розуміють документи, що входять до її складу, які регламентують порядок її експлуатації.

Причому документи, які стосуються процесу створення САПР, не входять до складу методичного забезпечення;

- організаційне забезпечення (ОЗ) - являє собою штатний розпис, посадові інструкції та інші документи, які регламентують роботу проектного підприємства;
- правове забезпечення - складається з правових норм, що регламентують правовідносини при функціонуванні САПР, і юридичний статус результатів її функціонування.
- ергономічне забезпечення (ЕЗ) - об'єднує взаємопов'язані вимоги, спрямовані на узгодження психологічних, психофізіологічних, антропометричних характеристик і можливостей людини з технічними характеристиками засобів автоматизації і параметрами робочого середовища на робочому місці.

1.1.4 Універсальні та спеціалізовані САПР в матеріалознавстві

Існують універсальні і спеціалізовані САПР. Універсальні САПР не призначені для вирішення певної задачі, їх можна адаптувати під конкретні вимоги, вони забезпечують побудови креслень, відображення графічних примітивів. Таким чином, універсальні САПР це лише електронний кульман, що забезпечує мінімальний рівень автоматизації проектних робіт. На сьогоднішній день універсальні САПР вже не задовольняють потребам більшості проектувальників. Вони можуть застосовуватися лише при розробці дуже малих і досить простих проектів, автоматизуючи тільки рутинну роботу кульмана і не більше того.

По мірі розвитку САПР і адаптації їх до завдань конкретних галузей стали з'являтися спочатку набори додаткових спеціалізованих модулів до універсальних систем, а потім і повністю спеціалізовані САПР, орієнтовані на ефективне виконання проектних робіт в специфічних областях застосування.

Наведемо огляд найбільш поширених, на сьогоднішній день, САПР з матеріалознавства:

- система Digimat (розробник e-Xstream engineering) - програмний комплекс для багаторівневого нелінійного моделювання матеріалів і виконання кінцево-елементного аналізу конструкцій з композиційних матеріалів, він дозволяє здійснювати розробки багатокomпонентних матеріалів;
- система Samcef (розробник Samtech) - CAE-система, призначена для інженерного аналізу і віртуального моделювання виробів на основі кінцево-елементного аналізу. З використанням даної системи проводиться інженерний аналіз виробів, що створюються з композиційних матеріалів;
- система Moldex3D (розробник CoreTech System) призначена для моделювання лиття пластмас під тиском і дозволяє моделювати процеси заливки прес-форми, витримки під тиском, охолодження деталі, усадки і викривлення, має спеціальний модуль для моделювання процесів виготовлення деталей методом інжекційного лиття з композиційних матеріалів, а також інтерфейси з усіма основними CAE-системами;
- система ENOVIA (розробник Dassault Systemes) призначена для забезпечення розподіленої роботи різних фахівців в режимі паралельної роботи, створення та підтримки єдиної бази даних про матеріали, інтеграції систем розробки нових матеріалів, інженерного аналізу технологічних процесів і процесів експлуатації виробів, а також забезпечення збереження та актуальності даних.

1.1.5 Місце СППР в ієрархії САПР

У сучасних інтегрованих САПР однією з важливих підсистем є системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Системи підтримки прийняття рішень в САПР:

- генерують можливі варіанти конструкторських рішень;
- здійснюють оцінку цих варіантів і обирають найкращий;

- забезпечують постійний обмін інформацією між конструкторами про прийняті ними рішення і допомагають узгоджувати групові рішення;
- моделюють прийняті рішення (в тих випадках, коли це можливо);
- оцінюють відповідність виконання прийнятих конструкторських рішень намічених цілей.

Системи автоматизованого проектування складних технічних об'єктів пройшли досить довгий шлях розвитку і зараз можна спробувати сформулювати ряд вимог, що забезпечує місце СППР в розподілених САПР:

- комплексна (суцільна) автоматизація проектування від розробки структури проектного об'єкта до видачі робочих креслень і навіть доведення проектного об'єкта до серійного виробництва;
- збільшення числа розроблюваних варіантів проекту на всіх рівнях проектування. Збільшення числа опрацьованих варіантів за допомогою підсистем генерації рішень СППР може забезпечити найбільшу економічну ефективність САПР за рахунок скорочення витрат виробництва і експлуатації проєктованих об'єктів;
- можливість порівняння варіантів проектування і вибору кращого з них за допомогою підсистем оцінки варіантів рішень СППР;
- ефективне створення програмного забезпечення;
- можливість прийняття групових рішень, тобто рішень, прийнятих декількома конструкторами або навіть кількома групами конструкторів (що значно складніше) з одного питання;
- система повинна забезпечити можливість паралельної роботи всіх конструкторів, які беруть участь в проектуванні об'єкта.

1.2 Методологічні основи побудови системи підтримки прийняття рішень

Збільшення обсягу інформації, що надходить, ускладнення вирішуваних завдань, необхідність врахування великої кількості взаємопов'язаних факторів і швидко мінливих вимог до проєктованого об'єкту наполегливо вимагають використовувати обчислювальну техніку в процесі прийняття рішень. У зв'язку з цим з'явився новий клас обчислювальних систем - системи підтримки прийняття рішень (СППР). Термін «система підтримки прийняття рішень» з'явився на початку сімдесятих років.

Говорячи про СППР в першу чергу має сенс визначитися з поняттям. На сьогоднішній день немає чітко сформульованого поняття системи підтримки прийняття рішень як такої. Формулювання визначення цілком і повністю залежить від думки автора. Однак сучасні СППР можуть бути охарактеризовані як системи, спрямовані на вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності, які також є інструментом, створеним з метою надати допомогу особам, які приймають рішення. За допомогою СППР проводиться вибір альтернатив серед деяких неструктурованих і слабоструктурованих задач, в тому числі і багатокритеріальних.

СППР — це «сукупність процедур по обробці даних і суджень, що допомагають керівникові в прийнятті рішень, заснована на використанні моделей».

СППР — це «інтерактивні автоматизовані системи, які допомагають особі, що приймає рішення, використовувати дані і моделі для вирішення слабоструктурованих проблем».

СППР — це «система, яка забезпечує користувачам доступ до даних і/або моделям, так що вони можуть приймати кращі рішення».

Велика кількість дослідників під системами підтримки прийняття рішень розуміють - «інтерактивні комп'ютерні системи, які допомагають особі, що приймає рішення, використовувати інформацію і моделі для вирішення слабоструктурованих або трудноформалізуємих завдань».

Під СППР мається на увазі інтерактивні прикладні системи, які забезпечують кінцевим користувачам, які приймають рішення, легкий і зручний доступ до даних і моделей з метою прийняття рішень в слабоструктурованих і неструктурованих ситуаціях з різних областей людської діяльності. [11]

Основне завдання СППР полягає в зіставленні кожної предметної ситуації рекомендованих варіантів рішення: СИТУАЦІЯ ВАРІАНТ РІШЕННЯ.

Для більш точного поняття визначення систем підтримки прийняття рішень, має сенс розглянути місце СППР серед інформаційних систем в цілому.

1.2.1 Місце СППР в ієрархії інформаційних систем

Розглядаючи СППР через призму процесів прийняття рішень, можна виділити три типи підтримки рішень:

- інформаційна;
- модельна;
- експертна.

Всі три типи реалізуються в СППР, є інформаційними системами, покликаними допомогти у вирішенні неструктурованих завдань, а також генеруванні альтернатив.

Беручи до уваги визначення і поняття, наведені вище, можна зробити висновок, що системи підтримки прийняття рішень конструктивно відрізняються від традиційних систем. СППР спрямовані на конкретного користувача, на наявні у нього знання і інтуїцію, на його систему цінностей. Важливим фактором також є наявний у користувача досвід.

Важливо розуміти, що сам процес прийняття рішень носить суб'єктивний характер - цей факт є основою СППР. Іншими словами, це означає, що користувач цілком автономний, і діє він, ґрунтуючись лише на власних знаннях і досвіді. Очевидно, що на розсуд самого користувача можуть бути залучені сторонні консультанти та експерти. Таким чином, система лише допомагає

користувачеві відшукати ті рішення, які видаються йому найкращими на основі будь-яких даних, але які, в той же час, без допомоги системи дуже важко або неможливо було б знайти через високу складності розв'язуваної задачі.

