УДК 004.896+004.5+004.942+004.67
КП
N держреєстрації 0115U001569
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
(Сум ДУ)
40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова, 2;
тел. (0542) 33 53 83; факс 33 40 58

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи,
д. ф.-м. н., професор
_____А. М. Чорноус
_____

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Моделі та інформаційні технології проектування і управління в складних системах

МОДЕЛІ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА ОПИСАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ, ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЇХ ПІДТРИМКИ. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

(проміжний)

Начальник НДЧ
к. ф.-м. н., с. н. с Д. І. Курбатов

Керівник НДР
к. т. н. Е. Г. Кузнєцов

2016
Рукопис закінчено 18 листопада 2016 р.

Результати цієї роботи розглянуто науковою радою СумДУ,
протокол від 2016.12.23 № 4

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник теми канд. техн. наук, старший викладач		Кузнєцов Е. Г. (частина 1:розділ 1.2, частина 2:розділ 2.7)
Відповідальний виконавець доктор техн. наук, професор		Лавров Є. А. (частина 1:розділи 1.1-1.4, висновки)
Відповідальний виконавець канд. техн. наук, доцент		Неня В. Г. (частина 2:розділи 2.1-2.8, висновки)
Відповідальний виконавець канд. техн. наук, доцент		Шендрик В. В. (частина 3:розділи 3.1-3.9, висновки)
Канд. техн. наук, доцент		Алексенко О.В. (частина 3:розділи 3.2-3.4)
Канд. техн. наук, доцент		Баранова І. В. (частина 2:розділ 2.1)
Канд. техн. наук, доцент		Ващенко С. М. (частина 2:розділ 2.2, частина 3:розділи 3.1-3.3)
Канд. техн. наук, доцент		Гайдабрус Б. В. (частина 2:розділ 2.3)
Канд. техн. наук, доцент		Концевич В. Г. (частина 1:розділ 1.1)
Канд. техн. наук, доцент		Марченко А. В. (частина 2: розділ 2.4, частина 3:розділи 3.3-3.5)
Канд. техн. наук, старший викладач		Нагорний В. В. (частина 2:розділ 2.5)

Канд. техн. наук, старший викладач		Парфененко Ю. В. (частина 3:розділи 3.5-3.7)
Канд. техн. наук, старший викладач		Федотова Н. А. (частина 3:розділи 3.4-3.6)
Канд. техн. наук, доцент		Чибіряк Я. І. (частина 2:розділ 2.6)
Канд. техн. наук, старший викладач, СНАУ		Пасько Н. Б. (частина 1:розділ 1.2)
Асистент, СНАУ		Барченко Н. Л. (частина 1:розділи 1.3)
Аспірант		Бойко А. О. (частина 3:розділи 3.7-3.8)
Аспірант		Криводуб А. С. (частина 1:розділ 1.3)
Аспірант		Окопний Р. П. (частина 2:розділи 2.7)
Аспірант		Шендрик С. О. (частина 3:розділи 3.6-3.8)
Провідний фахівець		Захарченко В. П. (частина 2:розділи 2.7)
Провідний фахівець, група ВоІС		Шулима О. В. (частина 3:розділи 3.8)
Студент, гр. ІТ-31		Антипенко Б. А. (частина 2:розділи 2.3)
Студент, гр. ІТ.м-61		Бахмач М. В. (частина 1:розділ 1.2)
Студент, гр. ІТ.м-61		Бичко Д. В. (частина 3:розділ 3.1)
Студент, група ІТ-31		Єлісєєва А. Р. (частина 3:розділ 3.3)
Студент, гр. ІТ.мз-62с		Коваленко Р. Ю. (частина 2:розділи 2.5)

Студент, гр. ІТ-32		Ковтун А. А. (частина 3:розділ 3.5)
Студент, гр. ІТ.м-61		Кошара В. С. (частина 1:розділи1.3)
Студент, гр. ІТ.м-61		Кришток А. О. (частина 2:розділи 2.1)
Студент, гр. ІТ.м-61		Кротевич К. М. (частина 1:розділи1.3)
Студент, гр. ІТ.м-61		Рудакова Н. О. (частина 1:розділи)
Студент, гр. ІТ.м-61		Шапочка Ю. С. (частина 1:розділ 1.1)
Студент, гр. ІТ-41		Шестак М. О. (частина 3:розділ 3.7)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 71 с., 1 табл., 16 рис., 33 джерела.

Об'єкт дослідження: інформаційні технології та інформаційні системи.

Мета роботи: розробка теоретико-методологічних і науково-практичних основ розробки інформаційних технологій управління та інформаційних систем на потреб галузей суспільного виробництва та соціальної сфери.

Методи дослідження: системний та функціональний аналіз, дискретна математика та математична логіка.

Результатом роботи аналіз сучасного стану розвитку теорії складних систем та інформаційних технологій для автоматизації їх роботи та обґрунтування шляхів вирішення поставлених завдань.

Взаємозв'язок з іншими роботами: дана робота пов’язана із науковими дослідженнями аспірантів спеціальності інформаційні технології та студентів напряму комп’ютері науки.

Рекомендації по використанню результатів роботи: розробка науково-методичних основ за досліджуваними напрямками, формування тематики досліджень для магістрів та аспірантів.

Галузь застосування: промисловість, будівництво, міське господарство.

Значущість роботи і висновки: створює теоретично-методичну базу для автоматизації складних ситем та удосконалення людино-машинної взаємодії.

Прогнозні припущення про розвиток об’єкту дослідження: подальше поглиблення наукового обгрунтування дослідження та проектування складних систем та взаємодії їх з людиною-оператором.

ІТ, ІС, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЛЮДИНО-МАШИННА ВЗАЄМОДІЯ, СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ.

ЗМІСТ

Вступ 7
1 Моделі системного аналізу та описання інформаційно-управляючих людино-машинних систем 9
1.1 Вступ 9
1.2 Постановка задачі 10
1.3 Розробка моделей 10
1.4 Висновок 24
2 Розробка архітектурних рішень, інформаційних технологій їх підтримки 25
2.1 Вступ 25
2.2 Аналіз літературних даних та постановка проблеми 26
2.3 Мета та задачі дослідження 27
2.4 Дослідження процесу проектування та його реалізація засобами САПР 28
2.5 Інформаційні моделі основних видів забезпечення САПР 37
2.6 Аналіз запропонованого архітектурного рішення САПР 39
2.7. Комплексний опис процесів у САПР 39
2.8 Висновки 46
3 Інформаційні технології та моделі прийняття рішень при управлінні енергетичними системами 48
3.1 Вступ 48
3.2 Питання щодо функціонування інформаційної системи 49
3.3 Аналіз останніх досліджень та публікацій 51
3.4 Структура СППР 53
3.5 Технологія взаємодії баз даних 55
3.6 Системна інтеграція та захист інформаційних систем 56
3.7 Основні методи забезпечення безпеки інформаційних систем 59
3.8. Системи виявлення атак 61
3.9 Системи активного моніторингу робочих станцій ІС 64
Висновки 67
Перелік посилань 68

ВСТУП

Основні ідеї та принципи управління та проектування в складних системах виражені в системному підході. Для фахівця в області системотехніки вони є очевидними і природними, проте, їх дотримання і реалізація найчастіше пов'язані з певними труднощами, які зумовлені особливостями проектування. Як і більшість дорослих освічених людей, правильно використовують рідну мову без залучення правил граматики, розробники використовують системний підхід без звернення до посібників з системного аналізу. Однак інтуїтивний підхід без застосування правил системного аналізу може виявитися недостатнім для вирішення, задач інженерної діяльності, задач, що все більш ускладнюються. Основний загальний принцип системного підходу полягає в розгляді частин явища або складної системи з урахуванням їх взаємодії. Системний підхід виявляє структуру системи її внутрішні та зовнішні зв'язки.

Збільшення продуктивності праці розробників нових програмних і матеріальних об'єктів, скорочення термінів проектування, підвищення якості розробки проектів – найважливіші проблеми, вирішення яких визначає рівень прискорення науково-технічного прогресу суспільства. Розвиток систем автоматизованого проектування і управління спирається на міцну науково-технічну базу. Це, на сам перед, сучасні засоби обчислювальної техніки, нові способи подання та обробки інформації, створення нових чисельних методів розв'язання інженерних задач і оптимізації. Системи автоматизованого управління та проектування дають можливість на основі новітніх досягнень фундаментальних наук відпрацьовувати і удосконалювати методологію проектування, стимулювати розвиток математичної теорії проектування складних систем і об'єктів. В даний час створені і застосовуються в основному засоби і методи, що забезпечують автоматизацію рутинних процедур і операцій, таких, як підготовка управлінської документації, перетворення технічних креслень і моделей, отримання графічних зображень процесів і т.д.

Взаємодія підрозділів проектних та керуючих організацій з комплексом засобів автоматизації регламентується організаційним забезпеченням.

1 МОДЕЛІ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА ОПИСАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ

1.1 Вступ

Останні роки характеризуються істотною зміною характеру діяльності операторів АСУ. З'явився клас розподілених систем, у яких оператори взаємодіють за допомогою засобів телекомунікацій і спеціального програмного забезпечення. У багатьох випадках заявки, які повинні бути виконані системою, надходять у випадкові заздалегідь невідомі моменти часу. Традиційна задача ергономіки “розподіл функцій між операторами” кардинальним образом міняє свій зміст. Якщо для традиційних ерготехнічних систем [1] задача вирішувалася, як правило, при проектуванні системи, іноді (з появою, наприклад, ГПС) – 1 раз у зміну, то з появою систем з оперативним виникненням запитів на розв'язок задач виникає необхідність розв'язку задач у режимі “on-line”. Для найпростіших систем з однотипними заявками використовується, як правило, логічно прості дисципліни обслуговування закріплення заявок за вільними операторами. Такі правила, наприклад, використовуються в Call-Центрах, що набули останнім часом поширення. Для складних ерготехнічних систем з багатьма операторами (поліергатичних систем), таких як гнучкі виробничі системи, розрахункові й торгові центри, банківські системи й т.п., у яких виконання заявки передбачає деяку операторську діяльність із використанням інформаційно-програмно-технічних засобів і якість реалізації цієї діяльності суттєво залежить від того, кому доручене виконання заявки, розв'язок про організацію діяльності ухвалюється, як правило, спеціальним оператором, що добре знають предметну область, якого називають “оператор-керівник”. Такий оператор має (у неформалізованому або формалізованому виді) інформацію про функціональні можливості операторів-виконавців, що дозволяє йому ухвалювати які-небудь розв'язки [3]. Для складних систем у зв'язку з більшою кількістю параметрів,

які повинен відслідковувати оператор-керівник, і величезною кількістю варіантів організації діяльності, актуальне створення спеціальних систем підтримки прийняття розв'язків.

1.2 Постановка задачі

Відомі:

– структурні елементи АСУ, режими функціонування системи;

– множина функцій, виконуваних системою;

– множина операторів системи;

– закріплення планових функцій за операторами;

– запланований час виконання закріплених функцій;

– поточне планове призначення;

– множина функцій, які можуть виникнути у випадкові моменти часу;

– переважні можливості операторів по виконанню функцій;

– можливі алгоритми виконання планових функцій (у тому числі декількома способами);

– планова зайнятість операторів по виконанню закріплених функцій;

– поточні умови праці на робочому місці людини-оператора.

Необхідно**:** розробити комплекс моделей, які повинні бути покладені в основу інформаційного забезпечення СППР для оператора-керівника.

1.3 Розробка моделей

Виходячи з інформаційних потреб оператора-керівника при закріпленні їм вступники заявки за операторами-виконавцями, пропонується розробити інформаційну модель, призначення якої – відображення поточного стану

системи й надання операторові-керівникові необхідної для ухвалення рішення інформації (рис. 1.1).

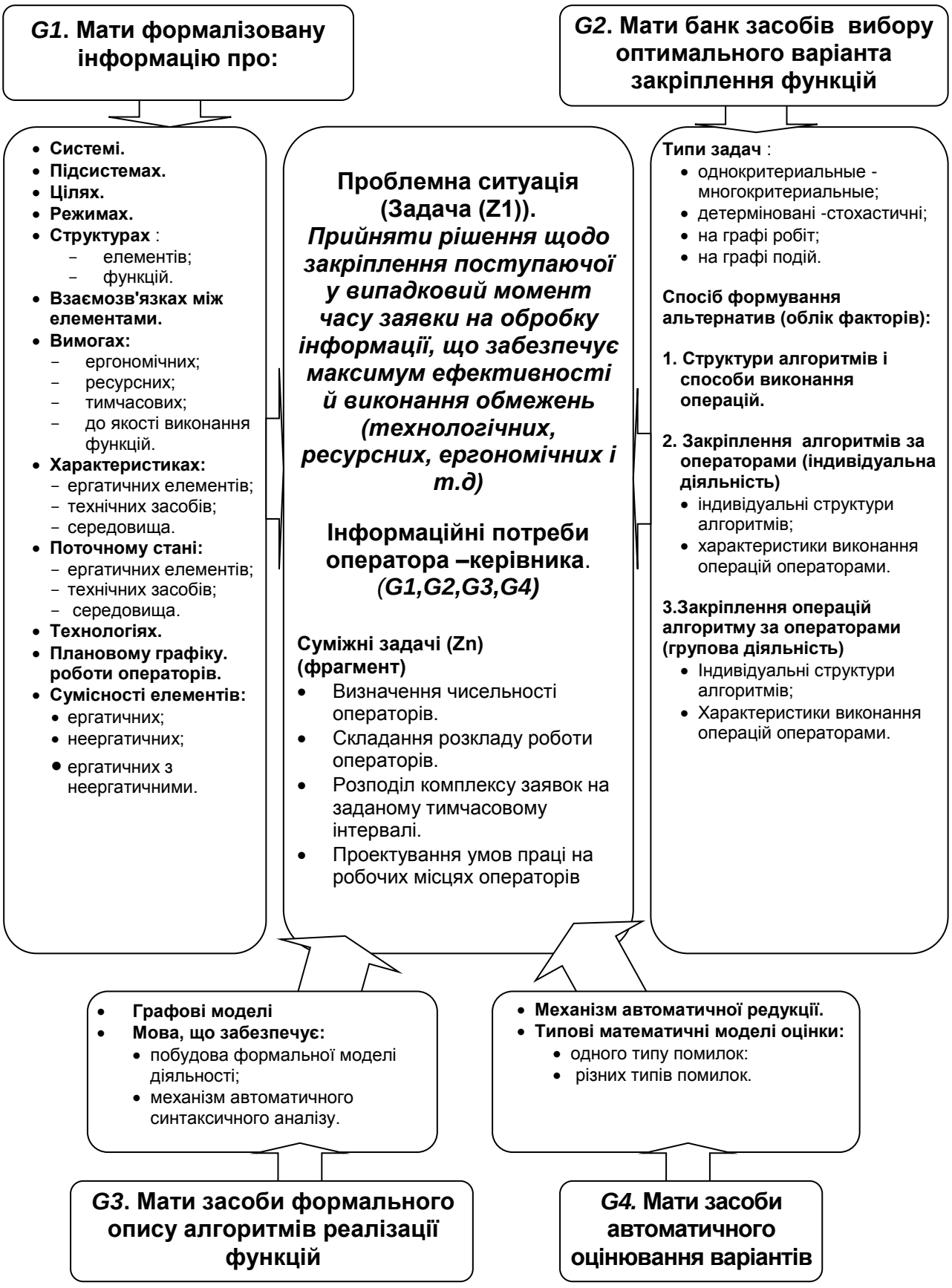


Рисунок 1.1 – Підхід до визначення інформаційних потреб оператора-керівника

Системні моделі будуємо, використовуючи підхід до уніфікованої вистави інформації про об'єкти людино-машинних систем у вигляді переліку баз знань і даних, описаний в [1]. Ілюстрація необхідності й взаємозв'язків моделей представлена на рис. 1.2 та формулою (1.1).

