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

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЯК ЛЮДИНО-МАШИННИХ КОМПЛЕКСІВ. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ.

(проміжний)

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

Керівник НДР
к. т. н. Е. Г. Кузнєцов

2015

Рукопис закінчено 20 листопада 2015 р.

Результати цієї роботи розглянуто науковою радою СумДУ,
протокол від 2015.12.24 № 5

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 822 с., 5 табл., 35 рис., 44 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

1 Аналіз стану проблеми проектування автоматизованих систем як людино-машинних комплексів 8

1.1 Тенденції розвитку систем обробки інформації та управління і зміна ролі людини-оператора в них 8

1.2 Аналіз автоматизованих систем обробки інформації та управління як людино-машинних комплексів 17

1.3 Аналіз стану розробок в області ергономічного забезпечення автоматизованих систем обробки інформації та управління 19

1.4 Аналіз особливостей діяльності операторів-керівників автоматизованих систем обробки інформації та управління 21

1.5 Висновки 25

2 Аналіз сучасного стану систем автоматизованого проектування. Обґрунтування напрямку досліджень 26

2.1 Актуальність проблеми розробки САПР 26

2.2 Система автоматизованого проектування як поняття 28

2.3 Аналіз стану автоматизації проектувальних робіт 32

2.4 Висновки 34

3 Інформаційна технологія прогнозування теплозабезпечення будівель 37

3.1 Підходи до управління енергією 38

3.2 Використання ІТ для управління ВДЕ 40

3.3 Застосування інформаційних технологій для вирішення задачі прогнозування теплоспоживанняоб’єктів соціально-бюджетної сфери 55

3.4 Висновки 75

Висновки 77

Перелік посилань 78

ВСТУП

Вирішення протиріччя між обмеженими можливостями людського суспільства у виробництві товарів і послуг та все зростаючими потребами у них було знайдено на шляху повної механізації виробничих процесів із поступовим переходом до автоматизованого, а врешті решт і до автоматичного виробництва.

На сьогодні автоматизовані системи набули широкого використання у всіх галузях людської діяльності і виступають одним із важливих факторів забезпечення високого рівня продуктивності праці.

Відносно проектування проблемна ситуація поглиблюється тим, що традиційно ця сфера діяльності розглядається як особлива з огляду на складність вирішуваних завдань та слабку формалізацію цього процесу. Завдання полягає у тому, щоб встановити наукові основи цього процесу та управління ним. При автоматизації процесів управління виробничих процесів широкого розповсюдження набуло використання комп'ютерної техніки. Аналогіччне використання комп'ютерної техніки до виконання проектних робіт набуло назви автоматизації проектування. Таке необґрунтоване вживання термінології жзавдало великої шкоди процесу автоматизації проектувальних робіт, яка практично не проводиться. Практика залучення комп'ютерної техніки до виконання окремих проектних процедур безумовно важлива, але не вирішується питання загалом, системно.

Іншою проблемою застосування комп'ютерної техніки до автоматизації процесів є забезпечення сприятливих умов для роботи з нею фахівців. Системного вирішення потребує і ця задача, адже напруженість у роботі фахівця-оператора зі складними системами викликає зайву втому, втрату уваги і ніяк не сприяє «обіцяній» творчій праці.

Існують, крім складних автоматизованих систем із людино-мошинною взаємодією випадки, у яких автоматизація може бути виконана без

фундаментальних досліджень ляхом проведення прикладжних досліджень та практичної її реалізації- це облік та регулювання споживання енергії.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЯК ЛЮДИНО-МАШИННИХ КОМПЛЕКСІВ

1.1 Тенденції розвитку систем обробки інформації та управління і зміна ролі людини-оператора в них

Особливістю останнього десятиліття є якісний стрибок у розвитку телекомунікацій, комп'ютерних розподілених систем, систем зв'язку і т.п. Нові можливості стали причиною стрімкого поширення систем управління та обробки даних, заснованих на принципах єдиного інформаційного простору, розподіленої обробки даних. Основне призначення СОІУ - автоматизація діяльності, пов'язаної зі зберіганням, передачею та обробкою інформації. Сучасні СОІУ спираються на використання локальних і глобальних мереж, обробку графічної, відео- та звукової інформації, технології мультимедіа, систем штучного інтелекту.