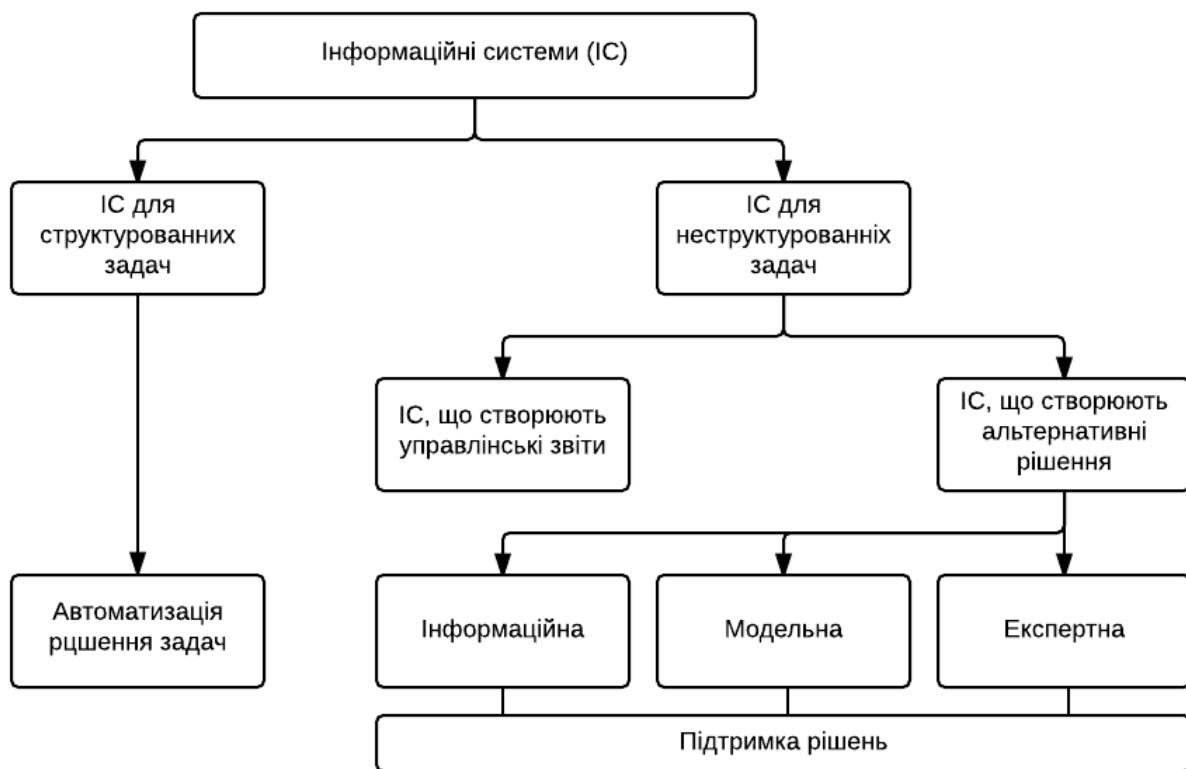


Рисунок 1.3 - СППР відносно існуючих ІС

Сучасні СППР – це результат багатьох досліджень, таких як:

- бази даних (Data Base) і бази знань(Data Knowledge);
- штучного інтелекту (Artificial Intelligence);
- інтерактивних комп'ютерних систем;
- методів імітаційного моделювання.

Як результат, СППР виникли завдяки злиттю управлінських інформаційних систем (АІС) і систем управління базами даних (СУБД).

1.2.2 Характеристика СППР

СППР мають наступні властивості:

- a) Системи підтримки прийняття рішень використовують і дані, і моделі;
- b) Системи підтримки прийняття рішень спрямовані менеджерам в якості помічника в процесі прийняття рішень в питанні слабоструктурованих і неструктурованих завдань;
- c) Системи підтримки прийняття рішень тільки підтримують, а не замінюють вироблення альтернатив менеджерами;

Мета системи підтримки прийняття рішень - підвищення ефективності рішень.

Можна виділити наступні основні функції СППР:

- забезпечення лица приймаючого рішення (ЛПР) інформацією для процесу прийняття рішення, включаючи її попередню обробку;
- організаційно-методичне забезпечення процесу прийняття рішень;
- моделювання наслідків прийняття рішень;
- експертні функції: видача рекомендацій та обґрунтувань;
- забезпечення узгодженості рішень, прийнятих в групах.

1.2.3 Структура СППР

СППР є основною категорією управлінських інформаційних систем, які підтримують менеджерів в процесі прийняття неструктурованих і напівструктурованих рішень. У СППР використовуються аналітичні моделі, спеціалізовані бази даних, інтерактивний процес моделювання рішення на комп'ютері, а також суб'єктивні судження користувача. Іншими словами СППР - це мобільні унікальні, найчастіше разові складні системи, які управляються і контролюються фахівцями, які використовують їх для прийняття специфічних рішень.

Вони включають програмні модулі управління базами даних, моделями і діалогами. Модуль управління базами даних на основі можливостей СУБД

забезпечує створення, запит, консолідацію та підтримку бази даних СППР. Модуль управління моделями забезпечує побудову і маніпулювання моделями (пакетами моделювання зі складу електронних таблиць, а також спеціально написаними програмами). Модуль управління діалогом забезпечує створення діалогів на інтерфейсі між користувачем і СППР - контакт з користувачем через команди, меню, запити, підказки, піктограми, звіти, графіки.

База даних СППР створюється для підтримки унікального рішення і може містити інформацію з інших БД (внутрішніх і зовнішніх), дані з особистих БД менеджера, а також підсумкову інформацію.

Узагальнена функціональна модель СППР включає в себе: інтерфейс "користувач-система"; управління діалогом; управління базами даних, базами моделей і базами знань; моделювання і рішення проблем; інструментальне і сервісне забезпечення користувачів; БД, БМ, БЗ, бази текстів (БТ). На рисунку 1.5 представлена узагальнена модель архітектури СППР.

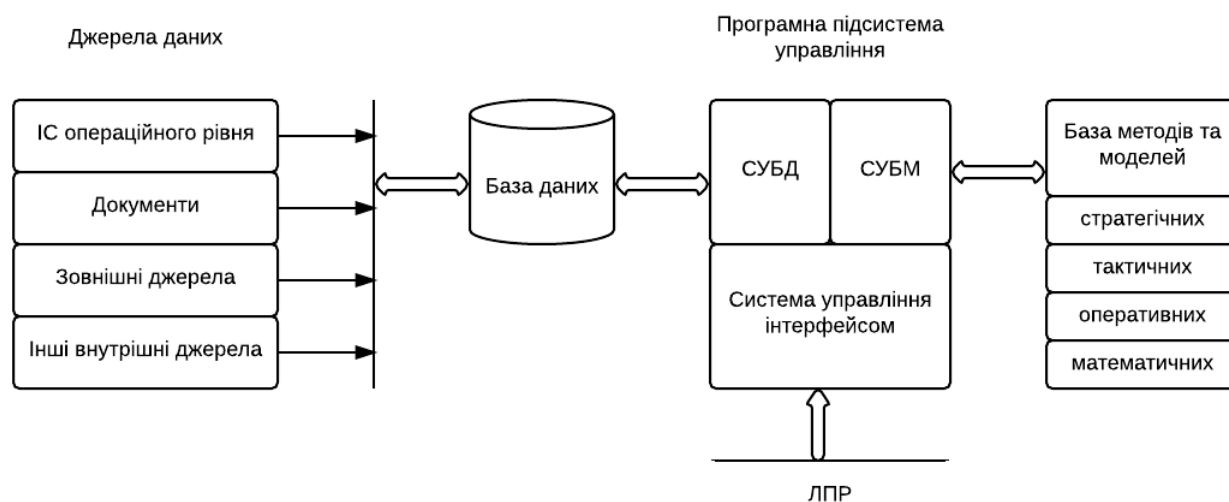


Рисунок 1.4 – Узагальнена модель архітектура СППР

Системи підтримки прийняття рішень, як правило, є діалоговими. Вони призначені для обробки даних і реалізації моделей, які допомагають вирішувати окремі, в основному слабо або неструктуровані завдання. Ці системи можуть

забезпечувати працівників інформацією, необхідною для прийняття індивідуальних і групових рішень. Такі системи забезпечують безпосередній доступ до інформації, що відбиває поточні ситуації, всі фактори і зв'язку, необхідні для прийняття рішень. При цьому можуть враховуватися як динамічні процеси, так і статичні впливу кількісних і якісних факторів. На рисунку 1.6 представлена узагальнена функціональна схема СППР.

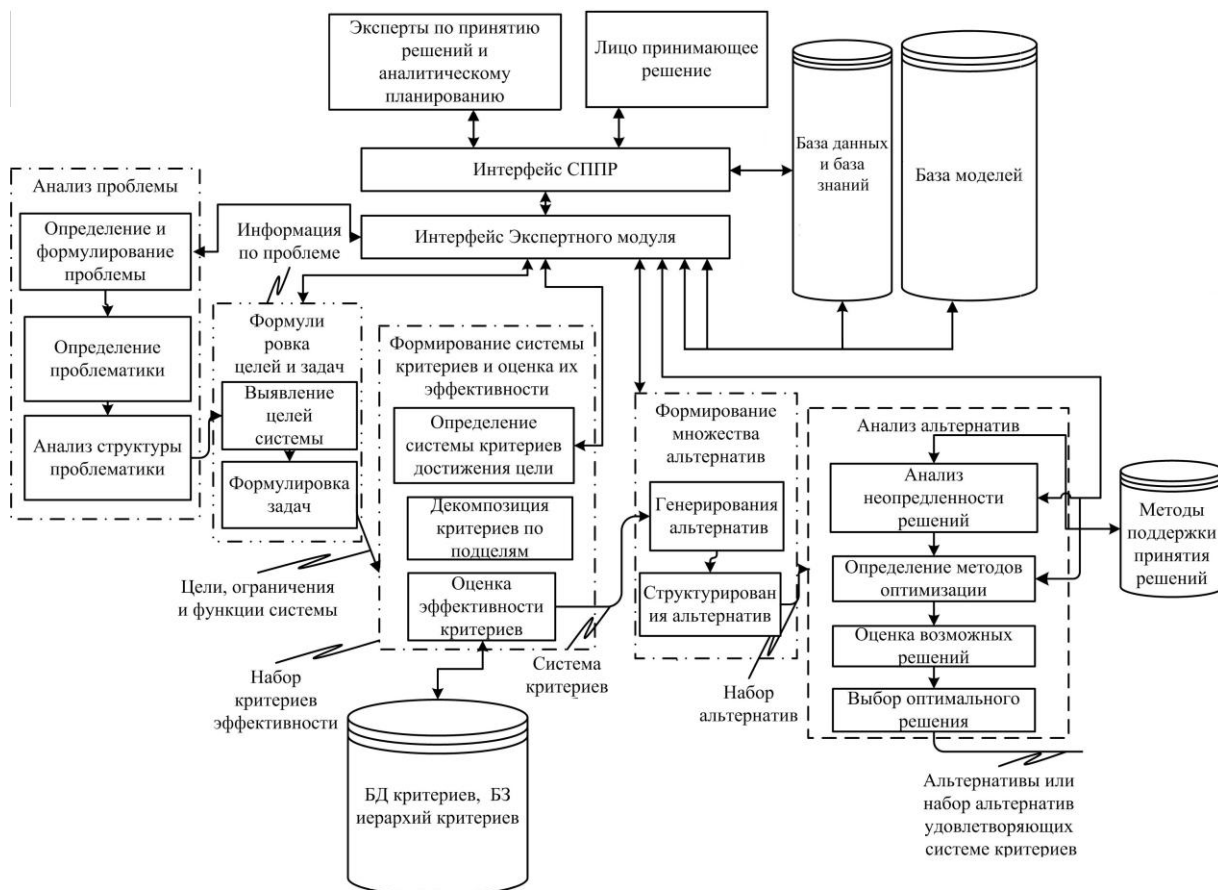


Рисунок 1.5 - Узагальнена функціональна схема СППР

Реалізація СППР в рамках наведеної схеми дає можливість розширювати кількість і коло завдань за умови програмної модернізації СППР і наповнення баз даних СППР і баз знань СППР. Однак таку складну систему повинні підтримувати фахівці, які в залежності від призначення структурних елементів, умовно розбиті на групи відповідно до функціональних обов'язків.