$$IMPPR=<MMS,MO,MVA,Ozs,SOA>. \quad (1.1)$$

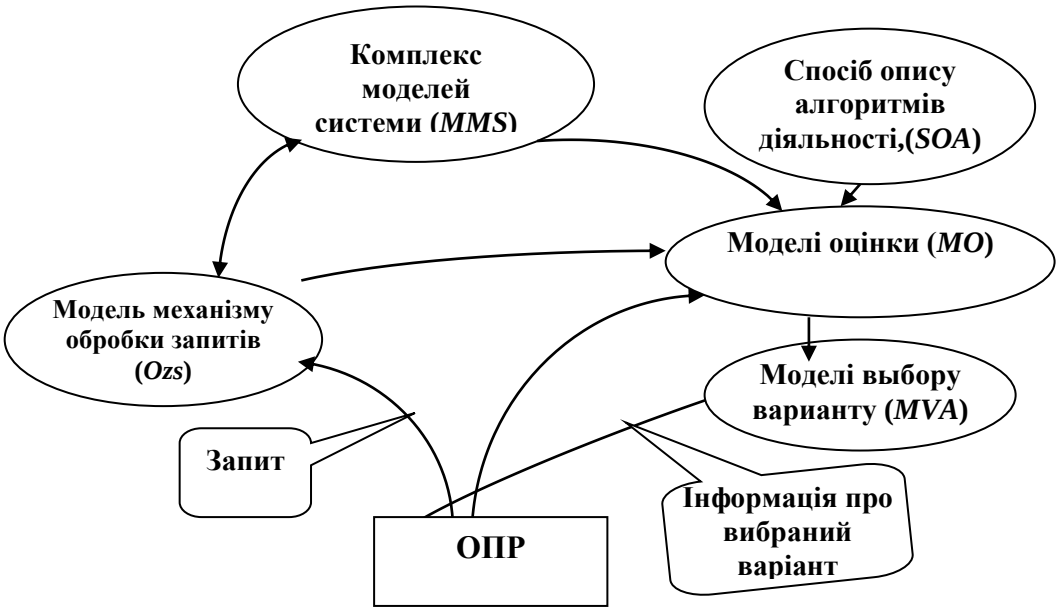


Рисунок 1.2 – Моделі, необхідні для ухвалення рішення при розподілі функцій між операторами СОІУ

Аналіз переліку відомостей про СОІУ, необхідних для закріплення функцій за операторами, дозволяє зробити висновок про те, що ці відомості можна задати за допомогою двох класів структур: компонентних і морфологічних. Компонентні структури вводимо для виявлення сутностей, необхідних для опису СОІУ при розв'язку задачі закріплення функцій, морфологічні структури – для завдання зв'язків різної природи між виділеними в компонентних структурах сутностями. Тоді комплекс системних моделей *MMS* інформаційної моделі для оператора-керівника представимо схемою, що показана на рис. 1.3, і структурною формулою (1.2):

$$MMS = < Css, Cfs, Crs, Ces, Err, Rs, Ft, Opft, PVo, Fkv, Mpl, MCo, Mproekt >. \quad (1.2)$$

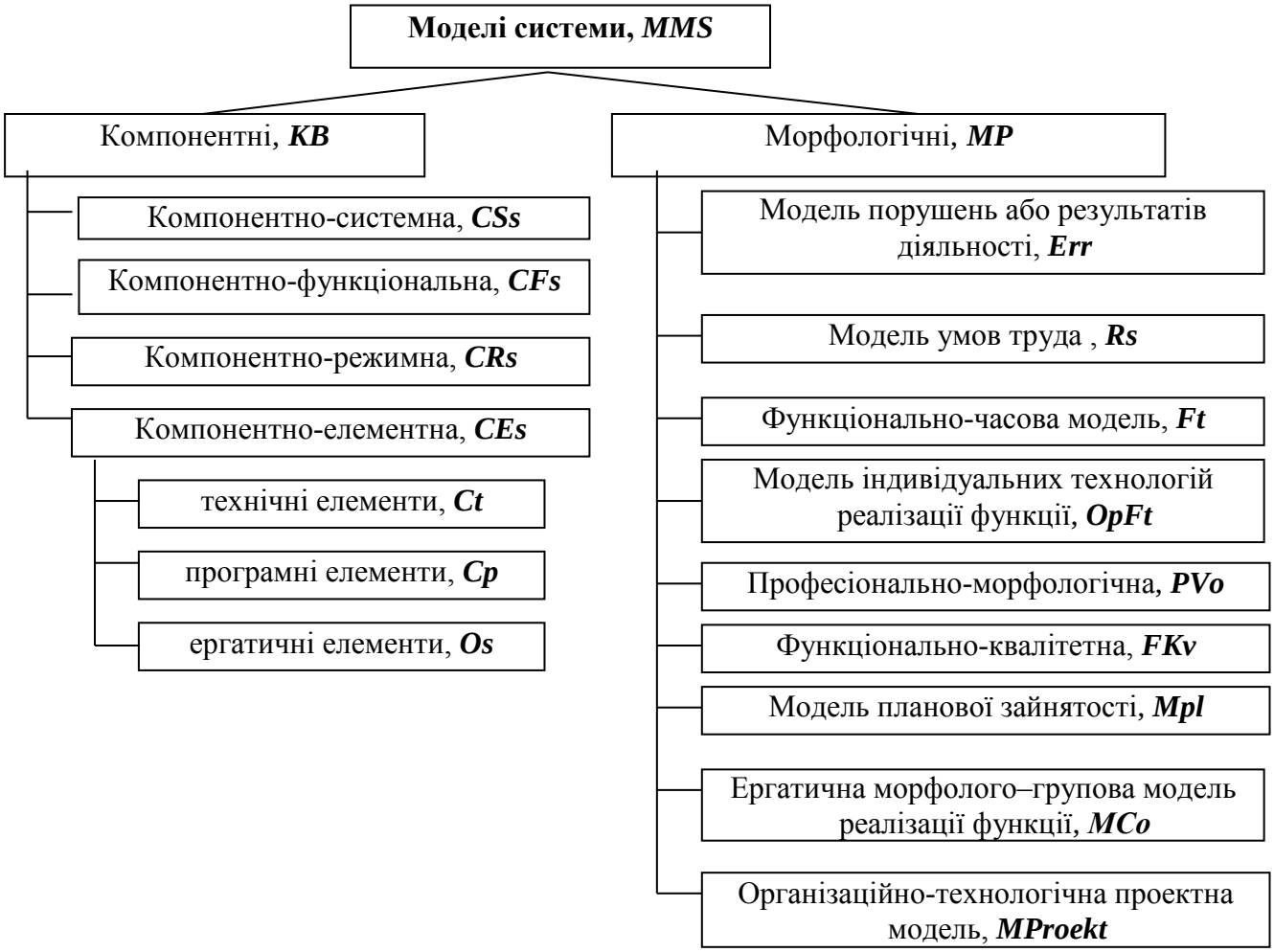


Рисунок 1.3 – Структура інформаційної моделі для оператора-керівника

Компонентно-системна модель. Компонентно-системна структура відображає місце даної СОІУ серед навколишніх її систем і склад підсистем, що входять до неї:

$$CSs = < \{LETS_l\} \big| l = 1,2,...L_0 >, \quad (1.3)$$

де $LETS_l$ – *l-я* локальна ЕТС;

L_0 – кількість локальних ЕТС системи.

Компонентно-функціональна структура. Модель представляє інформацію про вимоги до досліджуваної системи в частині множини реалізованих планових функцій кожної ЛЕТС:

$$CFs=<\{Fpl_i;\{LETS_{l_i}\}|l_i \in \{1,2,...L_0\}\}|i=1,2,...,N_{Fpl}>, \quad (1.4)$$

де Fpl_i – *i-я* планова функція;

$LETS_{l_i}$ – l_i-*я* локальна ЕТС;

L_0 – кількість локальних ЕТС;

N_{Fpl} – кількість планових функцій.

Компонентно-елементна модель. Модель відображає склад персоналу локальних ЕТС, склад технічного й програмного забезпечення кожної ЛЕТС:

$$Ces=<Ct,Cp,Os>,$$

де Ct – технічні елементи;

Cp – програмні елементи;

Os – ергатичні елементи:

$$Os=<\{OP_k;LETS_{l_k}\}|l_k \in \{1,2,...L_0\}\}|k=1,2,...K_0>, \quad (1.5)$$

де Op_k – *k-й* оператор;

$LETS_{l_k}$ – l_k-*я* локальна ЕТС;

K_0 – кількість локальних ЕТС і кількість операторів-виконавців.

Модель порушень або результатів діяльності. Модель описує можливі порушення при реалізації функцій (заявок) із множини, заданої компонентно-функціональною структурою:

$$Err=<\{Fpl_i;\{Er_{ij};U_{ij}\}|\ j=1,2,...ner_i\}|i=1,2,...,N_{Fpl}>, \quad (1.6)$$

де Fpl_i – *i-я* планова функція;

N_{Fpl} – кількість планових функцій;

Er_{ij} – *j*-е порушення (помилка), яке може бути допущене при реалізації *i-ї* функції;

U_{ij} – нанесений збиток при виконанні *i*-ї функції з *j*-м порушенням;

ner_i – кількість можливих порушень при виконанні *i*-ї планової функції.

Модель умов праці. Відображає для кожного робочого місця значення психофізіологічних факторів, що впливають на умови праці санітарно-гігієнічних і и психофізіологічних факторів:

$$Rs = <\{RM_k; OP_k; KT_k; IBO_k; \{TFak_{kj}; NFak_{kj}; ZFak_{kj}\} \mid j = 1,2,...nf_k\} \mid i = 1,2,...K_0 >, \quad (1.7)$$

де RM_k – ідентифікація *k-го* робочого місця;

OP_k – *k-й* оператор;

KT_k – категорія ваги для робочого місця RM_k;

IBO_k – інтегральна бальна оцінка для робочого місця RM_k;

nf_k – кількість факторів, що впливають, для робочого місця RM_k;

$TFak_{kj}$ – тип *j-го* фактору, що впливає, для робочого місця RM_k;

$NFak_{kj}$ – назва *j-го* фактору, що впливає, для робочого місця RM_k;

$ZFak_{kj}$ – значення *j-го* фактору, що впливає, для робочого місця RM_k;

K_0 – кількість робочих місць системи.

Функціонально-тимчасова модель виконання функцій. Модель описує типові алгоритми виконання функцій (заявок), певних компонентно-функціональною структурою. Варіантів організації діяльності при реалізації функції може бути кілька. Модель задається у вигляді формальної моделі функціональної мережі:

$$Ft = <\{Fpl_i; \{Var_{ij}, Mfs_{ij}\} \mid j = 1,2,...nv_i\} \mid i = 1,2,..., N_{Fpl} >, \quad (1.8)$$

де Fpl_i – *i-я* планова функція;

N_{Fpl} – кількість планових функцій;

Var_{ij} – *j-й* варіант організації діяльності при реалізації *i*-ї функції;

Mfs_{ij} – *j*-а формальна модель функціональної мережі алгоритму виконання *i*-ї функції;

nv_i – кількість варіантів організації діяльності при реалізації *i*-ї функції.

Модель індивідуальних технологій реалізації функції. Модель описує типові технології реалізації функцій (заявок), що характеризують організацію діяльності операторів системи у вигляді формальної моделі функціональної мережі. Тип функції визначається компонентно-функціональною структурою. При цьому враховуються можливі варіанти організації діяльності при реалізації функції:

$$OpFt = <\{Fpl_i; OP_{ik}; \{Var_{ij_k}, Mfs_{ij_k}\} \mid j_k \in \{1,2,...nv_i\}\} \mid k \in \{1,2,..., K_0\} \mid i = 1,2,..., N_{Fpl} >, \quad (1.9)$$

де Fpl_i – *i*-а планова функція;

OP_{ik} – *k-й* оператор, що реалізує *i*-у планову функцію;

Var_{ij_k} – *j-й* варіант організації діяльності *k-м* оператором при реалізації *i*-ї функції;

Mfs_{ij_k} – *j*-а формальна модель функціональної мережі алгоритму виконання *i*-ї функції *k-м* оператором;

nv_i – кількість варіантів організації діяльності при реалізації *i*-ї функції;

N_{Fpl} – кількість планових функцій.

Професійно-морфологічна модель. Описує на якісному рівні підготовленість і мотивацію операторів до виконання функцій (заявок), заданих компонентно-функціональною структурою:

$$PVo = <\{OP_k; \{Fpl_{ki}; Mvyp_{ki}; Pvyp_{ki}; SNapr_{ki}; DrP_{ki}\} \mid i = 1,2,...\} \mid k \in \{1,2,..., K_0\} >, \quad (1.10)$$

де Op_k – *k-й* оператор;

Fpki – *i*-а планова функція *k-го* оператора;

$Mvyp_{ki}$ – мотивація до виконання *i*-ї планової функції *k-м* оператором;

$Pvyp_{ki}$ – підготовленість до виконання *i*-ї планової функції *k-м* оператором;

$Snapr_{ki}$ – збіг профілю діяльності з напрямком *i*-ї планової функції *k-го* оператора;

Drp_{ki} – інші переваги *k*–го оператора при виконанні *i*-ї планової функції;

K_0 – кількість операторів СОІУ.

Функціонально-квалітетная модель. Задає імовірнісні характеристики процесів виникнення й усунення помилок кожного типу, що враховуються при виконанні функції (заявки) із множини, певної компонентно-функціональною структурою. Множина операцій процесу виконання функцій визначається функціонально-тимчасовою структурою з урахуванням значень факторів конструктивної особливості робочого місця (компонентно-елементна структура), умов праці на робочому місці, професійних характеристик оператора. У випадку відсутності даних по конкретному операторі, модель задає імовірнісні характеристики середнього оператора:

$$FKv = \begin{cases} FKvo, & \text{якщо відомі дані про операторів системи} \\ FKvs, & \text{дані про операторів системи відсутні} \end{cases} \qquad (1.11)$$

де

$$FKvo = < \{Fpl_i; OP_{ik}; \{Var_{ij_k}; \{Opr_{ij_k l}; \{PK_{ij_k l_m}^{er_i} \,|\, m = 1,2,..., np_{j_k}^l; |er_i = 1,2,..., ER_i\}$$
$$|l = 1,2,..., ko_{j_k}^i\} | j_k \in \{1,2,..., nv_i\}\} RM_{ik}; KT_{ik}\} | \; k \in \{1,2,..., K_0\}; |i = 1,2,..., N_{Fpl} > ;$$

$$FKvs = < \{Fpl_i; \{Var_{ij}; \{Opr_{ijl}; \{PK_{ijl_m} \,|\, m = 1,2,..., np_{ij}^l\} | l = 1,2,..., ko_j^i\} | j = 1,2,...nv_i\};$$
$$RM_{ik}; KT_{ik}\} | i = 1,2,..., N_{Fpl} > ;$$

;

Fpl_i – *i-а* планова функція;

N_{Fpl} – кількість планових функцій;

Op_{ik} – *k-й* оператор, що реалізує *i*-у планову функцію;

Var_{ij_k} (Var_{ij}) – *j-й* варіант організації діяльності *k-м* оператором (середнім оператором) при реалізації *i*-ї функції;

RM_{ik} – ідентифікація *k-го* робочого місця;

KT_{ik} – категорія ваги для робочого місця RM_{ik};

Opr_{ij_kl} (Opr_{ijl}) – *l*-а операція, яку виконує *k-й* (середній) оператор при реалізації *i*-ї планової функції *j-м* способом;

$PK^{er_i}_{ij_k l_m}$ – *m-й* показник якості, що враховує помилку *eri-го* типу, з яким *k-й* оператор виконує *l*-у операцію при реалізації *i*-ї планової функції *j-м* способом.

PK_{ijl_m} – *m-й* показник якості, з яким середній оператор виконує *l*-у операцію при реалізації *i*-ї планової функції *j-м* способом;

Er_i – помилки різних типів, які можуть бути допущені при реалізації *i*-ї функції.

Модель планової зайнятості. Модель відображає стан зайнятості операторів виконанням регламентних функцій. Множина функцій визначається компонентно-функціональною структурою системи. По кожному операторі модель задає час початку й час закінчення виконання кожної, закріпленої за оператором, функції, наявність можливості переривання виконання функції, час планової перерви й ін.:

$$Mpl = < \{RM_k; OP_k; \{PpN_{kl}; PpK_{kl}\} | l = 1,2,..., n_k; \{Fpl_{ik}; TN_{ik}; TK_{ik} TP_{ik}; Vyp_{ik}; TF_{ik}; PR_{ik}\} | i = 1,2,..., m_k\} | k = 1,2,..., K_0 >, \quad (1.12)$$

де RM_k– ідентифікація *k-го* робочого місця;

Opk – k-й оператор;

PpN_{kl} – початок *l-го* планової перерви *k-го* оператора;

PpK_{kl} – кінець *l-го* планової перерви *k-го* оператора;

n_k – кількість планових перерв *k-го* оператора;

Fpl_{ik} – *i*-f планова функція *k-го* оператора;

TN_{ik}, TKi_k, TP_{ik}, TF_{ik} – час початку виконання, час завершення виконання, час переривання виконання, фактичний час завершення *i*-ї планової функції *k-го* оператора, відповідно;

Vyp_{ik} – оцінка про виконання *i*-ї планової функції *k-го* оператора;

PR_{ik} – пріоритет *i*-ї планової функції *k-го* оператора. Пріоритет функції визначається десятибальною шкалою;

m_k – кількість планових функцій *k-го* оператора;

K_0 – кількість операторів.