Додаткові можливості організації дистанційного керування та інформаційної взаємодії між людьми дозволили значно розширити кількість взаємодіючих між собою структурних та функціональних елементів сучасних систем. У той же час зросли обсяги оброблюваної і циркулюючої інформації, логічна складність систем управління процесом взаємодії підсистем, ціна помилки, і, відповідно, вимоги до безпомилковості та своєчасності процесів обробки інформації.

Аналіз зміни ролі людини-оператора в процесі вдосконалення і розвитку інформаційних технологій проводився рядом дослідників. Характеристика зміни ролі людини-оператора в інформаційних технологіях наведена на рис.1.1. Відзначаються зростання ролі людини-оператора, збільшення частки інтелектуальних процедур обробки інформації, зростаючі вимоги до безпомилковості реалізації алгоритмів діяльності та прийняття рішень. Поява нових функцій людини пов'язано з тим, що в кожному наступному поколінні ІТ актуалізуються інтелектуальні функції, які в попередньому поколінні не

виконувалися через обмеження ресурсів людини і техніки. При переході до кожного нового покоління IT ступінь автоматизації процесу прийняття рішень зростає, однак одночасно за рахунок актуалізації інтелектуальних операцій безперервно ускладнюється і оновлюється роль людини.

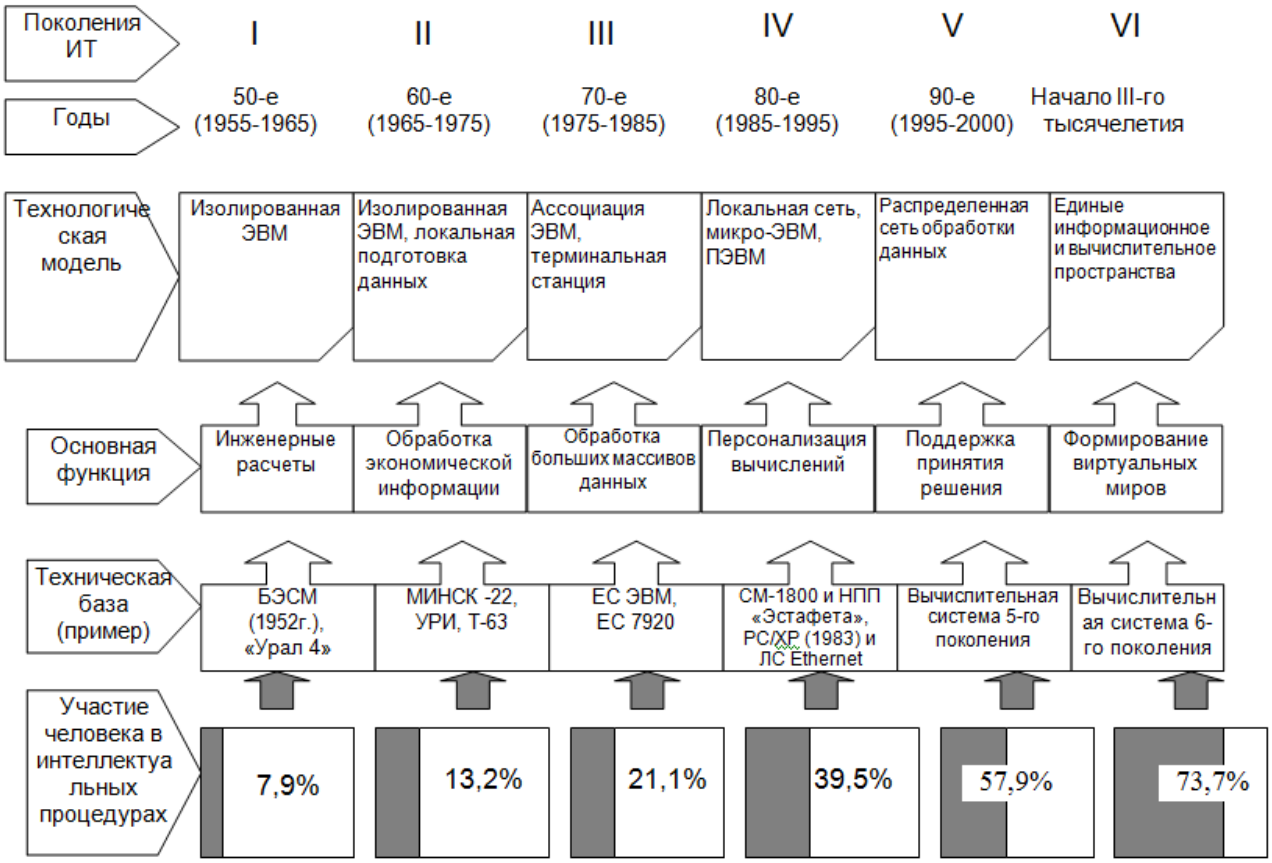

Рисунок 1.1 - Покоління інформаційних технологій

Аналіз сучасних систем обробки інформації та управління дозволив виявити ряд особливостей в організації роботи операторів цих систем.

Центри інформаційних послуг. Одним з основних завдань існуючих інформаційно-комунікаційних технологій є надання користувачам різного роду послуг. Одним з класів систем для надання подібних послуг є інфоцентри або центри інформаційних послуг, залежно від функціональності, звані також Call- і контакт-центрами, центрами обслуговування викликів і операторськими центрами.

Інформаційна послуга - це будь-яка послуга, що передбачає прийом інформації від клієнта, обробку і, якщо потрібно, подальше просування цієї

інформації, передачу клієнту відповідної інформації, а також розподіл заздалегідь підготовленої в центрі інформації по списку. Такі центри, як правило, працюють в цілодобовому режимі, інтенсивність потоку вхідних викликів може досягати декількох сотень в хвилину, автоматично протоколюється вся діяльність операторів, пов'язана з обслуговуванням викликів. Головним завданням, яке вирішують операторські центри, є забезпечення обслуговування якомога більшої кількості викликів, бо кожен виклик, що вимагає обробки в інфоцентрі, або є потенційним джерелом доходу, або несе в собі важливу інформацію. Втрата виклику вкрай небажана, а іноді й просто неприпустима. Повинен забезпечуватися раціональний розподіл вхідних викликів між операторами відповідно до їх функціональних завдань і кваліфікації, а також можливість контролю роботи операторів керуючим персоналом центру.