Основні вимоги до СППР - це відкритість до будь-яких можливих змін безлічі факторів ситуації, причинно-наслідкових зв'язків, отримання та

пояснення якісних прогнозів розвитку ситуації (рішення прямої задачі «Що буде, якщо ...»), отримання порад і рекомендацій з управління ситуацією (рішення задачі «Що потрібно, щоб ...»).

1.2.4 Особливості побудови СППР

Існують два основні підходи до створення САПР: побудова, що використовує в готовому вигляді тільки деякий інструментарій (наприклад, електронні таблиці, спеціальні ПП, засоби графіки і т.д.) і побудова на основі генератора СППР. Генератор СППР являє собою готовий програмний продукт, що дозволяє розвинути на його основі системи для конкретних застосувань в деякій предметній області.

Основною проблемою при проектуванні СППР є аналіз і з'ясування процесу прийняття рішення ОПР, визначення обмежень, які накладаються на процес прийняття рішення, а також вибір методів і обчислювальних процедур, які дозволять зняти подібні обмеження. У загальному випадку проектування СППР складається з трьох наступних етапів:

- декомпозиція процесу прийняття рішення на елементарні операції і опис виконання цього процесу особою, яка приймає рішення;
- аналіз конкретного завдання відносно прийняття рішення і проектування СППР на функціональному рівні;
- детальна специфікація функцій системи, її реалізація та верифікація (тестування).

Процес проектування починається з того, що вибирається завдання, для вирішення якої необхідно створити систему підтримки прийняття рішень або ця задача відноситься ЛПР, яке вже знайоме з проблемою прийняття конкретних рішень на підставі власного досвіду. На рисунку 1.3.2 графічно представлений процес проектування СППР.

На першому етапі проектування виконується декомпозиція задачі на елементарні операції і описується виконання цього процесу особою, яка приймає рішення. Основна мета цього етапу полягає в наступному:

- визначити перепони ("вузькі місця"), які необхідно подолати при прийнятті рішень за допомогою СППР, яка проектується;
- визначити набір комп'ютерних алгоритмів, які необхідно використовувати для подолання вузьких місць, пов'язаних з оперативним прийняттям правильних рішень.

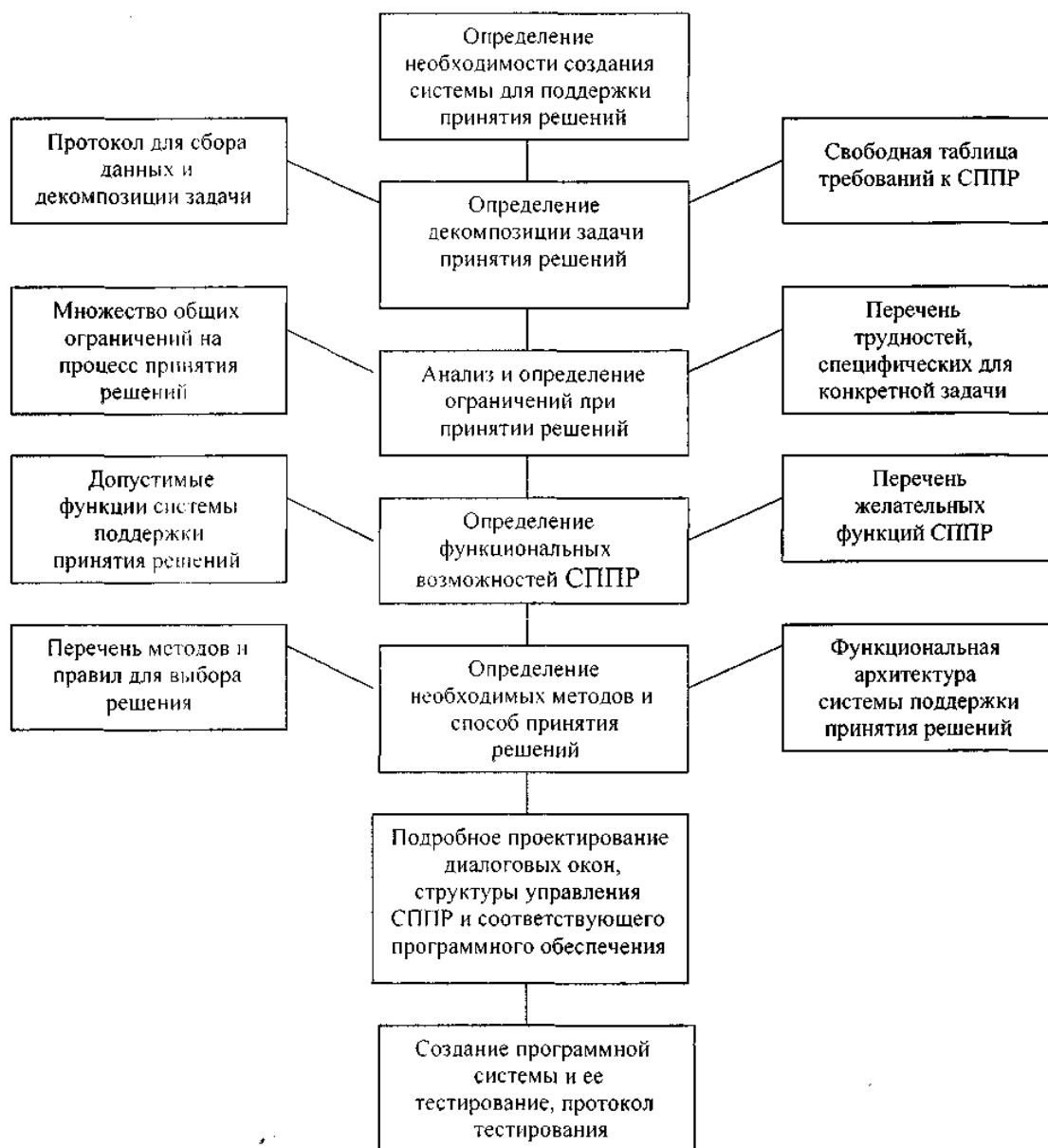


Рисунок 1.6 - Процесс проектирования СППР

Не менш важливим питанням проектування СППР є визначення її функцій. Сучасні технології проектування СППР дають можливість використовувати відповідно шість функцій для підтримки прийняття рішень з боку ЛПР:

- моделювання процесу. Використовуючи існуючі моделі реальних процесів (або створюючи нові), можна створювати підсистеми прогнозування їх перебігу і підсистеми синтезу оптимальних рішень на основі поточних експериментальних даних (вимірювань);
- моделювання критеріїв. За допомогою математичних методів можна знайти математичні вирази або правила для автоматичного об'єднання атрибутів, які характеризують різні варіанти рішень, що знімає когнітивні обмеження ЛПР;
- інформаційний менеджмент. Для зберігання, читання і обробки інформації, даних, знань використовують сучасні комп'ютерні технології. Завдяки цьому значно розширюються можливості ЛПР з прийняття рішень і обробки даних;
- автоматизований і підлозі автоматизований аналіз і логічний висновок. Для часткової або повної автоматизації процесу логічного висновку необхідно використовувати методи штучного інтелекту і чисельні методи. Це дасть можливість підвищити якість результату і зменшити час на рішення такого завдання;
- способи підтримки представлення результатів. Для того щоб реалізувати функції доступу до інших СППР, баз даних і знань, необхідно застосовувати засоби комп'ютерної графіки і інструментарій для обробки мов;
- підвищення якості суджень. З метою усунення систематичних помилок, які впливають з деяких кількісних евристичних міркувань людини, необхідно впроваджувати статистичні та інші методи корекції результатів.

1.2.5 Методи створення СППР

Одним з раціональних підходів до постановки завдання розробки системи підтримки прийняття рішень є підхід, орієнтований на інтеграцію двох пов'язаних інформаційних технологій: технології побудови інформаційних сховищ (ІХ) і технології інтелектуального аналізу даних.

1. Технології побудови інформаційних сховищ даних

Згідно з класичним визначенням, інформаційне сховище даних - це сукупність програмно-апаратних засобів, що дозволяють надавати дані в цілісному вигляді для подальшого аналізу і прийняття управлінських рішень.

Ідея, покладена в основу технології ІС, полягає в тому, що проводити оперативний аналіз безпосередньо на базі оперативних інформаційних систем неефективно. Замість цього, всі необхідні для аналізу дані витягуються з декількох традиційних баз даних (в основному, реляційних), перетворюються і потім поміщаються (або занурюються) в одне джерело даних - ІС.