Організаційно-технологічна (проектна) модель. Модель відображає результат розв'язку задачі закріплення функції за операторами й містить:

1) найменування (ідентифікацію) функції;

2) опис технології реалізації функції (функціональну мережу з функціонально-тимчасової моделі або з моделі індивідуальних технологій);

3) вид організації діяльності: індивідуальної або груповий;

4) у випадку індивідуальної діяльності – ідентифікацію оператора, якому доручено виконання заявки. У випадку групової діяльності – для кожної операції призначення відповідального оператора.

5) Прогноз результатів розв'язку:

- математичне очікування часу виконання;

- дисперсія часу виконання;

- імовірність помилки: 1-го типу; 2-го типу;… *n-го* типу;

- величина можливого збитку від порушень різних типів.

$$M\,\mathrm{Pr}oekt = <\{Fpl_{i_0}; Var_{i_0 j_0}; MFs_{i_0 j_0}; pr_{i_0 j_0}; [OP_{i_0 k_0}]; [\{Opr_{i_0 j_0 l}; OP_{l_m}\}\,|\, m \in \{1,2,...,K_0\};$$
$$|\, l = 1,2,...ko_{i_0}^{j_0}]\,|\, k_0 \in \{1,2,...,K_0\}\,|\, j_0 \in \{1,2,...nv_{i_0}\}\,|\, i_0 \in \{1,2,...,N_{Fpl}\}\}>, \quad (1.13)$$

де Fpl_{i_0} – i_0-а функція, що поступила за заявкою на виконання;

$Var_{i_0 j_0}$ – обраний j_0-й варіант організації діяльності при реалізації i_0-ї функції, що поступила за заявкою на виконання;

$MFs_{i_0 j_0}$ – обрана j_0-а формальна модель функціональної мережі алгоритму виконання i_0-ї функції;

$OP_{i_0 k_0}$ – обраний k_0-й оператор для реалізації, за заявкою i_0-ї функції що поступила у випадку неможливості групової діяльності (необов'язковий структурний елемент);

$\{Opr_{i_0 j_0 l}\}$ – множина операцій алгоритму діяльності при обраному j_0-му варіанті організації діяльності для реалізації i_0-ї функції, що поступила за заявкою на виконання (необов'язковий структурний елемент);

$ko_{i_0}^{j_0}$ – кількість операцій алгоритму діяльності при обраному j_0-му варіанті організації i_0-ї функції;

nv_{j_0} – кількість варіантів організації діяльності при реалізації i_0-ї функції;

$\{OP_{l_m}\}$ – група операторів, призначених на виконання *lm-x* операцій j_0-го варіанта організації діяльності при реалізації $_0$-ї функції, що поступила за заявкою на виконання (необов'язковий структурний елемент). Для реалізації функції допускається групова діяльність.

Ергатична морфолого–групова модель реалізації функції. Описує для кожної функції (заявки) із множини, певної компонентно-функціональною структурою, можливість (неможливість) організації групової діяльності й попарну сумісність операторів при реалізації функції (у випадку допустимості групової діяльності):

$$MCo = < Fpl_i ; pr_i ; [\{C_{kl}^i\} | k = 1,2,.., K_0 ; l = 1,2,..., K_0\}] | i = 1,2,..., N_{Fpl} >, \quad (1.14)$$

де Fpl_i – *i-а* планова функція;

pr_i – ознаку, що визначає можливість або неможливість організації групової діяльності;

$\{C_{kl}^{i}\}$ – матриця, що визначає попарну сумісність роботи операторів OP_k і OP_l при реалізації *i*-ї планової функції (необов'язковий структурний елемент). Кожний елемент матриці визначається формулою:

$$C_{kl}^{i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо оператори можуть бути задіяні сумісно, або } k=l \\ 0, & \text{якщо оператори не можуть бути задіяні сумісно} \end{cases} \quad (1.15)$$

Таким чином, змістовно задачу розподілу функцій можна представити як задачу формування нової організаційно-технологічної структури, що задовольняє поставленим вимогам до якості виконання заявки й множині ергономічних норм і вимог (рис. 1.4).

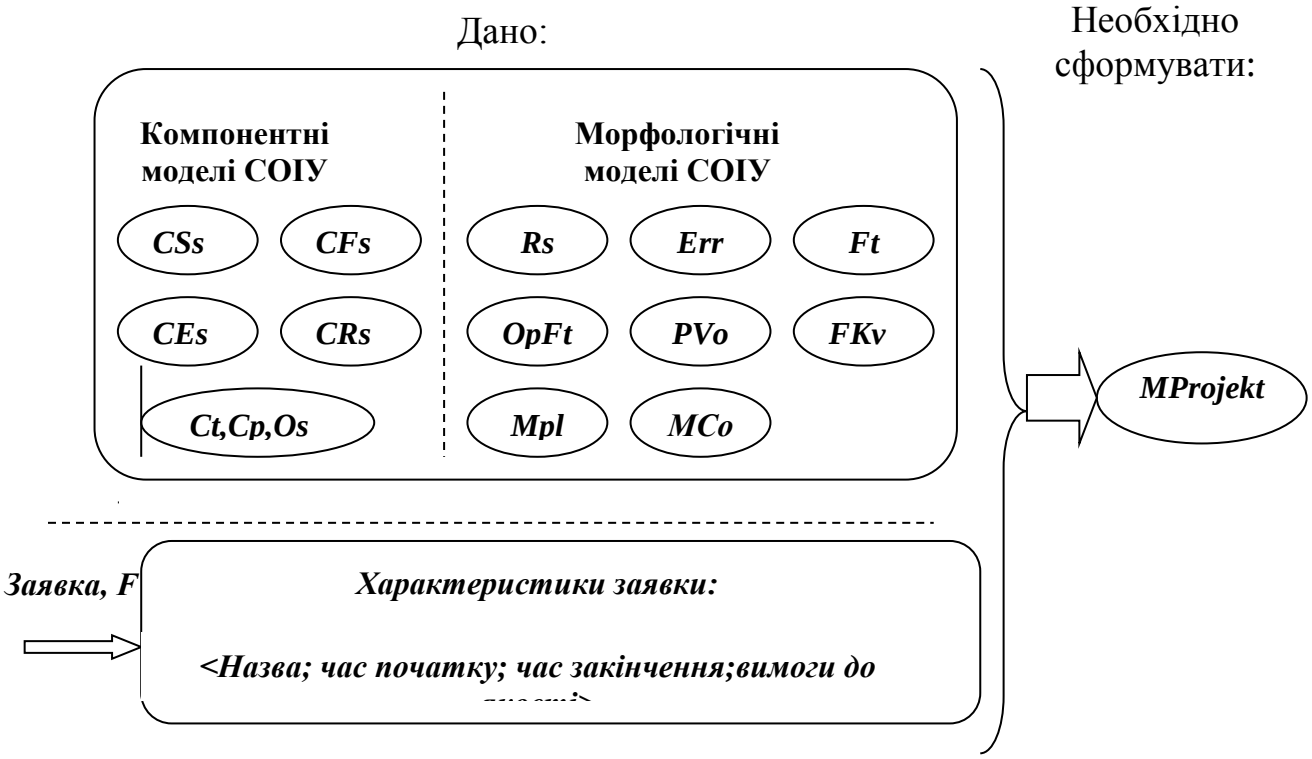


Рисунок 1.4 – Ілюстрація до змістовної постановки задачі закріплення функцій за операторами з використанням технології компонентного й морфологічного аналізу СОІУ

Ергатична морфолого–групова модель реалізації функції. Описує для кожної функції (заявки) із множини, певної компонентно-функціональною

структурою, можливість (неможливість) організації групової діяльності й попарну сумісність операторів при реалізації функції (у випадку допустимості групової діяльності):

$$MCo =< Fpl_i;\ pr_i;[\{C_{kl}^i\}|k=1,2,..,K_0;l=1,2,...,K_0\}]|i=1,2,...,N_{Fpl} >, \quad (1.16)$$

де Fpl_i – *i-а* планова функція;

pr_i – ознаку, що визначає можливість або неможливість організації групової діяльності;

$\{C_{kl}^i\}$ – матриця, що визначає попарну сумісність роботи операторів OP_k і OP_l при реалізації *i*-ї планової функції (необов'язковий структурний елемент). Кожний елемент матриці визначається формулою:

$$C_{kl}^i = \begin{cases} 1, & \text{якщо оператори можуть бути задіяні сумісно, або } k=l \\ 0, & \text{якщо оператори не можуть бути задіяні сумісно} \end{cases} \quad (1.17)$$

Модель механізму обробки запитів. Для забезпечення можливості ефективного використання інформації, уводимо модель механізму обробки запитів – *Ozs*. Модель призначена для відображення множини можливих запитів оператора-керівника функцій, що виникають у момент розподілу, між операторами системи, і відповідей на них. Крім цього модель подає у формалізованому виді засобу формування відповідей операторові-керівникові. Позначення моделі – *Ozs*. Структурна формула має вигляд:

$$Ozs =< \{Z_i;\ Int_i\} \mid i=1,2,...,Kz >, \quad (1.18)$$

де Z_i – множина запитів *i-го* типу;

Int_i – множина елементів інтерфейсу із програмними модулями для реалізації запитів *i-го* типу;

Kz – кількість запитів.

Структуру будь-якого *j-го* запиту *i-го* типу в загальному виді можна представити в такий спосіб:

$$Z_{ij} = \{Ztip_{ij}; \Pr_{ij}; Ztext_{ij}; \{x_{ijh}\} \Big| h = 1,2,...,k_{ij}; \{Otv_{ij}\} \Big| l = 1,2,...,m_{ij}\}, \qquad (1.19)$$

де $Ztip_{ij}$ – тип запиту;

$Ztext_{ij}$ – зміст (текст) запиту;

Pr_{ij} – правило запиту в логічному уявленні, (предикати, об'єднані операціями кон'юнкції, диз'юнкції й заперечення);

x_{ijh} – атрибут, значення якого необхідно відобразити;

k_{ij} – кількість атрибутів, відображуваних *j-м* запитом *i-го* типу;

Otv_{ijl} – *l-й* структурний елемент відповіді *j-го* запиту *i-го* типу;

m_{ij} – кількість структурних елементів відповіді.

Множина елементів інтерфейсу із програмними модулями для реалізації запитів *i-го* типу Int_i, зазначене у формулі (1.18), залежить від програмного середовища, у якому реалізована система підтримки прийняття розв'язків оператора-керівника. Для реалізації *j-го* запиту *i-го* типу множина елементів інтерфейсу Int_{ij} має вигляд :

$$\begin{aligned} INT_{ij} = < \{ \{ & Wind_{ijs}; SetWind_{ijs}; \{TipE_{ijsn}; NameE_{ijsn}; SetE_{ijsn}\} \Big| n = 1,2,...,k_{ijs}\} \Big| s = 1,2,...,m_{ij}; \\ & [A\lg AF]; [A\lg Opt]; [A\lg ORM]\} >, \end{aligned} \qquad (3.18)$$

де $Wind_{ijs}$ – *s-е* вікно для *j-го* запиту типу *i*;

$SetWind_{ijs}$ – призначення *s-го* вікна для *j-го* запиту типу *i*;

$TipE_{ijsn}$, $NameE_{ijsn}$, $NameE_{ijsn}$ – тип *n-го* елемента керування *s-го* вікна, назва *n-го* елемента *s-го* вікна, призначення *n-го* елемента керування *s-го* вікна для *j-го* запиту типу *i*, відповідно;

k_{ijs} – кількість елементів керування *s-го* вікна для *j-го* запиту типу *i*;

m_{ij} – кількість вікон для виконання *j-го* запbne типу *i*;

AlgAf, AlgOpt, AlgORM – укрупнений алгоритм процедури ініціації виконання програмного модуля оцінки АФ, модуля вибору оптимального варіанта, модуля оцінки умов праці на робочому місці оператора ЛЕТС, відповідно (необов'язкові структурні елементи).

Моделі, задані формулами (1.19) – (1.20), є загальними для всіх типів запитів. На їхній основі створюються моделі для конкретних запитів.

Виходячи з того, що на підставі порівняльного аналізу методів опису й оцінки алгоритмів діяльності операторів СОІУ обраний апарат функціональних мереж, для створення формальної моделі функціональної мережі алгоритму виконання вступників функцій і забезпечення комп'ютерного моделювання розробляємо спосіб опису функціональної мережі.

Модель виконання заявки являє собою функціональну мережу. Розроблена спеціальна мова опису такої мережі [5] і спеціальна технологія [6] оцінювання прагматичних показників для варіантів реалізації заявок. Можна сказати, що всі моделі [1] необхідні для того, щоб сформувати вхідні дані для процедури оцінювання функціональної мережі. Таким чином, комплекс моделей *MMS* створює передумови для розв'язку необхідних задач оцінювання й оптимізації технологій виконання заявок.

1.4 Висновок

Запропонований комплекс моделей для СППР оператора-керівника автоматизованих систем керування. Розроблені моделі створюють основу для автоматизації процесу надання операторові-керівникові інформаційної підтримки при ухваленні рішення про прийняття ергономічних розв'язків.

2 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ, ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЇХ ПІДТРИМКИ

2.1 Вступ

У наш час автоматизація проектування технічних об’єктів є важливим чинником підвищення продуктивності праці проектувальників. Однак даний напрямок розвинутий недостатньо. Сьогодні досягнення у цій області досить незначні та відстають від тих, що зроблені в машинобудуванні загалом. Так, у роботі [6] відмічається, що в двадцятому сторіччі продуктивність праці в машинобудуванні зросла набагато більше, ніж продуктивність праці розробників нової техніки. Причому складність та об’єми проектів мають тенденцію подвоюватися кожні 10 років. Розробники використовують досить старі та звичні методи проектування для комп’ютеризації тільки окремих проектних операцій, що, у свою чергу, не сприяє значному збільшенню їх продуктивності праці. Останнє відбувається за рахунок використання традиційних методів проектування, які є не оптимізованими, та організації праці, яка не контролюється достатньо та не забезпечує оптимізацію невиробничий дій. Усе це причини відставання досягнень проектувальників від загального збільшення продуктивності праці в промисловому виробництві.

Отже, існує нагальна необхідність комплексного вирішення даної проблеми – створення повнофункціональних систем автоматизації проектних робіт. Надалі під системою автоматизації проектних робіт (САПР) ми будемо вважати сукупність програмно-інформаційних засобів, які допомагають виключити фахівця з контуру управління процесом проектування. Згідно до вимог комплексного підходу, компоненти системи й також їх взаємодія між собою повинні бути предметом для удосконалення. На основі цього положення необхідно автоматизувати весь процес проектування від розробки технічного

завдання до формування готового проекту та його передачу клієнту, а не тільки окремі проектні операції, як це має місце в наш час. Така повнофункціональна САПР забезпечить автоматизацію проектування технічних об'єктів наряду з автоматизацією організації праці цілого процесу проектування, що в результаті підвищить продуктивність праці проектувальників. Це визначає актуальність розробки САПР для управління виконанням всіма видами робіт в проектних організаціях і проектних підрозділів промислових підприємств.

2.2 Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогодні доступно багато літературних джерел, що стосуються САПР. Перш за все, були проаналізовані роботи, у яких автори зосереджуються на розвитку та створенні систем автоматизації проектних робіт.

На сьогоднішній день загально визнаною є тенденція переходу від комп’ютеризації окремих виробничих операцій до комп’ютеризованого інтегрованого виробництва (Computer Integrated Manufacturing – CIM) [7]. Це є сучасний підхід до виробництва – за допомогою комп'ютерів контролювати весь виробничий процес та життєвий цикл продукту (об’єкта) від проектування до експлуатації у кінцевого споживача. Важливе місце при цьому посідає комп’ютеро-орієнтоване проектування (Computer-aided design–CAD) – CAM.