Автоматичні ступені розподілу викликів (СРВ). Історично перша версія інфоцентру (в англомовній літературі Automated Call Distributor (ACD)). Ступені розподілу викликів (зразки 1970-1980) являли собою відносно прості комутатори, що встановлюють з'єднання з першим незайнятим оператором в групі операторів. Такі СРВ відносяться до технологічних систем рівномірного розподілу викликів UCD (Uniform Call Distributor), які розподіляють вхідні виклики між операторами групи відповідно за заздалегідь визначеною логікою. Можливими алгоритмами розподілу викликів є спадний метод (top-down) або циклічний метод (round-robin). Крім дисципліни вибору викликів з черги і вибору операторів для їх обслуговування, і самі черги, залежно від структури системи, можуть бути організовані різними способами: - індивідуальні черги до кожного оператора; - черга до служби (групи операторів); - єдина черга до всіх служб, доступних через дану СРВ.

У більш складних варіантах організації черг ця проблема вирішувалася шляхом використання декількох рівнів зворотної маршрутизації (Fallback Routing). Виклик встановлювався в чергу до певної групи операторів лише на деякий час, після закінчення якого він маршрутизувався заново, маючи при цьому доступ до більш великої групи операторів. Якщо тривалість очікування і в цьому випадку

досягала порогової величини, виклик отримував право доступу до ще більш великої групи операторів, маршрутизація вироблялася ще раз і т.д. Існують модифікації, пов'язані також з аналізом характеру вхідних дзвінків. Організація черги полягала в тому, щоб виклик направити до оператора, який має кваліфікацію, найбільш підходящу для обслуговування саме цього виклику.

Інфоцентри - наступний ступінь еволюції операторських центрів. Інфоцентр (операторський центр, Call-центр, центр обслуговування викликів) - це заклад, оснащений обладнанням, спеціалізованими програмними засобами і укомплектований технічним і управлінським персоналом для обслуговування операторами інтенсивного потоку викликів. Істотною вимогою до інфоцентру є необхідність тісної інтеграції (і взаємодії в процесі обслуговування викликів) комутаційної підсистеми з інформаційними базами даних компанії-власника операторського центру. Для обслуговування кожного виклику (вхідного або вихідного) потрібен доступ до даних, що зберігаються в інформаційних базах центру, і, можливо, модифікація цих даних. Інфоцентри можуть включати сотні або тисячі операторів, що знаходяться в одному місці, розміщених в декількох регіональних центрах і навіть працюють вдома. Персонал в інфоцентрі формується за принципом високих (на відміну від СРВ) вимог до знань в предметній області і до умінь виробляти алгоритмізовану діяльність, пов'язану з обробкою інформації.