У процесі занурення дані:

- очищаються - усунення непотрібної інформації;
- агрегуються - обчислення сум, середніх;
- трансформуються - перетворення типів даних, реорганізація структур зберігання;
- об'єднуються з зовнішніх і внутрішніх джерел - приведення до єдиних форматів;
- синхронізуються - відповідність одного моменту часу.

Сьогодні, технології побудови ІС є основою для побудови СППР, орієнтованих на рішення слабоструктурованих задач прийняття рішення, оскільки ІС містить дані, що володіють наступними властивостями:

- а) цілісність і внутрішня взаємозв'язок. Хоча дані вивантажуються з різних джерел, але вони об'єднані єдиними законами іменування, способами вимірювання атрибутів і т.д. Наприклад, можуть використовуватися кілька різних форматів представлення дат, або один і той же показник

може називатися по-різному, наприклад, "ймовірність доведення інформації" та "ймовірність отримання інформації". У процесі занурення подібні невідповідності усуваються автоматично;

- b) предметна орієнтованість. Локальні бази даних містять мегабайти інформації, абсолютно не потрібною для аналізу (адреси, поштові індекси, ідентифікатори записів і т.п.). Подібна інформація не вноситься в сховище, що обмежує спектр, що розглядаються при прийнятті рішення, даних до мінімуму;
- c) відсутність часової прив'язки. Операційні системи охоплюють невеликий інтервал часу, що досягається за рахунок періодичного архівування даних. ІС, навпаки, містить історичні дані, накопичені за великий інтервал часу (року, десятиліття);
- d) доступність виключно для читання. Модифікація даних не проводиться, оскільки вона може призвести до порушення цілісності ІС. Дані, занурені в ІС, організуючись в інтегровану цілісну структуру, що володіє природними внутрішніми зв'язками, набувають нових властивостей, що додасть їм статус інформації.

Однак, інформаційні сховища даних представляють тільки перспективну архітектуру побудови СППР масштабу корпоративного підприємства. Для побудови повнофункціональної СППР необхідні спеціальні програмні засоби, орієнтовані на аналітичні технології обробки даних - технології інтелектуального аналізу даних (ІАД).

2. Технології інтелектуального аналізу даних (ІАД)

Під ІАД слід розуміти складний аналіз «віддалених» даних з використанням математичних методів машинного навчання, таких як: статистичні методи, нейронні мережі, штучний інтелект, генетичні алгоритми, дерева рішень і т.д., А також, результати їх застосування - методів представлення даних . Сенс використання складного аналізу даних зведений до формулювання «отримання нової інформації з даних».

До інформаційних технологій ІАД сьогодні відносяться:

- а) оперативний аналіз даних. В основі концепції OLAP-систем лежить принцип багатовимірного представлення даних: кожне числове значення, що міститься в ЇХ, може мати до кількох десятків (сотень) атрибутів. Одним із суттєвих недоліків реляційної моделі БД є неможливість поєднувати, переглядати і аналізувати дані з точки зору багатовимірності вимірювань, тобто найбільш зрозумілим для аналітиків способом. З метою розширення функціональних можливостей традиційних реляційних СУБД слід включити багатовимірний аналіз як одну з характеристик;
- б) дослідження даних (Data Mining). Основна мета технології - пошук і виявлення в даних приховані зв'язки і взаємозалежності з метою наочного надання їх в процесі прийняття рішення. Технологія включає в себе методи пошуку нової інформації в даних, що мають на увазі використання математичних алгоритмів (статистика, оптимізація, кореляція і ін.), Що дозволяють знаходити ці залежності і синтезувати дедуктивну інформацію;
- в) витяг знань з бази даних (Knowledge Discovery in Databases). Технологія являє новий напрямок в області ІАД, де процес пошуку закономірностей в даних розглядається як процес машинного навчання. Технологія об'єднує в собі питання моделювання закономірностей і залежностей в базах даних і визначає математичні методи побудови систем «відкриття» (вилучення, видобутку) нових даних на основі методів класифікації, кластеризації, побудови дерев рішень і інше.

Таким чином, основу СППР складає інтегроване поєднання технології накопичення і зберігання даних на основі інформаційних сховищ з технологією інтелектуального аналізу даних.

1.3 Аналіз структури та особливості використання експертних систем

Побудова вирішальних правил для СППР зручно вести за допомогою оболонок експертних систем (ЕС).

Експертна система - це програма, яка поводить себе подібно експерту в деякій, звичайно вузькій прикладній області. Експертні системи повинні вирішувати задачі, що вимагають для свого рішення експертних знань в деякій конкретній області. В тій чи іншій формі експертні системи повинні мати ці знаннями. Тому їх також називають системами, заснованими на знаннях. Однак не всяку систему, засновану на знаннях, можна розглядати як експертну. Експертна система повинна також уміти якимось чином пояснювати свою поведінку і свої рішення користувачу, так само, як це робить експерт-людина. Це особливо необхідно в областях, для яких характерна невизначеність, неточність інформації (наприклад, у медичній діагностиці). У цих випадках здатність до пояснення потрібна для того, щоб підвищити ступінь довіри користувача до рад системи, а також для того, щоб дати можливість користувачу знайти можливий дефект у міркуваннях системи. У зв'язку з цим в експертних системах варто передбачати дружня взаємодія з користувачем, що робить для користувача процес міркування системи "прозорим".

Часто до експертних систем висувають додаткову вимогу - здатність мати справу з невизначеністю і неповнотою. Інформація про поставлену задачу може бути неповною або ненадійною; відносини між об'єктами предметної області можуть бути наближеними. У всіх подібних випадках необхідні міркування з використанням ймовірнісного підходу.

У найзагальнішому випадку для того, щоб побудувати експертну систему, необхідно розробити механізми виконання наступних функцій системи:

- рішення задач з використанням знань про конкретну предметну область можливо, при цьому виникне необхідність мати справу з невизначеністю;
- взаємодія з користувачем, включаючи пояснення намірів і рішень системи під час і після закінчення процесу рішення задачі.

Кожна з цих функцій може виявитися дуже складною і залежить від прикладної області, а також від різних практичних вимог. У процесі розробки і реалізації можуть виникати різноманітні важкі проблеми.

1.3.1 Структура експертної системи

При розробці експертної системи прийнято ділити її на три основних модуля:

- база знань;
- машина логічного виводу;
- інтерфейс з користувачем.

На рисунку 1.7 представлена структура експертної системи.

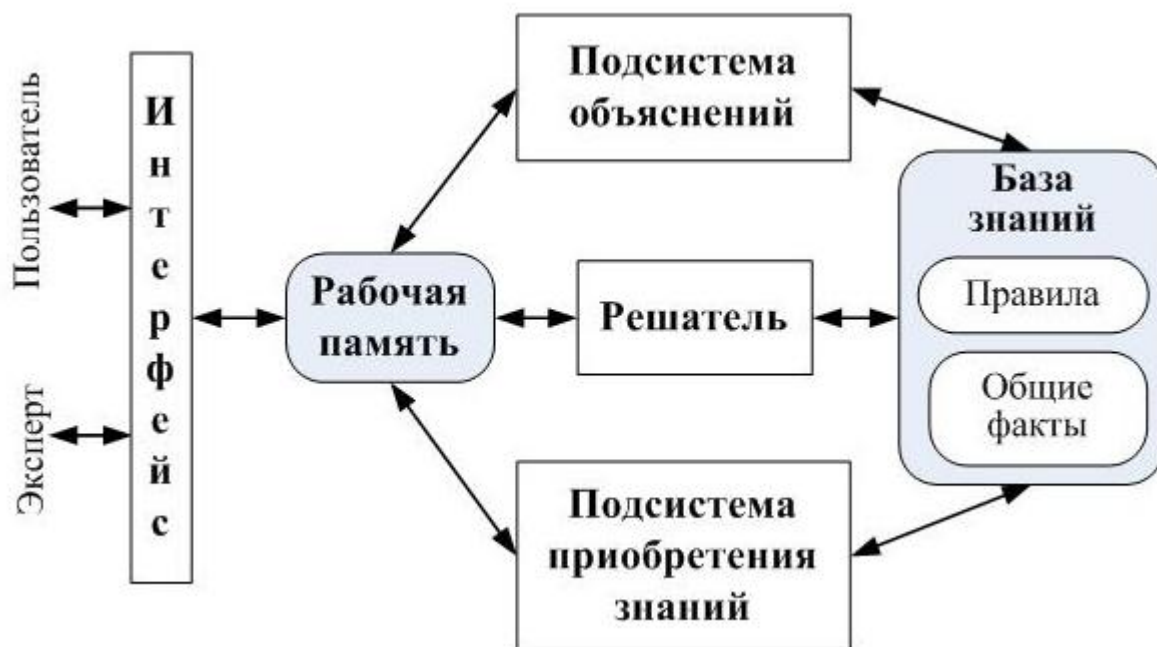


Рисунок 1.7 – Структура експертної системи

База знань містить знання, що відносяться до конкретної прикладної області, в тому числі окремі факти, правила, що описують відносини або явища, а також, можливо, методи, евристики і різні ідеї, пов'язані з рішенням завдань в цій прикладній області.

Машина логічного висновку вміє активно використовувати інформацію, що міститься в базі знань.

Інтерфейс з користувачем відповідає за безперебійний обмін інформацією між користувачем і системою; він також дає користувачеві можливість спостерігати за процесом рішення задач, що протікають в машині логічного висновку.

Прийнято розглядати машину висновку й інтерфейс як один великий модуль, звичайно називаний оболонкою експертної системи, або, для стислості, просто оболонкою.