Комерційні програмні рішення CAD/CAM систем для промисловості можуть бути придбані легко. Ці рішення або системи, однак, не можуть бути з'єднані разом у плавний спосіб, тобто вони не можуть вписатися в інтегроване середовище [8]. Для об’єднання різних CAD/CAM рішень необхідне додаткове прикладне програмне забезпечення для підтримки обміну даними в інформаційних системах промислових підприємствах. Автори роботи [9] роблять висновок про неможливість більшості сучасних архітектур підтримувати інтеграцію даних; вони не можуть підключати різні застосування

CAD/CAM програмного забезпечення для обміну даними на основі STEP стандарту (ISO 10303) і не можуть включити прикладне програмне забезпечення для спільної роботи користувачів.

Узагальнений аналіз показує відсутність розробок із організації процесу проектування. Кожна із пропозицій стосується конкретного об’єкту проектування та пропонує наперед обраний алгоритм проектування. Таке положення не дозволяє використовувати отримані здобутки для проектування інших об’єктів шляхом тиражування або використовувати як готові шаблони.

У наявних публікаціях приділяють недостатню увагу до автоматизації управління процесами проектування. Робота проектувальників систематично не відстежується. Статистичні дані для обґрунтованого планування проектних робіт не узагальнюються і є труднощі в прийнятті з цього приводу обґрунтованих рішень і планування проектних робіт.

2.3 Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є розробка архітектури системи автоматизації проектних робіт на основі комп’ютеризованих методів проектування технічних об'єктів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– провести системний аналіз виконання процесу проектування;

– запропонувати такий порядок процесу проектування, який був би придатним для його реалізації, використовуючи засоби САПР, і був придатний для управління ним;

– розробити інформаційну модель процесу проектування як концептуальну основу для розробки проекту САПР.

2.4 Дослідження процесу проектування та його реалізація засобами САПР

Із огляду на те, що процес проектування розглядається [10–13] як процес перетворення інформації із технічного завдання (ТЗ) в інформацію, яка описує готове проектне рішення, системи автоматизованого проектування відносяться до класу інформаційних систем. Проектування інформаційних систем різного призначення досліджується протягом багатьох років. Тому в даній області вже накопичено певний досвід [14–16]. Основним його положенням є проведення передпроектного дослідження, під час якого складається опис предметної області та виділяються типові елементи та зв’язки між ними.

Цілком зрозуміло – раціонально проведений аналіз функціонування системи проектування, вчасно встановлені особливості складових системи та їх функціонування в значній мірі зумовлюють успішну реалізацію інформаційної системи та її експлуатацію.

2.4.1 Принципи роботи запропонованої САПР

За визначенням національного стандарту 22487–77 «Проектування Автоматизоване. Терміни та визначення» системи автоматизованого проектування (САПР) – це комплекс засобів автоматизації проектування, взаємопов’язаних із необхідними підрозділами проектної організації або колективом спеціалістів – користувачів системи, які виконують автоматизоване проектування.

На основі вище приведеного визначення запропоновано наступну модель архітектури САПР (рис. 2.1).

САПР складається з певного набору засобів обчислювальної техніки, який орієнтований на підтримку вирішення тих задач, на які налаштована система.

Це положення можна розглядати як факт, оскільки кожна САПР має свою галузеву специфіку проектування (будівництво автомобілів, літаків, пароплавів, верстатів, об’єктів озброєння, меблів тощо) із урахуванням перспектив

розвитку. Також враховано, що технічні засоби САПР є матеріальними носіями зберігання та використання інших видів забезпечення функціонування САПР.

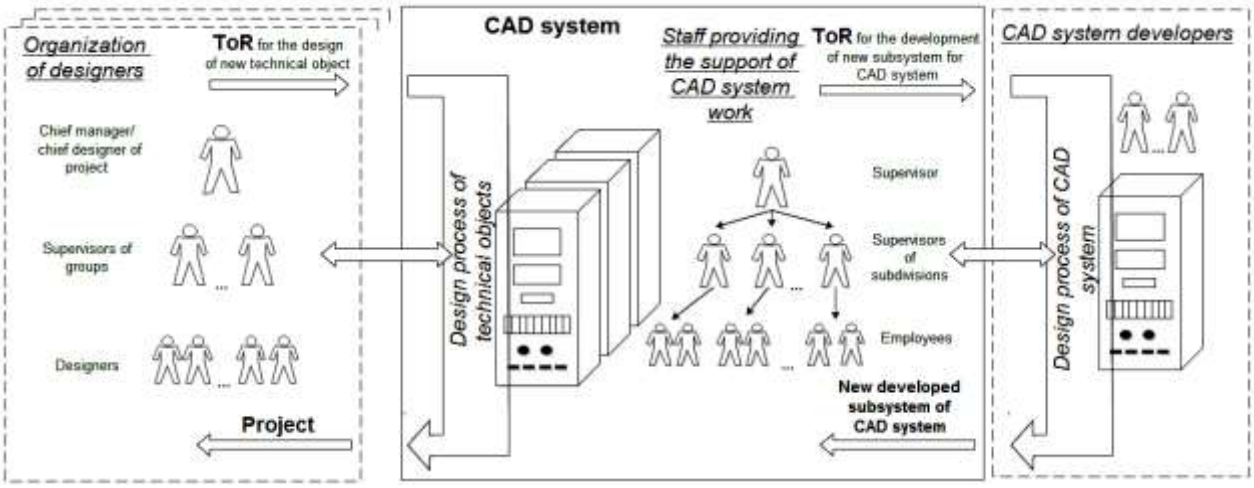


Рисунок 2.1 – Концептуальна схема функціонування САПР

САПР, як система, що реалізує інформаційні технології проектування, має у своєму складі обслуговуючий персонал (рис. 2.1). Він надає послуги, які підтримують роботу запропонованої САПР. Обслуговуючий персонал включає в себе:

– керівника, який організовує та забезпечує працездатність всієї системи в цілому;

– декілька підрозділів, які реалізують комплекс робіт для підтримки працездатності САПР та для її розвитку за визначеними напрямками.

САПР взаємодіє з зовнішнім середовищем в основному в двох напрямках.

По-перше, САПР постійно повинна удосконалюватися, налаштовуватися на все нові вимоги, тобто розвиватися [16]. У цьому напрямку розробники САПР отримують технічні завдання на удосконалення існуючих та створення нових процедур проектування через керівника або уповноваженого працівника (правий блок на рис. 2.1). Також вони виконують розробку відповідного методичного, інформаційного та програмного забезпечення й передають його для тестування та подальшого використання.

По-друге, САПР взаємодіє з організаціями проектувальників (лівий блок на рис. 1), у кожного з яких є певні повноваження. На вищому рівні такої організації знаходиться головний керівник. Ця людина відповідає за цілий проект, встановлює граничні строки його виконання, здійснює стратегічне планування та зовнішні комунікації, розподіляє ресурси. Головний конструктор проекту також знаходиться на вищому рівні управління, але він має інші обов'язки. Ця людина виконує концептуальне проектування (приймає системні рішення), визначає напрямки пошуку проектних рішень для складових (підсистем) об’єкту, який проектується, контролює найбільш відповідальні проектні процедури. Середній рівень формують керівники груп, які спеціалізуються на проектуванні окремих об’єктів та підсистем, що входять до складу об’єкту, який проектується. Вони приймають проектні рішення в межах своїх компетенцій, формують технічні завдання на проектування підсистем середньо-низького рівня в структурі об’єкту проектування, також можуть самі виконувати проектні процедури. Співробітники, які знаходяться на нижчому рівні ієрархії проектної організації, виконують окремі проектні та конструкторські операції.

Одна особа в межах виконання одного проекту може мати декілька рівнів повноважень. Наприклад, якщо організація має достатньо фінансових ресурсів, вона може найняти двох співробітників в якості головного керівника і головного конструктора проекту. У противному випадку, організація наймає одного працівника, який поєднує обов'язки обох цих посад. Організація виконання робіт в межах проектної організації у вигляді окремих заходів має широке поширення та надає можливість участі однієї особи в різних заходах одночасно.

На вхід запропонованої системи надається технічне завдання (рис. 2.1, Terms of Reference – ToR), що є ознакою формування нового процесу проектування. Усі уповноважені співробітники організації, які зареєстровані в САПР та отримали визначені повноваження, взаємодіють із цим процесом проектування. Для задоволення своїх потреб (виконання функціональних

обов’язків, проектних робіт, завдань і т. д.) проектанти використовують усі доступні резерви як організації так і САПР.

Технічне завдання (ТЗ) підлягає системному аналізу, під час якого встановлюється відповідність технічного об’єкту, який за ним проектується, тій технічній системі, у якій він буде функціонувати. Лише при наявності відповідності умов ТЗ умовам функціонування вказаної системи проект підлягає розробці. У противному випадку технічне завдання доопрацьовується. Описана процедура називається зовнішнім проектуванням і виконується один раз як окрема дія.

Усі наступні кроки проектування доцільно виконувати за принципом поступової деталізації опису технічного об'єкта, який проектується [13]. Цей опис розкладається зверху вниз на більш прості частини. На кожному кроці технічний об'єкт, який проектується, представляється у вигляді набору визначених компонент, які можуть бути як простими елементами, так і складними підсистемами. У свою чергу, підсистеми далі розкладаються на більш прості компоненти і т. д. Цей процес триває, поки всі складні компоненти не будуть представлені набором простих елементів. Описи компонент як із відомими, так і з невідомими параметрами, можуть бути на будь-якому кроці розкладання. Якщо описи компонент містять визначені параметри – це готові результати проектування. Невідомі параметри описів компонент визначаються з математичної моделі компоненти, яка проектується, шляхом параметричного синтезу. Таким чином, за результатами кожного кроку деталізації опису об’єкту, який проектується, ми маємо конкретні значення всіх параметрів, які використовуються. На цьому етапі можливі три варіанти:

1) сформований опис компоненти відповідає наявному виробу (деталі, вузлу, механізму, агрегату тощо); процес розробки припиняється й до проекту включається посилання на нього;

2) сформований опис компоненти відповідає певній деталі; процес проектування закінчується та формується ТЗ на конструктивне опрацювання деталі;

3) сформований опис компоненти відповідає підсистемі, устрій якої поки що на цей час невідомий; формується ТЗ на її проектування; параметри цього ТЗ уже пройшли системну перевірку на відповідність компоненти, яка проектується, своїй надсистемі.

Кожне проектне рішення, яке реалізує задане ТЗ і включає обрані компоненти та їх параметри, фіксується в одному або декількох проектних документах одного й того ж або різних типів, кількість яких обмежена (креслення, текстовий документ, електронна модель, тощо). Через документи проектне рішення перевіряється, оцінюється та затверджується.

На розробку кожного документу формується виробниче завдання. Відповідний співробітник призначається для виконання кожного виробничого завдання, що реалізується протягом виробничої операції. Кожна виробнича операція, яка включає в себе виконання проектних робіт, має свої власні строки виконання. Деякі з них можуть бути завершені протягом декількох годин; інші можуть тривати протягом декількох робочих змін і т. д. Кожна виробнича операція формується відповідним керівником у запропонованій системі з можливістю її коригування.

Інші компоненти САПР (технічне, програмне, методичне та інші види забезпечення), а також задіяний обслуговуючий персонал, не створюють ускладнень для формування їх інформаційних описів і достатньо часто розглядаються в літературі по базам даних у якості прикладів [17, 18].

На підставі проведеного аналізу процесу проектування сформовано наступну модель інформаційної підтримки цього процесу (рис. 2.2).

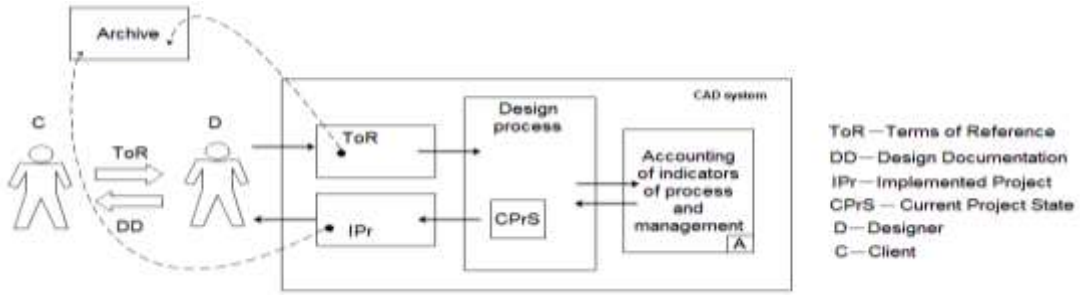


Рисунок 2.2 – Концептуальна модель інформаційних потоків при проектуванні з використанням САПР

Архів (рис. 2.2, Archive) – це місце доступу до проектної інформації з метою підтримки всіх наступних етапів життєвого циклу технічного об’єкту. ТЗ (рис. 2.2, ToR) фіксується в системі та приводиться до форми, яка прийнята в обраній інформаційній технології проектування. За результатами проектування формується повний опис об’єкту, який проектується, із використанням пакету прикладних програм проектування (рис. 2.2, блок А) та передається у поточний статус проекту (рис. 2.2, CPrS). Цей процес підлягає контролю та управлінню. Потім формується проектна документація завершеного проекту (рис. 2.2, IPr). Відповідно до вимог ТЗ опис об’єкту, який проектується, трансформується в форму, яку вимагає замовник і передається йому як проектна документація (рис. 2.2, DD).

2.4.2 Організація взаємодії користувачів із системою

Кожен користувач входить до САПР за допомогою програми-клієнта (ClP). Користувачі мають у САПР кожен свій статус, із урахуванням цього система надає їм різні повноваження та відповідні можливості.

Рис. 2.3 демонструє загальну схему організації взаємодії користувачів із САПР, відображаючи принципові інформаційні потоки, надалі чиї номера представлені в круглих дужках.

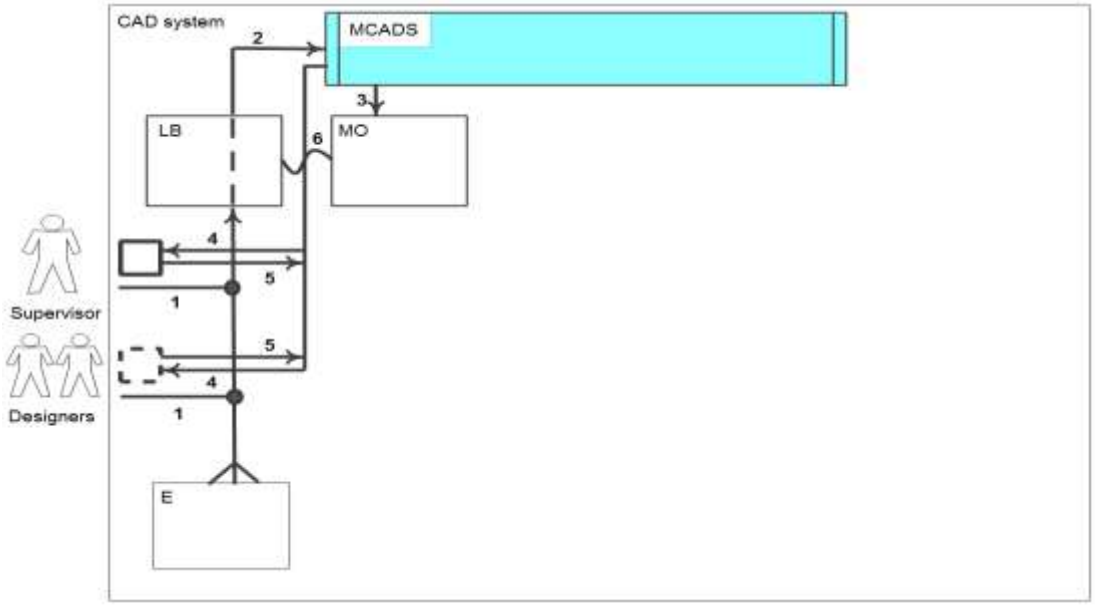


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії користувачів із САПР

Кожне звертання користувача (1) до системи фіксується в журналі обліку LB. Користувач може тільки заявити про свою виробничу активність (що він доступний і готовий до роботи) або відразу може зробити запит на отримання призначених йому до виконання завдань, а може повідомити про продовження виконання відкладеної раніше проектної процедури.

Дана система отримує повідомлення від користувача (2), аналізує поточні завдання МО (3), і відправляє користувачу інтерактивне повідомлення (4) через свою програму управління MCADS.