Контакт-центри. Це системи, здатні взаємодіяти з будь-якими телекомунікаційними середовищами. Ключовий чинник, який впливає на розвиток контакт-центрів, - це розвиток комп'ютерних технологій і зростання обчислювальних можливостей. Контакт-центр має забезпечувати приймання традиційних, і з мережі Інтернет, телефонних викликів з використанням технологій VoIP (система зв'язку, яка забезпечує передачу мовного сигналу по мережі Інтернет або по будь-яким іншим IP-мережам), прийом заявок, що допускають відкладену обробку (факсимільні запити і електронна пошта , що переходять у перспективі в запити за технологіями unified messaging), а також обробку запитів мультимедійного широкосмугового зв'язку. Дисципліни черг і механізми маршрутизації викликів в контакт-центрах, інтегрованих з Інтернет, можуть бути значно складніше, ніж в

"традиційних" операторських центрах. Пов'язано це з тим, що різні джерела навантаження в конвергентній мережі мають зовсім різні характеристики; відповідно, модель потоку викликів, які мають оброблятися контакт-центром, істотно відрізняється від моделей, характерних для телефонних систем. Проблема полягає в неможливості ефективного автоматичного управління і необхідності постійно контролювати роботу центру, змінюючи, коли потрібно, число операторів в тій чи іншій групі, створюючи нові напрямки, модифікуючи алгоритми обслуговування і т. д., що і вимагає потужної підсистеми адміністративного управління, яка дозволяє оперативно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі.

Інтегровані контакт-центри. Наприкінці 90-х років з'явилося поняття "CRM". CRM - орієнтована на клієнта інформаційна система взаємодії зі споживачами. Згідно з дослідженнями концепції "великої ідеї" (рис.1.2) стратегія CRM, використовуючи успішний досвід попередніх етапів розвитку концепцій управління, а також можливості сучасних інформаційних технологій, дозволяє по-новому організувати оперативну взаємодію з клієнтами.