В описаній вище структурі власне знання відділені від алгоритмів, що використовують ці знання. Такий поділ зручно з таких міркувань. База знань, очевидно, залежить від конкретного додатка. З іншого боку, оболонка, принаймні в принципі, незалежна від додатків. Таким чином, розумний спосіб розробки експертної системи для декількох додатків зводиться до створення універсальної оболонки, після чого для кожного додатка досить підключити до системи нову базу знань. Зрозуміло, всі ці бази знань повинні задовольняти одному і тому ж формалізму, який оболонка "розуміє". Практичний досвід показує, що для складних експертних систем сценарій з однією оболонкою і багатьма базами знань працює, не так гладко, як би цього хотілося, за винятком тих випадків, коли прикладні області дуже близькі. Проте, навіть якщо перехід від однієї прикладної області до іншої вимагає модифікації оболонки те, принаймні основні принципи її побудови звичайно вдається зберегти.

1.3.2 Основні особливості використання експертних систем

Експертні системи, що використовують евристичні знання, застосовуються в тих випадках, коли сформулювати рішення задачі в традиційних математичних термінах не вдається.

Для всіх найбільш успішних застосувань експертних систем характерна, принаймні, одна спільна риса - вони працюють в одній обмеженою предметної області знань. Спроби розширити предметну область, навіть в межах однієї галузі знань, в переважній більшості випадків успіху не давали.

Експертні системи в зосереджених системах підтримки прийняття рішень містять: лінгвістичний процесор для спілкування з користувачем; базу знань, що містить евристичні знання; базу даних; інтерпретатор, який на основі вхідних даних, бази знань і бази даних формує рішення задачі. Основною особливістю експертної системи є можливість робити висновки на основі знань, що зберігаються в базах знань.

Знання в експертних системах можуть бути представлені у вигляді семантичних мереж, на основі логічних підходів у вигляді фреймів і в вигляді системи продукцій. Система продукцій, здається, одна з найбільш популярних форм представлення знань.

По суті експертна система - це «втілення в ЕОМ компоненти досвіду експерта, заснованої на знаннях в такій формі, що машина може дати інтелектуальний рада або прийняти інтелектуальне рішення щодо оброблюваної функції. Експертні системи, по суті, моделюють поведінку експерта при ухваленні рішення в конкретній предметній області.

1.4 Мета та задачі дослідження з розробки СППР для вибору оптимального складу композиційних матеріалів та покриттів

Проектування композиційних матеріалів передбачає створення нових матеріалів, які відповідають даним комплексу властивостей і певному рівню якості. Одним зі складових етапів проектування є вибір альтернативи, яка має

найкращими характеристиками. Однак, таке завдання часто є суперечливою і неоднозначною виходячи з різномірної структури критеріїв, показників (характеристик) матеріалів. Якісне порівняння критеріїв для оцінки альтернатив, їх зіставлення досить утруднені через різного фізичного змісту, одиниць виміру і т.д. Тому вибір складу нових матеріалів можна віднести до класу слабоструктурованих багатокритеріальних задач прийняття рішень. Для них застосовуються методи експертних оцінок, засновані на теорії корисності.

Для вирішення завдань проектування КМ, загальновизнаним є розрахунково-експериментальний метод, в основі якого лежать основоположні закономірності матеріалознавства. Однак у зв'язку з дорожнечою цього методу його застосування є недоцільним. Тому раціонально буде застосувати методологію комп'ютерного матеріалознавства в основі, якої лежать методи статичного аналізу, математичного моделювання, обчислювального експерименту і пошуку оптимальних рішень. Серед методів оцінки та порівняння багатокритеріальних альтернатив найбільшу популярність отримав підхід аналітичної ієрархії.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є створення СППР для підвищення ефективності праці інженера-матеріалознавця шляхом впровадження інструментарію експертних оцінок, які використовують аналіз ієрархій, який дозволить ефективно знаходити оптимальне рішення задачі проектування композиційних матеріалів.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів побудови системи підтримки прийняття рішень та методів прийняття рішень, які використовуються в СППР;
- обґрунтувати доцільність застосування методу аналізу ієрархій для розв'язання задачі вибору складу композиційних матеріалів і покриттів;

розробити СППР для вибору оптимального складу композиційних матеріалів і покриттів.

• **2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИБОРУ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І ПОКРИТІВ**

• **2.1 Дослідження існуючих методів прийняття рішень**

Сучасні інформаційні системи інтелектуальної підтримки процесів розробки і реалізації управлінських рішень (Системи підтримки прийняття рішень - СППР) являють собою системи, максимально пристосовані до вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності, є інструментом, покликаним надати допомогу особам, які приймають рішення. За допомогою систем підтримки прийняття рішень може здійснюватися вибір рішень деяких неструктурованих, а також слабоструктурованих задач, в тому числі і багатокритеріальних. При цьому під многокритеріальністю розуміється оцінка прийнятих рішень не по одному, а по сукупності декількох показників (або критеріїв) розглянутих в один момент часу. Інформаційна складність полягає в необхідності врахування досить великих обсягів даних, яка практично нездійсненна без допомоги сучасної обчислювальної техніки. У даних умовах число можливих рішень, зазвичай, дуже велике, і вибір оптимального з них без всебічного аналізу швидше за все призведе до грубих помилок.

Система підтримки рішень СППР вирішує дві основні задачі:

- вибір найкращого рішення з безлічі можливих (оптимізація);
- впорядкування можливих рішень за перевагою (ранжування).

В обох задачах першим і найбільш принциповим моментом є вибір сукупності критеріїв, на основі яких в подальшому будуть оцінюватися і

зіставлятися можливі рішення (будемо називати їх також альтернативами). Система СППР допомагає користувачеві зробити такий вибір.

Умовно СППР можна класифікувати за методами вирішення певних проблем. Розглянемо методи прийняття рішень на основі інформаційних технологій: методи застосовувані в СППР.

Для підтримки прийняття рішень за допомогою інформаційних технологій, включаючи аналіз і вироблення альтернатив, в СППР використовуються велика кількість методів. наприклад:

- інформаційний пошук;
- інтелектуальний аналіз даних;
- витяг (пошук) знань в базах даних;
- міркування на основі прецедентів;
- імітаційне моделювання;
- генетичні алгоритми;
- штучні нейронні мережі;
- методи штучного інтелекту.

•

• **2.1.1 Класифікація моделей та методів прийняття рішень**

Модель задачі прийняття рішень представляється у вигляді $\langle t, X, R, A, F, G, D \rangle$, де t - постановка задачі (наприклад, вибрати одну найкращу в деякому сенсі альтернативу або впорядкувати все безліч альтернатив); X - безліч допустимих альтернатив; R - безліч критеріїв оцінки ступеня досягнення поставленої мети; A - безліч шкал вимірювання за критеріями (шкали найменування, порядкові, інтервальні, відносин); F - відображає безліч допустимих альтернатив в безліч критеріальних оцінок; G - система переваг вирішального елемента; D - вирішальне правило, що відбиває систему переваг. Класифікація моделей задач прийняття рішень проводиться відповідно до наступних ознаками: [1]

- а) по виду відображення F - детерміноване, розподіл усіх або невизначений, можна виділити відповідно: задачу прийняття рішень (ЗПР) в умовах визначеності, ЗПР в умовах ризику, ЗПР в умовах невизначеності;
- б) за потужністю безлічі R - одноелементні безлічі або складаються з декількох критеріїв, виділяються відповідно: ЗПР зі скалярним критерієм, ЗПР з векторним критерієм (багатокритеріальні задачі);
- с) за типом системи G - відображає переваги однієї особи або колективу в цілому, виділяють завдання індивідуального прийняття рішень, завдання групового прийняття рішень.

Під моделлю вибору розуміється пара (X, R) , що складається з безлічі альтернатив X і бінарного відношення R на ньому. При визначенні моделі прийняття рішень передбачається, що розглядається деякий безліч вихідних структур переваг і досліджується визначення ЗПР, процес вирішення якої розуміється як оптимальний вибір методу обробки вихідної структури з деякого базового класу методів. При цьому можна вважати, що на безліч вихідних структур задана модель вирішення поставленого ЗПР, якщо зазначений якийсь принцип або правило, згідно з яким безпідставного відношенню ставиться у відповідність тих чи інших методів прийняття рішень певним базовим структурам. [1]

На рисунку 2.1 наведено класифікацію методів прийняття рішень за такими ознаками, як зміст експертної інформації, тип одержуваної інформації, на основі якої можна визначити групу методів прийняття рішень в умовах невизначеності. Під невизначеністю слід розуміти явища, що не піддаються аналізу і виміру зі як завгодно великою точністю.