У відповідь на результат прийнятого користувачем рішення (5) САПР надає користувачу можливість виконувати заплановані завдання. Це рішення також відповідно фіксується в журналі обліку LB (6).

Цілком зрозуміло, що кожне нове звертання користувача до САПР супроводжується процесом його ідентифікації в системі, яке відбувається узгоджено з інформацією про виконавців даної проектної організації E.

2.4.3 Організація виконання типових проектних операцій

На рис. 2.4 показано компоненти САПР, які задіяні при виконанні проектних операцій.

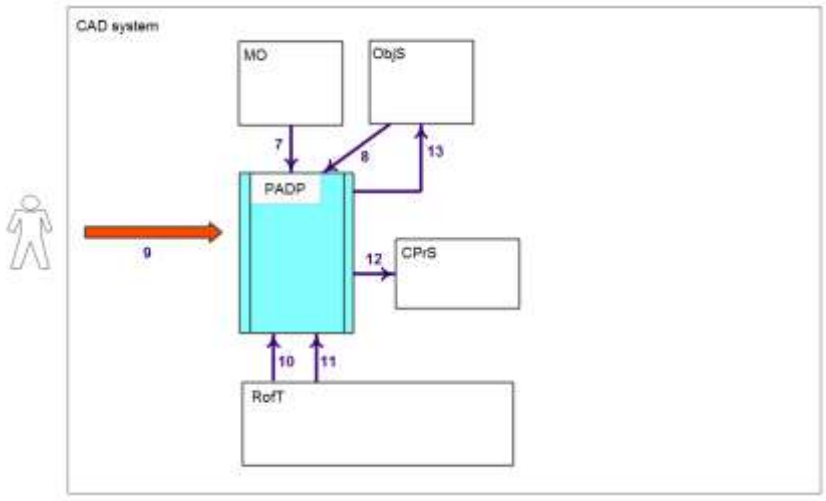


Рисунок 2.4 – Схема виконання типових проектних операцій

Користувач приймає для виконання проектну операцію, яка призначається йому САПР з поточних завдань МО (7). Детальний опис

завдання на проектування користувач вибирає з поточного стану інформаційного опису структури ObjS технічного об’єкту, який проектується (8). Користувач має змогу впливати на процес проектування (9).

Для виконання технічного завдання виконавець використовує шаблони вже опрацьованих типових проектних рішень (10) та шаблони проектних документів (11), які їм відповідають. Вони доступні виконавцю в репозитарії шаблонів RofT, де зберігаються шаблони моделей проектних рішень і шаблони документів. Параметри обраного варіанту проектного рішення приводяться у відповідність із вимогами ТЗ впливом (9), використовуючи одну програму з пакету прикладних програм проектування PADP, яка необхідна для виконання певної проектної операції. У результаті формуються конкретні значення параметрів та передаються (12) в репозитарій поточногостану проекту CPrS також впливом (9).

Після отримання повідомлення користувача про готовність проектного рішення САПР автоматично формує завдання на його перевірку та затвердження.

Проектна операція отримує статус «виконано» після прийняття рішення про її затвердження. У разі існування завершених проектних описів компонент з визначеними параметрами вони замінюються в інформаційному описі структури ObjS технічного об'єкта, який проектується (13). Оновлений поточний стан цього структурного опису дозволяє головному конструктору проекту аналізувати хід виконання процесу проектування.

2.4.4 Організація виконання нетипових проектних операцій

2.4.4.1 Формування технічного завдання. Процеси виконання основних нетипових проектних операцій показано на рисунку 2.5.

Нове технічне завдання формується відповідно до умов САПР або наявне ТЗ може бути перетворене в форму, що відповідає вимогам прийнятої технології проектування та інформаційного опису. У цьому випадку, проектувальник (9) використовує всі необхідні шаблони (10), (11) із репозитарію шаблонів RofT для формування ТЗ. І після відповідних дій

(редагування, переговори з клієнтом і т. д.), він заповнює шаблони ТЗ і передає (12) в репозитарій поточного стану проекту CPrS. Після відповідних узгоджень і затвердження, і після його перетворення в прийняту форму, ТЗ стає нормативним документом та передається (20) у репозитарій документів реалізованих проектів RofIPr для збереження та, за необхідності, включається в пакет проектної документації DD.

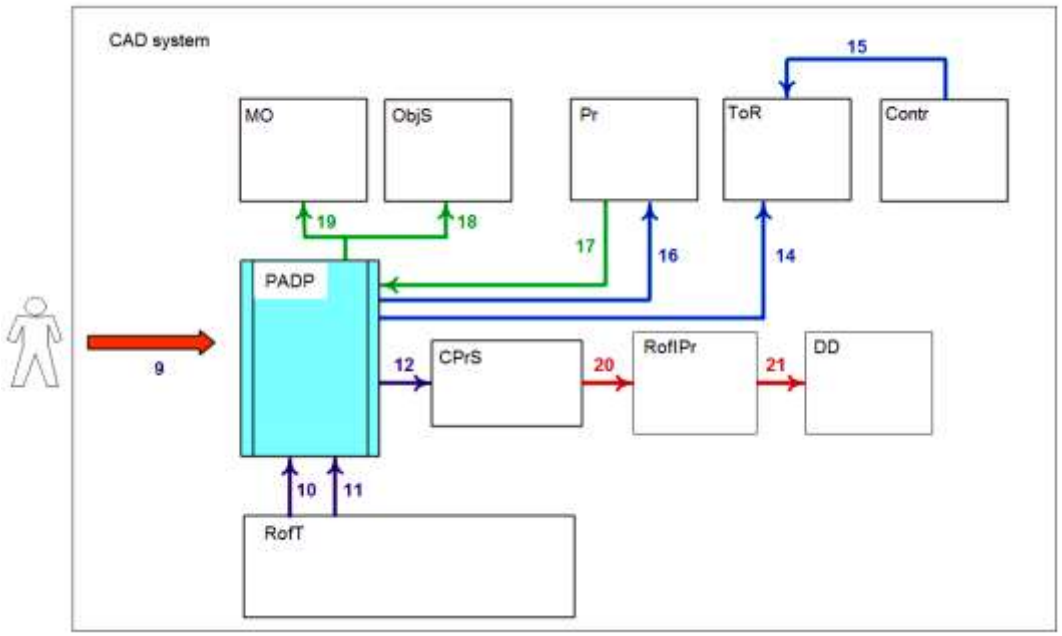


Рисунок 2.5 – Схема виконання нетипових проектних операцій

У випадку прийняття контракту до виконання вимоги щодо технічного об’єкту, який проектується, переносять до структури технічного завдання ToR (14) наряду з головними вимогами контракту (15) до структури контракту Contr, й ініціалізується та описується новий проект (16) в структурі проекту Pr.

2.4.4.2 Формування початкового стану проекту. Якщо проект прийнято до розробки або до його складу включено додатковий елемент, то, використовуючи про це інформацію (рис. 2.5) (17) структури проекту Pr, керівник із відповідними повноваженнями додає (18) нові елементи до інформаційного опису структури ObjS технічного об’єкту, який проектується, і

формує відповідні виробничі операції (19) в поточних завданнях МО для їх планування реалізації.

2.4.4.3 Формування завдань на виконання простих проектних операцій. Під простими проектними операціями будемо розуміти такі, які не призводять до структурних змін у технічному об'єкті, який проектується, та не вимагають виконання моделювання.

До структури проекту Pr включається новий документ (16), а до поточних завдань МО додається додаткова відповідна виробнича операція (19).

Якщо всі проектні рішення проекту затверджені та відсутнє ТЗ до виконання, то проект вважається виконаним і ввесь його вміст переноситься (20) до репозитарію документів реалізованих проектів RofIPr, де зберігаються всі затверджені моделі та документи проектів. Для зовнішнього використання вибираються необхідні документи та готується (21) комплект проектної документації DD.

2.5 Інформаційні моделі основних видів забезпечення САПР

Програмне забезпечення запропонованої системи складається з сукупності необхідних для її функціонування програм (2.1):

$$SW = ClP \cup MCADS \cup PADPS, \qquad (2.1)$$

де SW – опис програмного забезпечення САПР;

ClP – програма-клієнт; MCADS – програма управління «Монітор САПР»;

PADP – пакет прикладних програм проектування.

Інформаційне забезпечення даної системи складається з сукупності системного та прикладного інформаційного забезпечення (2.2):

$$IS = sIS \cup aIS, \tag{2.2}$$

де IS – опис інформаційного забезпечення САПР;

sIS – системне інформаційне забезпечення;

aIS – прикладне інформаційне забезпечення.

Оскільки прикладне інформаційне забезпечення aIS стосується опису конкретних об’єктів проектування, то воно має індивідуальний та специфічний характер і в даній роботі не розглядається. На рис. 2.3–2.5 наведено застосування інформаційного забезпечення та зв’язки між його складовими. Воно задіяне при виконанні, супроводі та управлінні кожним із проектів. Це інформаційне забезпечення складає системне інформаційне забезпечення системи автоматизації проектних робіт. Воно забезпечує працездатність системи, архітектура якої пропонується. Узагальнено повний опис цього системного інформаційного забезпечення дає формула (2.3):

$$\begin{aligned} sIS = {} & ToR \cup Contr \cup Pr \cup ObjS \cup MO \cup \\ & \cup CPrS \cup RofT \cup RofIPr \cup E \cup LB, \end{aligned} \tag{2.3}$$

де ToR – технічні завдання; Contr – контракти;

Pr – проекти;

ObjS – структурний опис технічного об’єкту, який проектується;

MO – виробничі операції;

CPrS – поточний статус проекту;

RofT – репозитарій шаблонів;

RofIPR – репозитарій документів реалізованих проектів;

E – користувачі (спеціалісти); LB – журнал обліку.

2.6 Аналіз запропонованого архітектурного рішення САПР

Отримано взаємоузгоджене рішення, що забезпечує автоматизацію основних видів робіт розробки проектної документації за допомогою САПР, при цьому передбачено реалізацію моніторингу ходу виконання кожної виробничої операції, із метою обґрунтованого управління даним процесом, як виробничим. Дані функції поки що не притаманні існуючим системам проектування, а реалізуються за допомогою окремих систем, що не забезпечує декларовану єдність інформаційного простору навіть в межах одного етапу життєвого циклу технічного об’єкту – проектування.

Запропоноване рішення передбачає використання для автоматизації конкретних проектних операцій існуючого, а краще спеціалізованого програмного та інформаційного забезпечення. Із точки зору управління процесом проектування передбачено виконання на єдиній платформі функцій управління проектами (Project Management), проектними даними (Project Data Management), потоками робіт (Work Flow).

Дана організація функціонування САПР як організаційної системи може бути використана для реалізації системи автоматизації розробки технологічних документів.

2.7. Комплексний опис процесів у САПР

Модель процесу діяльності розробляється у 3 етапи:

1. Ескізне проектування – узагальнений концептуальний опис процесу діяльності та призначення головних показників керівником даного процесу діяльності.

2. Технічне проектування – розробка найбільш важливих підпроцесів та розподілення ресурсів між ними аналітиками та/або їх відповідальними виконавцями.

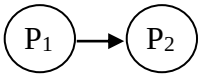
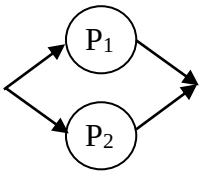
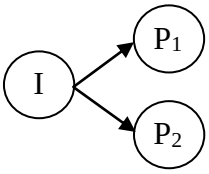
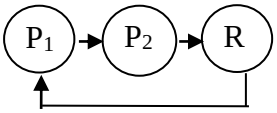
3. Робоче проектування – детальний опис процесу діяльності та визначення всіх його показників аналітиком.

Змістовний опис процесу діяльності в текстовій формі є єдиною та самодостатньою формою опису процесу діяльності, проте не є зручною для виконання окремих операцій обробки інформації, наприклад, формування складу та структури процесу діяльності як системи. Таку операцію краще виконувати в графічній формі представлення інформації. Синтаксичний аналіз зручніше здійснювати в формальній формі. Для програмної реалізації інформацію доцільніше подавати в XML форматі самодокументованної форми представлення інформації. Тому, на кожному з раніше описаних трьох етапів використовується декілька окремих форм представлення однієї і тієї ж інформації для досягнення однозначного її розуміння та забезпечення зручності її опрацювання. Вони представлені змістовною, графічною, формальною та програмною формами представлення інформації. Їх еквівалентність наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні форми опису процесів діяльності

Змістовний опис	**Формальний опис**	**Графічний опис**	**Опис для програмної реалізації**
Зв’язок між процесами	+ або *	→	–
Простий процес	P_1		<process name="P_1"> <partnerLink name="c" partnerLinkType="standart" myRole="P_1"/> </process>

Продовження табл. 1

Складний процес	$[P_1]$		<process name="P_1"> <partnerLink name="c" partnerLinkType="complex" myRole="P_1"/> </process>
Послідовні операції	$P_1 + P_2$		<sequence …"> <invoke name=" P_1" ... /> <invoke name=" P_2" ... /> </sequence>
Паралельні операції	$P_1 * P_2$		<flow ...> <invoke name=" P_1" ... /> <invoke name=" P_2" ... /> </flow>
Вибір	$I(c; P_1; P_2)$		<if name="x_1"> <condition> "1" </condition> <invoke name="P_1" ... /> <else> < invoke name="P_2" ... /> </else> </if>
Цикл	$R(c; P_1 + P_2)$		<repeatUntil> <sequence> <invoke name="P1 + P2"... /> </sequence> <condition> x1 < 3 </condition> </repeatUntil>
Повідомлення	M		<message>… </message>

Запропонований підхід оперує лише процесами діяльності, а всі інші необхідні компоненти розглядаються як їх аргументи. Не виділяючи специфіки, процеси діяльності розподіляємо на процеси виконання робіт (P), аналізу ситуації (I), організації повторного виконання процесів діяльності (R) та посилання повідомлень (M).

Загальний процес діяльності описується сукупністю окремих взаємопов'язаних процесів діяльності. Умовно позначимо різні процеси P_1, P_2, P_3 …, P_n, які є простими та описані у роботі [16]. Для позначення складеного процесу або групи процесів використовуємо квадратні дужки, наприклад, – $[P_1]$. Вони можуть виконуватися як окремими працівниками, так і цілими підрозділами організації, і, навіть, делегуватися іншим організаціям. Взаємодію процесів діяльності пропонується описувати за допомогою вищезазначених форм представлення інформації. Порядок виконання процесів може бути як послідовним (2.4), так і паралельним (2.5), залежно від характеру виконуваних робіт.

$$P_1 + P_2, \tag{2.4}$$

де P_1 – процес, що виконується першим;

P_2 – процес, що починає виконуватися після завершення P_1;

+ – ознака виконання процесів діяльності послідовно.

$$P_1 * P_2, \tag{2.5}$$

де P_1 – процес, що виконується першим;

P_2 – процес, що починає виконуватися одночасно з P_1;

* – ознака виконання процесів діяльності паралельно.

У ситуації, що потребує вибір варіанту реалізації за умовою процесу застосовується примітив вибору (2.6).

$$I(c;P_1;P_2)+P_3, \tag{2.6}$$

де I(…) – оператор вибору;

с – умова для здійснення вибору;

; – роздільник операторів;

P_1 – перехід до виконання процесу діяльності P_1, якщо умова не виконується;

P_2 – перехід до виконання процесу діяльності P_2, якщо умова виконується;

P_3 – процес, що починає виконуватися після здійснення вибору.

Для опису ситуацій повернення роботи на доопрацювання використовується примітиву W повтору (2.7).

$$R(c;\ P_1), \tag{2.7}$$

де R(…) – покажчик оператора повернення;

с – умова для здійснення повернення;

; – роздільник операторів;

P_1 – результат виконання процесу діяльності P_1.

Для прикладу розглянемо проектну операцію розробки креслення на виробництві. Даний процес є складним. Він включає декілька кроків: розробка проектантом креслення – P_1, перевірка повноти виконання його роботи керівником – P_2, нормоконтроль – P_3, технологічний контроль – P_4, затвердження креслення головним конструктором проекту – P_5 та передача замовнику – P_6. Це і є змістовний опис виконання даного процесу діяльності. Його графічний опис представлено на рис. 2.6.

Після завершення розробки технічного рішення, яке представлено кресленням, воно передається на перевірку керівнику. У разі некоректності технічного рішення з точки зору виконання об’єктом проектування функціонального призначення, креслення повертається проектанту на

доопрацювання. У іншому випадку, креслення направляється паралельно на технологічний контроль та нормоконтроль.