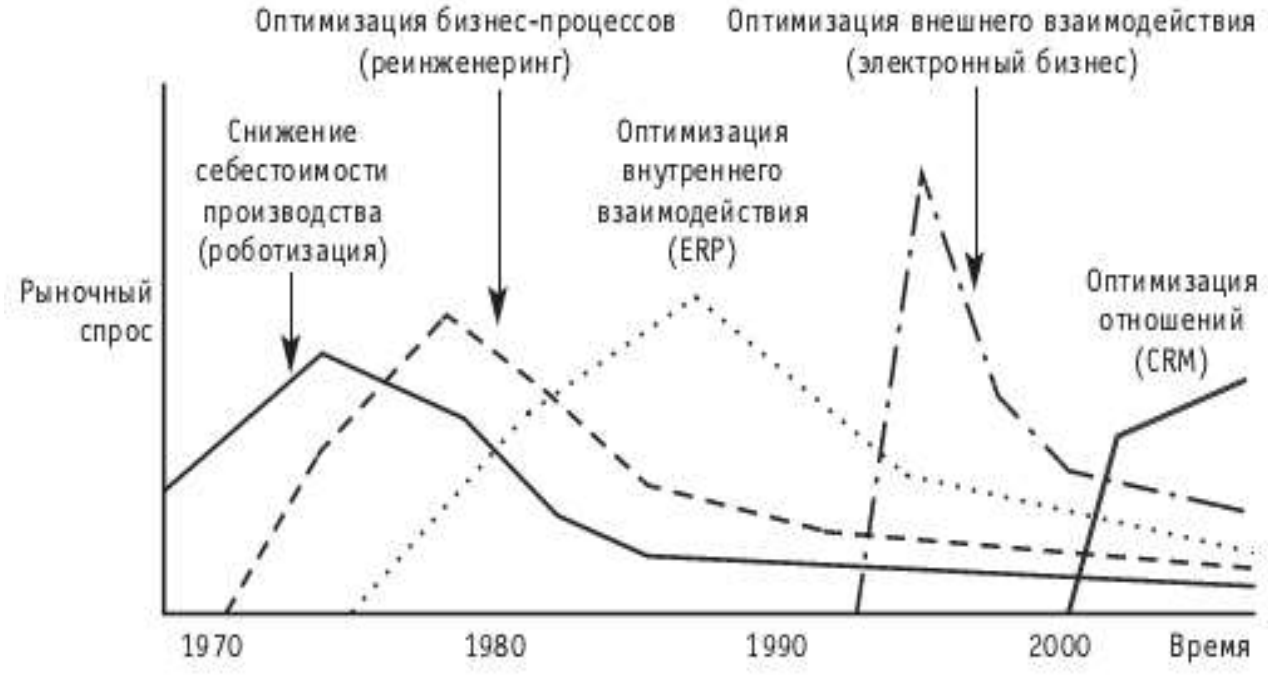

Рисунок 1.2 - Базові концепції людино-машинних систем на ринку управління підприємствами

Нині створюються інтегровані контакт-центри, побудовані за принципом (Call-center + CRM). Ідея таких центрів продемонстрована на рис. 1.3. В основі контакт-центру лежить блок управління каналами взаємодії. Функціональність цього блоку визначає, яка інформація і в якому форматі буде надходити на робочі місця операторів.

Рисунок 1.3 - Технологія інтегрованого контакт центру на фірмі

CRM-система на робочих місцях операторів забезпечує формування інформаційної моделі та реалізацію процедур обробки запиту. Технологія інтегрованого контакт - центру отримала широкий розвиток в контексті електронного уряду. Основне завдання - наскрізна автоматизація процесу роботи із запитами населення. Така автоматизація повинна забезпечити ефективний розподіл завдань між операторами обробки даних і створити єдиний інформаційний простір.

Проведений аналіз характеру людино-машинного взаємодії в центрах інформаційних послуг дозволив виявити:

- збільшення ступеня алгоритмізованої діяльності операторів-виконавців (фактично оператор голосового зв'язку перетворився на оператора обробки даних, що за класифікацією найбільш близький до оператора-технолога);
- поява замість автоматичних пристроїв розподілу викликів спеціальних адміністраторів (за класифікацією - операторів-керівників), що здійснюють логічно складні процедури аналізу та управління потоком запитів, що надходять.

Розподілені системи організаційного та оперативно-диспетчерського управління. Розподілена система управління (англ. - Distributed Control System, DCS) - система управління, що характеризується побудовою розподіленої системи вводу-виводу і децентралізацією обробки даних. Така децентралізація передбачає при управлінні складними об'єктами ієрархічну структуру. Приклади сфери застосування подібних систем: - нафтовидобування і нафтопереробка; - газодобування; - енергопостачання; - банківська система. Так, ієрархічна система оперативного диспетчерського управління енергосистемою має три рівні:

- центральне диспетчерське управління (ЦДУ) енергосистемою;
- об'єднані диспетчерські управління (ОДУ) енергооб'єднаннями;
- регіональні диспетчерські управління (РДУ) енергосистемами.

Безперервну в часі картину розвитку АСУ ТП можна розділити на три етапи, обумовлені появою якісно нових наукових ідей і технічних засобів.

Перший етап відображає впровадження систем автоматичного регулювання (САР). Об'єктами управління на цьому етапі є окремі параметри, установки, агрегати. Рішення задач стабілізації, програмного керування, стеження переходить від людини до САР. У людини з'являються функції розрахунку завдання і параметрів налаштування регуляторів.

Другий етап - автоматизація технологічних процесів. Об'єктом управління стає розосереджена в просторі система. За допомогою систем автоматичного управління (САУ) реалізуються все більш складні закони управління, вирішуються завдання оптимального і адаптивного управління, проводиться ідентифікація об'єкта і стану системи. Людина все більше віддаляється від об'єкта управління, між об'єктом і

диспетчером вибудовується цілий ряд вимірювальних систем, виконавчих механізмів, засобів телемеханіки, мнемосхем та інших засобів відображення інформації.