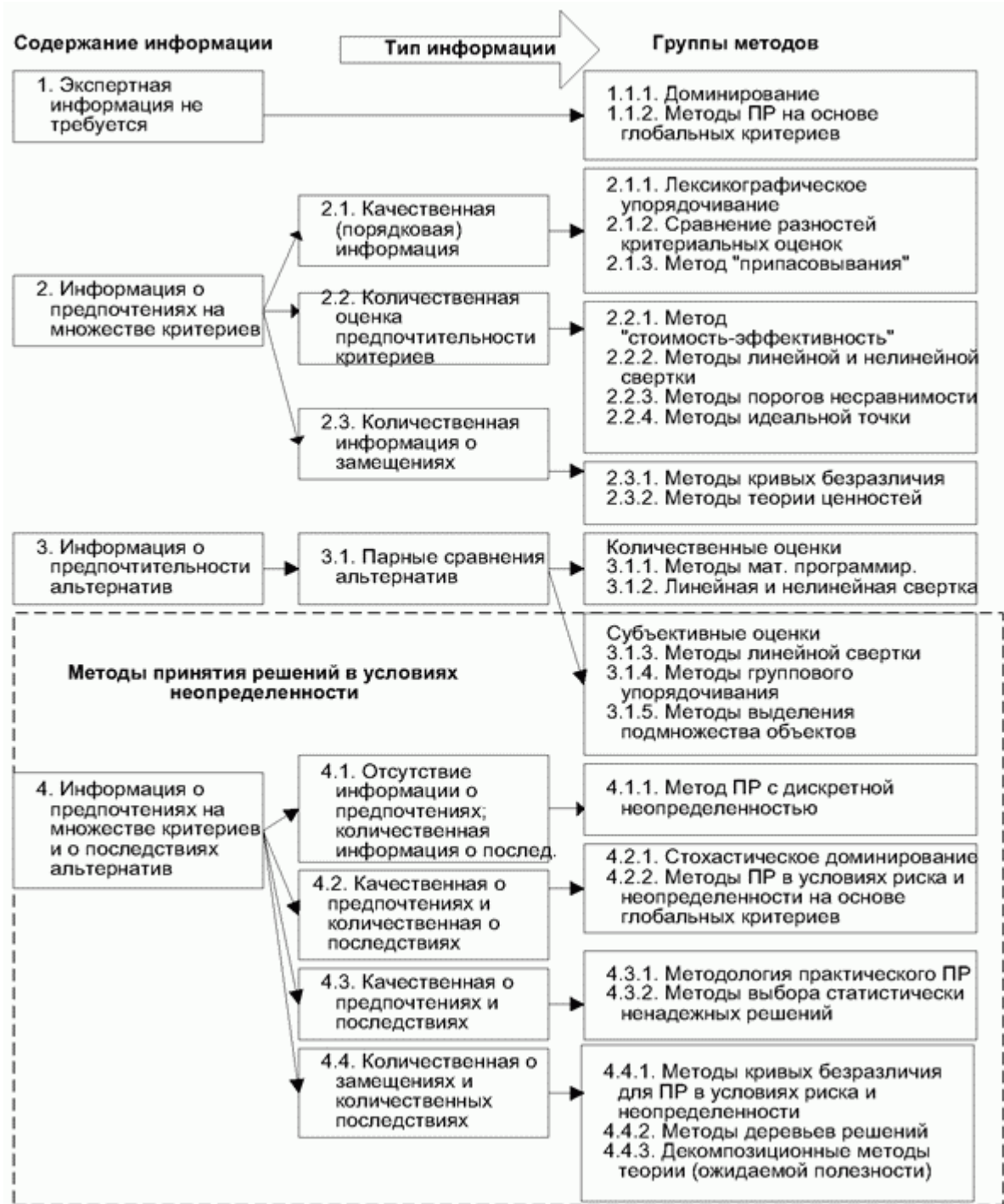


Рисунок 2.1 – Класифікація методів прийняття рішень на основі змісту експертної інформації

2.2 Метод аналізу ієрархій

При прийнятті управлінських рішень та прогнозуванні можливих результатів ЛПР, зазвичай стикається зі складною системою взаємозалежних

компонент (ресурси, бажані результати або цілі, особи або групи осіб і т.д.), яку потрібно проаналізувати.

Приймаючи рішення, експерт виробляє декомпозицію складної проблеми - визначає її компоненти і відносини між ними. Виходить модель реальної дійсності, побудована у вигляді ієрархії. Вершина ієрархії - загальна мета, далі розташовуються підцілі, потім чинники, які впливають на ці підцілі, люди, їх цілі, стратегії, і, нарешті, результати, які є результатами стратегій.

Для оцінки та аналізу завдань прийняття рішень застосовуються методи експертних оцінок, засновані на теорії корисності. Серед методів оцінки та порівняння альтернатив найбільшу популярність отримав підхід аналізу ієрархій. [11]

2.2.1 Загальна характеристика МАІ

Метод аналізу ієрархій (МАІ) - математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень. МАІ не наказує особі, що приймає рішення, будь-якого «правильного» рішення, а дозволяє йому в інтерактивному режимі знайти такий варіант (альтернативу), який найкращим чином узгоджується з його розумінням суті проблеми і вимогами до її вирішення.

МАІ дозволяє зрозумілим і раціональним чином структурувати складну проблему прийняття рішень у вигляді ієрархії, порівняти і виконати кількісну оцінку альтернативних варіантів рішення.

Аналіз проблеми прийняття рішень в МАІ починається з побудови ієрархічної структури, яка включає мету, критерії, альтернативи і інші розглядаються фактори, що впливають на вибір. На рисунку 2.2 представлена ієрархічна структура.

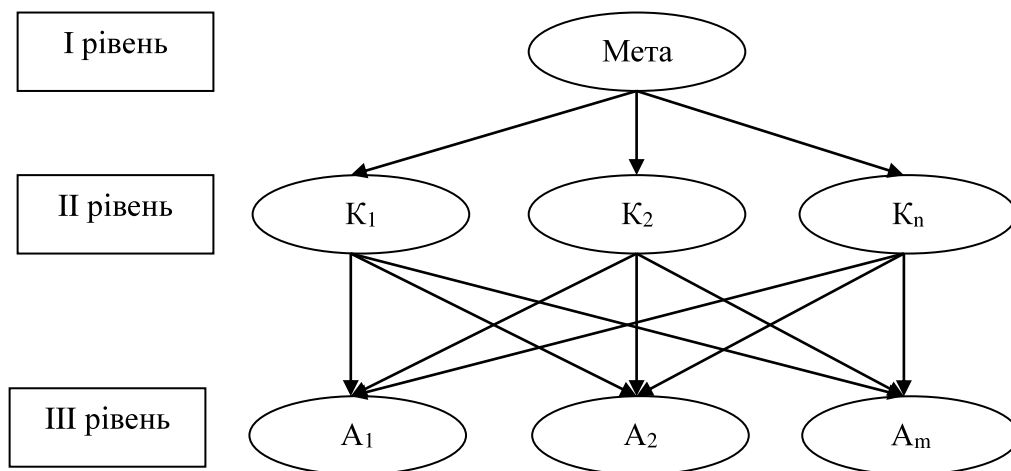


Рисунок 2.2 – Ієрархічна структура

Ця структура відображає розуміння проблеми особою, яка приймає рішення. Кожен елемент ієрархії може представляти різні аспекти розв'язуваної задачі, причому до уваги можуть бути прийняті як матеріальні, так і нематеріальні фактори, вимірювані кількісні параметри та якісні характеристики, об'єктивні дані і суб'єктивні експертні оцінки.

2.2.2 Основні етапи МАІ

Метод аналізу ієрархій призначений для структурування багатокритеріальних альтернатив і знаходження кращої альтернативи.

Основні етапи МАІ:

1. **Перший етап** полягає в структуризації завдання за рахунок побудови ієрархічних структур з декількома рівнями.
2. **Другий етап** полягає в тому, що після ієрархічного відтворення проблеми, необхідно встановити пріоритети критеріїв і оцінити кожну з альтернатив за критеріями, щоб виявити з них найважливішу. Для цього використовуються попарні порівняння. Нижче наведена таблиця попарних порівнянь.

Таблиця 2.1 - Таблиця для побудови матриці попарних порівнянь

Оцінка значущості	Якісна оцінка	Примітка
1	Однакова значимість	Альтернативи мають однаковий ранг
3	Слабка перевага	Перевага однієї альтернативи перед іншою малопереконливо
5	Сильна (або важлива) перевага	Є надії доведення істотної переваги однієї альтернативи
7	Очевидна перевага	Існують переконливі свідчення на користь однієї альтернативи
9	Абсолютна перевага	Свідोцтво на користь переваги однієї альтернативи над іншою з найбільшою мірою переконливості
2,4,6,8,	Проміжні значення	Використовуються, якщо необхідний компроміс

При попарному порівнянні потрібних величин формується матриця парних порівнянь $\hat{A} = \|a_{ij}\|$, де значення a_{ij} обирається із табл. 1.5 (оцінка елемента x_i порівнюється з x_j за властивостями $\hat{A}$).

Для забезпечення узгодженості суджень експертів допускається, що $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Судження формують за рахунок завдання питання: наскільки один елемент важливіше, ніж інший? При порівнянні елемента із собою відношення дорівнює одиниці. Якщо перший елемент важливіше, ніж другий, то використовується ціле число з таблиці, в іншому випадку використовується зворотна величина обраного числа.

4. На четвертому етапі МАІ реалізується синтез рішень, в основі якого лежить виявлення локальних пріоритетів на кожному рівні ієрархії і глобального пріоритету для всієї ієрархії. Спочатку проводиться попарне порівняння критеріїв, потім виконуються попарні порівняння альтернатив по відношенню до кожного з критеріїв. Нарешті, підраховуються глобальні (узагальнені) пріоритети. Для цього локальні пріоритети у своєму розпорядженні по відношенню до кожного критерію, і знаходиться скалярний твір вектора ω на вектор (рядок), відповідний i -ой альтернативі. Отримані результати складаються уздовж кожного рядка, тобто маємо:

В результаті рішення приймається за великим значенням S .

5. **П'ятий етап** МАІ полягає в перевірці узгодженості локальних пріоритетів, для чого підраховується індекс узгодженості (ІС*) за такою формулою:

$$IC = (\lambda_{max} - 1) / (n - 1),$$

де n - число порівнюваних елементів; λ_{max} - максимальне власне число матриці суджень (попарних порівнянь). Для обчислення значення λ_{max} спочатку підсумовується кожен стовпець матриці, потім сума першого шпальти збільшується на величину першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів, сума другого шпальти - другу компоненту тощо. Потім отримані числа підсумовуються, що в підсумку дає шукану величину λ_{max} .

Узгодженість позитивної назад-симетричною матриці еквівалентна вимогу рівності її максимального власного значення λ_{max} з n .

Наскільки погана чи хороша узгодженість для певного завдання, можна оцінити шляхом порівняння отриманого значення IC^* з одним зі значень випадкового індексу (VI) суджень. У таблиці 2.2 представлені значення випадкового індексу суджень.