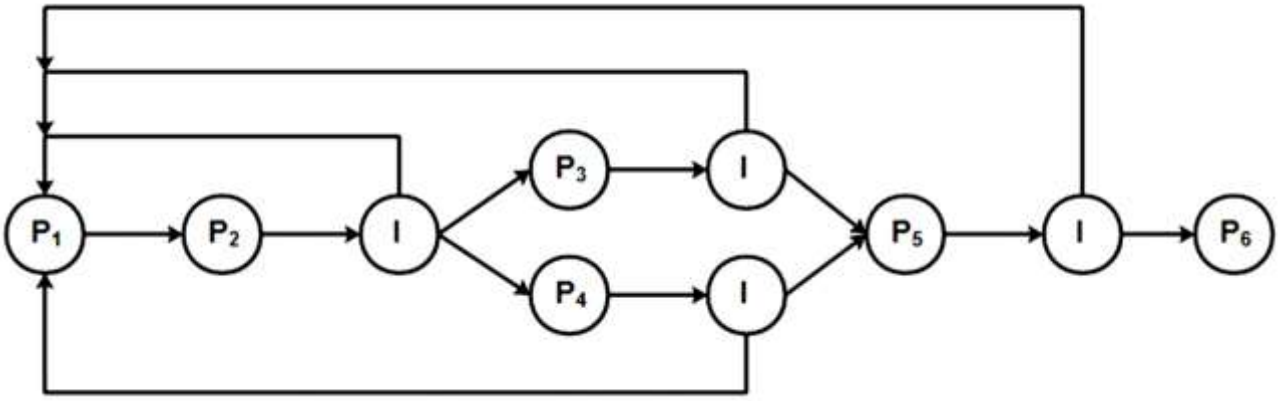


Рисунок 2.6 – Графічний опис виконання проектної операції розробки простого креслення

Після отримання правильно розробленого та оформленого креслення дане проектне рішення затверджується і система розпочинає виконання наступних проектних операцій згідно запланованому порядку виконання. У противному випадку головний конструктор проекту повертає роботу проектанту на доопрацювання. Даний цикл відбуватиметься знову та знову, до його успішного завершення. Формульний опис вищезгаданого процесу діяльності має наступний вигляд:

$$P_1 + P_2 + I\Big(\big(P_3 = TRUE\big)\,\&\,\big(P_4 = TRUE\big); P_1;|$$

$$\Big(\Big(\big(P_3 + I\big(\big(P_5 = TRUE\big); P_1; P_5\big)\big) \times \big(P_4 + I\big(\big(P_5 = TRUE\big); P_1; P_5\big)\big)\Big)\Big) +$$

$$+ I\big(\big(P_6 = TRUE\big)?; P_1; P_6\big) \qquad (2.8)$$

Кожен процес описується одним рядком. Для запису групи паралельно виконуваних процесів застосовується табульований відступ, окремий для

кожного рівня вкладеності. Вид формули 5 є прийнятним для представлення її у вигляді програми (рис. 2.7).

```
P1 +
P2 +
I(  (P3=TRUE) & (P4=TRUE));
    P1;
    (
        (
            P3 +
            I(  P5=TRUE;
                P1;
                P5
            )
        ) *
        (
            P4 +
            I(  P5=TRUE;
                P1;
                P5
            )
        )
    )
) +
I(  P6=TRUE;
    P1;
    P6
)
```

Рисунок 2.7 – Програмна форма представлення формули 5

Запропоновані форми опису процесів діяльності працівників підприємств у змістовній текстовій, графічній, формальній та інших формах представлення інформації дозволяють опрацьовувати інформацію в зручній формі вирішення різних специфічних задач. Наявність декількох описів процесів діяльності дозволяє один опис обрати як базовий та реалізувати його по технології, яка забезпечує розмежування доступу й надає до нього доступ користувачам, відповідно до їх повноважень відносно опрацьованого процесу діяльності. Це, по-перше, забезпечує захист інформації. По-друге, забезпечує виконання

рішень керівників вищих рівнів ієрархії управління виконавцями нижчих рівнів.

Недоліком комплексного опису є необхідність постійного узгодження актуального стану кожної форми опису процесів діяльності. Із іншого боку, перегляд різних форм обраних проектних рішень при розробці процесів діяльності забезпечує їх краще розуміння та підвищує якість розроблюваних процесів діяльності. Практична реалізація системи розробки процесів діяльності на сучасних засобах обчислювальної техніки, які комплектуються багатоядерними процесорами, дозволяє організувати процес узгодження різних форм опису у паралельних обчислювальних процесах.

Запропоновані авторами ідеї можна адаптувати відповідно до використовуваних технологій розробки процесів діяльності з метою розширення їх функціональних можливостей.

Отримані результати є розвитком ідеї авторів, що опубліковані в роботі [19] і, як виявилося, придатні не тільки для опису процесів проектування, але й інших процесів, які пов’язані з виконанням організованих довільних виробничих завдань.

2.8 Висновки

У результаті проведених досліджень установлено факт приділення недостатньої уваги питанням управління при комп’ютеризації проектних робіт. Для реалізації можливості управління процесом проектування зроблено наступне.

1. Проведено системний аналіз процесу проектування технічних об’єктів із метою розробки системи автоматизації проектних робіт. Запропоновано такі зв’язки системи автоматизації проектних робіт із зовнішнім середовищем, які дозволять як виконувати проектування, так і вдосконалювати та розвивати саму

систему. Установлена необхідність наявності трьох видів програмного забезпечення для функціонування системи: програми-клієнта для взаємодії проектувальника з системою, програми-монітора для відслідковування стану системи та пакету прикладних програм проектування, які реалізують процес комп'ютеризації проектних робіт.

2. Представлено обґрунтоване виконання проектних робіт за схемою «зверху-вниз», при якій кожен об'єкт проектується як система. На кожну задіяну в проекті підсистему повинне складатися технічне завдання на її проектування.

3. Складено інформаційну модель для підтримки процесу проектування. Дана модель підтримує структуру проектів технічних об'єктів і забезпечує формалізацію опису процесу проектування.

Таким чином, на концептуальному рівні отримано архітектурне рішення для системи автоматизації проектних робіт в організаціях.

4. У результаті проведених досліджень також виявлено відсутність інформаційного опису процесів діяльності, який дозволяє їх супроводжувати протягом усього життєвого циклу; запропоновано комплексний опис процесів; різні за формою, але сумісні за змістом, описи інформації доповнюють один одного, забезпечують реалізацію вирішуваних задач від початкового етапу концептуального моделювання процесів до супроводження їх виконання, управління та удосконалення.

Єдина модель сприяє автоматизації роботи виконавців із різними рівнями повноважень, забезпечує однозначність розуміння ними виконуваних завдань та зручність узгодження різних складових опису при коригуванні моделі.

3 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

3.1 Вступ

У попередніх кроках дослідження було зазначено актуальність побудови розподілених енергетичних систем, що використовують альтернативні джерела енергії (вітер та сонце) [1]. Була визначена загальна схема досліджуваної мережі [2]. Це група будівель, з встановленими власними сонячними панелями і батареями для зберігання акумульованої енергії. Існує також загальний парк вітряних генераторів разом з банком зберігання енергії. Крім того, існує зв'язок між системою і зовнішньою мережею для додаткового споживання і продажу надлишків енергії в мережу. В Україні для звичайного пересічного користувача дуже важко спланувати роботу такої мережі для власного господарства та оцінити, які саме потужності відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) слід використовувати.

Процес прийняття рішень, що стосується проектування розподіленої мережі ускладнюється невизначеністю процесу генерації електроенергії: кількість первинної енергії залежить від пори року, доби, погодних умов, а також різних чинників, які важко врахувати. Це збільшує час на прийняття правильного рішення відносно планування вибору місць спорудження систем, визначення її складових з точки зору оцінки ефективності роботи.

Методологічною основою процесу проектування розподіленої мережі є системний аналіз, в основі якого лежить процедура побудови узагальненої моделі системи. На практиці це пов’язано зі створенням систем підтримки прийняття рішень (СППР) з розвиненими інформаційними зв’язками між її складовими частинами.

3.2 Питання щодо функціонування інформаційної системи

Структура розподіленої енергетичної мережі була визначена в попередніх розділах, також було наведено аналіз існуючих методів, які можуть бути застосовані при проектуванні інформаційної системи. Таким чином, на цьому етапі можна визначити функціональні вимоги до системи.

Кінцевий користувачем системи хоче знати, яка кількість енергії може бути вироблена для повного покриття споживання за мінімальної кількості витрат. З огляду на кінцеву мету були визначені наступні групи функцій системи:

• Збір інформації про:

— погодні умови в регіоні (температура, сонячна інсоляція, швидкість вітру, хмарність та т.д.);

— ставки «зеленого тарифу»;

— технічні характеристики об'єкта спостереження (потужність елементів, розміри, тощо);

— історичну кількість спожитої енергії.

• Робота з даними:

— передавати зібрані дані на сервер системи;

— обробка і зберігання даних;

• Аналітичні функції:

— Прогноз виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії, на основі прогнозу погоди та технічних характеристик елементів системи.

— Аналіз можливого дефіциту і надлишків згенерованої енергії з огляду на споживання в господарстві;

— Аналіз можливого продажу електроенергії, на основі даних про «зелені тарифи».

— Визначення оптимальної конфігурації системи за критеріями: вартості та енергоефективності.

• Забезпечення візуального представлення інформації у вигляді графіків, таблиць та звітів.

Після визначення функціональності, стає можливим уявити інформаційну модель системи. Моделювання дозволяє отримати загальне і повне розуміння процесу і може бути основою для розробки архітектури.

Скорочений схема процесу прийняття рішень на вищому рівні показана на рис. 3.1.

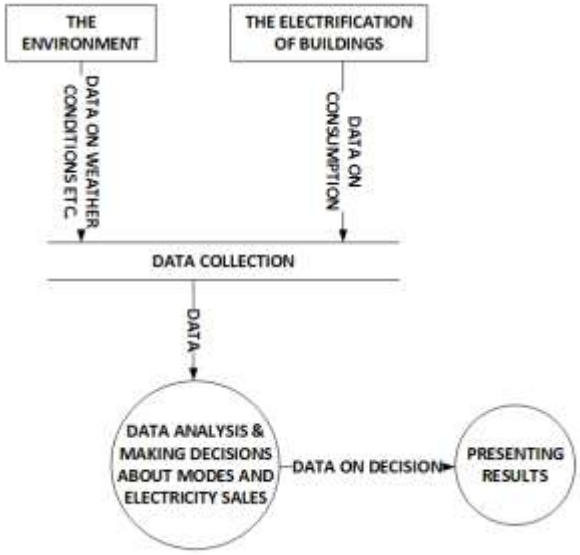


Рисунок 3.1 – Діаграма процесу прийняття рішень

Одиниці "Навколишнє середовище" і "Електрифікація будівель" передають дані, які відповідають списку функціональних вимог до "Зберігання даних", яке забезпечує зберігання, перетворення і передачу отриманих даних. "Аналіз даних і прийняття рішення" виконує аналітичні функції та передає вихідні дані для формування звітів користувачеві.

Щоб відобразити всі функціональні можливості системи відповідно до цього процесу, необхідно визначити основні підсистеми і функції, що розділені між ними.

Для аналізу процесу проектування розподіленої енергосистеми необхідно забезпечити:

1. Зберігання і керування інформацією;

2. Опрацювання як структурованої та неструктурованої інформації, робота з картографічними даними;

3. Аналіз різнотипної інформацію інформації з використанням консолідаційного та федеративного підходів.

4. Визначити підсистеми СППР та інструментарії їх створення, а також загальну архітектура системи. Так робота системи забезпечується поєднанням для загального використанням GIS, Matlab, Web-server та ін., при чому кожен компонент програмного забеспечення має власне середовище для зберігання інформації – базу даних (БД) .

Важливою науковою проблемою, яка виникає, є розроблення і удосконалення методів опрацювання різнотипних даних з метою підтримки прийняття рішень. Робота в єдиній системі з декількома незалежними інформаційними продуктами, що використовують різні БД, схеми керування, тощо вимагає розроблення уніфікованої моделі предметної області.

3.3 Аналіз останніх досліджень та публікацій

Консолідація або інтеграція даних – це об'єднання даних, які спочатку вводяться в різні системи. Самі ці системи можуть розташовуватися в одній локальній мережі, але мати різні платформи і внутрішню архітектуру [3].

Питання з консолідації розрізненої інформації для її подальшого опрацювання з метою прийняття рішень виникла разом із застосуванням поняття «сховищ даних» ще у кінці минулого століття. Значний внесок у вирішення цієї проблеми зробили вчені: C. Lagoze [4], H. Van de Sompel [4], H. J. Watson [5], D.Theodoratos [6], J.T. Horng [7], К.В. Антипін [8], Е. Гришенков [10], А.В. Фомичев [8], Н.Б. Шаховська [10] та ін. Це питання найчастіше вирішується при створенні СППР для конкретних прикладних задач, при цьому питання побудови єдиної моделі консолідації даних до кінця не розкрите. Тому

при створенні СППР для проектування розподіленої енергетичної системи стає актуальним розробка власної моделі предметної області в умовах консолідації розрізнених даних.

Вченими виділено наступні методи опрацювання даних з джерел з різними структурами даних.

1. Пошук інформаційних джерел на основі метаданих. Це найпоширеніший метод пошуку інформації, необхідної для користувача [11], робота якого базується на основі посередника. Програма посередника отримує модель вимог користувача до даних, що він шукає. Пошук здійснюється серед джерел даних, інформація про яких розміщена у репозиторії посередника. До цього додаються не функціональні вимоги до інформаційних джерел (наприклад, такі характеристики якості даних, як точність, частота оновлення, тощо). Як наслідок, специфікація посередника шукає джерела, що задовольняють вказані вимоги, визначає структури даних та допустимі операції над даними джерела.

2. Web-інтеграція. Web-інтеграція – це методи опрацювання і подання інформаційних ресурсів за допомогою Web-технологій. Зберігання і передавання даних відбувається за допомогою мови XML, спеціально створеної для організації взаємодії з різними застосуваннями [12].

3. Інтеграція на рівні сховищ даних. Метою інтеграції даних на рівні їх сховища є отримання єдиної і цілісної картини корпоративних даних предметної області [13]. Типовим підходом до інтеграції інформації в масштабах єдиної системи, яка складається з різних підсистем, що реалізовані на основі різних програмних засобів з власними базами даних, є побудова сховищ та вітрин даних на основі отримання оперативних даних, їхньої трансформації до єдиної схеми і завантаження даних у сховища. Вони найкраще пристосовані до роботи з великими обсягами інформації, що потрапляє періодично з неоднорідних джерел.

Архітектура розроблюваної СППР окрім консолідації інформації передбачає ієрархічне впорядкування складових частин та агрегування

інформації під час передавання її до верхніх рівнів. Це вказує на те, що для роботи з інформацією в СППР, яка надходить з різних джерел, необхідно поєднати всі вище описані типи інтеграції на верхньому рівні ієрархії якого знаходиться сховище даних.

3.4 Структура СППР

Для супроводу прийняття рішень при проектуванні розподіленої енергетичної системи необхідно використовувати такі інформаційні модулі:

− «Підсистема збирання та попереднього опрацювання даних (SCP)» − збір інформації про погодні умови, технічні та економічні показники обладнання в мережі Інтернет. Дані зберігаються в SQL таблицях та використовуються в інших модулях;

− «Підсистема аналітичної обробки даних (SAPD)» підрозділяється на дві частини»:

− «Геоінформаційна система (GIS) регіону» − створення мережевої та погодної карт місцевості. Дані зберігаються у власній БД.

− «Моделювання» − дослідження роботи мережі з використанням Matlab/Simulink. Результати роботи зберігаються у текстових файлах;

− «Підсистема зберігання даних (SDS)» − формування сховища даних на основі даних, що зберігаються в SQL таблицях, GIS та Matlab;

− «Підсистема формування рішень» − генерація альтернативних проектних рішень, їх оцінка та кінцеве формування оптимального рішення. Дані отримуються зі сховища даних.

Підсистема прийняття рішень майже не працює з детальними даними, а в основному використовує агреговані показники, що розраховуються на основі «сирих» даних. Серед способів зберігання даних, саме структура сховища даних якнайкраще дозволяє керувати цією ситуацією. В даному випадку до

сховища даних записується агрегована інформація, що розраховується в Matlab. Це дає змогу зручно зберігати і мати швидкий доступ до агрегованої інформації, адже кінцеві результати розрахунків Matlab зберігаються у текстових файлах, що представляє собою незручність для подальшої роботи з ними.