Третій етап - диспетчерське управління на основі інформаційних систем збору даних і обчислювальних комплексів (Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) - диспетчерське управління і збір даних). Основа сучасного підходу - орієнтація на людину-оператора і його завдання. Застосування SCADA-технологій дозволяє досягти високого рівня автоматизації у вирішенні завдань розробки систем управління, збору, обробки, передачі, зберігання та відображення інформації. Дружність людино-машинного інтерфейсу (HMI / MMI - Humain / MAN Machine Interface), що надається SCADA-системами, повнота і наочність інформації, доступність "важелів" управління, зручність користування підказками і довідковою системою і т. д. підвищують ефективність взаємодії диспетчера з системою і зводять до мінімуму його критичні помилки при управлінні. В даний час SCADA є основним і найбільш перспективним методом автоматизованого управління складними динамічними системами (процесами). Управління технологічними процесами на основі систем SCADA почало здійснюватися в передових західних країнах в 80-і роки. Область їх застосування охоплює складні об'єкти електро- і водопостачання, хімічні, нафтохімічні і нафтопереробні виробництва, залізничний транспорт, транспорт нафти і газу та ін.

Від етапу до етапу змінюються і функції людини (оператора / диспетчера), покликаного забезпечити регламентне функціонування технологічного процесу. Розширюється коло завдань, що вирішуються на рівні управління. Диспетчер в багаторівневій АСУ ТП отримує інформацію з монітора ЕОМ або з електронної системи відображення інформації і впливає на об'єкти, що знаходяться від нього на значній відстані, за допомогою телекомунікаційних систем, контролерів, інтелектуальних виконавчих механізмів. Від диспетчера потрібно не тільки професійне знання технологічного процесу, основ управління, а й досвід роботи в інформаційних системах, вміння приймати рішення в нештатних та аварійних ситуаціях і багато іншого. Диспетчер стає головною дійовою особою в управлінні

технологічним процесом. Технологічні процеси в енергетиці, нафтогазовій та ряді інших галузей промисловості є потенційно небезпечними і при виникненні аварій призводять до людських жертв, а також до значних матеріальних та екологічних збитків.

Розходження в характері і структурі діяльності операторів визначається рівнем ієрархії керуючої підсистеми. На вищих рівнях управління людина-оператор (керівник) має справу, насамперед з так званими слабо структурованими завданнями. В її діяльності переважають дії, що спираються на компоненти не властиві машині: евристичні, творчі, інтуїтивні і компоненти інтелектуальної роботи. Специфіка проблем цього рівня пов'язана з кількісними та якісними елементами. Причому якісні елементи переважають.

До типових слабо структурованих проблем відносяться такі, які володіють наступними особливостями: - є широкий діапазон альтернатив; - рішення залежать від поточної неповноти інформації; - прийняті рішення містять елементи ризику; - не повністю визначені вимоги, які стосуються вартості і часу рішення задачі; - проблема внутрішньо складна внаслідок того, що для її вирішення необхідне комбінування різних ресурсів.

Роль людини при визначенні та аналізі таких завдань виключно велика. Прийняття остаточного рішення в слабо структурованих проблемах завжди пов'язане з ризиком. Машинні системи не можуть конкурувати з людиною у вирішенні слабо структурованих проблем у зв'язку з її розумом (універсальність, творчий потенціал і рівень інтелектуальних функцій). На більш низьких рівнях управління оператори зазвичай мають справу з добре структурованими завданнями. Їх діяльність здійснюється в умовах жорстко заданих часових обмежень.

1.2 Аналіз автоматизованих систем обробки інформації та управління як людино-машинних комплексів

Незважаючи на відмінність процесів обробки інформації (управління) в різних системах можна виявити такі особливості:

- наявність декількох рівнів ієрархії;
- можливість декомпозиції системи на безліч локальних людино-машинних систем;
- велика кількість (від кількох людей до сотень чоловік) одночасно працюючих взаємодіючих з машинною частиною об'єкта управління і між собою операторів різних типів: оператори-маніпулятори; оператори-технологи; оператори-керівники; оператори-дослідники;
- розвинена система забезпечення взаємодії між операторами;
- можливість віддаленого доступу операторів до розподілених; локальних людино-машинних систем (баз даних, програмного забезпечення, інформаційних моделей);
- можливість реалізації моделі групової діяльності, коли проводиться декомпозиція задачі, окремі функціональні елементи закріплюються за різними операторами;
- необхідність ефективного виконання завдань у різних режимах функціонування (нормальне функціонування, аварійний режим);
- можливість різних типів заявок на обробку інформації та управління: регламентних і нерегламентних;
- випадковий час надходження заявок нерегламентного типу;
- можливість помилок, що ведуть до порушень з різними видами і розмірами збитків;
- жорсткі часові обмеження на реалізацію заявок;
- високі вимоги до безпомилковості реалізації заявок;

- необхідність дотримання ергономічних норм і вимог до робочого місця і показників важкості та напруженості праці операторів.