Таблиця 2.2 - Значення випадкового індексу суджень (VI).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
СИ	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Відношення величини IC^* до величини VI при певному значенні n називається відношенням узгодженості (ВУ). Значення $\hat{IN} \leq 0,1$ (10%) вважається прийнятним. У деяких випадках допускається 20%, але не більше. Якщо ВУ виходить із зазначених меж, то необхідно провести повторну перевірку суджень (попарних порівнянь).

2.2.3 Переваги та недоліки методу аналізу ієрархій

В рамках методу аналізу ієрархій немає загальних правил для формування структури моделі ухвалення рішення. Це є відображенням реальної ситуації ухвалення рішення, оскільки завжди для однієї і тієї ж проблеми є цілий спектр думок. Метод дозволяє врахувати цю обставину за допомогою побудови додаткової моделі для узгодження різних думок, за допомогою визначення їх пріоритетів. Таким чином, метод дозволяє враховувати «людський фактор» при підготовці прийняття рішення. Це одне з важливих переваг даного методу перед іншими методами прийняття рішень. [11]

Формування структури моделі ухвалення рішення в методі аналізу ієрархій досить трудомісткий процес. Однак в результаті вдається отримати детальне уявлення про те, як саме взаємодіють фактори, що впливають на пріоритети альтернативних рішень, і самі рішення. Як саме формуються рейтинги можливих рішень і рейтинги, що відображають важливість факторів. Процедури розрахунків рейтингів в методі аналізу ієрархій досить прості, що вигідно відрізняє даний метод від інших методів прийняття рішень.

Збір даних для підтримки прийняття рішення здійснюється головним чином за допомогою процедури парних порівнянь. Результати парних порівнянь можуть бути суперечливими. При цьому виникає необхідність перегляду даних для мінімізації протиріч.

Процедура парних порівнянь і процес перегляду результатів порівнянь для мінімізації протиріч часто є трудомісткими. Однак в результаті особа, яка приймає рішення, набуває впевненість, що використовуються дані є цілком осмисленими.

В рамках методу аналізу ієрархій немає коштів для перевірки достовірності даних. Це важливий недолік, що обмежує частково можливості застосування методу. Однак метод застосовується головним чином в тих випадках, коли в принципі не може бути об'єктивних даних, а провідними

мотивами для прийняття рішення є переваги людей. При цьому процедура парних порівнянь для збору даних практично не має гідних альтернатив. Якщо збір даних проведено за допомогою досвідчених експертів і в даних немає істотних протиріч, то якість таких даних визнається задовільним.

Схема застосування методу абсолютно не залежить від сфери діяльності, в якій приймається рішення. Тому метод є універсальним, його застосування дозволяє організувати систему підтримки прийняття рішень.

Застосування методу дозволяє розбити велику задачу, на ряд малих самостійних завдань. Завдяки цьому для підготовки прийняття рішення можна залучити експертів, які працюють незалежно один від одного над локальними завданнями.

Метод дає лише спосіб рейтингування альтернатив, але не має внутрішніх засобів для інтерпретації рейтингів, тобто людина, яка приймає рішення, знаючи рейтинг можливих рішень, повинна в залежності від ситуації сама зробити висновок. Це слід визнати недоліком методу.

• **2.2.4 Застосування методу аналізу ієрархій для вибору складу КМ та покриттів**

Розглянемо застосування методу аналізу ієрархій для вибору об'ємного змісту скляних наповнювачів в складі композиційних матеріалів. Даний етап роботи спрямований на скорочення матеріальних витрат на дорогі лабораторні дослідження.

В основі МАІ лежать п'ять основних етапів, що включають в себе:

- структуризацію задачі;
- розстановку пріоритетів оцінювання;
- попарне порівняння критеріїв за шкалою відносної важливості;
- формування набору (вектора) локальних пріоритетів (вагів);
- а також перевірку їх узгодженості.

На *першому етапі* виділимо головні чинники експлуатації, які і є критеріями оцінки альтернатив (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Критерії оцінки композиційних матеріалів і покриттів

Критерії оцінки	Фактори експлуатації	Параметри, які аналізуються
K1	Фактори, які забезпечуватимуть температурний умови експлуатації	Ефективний коефіцієнт теплопровідності
K2	Фактори, що визначають ефективність захисту від ІВ	Масовий коефіцієнт поглинання ІВ (іонізуюче випромінювання)
K3	Фактори, що визначають властивості міцності	Ефективний КТЛР (коефіцієнт термічного лінійного розширення)
K4	Вартісні показники	Собівартість КМ

В якості альтернатив A_j вибрано об'ємний вміст скляних наповнювачів в складі КМ. Дане завдання розглянута для альтернатив A_j з об'ємним наповненням скла від 10 до 50%. Проведені експериментально-теоретичні дослідження [11] показали, що при збільшенні об'ємного змісту скляних наповнювачів до 50% в складі КМ майже вдвічі знижується ефективний коефіцієнт теплопровідності, при цьому в 5 разів зростає КТЛР.

Експериментальні дослідження, проведені на прикладі склоалюмінієвих КМ і покриттів [11], показали підвищення масового коефіцієнта поглинання ІВ при збільшенні об'ємного вмісту порожнистих скляних мікросфер з 10 до 50%. Слід зазначити, що перевищення встановленого діапазону пов'язано з

технологічними труднощами формування: сегрегацією порошків для КМ і точністю наповнення для покриттів.

Таким чином, обрані альтернативи будуть відповідати наступним значенням: $A1 = 0,1$; $A2 = 0,2$; $A3 = 0,3$; $A4 = 0,4$; $A5 = 0,5$.

Загальна структура розв'язуваної задачі представлена на рисунку 2.3.

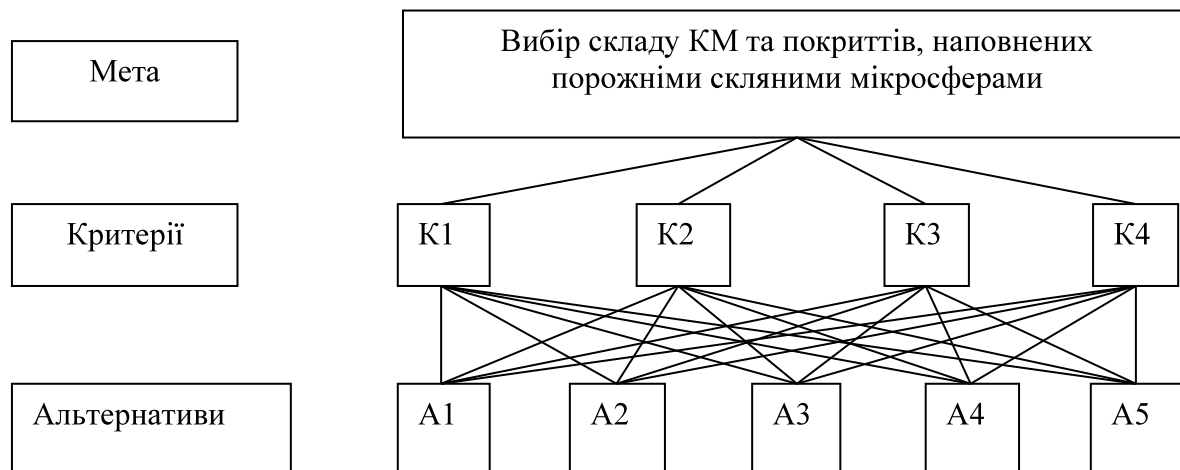


Рисунок 2.3 - Загальна структура розв'язуваної задачі

На другому етапі МАІ проводиться по-парне порівняння критеріїв, для якого використовується шкала відносної важливості [15]. Думка «експертів» ґрунтується на проведеному аналізі наукових робіт, присвячених проблемі, а також на отриманих результатах теоретичних і експериментальних досліджень, виконаних безпосередньо авторами статті [11]. Чисельні значення заносяться в таблицю порівняння критеріїв (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Матриця порівняння критеріїв

Критерій	K1	K2	K3	K4	Власний вектор r_i	Вага критерія w_i
K1	1	7	7	2	3,146	0,526
K2	1/7	1	5	1/4	0,650	0,109
K3	1/7	1/5	1	1/7	0,253	0,042
K4	1/2	4	7	1	1,934	0,323

$\lambda_{max} = 4,207; IC = 0,069; OC = 0,077$

У цій же таблиці значення власного вектора (r_i) обчислюється за формулою

$$r_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i}$$

де i — номер критерія; n — кількість критеріїв; K_i — значення критерія при попарному порівнянні. Нормоване значення власного вектора (вага) критерія

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

Перевіряємо умову нормування:

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 0,526 + 0,109 + 0,042 + 0,323 = 1$$

На *третьому етапі* МАІ проводиться порівняння заданих альтернатив A_j за кожним критерієм окремо. Для цього складаються таблиці по-парного порівняння альтернатив по кожному з розглянутих критеріїв з використанням шкали відносної важливості, і визначається нормоване значення власного вектора (вага) альтернативи для кожного критерію

$$v_{ij} = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^m r_j}$$

Тут i - номер відповідного критерію; j - номер альтернативи; m - кількість альтернатив. Значення власного вектора альтернативи (ВВА) r_j обчислюється за формулою

$$r_j = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m A_j}$$

де A_j — значення альтернативи при по-парному порівнянні.

Результати оцінки приведені в табл. 2.5 – 2.8.