− «Представлення результатів» − використовується web-інтерфейс, через який користувачі отримують доступ до системи. Окрім сформованого рішення, що представляє собою техніко-економічне обґрунтування процесу проектування розподіленої енергетичної системи, користувачі можуть проглядати GIS місцевості, у вигляді кольорової карти. Така карта надає можливість співставити ділянки для побудови розподіленої мережі з потенціалом відновлювального джерела в цій місцевості. Це дає можливість вибрати найкращу локацію для побудови проекту з ВДЕ «з нуля».

На рис. 3.2 представлена схема взаємодії компонентів СППР для проектування розділеної енергетичної системи із зазначенням зв’язків між складовими частинами.

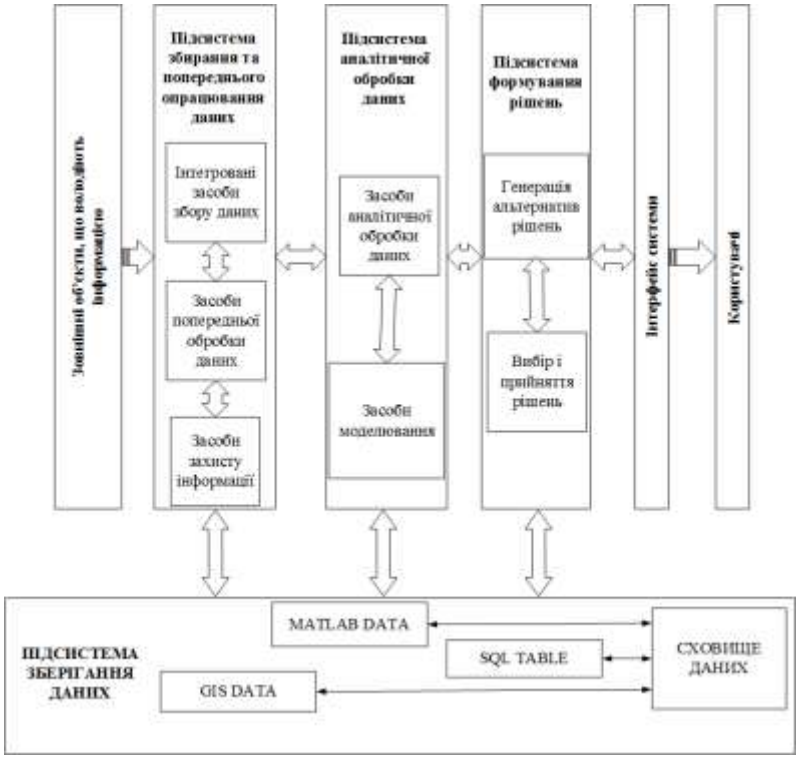


Рисунок 3.2 – Структура СППР

3.5 Технологія взаємодії баз даних

З огляду на аналіз попередніх досліджень, було визначено, що обробка неузгоджених даних потребує застосування різноманітних підходів. Так в СППР проектування енергетичної системи пропонується інтегрована інформаційна технологія обробки інформації, що використовує ієрархічне впорядкування з технологією тиражування:

Пошук інформаційних джерел I_{fc} *в SCP* →

Web-інтеграція I_{web} *в SAPD* →

Інтеграція на рівні сховищ даних I_{wh} *в SDS*

$$I_{int} = \{I_{wh}, I_{web}, I_{fc}\}$$

Перелічені підсистеми знаходяться під керівництвом різних серверів: Web, GIS, Matlab, Microsoft SQL Server. Як кінцевий метод інтеграції використовується інтеграція на рівні сховища даних. Інтегровані дані використовуються в підсистемах формування рішень та представлення результатів.

Технологія тиражування – копіювання визначеної частини даних з одної системи в іншу за певним розкладом [14]. Зазвичай для тиражування використовуються три методи обміну даними між інформаційними продуктами:

− синхронізація – порівняння даних;

− експорт – копіювання даних таблиці за певний період;

− вибірка – копіювання частин таблиці за певний період за параметрами користувача.

На рис. 3.3 зображено схему взаємодії основних джерел даних в підсистемах СППР проектування енергетичної системи.

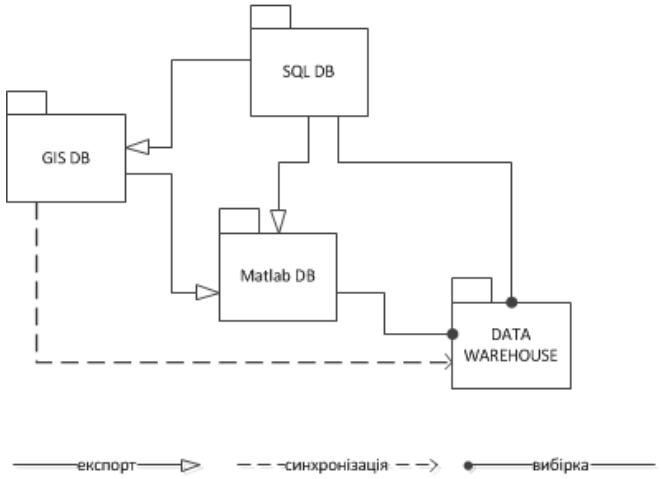


Рисунок 3.3 – Схема взаємодії основних джерел даних

Бази даних призначені для накопичення структурованих даних і метаданих про параметри, що впливають на проектування розподілених енергетичних систем. Вони є центральними частинами системи та її основних підсистем, оскільки надають інформацію іншим модулям.

Оскільки всередині СППР існує інтеграція між складовими підсистемами, то необхідно продумати, як працювати з файлами, що містять дані в різних форматах, та інформація з яких необхідна при роботі різним підсистемам. Вирішенням даної проблеми стало використання Підсистеми збирання та попереднього опрацювання даних. Через цю підсистему наповнюється база даних SQL, що розміщується на web-сервері.

Підсистема зберігання даних орієнтована на надійне зберігання великих обсягів даних, що будуть використані в підсистемі прийняття рішень. Використовуються засоби збереження даних, які складаються з двох основних частин: баз даних окремих модулів і СУБД Microsoft SQL Server.

3.6 Системна інтеграція та захист інформаційних систем

В останні роки частота несанкціонованих впливів на інформаційні системи (ІС) постійно збільшується, що неминуче призводить до величезних фінансових і матеріальних втрат. Підтвердженням цьому є дані щорічних

досліджень Інституту комп'ютерної безпеки США, які показують, що в 2009 році, наприклад, кількість успішних вторгнень в ІС, в порівнянні з попереднім роком, зросла в кілька разів. При цьому слід відзначити вельми цікавий факт, який свідчить про те, що більше половини всіх порушень здійснюють працівники компаній, тобто внутрішні користувачі ІС. Все це наводить на думку про те, що має місце формування вельми небезпечною «п'ятої колони», результати дій якої можуть призвести до катастрофічних наслідків для власників ІС.

Відомо, що в останні кілька років захист ІС від внутрішніх порушників переважно забезпечується спеціалізованими засобами розмежування доступу користувачів до інформаційних ресурсів. За допомогою цих методів кожному користувачеві призначаються певні права, відповідно до яких йому дозволяється (або забороняється) локальний доступ до інформації, що зберігається в його комп'ютері, або ж віддалений доступ по каналах зв'язку до інформації, наявної на інших комп'ютерах.

І все ж доводиться констатувати, що цей підхід не вирішує всієї проблеми захисту інформаційних ресурсів від зловмисників, що діють зсередини ІС. Пов'язано це з двома основними факторами:

- засоби розмежування локального доступу не мають можливості забезпечити захист від тих дій порушників, які безпосередньо не пов'язані з отриманням несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів системи. Так, наприклад, користувач може навмисно встановити і запустити на своїй робочій станції шкідливе програмне забезпечення, що дозволяє перехоплювати і аналізувати мережевий трафік, який циркулює в ІС. Іншим прикладом несанкціонованих дій, захист від яких не може бути забезпечена засобами розмежування доступу, є запис на зовнішні носії або висновок на друк конфіденційної інформації, до якої користувач легально отримав доступ. Для виявлення таких дій в ІС слід застосовувати системи активного моніторингу робочих станцій.

- засоби розмежування віддаленого доступу не забезпечують захист від мережевих атак, які можуть бути проведені внутрішніми користувачами системи. Такі атаки базуються на вразливості, які можуть бути присутніми в програмно-апаратному забезпеченні серверів і робочих станцій ІС. Прикладами вразливих місць є нестійкі паролі, некоректні налаштування ПО, помилки, присутні в прикладному ПЗ і т.д. Успішне проведення мережевих атак може привести до порушення конфіденційності, цілісності або доступності інформації в системі. Для своєчасного виявлення та блокування таких атак необхідно використовувати засоби виявлення, відомі як IDS-системи (Intrusion Detection Systems).

Виходячи з цього, виділені основні завдання:

- Розробка організаційних заходів, необхідних для виконання вимог щодо захисту інформації, проектів організаційно-розпорядчої документації;
- Забезпечення сумісності програмно-апаратних засобів обробки охоронюваних відомостей на захищається АРМ з встановленими засобами захисту при дотриманні вимог до конфігурації механізмів замкнутої програмного середовища та управління потоками (мандатний доступ);
- Організація складних схем резервування інформації на зовнішні носії;
- Розробка ефективних схем оперативного централізованого управління конфігурацією системи захисту інформації (СЗІ);
- •Розробка регламенту забезпечення безперервності і оперативного відновлення функціонування об'єкта захисту при наявності складної серверної угруповання, що включає сервер безпеки і контролера домену, СКБД СЗІ, сервера управління антивірусними засобами та файлового сервера.

Таким чином, забезпечення ефективного захисту від внутрішніх порушників інформаційної безпеки вимагає використання додаткових засобів захисту, таких як системи активного моніторингу робочих станцій, а також системи виявлення атак.

3.7 Основні методи забезпечення безпеки інформаційних систем

Для того, щоб протистояти перерахованим в попередньому розділі загрозам, сучасні інформаційні системи включають в себе підсистеми безпеки, які реалізують прийняту політику безпеки. Політика безпеки в залежності від цілей і умов функціонування системи може визначати права доступу суб'єктів до ресурсів, регламентувати порядок аудиту дій користувачів в системі, захисту мережевих комунікацій, формулювати способи відновлення системи після випадкових збоїв і т.д. Для реалізації прийнятої політики безпеки існують правові, організаційно-адміністративні та інженерно-технічні заходи захисту інформації (рис 3.4).

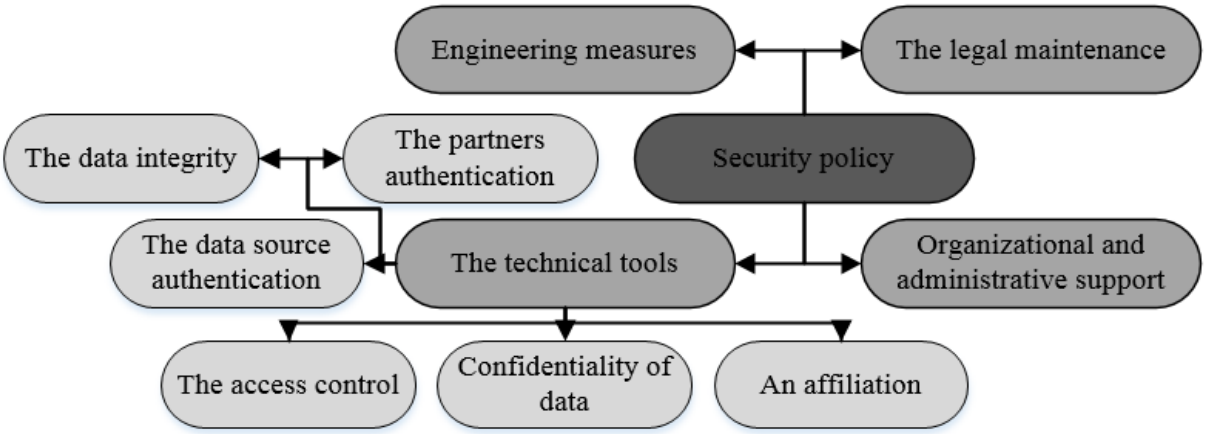


Рисунок 3.4 – Структура політики безпеки

Правове забезпечення безпеки інформації - це сукупність законодавчих актів, нормативно-правових документів, положень, інструкцій, посібників, вимоги яких є обов'язковими в системі захисту інформації.

Організаційно-адміністративне забезпечення безпеки інформації є регламентацію виробничої діяльності і взаємин виконавців на нормативно-правовій основі таким чином, щоб розголошення, витік і несанкціонований доступ до інформації ставав неможливим або суттєво мав труднощі за рахунок проведення організаційних заходів. До заходів цього класу можна віднести:

підбір і навчання персоналу, визначення посадових інструкцій працівників, організацію пропускного режиму, охорону приміщень, організацію захисту інформації з проведенням контролю роботи персоналу з інформацією, визначення порядку зберігання, резервування, знищення конфіденційної інформації і т.п.

Інженерно-технічні заходи являють собою сукупність спеціальних органів, технічних засобів і заходів, що функціонують спільно для виконання певного завдання щодо захисту інформації. До інженерних засобів відносять екранування приміщень, організація сигналізації, охорона приміщень з ПК.

Технічні засоби захисту включають в себе апаратні, програмні, криптографічні засоби захисту, які ускладнюють можливість атаки, допомагають виявити факт її виникнення, позбутися від наслідків атаки.

Технічні засоби підсистем безпеки сучасних розподілених інформаційних систем виконують такі основні функції:

- аутентифікація партнерів по взаємодії, що дозволяє переконатися в достовірності партнера при встановленні з'єднання;
- аутентифікація джерела інформації, що дозволяє переконатися в достовірності джерела повідомлення;
- керування доступом, що забезпечує захист від несанкціонованого використання ресурсів;
- конфіденційність даних, яка забезпечує захист від несанкціонованого отримання інформації;
- цілісність даних, що дозволяє виявити, а в деяких випадках і запобігти зміні інформації при її зберіганні і передачі;
- приналежність, яка забезпечує доказ приналежності інформації певній особі.

Для реалізації зазначених функцій використовуються наступні механізми:

- шифрування, перетворює інформацію в форму, недоступну для розуміння неавторизованими користувачами;

- електронний цифровий підпис, що переносить властивості реального підпису на електронні документи;
- механізми управління доступом, які керують процесом доступу до ресурсів користувачів на основі такої інформації як бази даних управління доступом, паролі, мітки безпеки, час доступу, маршрут доступу, тривалість доступу;
- механізми контролю цілісності, контролюючі цілісність як окремого повідомлення, так і потоку повідомлень і використовують для цього контрольні суми, спеціальні мітки, порядкові номери повідомлень, криптографічні методи;
- механізми аутентифікації, які на підставі пропонованих користувачем паролів, аутентифікаційних пристроїв або його біометричних параметрів приймають рішення про те, чи є користувач тим, за кого себе видає;
- механізми доповнення трафіку, що додають в потік повідомлень додаткову інформацію, «що маскує» від зловмисника корисну інформацію;
- механізми нотарізації, які служать для засвідчення справжності джерела інформації.

3.8. Системи виявлення атак

Системи виявлення атак призначені для виявлення і протидії мережевим атакам зловмисників. Системи виявлення атак є спеціалізоване програмно-апаратне забезпечення з типовою архітектурою, що включає в себе наступні компоненти (рис. 3.5):

- модулі-датчики для збору необхідної інформації про мережевий трафік ІС;
- модуль виявлення атак, що виконує обробку даних, зібраних датчиками, з метою виявлення інформаційних атак;

- модуль реагування на виявлені атаки;
- модуль зберігання конфігураційної інформації, а також інформації про виявлені атаках. Таким модулем, як правило, виступає стандартна СУБД (наприклад MS SQL Server, Oracle або DB2);
- модуль управління компонентами системи виявлення атак.