Узагальнена структура ієрархічної людино-машинної системи наведена на рис.1.4. а - система технологічного типу; б - загальний вигляд. Складність таких систем обумовлює необхідність спеціальних заходів для забезпечення ергономічної якості.

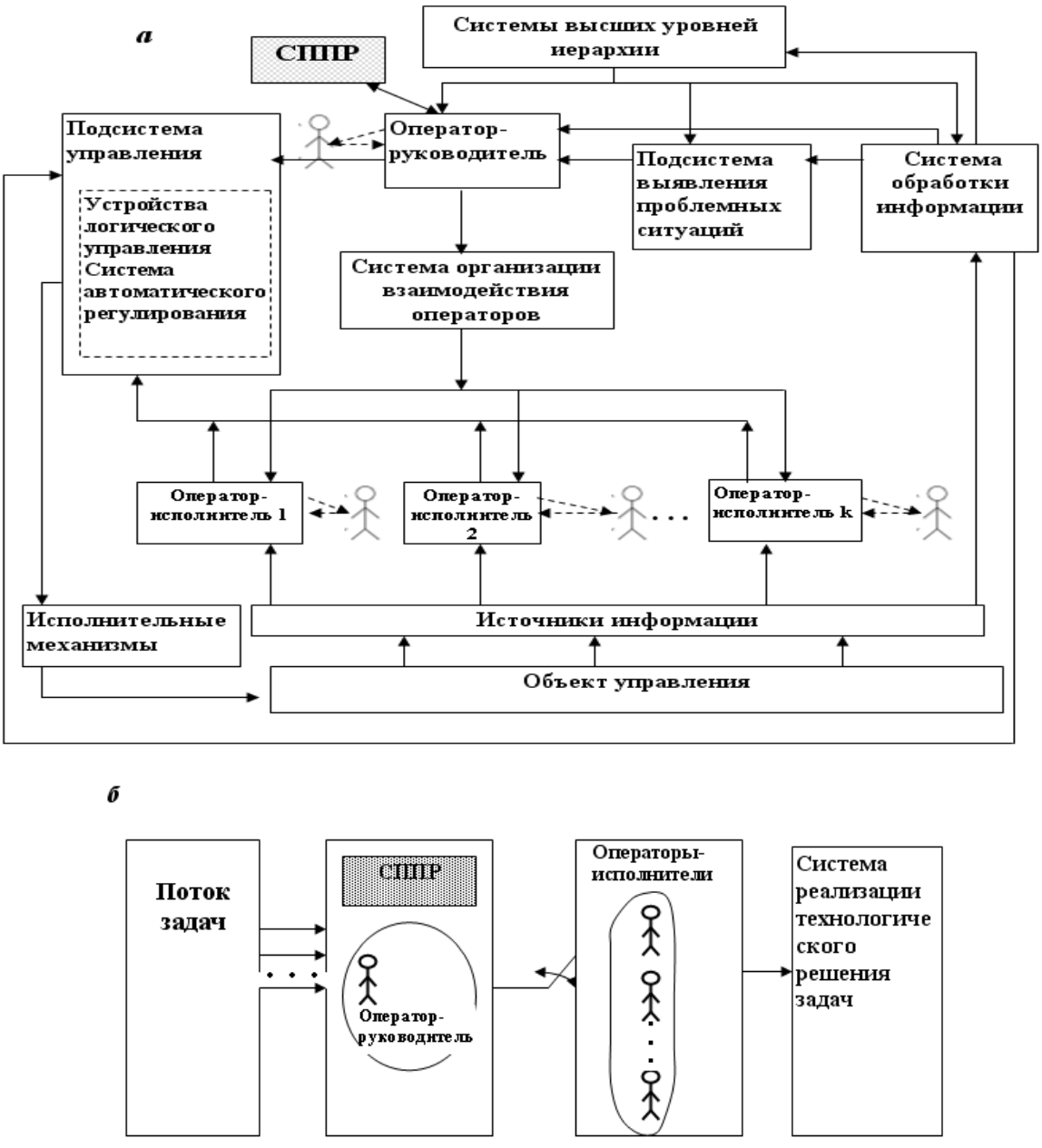

Рисунок 1.4 - Приклад дворівневої ієрархічної людино-машинної системи.
а - система технологічного типу; б - загальний вигляд.