Таблиця 2.5 – Таблиця порівняння альтернатив за критерієм К1 (фактори, які забезпечуватимуть температурний умови експлуатації)

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	BBA	Вага v_{ij}
A1	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0,384	0,060
A2	2	1	1/2	1/3	1/4	0,608	0,095
A3	3	2	1	1/2	1/5	0,903	0,141
A4	4	3	2	1	1/2	1,644	0,256
A5	5	4	5	2	1	2,885	0,449
$\lambda_{\max} = 5,142$; $IV = 0,036$; $VU = 0,032$							

Таблиця 2.6 – Таблиця порівняння альтернатив за критерієм К2 (фактори, що визначають ефективність захисту від ІВ)

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	BBA	Вага v_{ij}
A1	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0,384	0,060
A2	2	1	1/2	1/3	1/4	0,608	0,095
A3	3	2	1	1/2	1/5	0,903	0,141
A4	4	3	2	1	1/2	1,644	0,256
A5	5	4	5	2	1	2,885	0,449
$\lambda_{\max} = 5,142$; $IV = 0,036$; $VU = 0,032$							

Таблиця 2.7 – Таблиця порівняння альтернатив за критерієм К3 (фактори, що визначають міцність властивостей)

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	СВА	Вага v_{ij}
A1	1	1	2	2	2	1,516	0,287
A2	1	1	1	2	2	1,320	0,250
A3	1/2	1	1	1	2	1,000	0,189
A4	1/2	1/2	1	1	2	0,871	0,165
A5	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0,574	0,109
$\lambda_{\max} = 5,097$; $IY = 0,024$; $BY = 0,022$							

Таблиця 2.8 – Таблиця порівняння альтернатив за критерієм КЗ (вартісний показник)

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	СВА	Вага v_{ij}
A1	1	1	2	2	2	1,516	0,287
A2	1	1	1	2	2	1,320	0,250
A3	1/2	1	1	1	2	1,000	0,189
A4	1/2	1/2	1	1	2	0,871	0,165
A5	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0,574	0,109
$\lambda_{\max} = 5,097$; $IY = 0,024$; $BY = 0,022$							

На *четвертому етапі* МАІ здійснюється розрахунок кількісних показників, що визначають найкращу з альтернатив.

Для вибору оптимального варіанту використовується цільова функція

$$F = \max_j S$$

де j — номер оцінюваної альтернативної конструкції; $S = \{S_j\}$, S — сукупна оцінка альтернативи по всіх розглянутих критеріях, визначається залежністю

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i v_{ij}$$

i — номер критерія оцінки; v_{ij} — вага j -ї альтернативи для i -го критерія.

За результатами проведеного розрахунку для обраних значень альтернатив сукупна оцінка кожної альтернативи, проведена за всіма критеріями, склала:

$$S_1 = 0,143;$$

$$S_2 = 0,149;$$

$$S_3 = 0,158;$$

$$S_4 = 0,223;$$

$$S_5 = 0,325.$$

Отже, найкращим варіантом складу композицій є альтернатива А5, якій відповідає 50% -е об'ємне наповнення скляними компонентами ($A_5 = 0,5$). Однак остаточне рішення приймається на п'ятому етапі МАІ після перевірки ступеня відхилення від узгодженості в матриці парних порівнянь і наявності транзитивності (основного правила логічного введення) альтернатив в значеннях S_j .

Для цього підраховується індекс узгодженості (ІУ) за формулою [15]

$$IU = (\lambda_{\max} - k) / (k - 1)$$

де k — число порівнюваних елементів (в даному випадку критеріїв і альтернатив);

$\lambda_{\max}$ — максимальне власне число матриці попарних порівнянь.

Підсумкові результати ($\lambda_{\max}$, ІУ, ВУ) наведені безпосередньо в таблицях по-парних порівнянь критеріїв та альтернатив (см. табл. 2.5-2.8).

Узагальнимо вимір узгодженості на всю ієрархію. Для цього необхідно індекс узгодженості, отриманий з матриці по-парних порівнянь, помножити на пріоритет властивості, відносно якого виконувалося порівняння, і до цього числа додати аналогічні результати для всієї ієрархії (M):

$$M = 0,069 + (0,526; 0,109; 0,042; 0,323) \begin{bmatrix} 0,036 \\ 0,036 \\ 0,024 \\ 0,024 \end{bmatrix} = 0,10$$

Потім дана величина порівнюється з відповідним індексом, який отриманий, як сума випадково сформованих індексів, зважених за допомогою пріоритетів ($\bar{M}$):

$$\bar{M} = 0,9 + (0,526; 0,109; 0,042; 0,323) \begin{bmatrix} 1,12 \\ 1,12 \\ 1,12 \\ 1,12 \end{bmatrix} = 2,02$$

Відношення $M/\bar{M}$ має перебувати в оточенні 0,1, щоб не з'явилося сумнівів в удосконаленні фактичного функціонування і в судженнях:

$$M/\bar{M} = 0,05$$

Результат говорить про хорошу узгодженості ієрархії в цілому.

Проведені розрахунки показали виконання перевірок на ставлення узгодженості і на транзитивність, на підставі чого і можна зробити висновок, що найкращою альтернативою складу КМ, що забезпечує задані умови експлуатації, є 50% -е об'ємне наповнення скляними компонентами ($A5 = 0,5$).

Однак проведена аналітична оцінка не враховує такі структурні особливості отриманих композицій, як пористість, форма частинок, і передбачає необхідність дотримання високої точності дозування наповнювача, що не завжди вдається точно дотримуватися. Тому найбільш реальну оцінку експлуатаційних властивостей можуть дати тільки результати

експериментальних досліджень. Однак у зв'язку з дорожнечою експериментальних досліджень, їх застосування є недоцільним. Тому раціонально буде застосувати методологію комп'ютерного матеріалознавства в основі, якої лежать методи статичного аналізу, математичного моделювання, обчислювального експерименту і пошуку оптимальних рішень.

3 РОЗРОБКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СППР «СКІФ»

Для автоматизації рішення задачі проектування складу композиційних матеріалів і покриттів розроблена структура системи підтримки прийняття рішень (рис. 3.1).

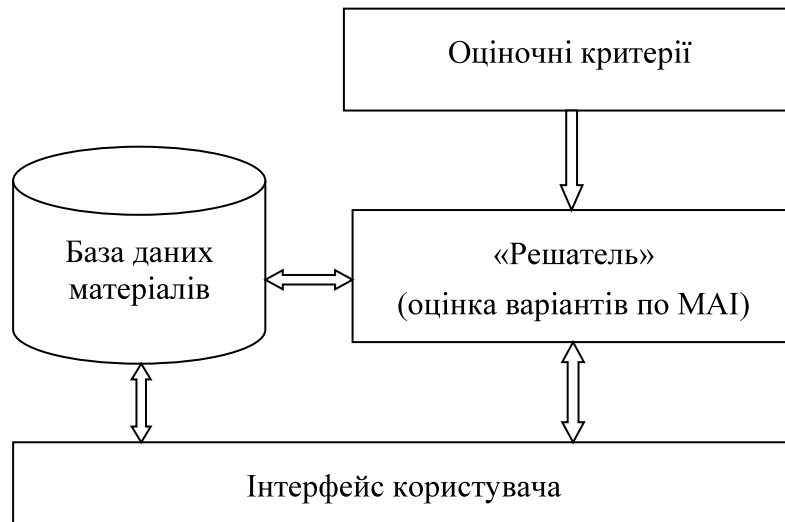


Рисунок 3.1 – Загальна структура СППР

Оціночні критерії є факторами експлуатації композиційних матеріалів і покриттів. У роботі фігурують чотири основних критерії:

- фактори, які забезпечуватимуть температурний умови експлуатації;
- фактори, що визначають ефективність захисту від іонізуючого випромінювання;
- фактори, що визначають властивості міцності;
- вартісні показники.

«Решатель» є математичний механізм прийняття рішень, а саме метод аналізу ієрархій, який призначений для структурування багатокритеріальних альтернатив і знаходження кращої альтернативи. Як альтернатив A_j , в роботі, вибрано об'ємний вміст скляних наповнювачів в складі КМ. Дане завдання розглянута для альтернатив A_j з об'ємним наповненням склом від 10 до 50%. Проведені експериментально-теоретичні дослідження [14] показали, що при збільшенні об'ємного змісту скляних наповнювачів до 50% в складі КМ майже

вдвічі знижується ефективний коефіцієнт теплопровідності, при цьому в 5 разів зростає КТЛР.

База даних матеріалів є сховище інформації про КОМ, вона створюється для зручної роботи користувача з необхідною інформацією, а саме для: додавання, видалення, перегляду і вибірки даних.

Інтерфейс користувача являє собою сукупність засобів і методів, за допомогою яких користувач взаємодіє з базою даних матеріалів і «решателем».

Робота СППР для проектування складу КМ полягає в змінюванні значення об'ємного змісту скляних наповнювачів, для визначення найбільш оптимального складу і властивостей композиційних матеріалів. За допомогою СППР користувач зможе отримати оптимальні значення складу наповнювача з заданими вимогами, побачить наскільки зміниться коефіцієнт теплопровідності, поглинання іонізуючого випромінювання, на скільки зміниться ефективність КТЛР і собівартість КМ при зміні значення об'ємного змісту скляних наповнювачів.

ВИСНОВКИ

Використання систем підтримки прийняття рішень для розв'язання задачі проектування складу КМ обумовлено їх високою ефективністю, яка проявляється :

- в можливості закласти в алгоритми програмного забезпечення важкоформалізуємі методи розрахунку;
- в можливості врахування впливу безлічі рецептурно-технологічних факторів на властивості КМ;
- в можливостях інтерфейсу користувача;
- в поданні результатів в доступній і інтуїтивно-зрозумілій формі;
- в можливості аналізу результатів досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г.О. Основи екології: Підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Білявський – К.: Либідь, 2004. – 406 с.
2. Голубченко Т.О. Методичні вказівки та завдання до практичних занять з дисципліни «Охорона праці в галузі» [Текст] / Т.О. Голубченко, О.Г. Бідніченко – Миколаїв: НУК, 2013. – 122с.
3. Запольський А. Основи екології: Підручник для студентів техніко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів/ А. Запольський, А. Салюк,; Ред. К. М. Ситник. - К.: Вища школа, 2003. - 357 с.