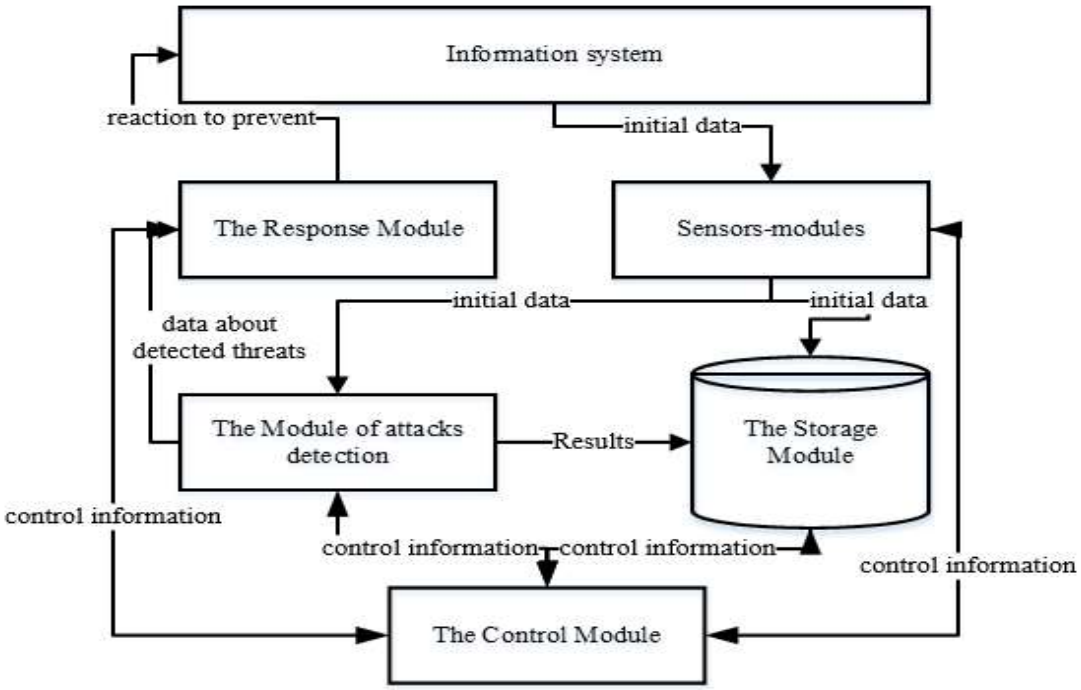


Рисунок 3.5 – Типова архітектура системи виявлення атак

У складі системи виявлення атак необхідно використовувати два типи датчиків - мережеві і хостові. Мережеві датчики призначені для збору інформації про пакети даних, що передаються в тому сегменті ІС, де встановлений датчик. Хостові ж датчики встановлюються на сервери ІС і призначаються для збору інформації про пакети даних, які надходять на сервер з датчиком.

Інформація, зібрана мережевими і хостовими датчиками, аналізується системи виявлення атак з метою виявлення можливих атак порушників. Аналіз даних може проводитися за допомогою двох основних груп методів - сигнатурних і поведінкових.

Сигнатурні методи описують кожну атаку у вигляді спеціальної моделі або сигнатури. Як сигнатури атаки можуть виступати: рядок символів, семантичне вираження на спеціальній мові, формальна математична модель ін. Алгоритм роботи сигнатурного методу полягає в пошуку сигнатур атак у вихідних даних, зібраних мережевими і хостовими датчиками системи виявлення атак. У разі виявлення шуканої сигнатури, система виявлення атак фіксує факт інформаційної атаки, яка відповідає знайденої сигнатурі. Перевагою сигнатурних методів є їх висока точність роботи, а очевидним недоліком - неможливість виявлення тих атак, сигнатури яких не визначені за допомогою методів.

Поведінкові методи, на відміну від сигнатурних, базуються не на моделях інформаційних атак, а на моделях штатного процесу функціонування ІС. Принцип роботи поведінкових методів полягає в виявленні невідповідності між поточним режимом функціонування ІС і моделлю штатного режиму роботи, закладеної в параметрах методу. Будь-яка така невідповідність розглядається як інформаційна атака. Перевагою методів даного типу є можливість виявлення нових атак без необхідності постійної зміни параметрів функціонування модуля. Недоліком же цієї групи методів є складність створення точної моделі штатного режиму функціонування ІС.

Після виявлення в ІС атаки система виявлення атак має можливість зробити певні дії у відповідь, спрямовані на її блокування. За реалізацію цих дій відповідає модуль реагування системи виявлення атак. Реагування система виявлення атак може здійснюватися активним і пасивним способами. До пасивних методів реагування відноситься просте оповіщення адміністратора системи виявлення атак про виявлені атаках. До активних же можна віднести наступні методи:

- блокування TCP-з'єднання, за яким була реалізована атака. Таке закриття реалізується шляхом посилки суб'єктам з'єднання спеціального TCP-сегмента з встановленим прапором RST;

- запуск заданої зовнішньої програми з певними параметрами. Наявність такої функції модуля реагування дозволяє адміністратору системи виявлення атак доповнювати існуючі методи реагування своїми власними методами, реалізованими у вигляді зовнішніх підпрограм;
- реконфігурація брандмауера з метою блокування трафіку, що надходить від хоста порушника. В даний час велика частина існуючих МЕ має відповідні зовнішні інтерфейси, що забезпечують взаємодію МЕ з системою виявлення атак. Прикладом такого інтерфейсу є інтерфейс OPSEC для МЕ CheckPoint FW-1.

З огляду на той факт, що системи виявлення атак можуть самі виступати в ролі об'єктів атаки зловмисників ці системи обов'язково повинні бути оснащені підсистемою власної безпеки.

Однак, необхідно зазначити, що одне використання системи виявлення атак не дозволяє повністю вирішити проблему захисту від несанкціонованих дій внутрішніх користувачів ІС. В першу чергу це пов'язано з тим, що системи виявлення атак виявляють лише ті інформаційні атаки, які можна виявити за допомогою аналізу тільки пакетів даних, що циркулюють в ІС. Даний факт не дозволяє системам виявлення атак виявляти ті несанкціоновані дії користувачів, які ніяк не пов'язані з мережевим трафіком ІС. Як вже зазначалося вище для виявлення і блокування таких дій необхідно використовувати системи активного моніторингу, опис яких наводиться нижче.

3.9 Системи активного моніторингу робочих станцій ІС

Системи активного моніторингу робочих станцій ІС, також як і системи виявлення атак призначені для виявлення і блокування інформаційних атак, але не на рівні мережі, а на рівні робочих станцій ІС. Архітектура систем активного моніторингу аналогічна структурі системи виявлення атак. Датчики системи

активного моніторингу встановлюються на робочі станції користувачів ІС і дозволяють збирати інформацію про всі події, що відбуваються на них.

Прикладом такої інформації може служити:

- інформація про додатки, що запускаються на робочих станціях;
- інформація про користувачів, які працюють на станції в поточний момент часу;
- інформація про файловому доступі додатків;
- інформація про мережевий трафік, який формується додатками ІС і ін.

Зібрана інформація надходить в модуль аналізу даних системи активного моніторингу, де здійснюється її обробка. Попередньо адміністратор безпеки повинен здійснити всі необхідні настройки модулів аналізу системи активного моніторингу, тобто визначити вимоги, які дозволяють або забороняють користувачам ІС виконання певних операцій на робочих станціях. Сукупність таких вимог є політику безпеки системи активного моніторингу, яка може бути частиною більш загальної політики безпеки організації. Так, наприклад, відповідно до заданої політикою безпеки деяким користувачам може бути заборонена робота з принтерами або доступ до певних файлів. Будь-яка подія, зафіксоване датчиками системи активного моніторингу і порушує раніше задану політику, вважається інформаційною атакою. Політика безпеки системи активного моніторингу може включати в себе різні групи вимог, які формуються на основі двох базових принципів:

- «все, що не заборонено - дозволено». Політика безпеки системи активного моніторингу, побудована на основі цього принципу, явно визначає ті дії користувачів, виконання яких заборонено. При цьому всі інші дії, що виконуються користувачами, вважаються дозволеними. Для виявлення порушень такої політики використовуються сигнатурні методи аналізу;
- «все, що не дозволено - заборонено». Політика безпеки системи активного моніторингу, побудована на основі цього принципу, явно визначає

тільки дозволені дії користувачів. Всі інші дії відповідно до цієї політики є порушеннями, для яких використовуються поведінкові методи аналізу.

У разі виявлення порушень політики безпеки системи активного моніторингу може реалізовувати пасивні і активні методи реагування. До пасивних методів відноситься оповіщення адміністратора безпеки про виявлені несанкціоновані дії користувачів. Таке сповіщення може здійснюватися шляхом відображення відповідного повідомлення на консолі адміністратора або відправки повідомлення по електронній пошті. Активні методи мають на увазі блокування тих дій користувачів, які порушують задану політику безпеки. Також як і системи виявлення атак, системи активного моніторингу можуть поєднувати активні і пасивні методи реагування.

Системи активного моніторингу повинні бути також оснащені підсистемою власної безпеки, що дозволяє захистити компоненти системи активного моніторингу від несанкціонованих впливів порушників.

Системи активного моніторингу можуть використовуватися в якості автономних і функціонально-незалежних засобів захисту, призначених для виявлення порушень політики безпеки ІС. Однак, для забезпечення комплексного підходу до інформаційної безпеки ІС, необхідно спільне використання систем виявлення атак і активного моніторингу робочих станцій ІС.

ВИСНОВКИ

Запропонований комплекс моделей для СППР оператора-керівника автоматизованих систем керування створює основу для автоматизації процесу надання операторові-керівникові інформаційної підтримки при ухваленні рішення про прийняття ергономічних розв'язків

У результаті проведених досліджень установлено факт приділення недостатньої уваги питанням управління при комп’ютеризації проектних робіт. Для реалізації можливості управління процесом проектування зроблено системний аналіз процесу проектування технічних об’єктів, запропоновано зв’язки системи автоматизації проектних робіт із зовнішнім середовищем, встановлена необхідність наявності трьох видів програмного забезпечення для функціонування системи, представлено обґрунтоване виконання проектних робіт за схемою «зверху-вниз», складено інформаційну модель для підтримки процесу проектування та отримано архітектурне рішення для системи автоматизації проектних робіт в організаціях, виявлено відсутність інформаційного опису процесів діяльності, який дозволяє їх супроводжувати протягом усього життєвого циклу.

Єдина модель сприяє автоматизації роботи виконавців із різними рівнями повноважень, забезпечує однозначність розуміння ними виконуваних завдань

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інформаційно-керуючі людино-машинні системи: Дослідження, проектування, випробування: Довідник/ Адаменко А.Н., Ашеров А.Т., Лавров Е.А. і ін.. під загальн. ред. Губинського А.І. і Евграфова Е.Г.- М., Машинобудування, 1993. - 528с.

2. Губинський А.І. Надійність і якість функціонування ергатичних систем. Л.: Наука, 1982. 270с.

3. Сатторов Ф.Є. Метод і алгоритми розподілу функціональних можливостей користувачів у системах обробки інформації. - Автореф. дис. на здоб. вчен. ступеня канд. техн. наук.-СПб.: 2010. - 18с.

4. Лаврів, Е.А. Підхід до формалізованого опису дискретної діяльності в системах « людина-техніка-середовище» [Текст] / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько // Вісник Сумського державного університету. Сер. Технічні науки.-№3’ 2012. С.55-67.

5. E. Lavrov, N. Pasko Ergonomic support activities . Decision support system for operator-leader.// International Scientific Conference "UNITECH 09".Proceedings.20-21 November 2009, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House "V.APRILOV", 2009. - Volume 1. - P.p 364-372.

6. Петренко, А. И. Основы построения систем автоматизированного проектирования [Текст] / А. И. Петренко, О. И. Семенков. – К.: Высшая школа, 1985. – 294 с.

7. Pedagopu, V. M. Integration of CAD/CAPP/CAM/CNC to Augment the Efficiency of CIM [Text] / V. M. Pedagopu, M. Kumar Adejuyigbe // International Review of Applied Engineering Research. – 2014. – V. 4. – P. 171–176.

8. Miyazaki, T. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience [Text] / T. Miyazaki, Y. Hotta, J. Kunii, S. Kuriyama, Y. Tamaki // Dental materials journal. – 2009. – V. 28. – P. 44–56.

9. Kim, J. Standardized data exchange of CAD models with design intent [Text] / J. Kim, M. Pratt, R. G. Iyer, R. D. Sriram // Computer-Aided Design. – 2008. – V. 40. – P. 760–777.

10. Encarnacao, J. Computer Aided Design: Fundamentals and System Architectures [Text] / J. Encarnacao, R. Lindner, E. G. Schlechtendahl. – Springer Science & Business Media, 2012.

11. Норенков, И. П. Основы теории и проектирования САПР [Текст] / Норенков И. П., Маничев В. Б. – М.: Высшая школа, 1990.

12. Kunwoo, L. Principles of CAD/CAM/CAE Systems [Text] / L. Kunwoo. – Assison Wesley Longman Inc., 1999.

13. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И. П. Норенков. – М.: изд-во МГТУ им. НЭ Баумана, 2006.

14. Gunasekaran, A. Techniques and Tools for the Design and Implementation of Enterprise Information Systems [Text] / A. Gunasekaran. – IGI Global, 2008.

15. Bauer, E. Design for Reliability. Information and Computer-Based Systems. [Text] / E. Bauer. – IEEE Press, 2010.

16. Жук, К. Д. Построение современных систем автоматизированного проектирования [Текст] / К. Д. Жук, А. А. Тимченко, А. А. Родионов. – К.: Техника, 1983.

17. Coronel, C. Database systems: design, implementation, & management [Text] / C. Coronel, S. Morris, – Cengage Learning, 2008.

18. Teorey, T. Database Modeling and Design: Logical Design [Text] / T. Teorey, S. Lightstone, T. Nadeau, H. V. Jagadish. – Elsevier, 2011.

19. Zakharchenko, V. Information model of the design process of technical objects [Text] / V. Zakharchenko, V. Nenia // In Proc. of the 1st International Conference “Computer Science & Engineering 2013”. Lviv, Ukraine, 2013, pp. 198–199.

20. Шендрик, В. В., Ващенко, С. М., Шулима, О. В., & Омеляненко, К. А. (2013). Актуальность моделирования распределенных энергосистем

эффективного использования возобновляемых источников энергии. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, (5 (8)), 4-8.

21. Shulyma, O., Shendryk, V., Baranova, I., & Marchenko, A. (2014). The Features of the Smart MicroGrid as the Object of Information Modeling. In Information and Software Technologies (pp. 12-23). Springer International Publishing.

22. Шаховська, Н. Б. (2011). Методи опрацювання консолідованих даних за допомогою просторів даних. Проблеми програмування, (4), 72-84.

23. Lagoze, C., & Van de Sompel, H. (2001, January). The Open Archives Initiative: Building a low-barrier interoperability framework. In Proceedings of the 1st ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries (pp. 54-62). ACM.

24. Watson, H. J., & Gray, P. (1997). Decision support in the data warehouse. Prentice Hall Professional Technical Reference.

25. Theodoratos, D., Ligoudistianos, S., & Sellis, T. (2001). View selection for designing the global data warehouse. Data & Knowledge Engineering, 39(3), 219-240.

26. Horng, J. T., & Chen, C. W. (2001). A mechanism for view consistency in a data warehousing system. Journal of Systems and Software, 56(1), 23-37.

27. Антипин, К. В., Фомичев, А. В., Гринев, М. Н., Кузнецов, С. Д., Новак, Л. Г., Плешачков, П. О., ... & Ширяев, Д. Р. (2004). Оперативная интеграция данных на основе XML: системная архитектура BizQuery. Труды Института системного программирования РАН, 5.

28. Гришенков, Е. (2001). Планирование и консолидация данных многомерной базы. Открытые системы. СУБД, (4), 65-72.

29. Шаховська Н. Б. Сховища та простори даних : монографія / Н. Б. Шаховська, В. В. Пасічник; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 240 с.

30. Егошина, А. А., & Вороной, А. С. (2011). Повышение эффективности извлечения информации из слабо структурированных источников на основе

метаданных и базы знаний. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка, (13), 44-47.

31. Росинский, В. В. (2012). Обеспечение интеграции данных в корпоративных информационных системах на основе прогрессивных web-технологий.Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, (10,№ 1), 87-94.

32. Шаховська, Н. Б., & Тарасов, Д. О. (2009). Особливості інтеграції даних інформаційних систем національного університету" Львівська Політехніка".

33. Третяк, В. Ф., Голубничий, Д. Ю., & Челенко, Ю. В. (2005). Тиражирование данных в системе управления базами данных. Управління розвитком–Х.: ХНЕУ, (3), 94-95.