Тому багато завдань, які вирішувалися раніше один раз на етапі проектування і використовувалися багаторазово при експлуатації системи, для гнучких систем з нерегламентними завданнями повинні вирішуватися оперативно з урахуванням особливостей і характеристик реальних операторів, що працюють в системі.

1.3 Аналіз стану розробок в області ергономічного забезпечення автоматизованих систем обробки інформації та управління

Для визначення актуальних завдань досліджень розглянемо стан предметної області "Ергономіка людино-машинних систем" (табл. 1.1). Різнопланові ергономічні дослідження діяльності операторів проводилися, наприклад, у роботах: операціоніст банку - Ашеров А.Т .; оператор системи безпеки - Ашеров А.Т .; оператор обробки даних - Ашеров А.Т., Сатторі Ф.Є.; оператор АСУТП електростанції - Федотов Д. К., Буров А.Ю. ; оператор зварювального виробництва - Ізотова Є.А.; оператор-комплектувальник - Лавров Є.А.; оператор АСУ ГПС механообробки - Ісаєнко С.Г., Лавров Є.А.; оператор АСУ ТП прокатного стану - Шевяков А.В .; оператор АСУ ТП газопроводу - Ісаєнко С.Г .; оператор нафтогазопромислу Бояркін М.А.; оператор АСУ ТП (загальні питання проектування) - Галактіонов А.І; оператор суднових систем - Губінський А.І., Євграфов В.Г., Кобзєв В.В.; оператор системи "людина-автомобіль" - Гаврилов Є.В., Частка В.К, Лінник І.Є., Волобуєва Т.В., Сирота В.М .; оператор-машиніст (ж-д транспорт) - Самсонкін В.М.; пілот - Рева О.М.; оператор-дослідник (космонавт) - Губінський А.І, Попович П.Р., Колесніков Г.М.; оператор систем спеціального призначення - Чабаненко П.П., Герасимов Б.М. Деякі формалізми для інформаційного забезпечення оператора-керівника розглянуті в роботах Сердюка С.Н.

Про дослідження питання ергономічного забезпечення діяльності операторів різних типів можна судити за відносною кількістю дисертацій спеціальності

"ергономіка" (Росія, Україна, за відкритими матеріалами електронних каталогів публічних бібліотек). Відповідна діаграма наведена на рис.1.5.

Таблиця 1.1 - Напрямки і автори досліджень (фрагмент) проблем ергономічної якості систем "людина- машина"

	Виробничі (Р)	**Інформаційні (І)**	**Експлуатаційні (Е)**	**Абстрактні (А)**
1. Дослідження ЛМС 1.1.Системно-ергономічні дослідження ЛМС	Губінський А.І. Попечителев Е.П. Пилишвілі П.М.	Губінський А.І. Ашеров А.Т. Лавров Є.А.	Шлаен П.Я. Губінський А.І. Євграфов В.Г.	Монмоллен М. Губінський А.І. Ловцов Д.А.
1.2.Формалізація даних про процеси функціонування ЛМС	Губінський А.І. Суходольский Г.В. Львов В.М. Герасимов Б.М. Анохін А.Н. Дружинін Г.В. Зараковский Г.М.	Губінський А.І. Суходольский Г.В. Герасимов Б.М. Анохін А.Н. Падерно П.І.	Губінський А.І. Чабаненко П.П. Гаврилов Э.В. Доля В.К. Линник І. Е. Шкробак В.С.	Губінський А.І. Суходольский Г.В. Цой Е.Б. Гриф М.Г. Ротштейн А.П. Дружинін Г.В. Зараковский Г.М.
1.3 Кваліметрія ЛМС	Губінський А.І. Суходольский Г.В. Анохін А.Н. Падерно П.І.	Губінський А.І. Суходольский Г.В. Анохін А.Н. Синавина В.С Падерно П.І.	Губінський А.І. Чабаненко П.П. Суходольский Г.В Кобзєв В.В.	Губінський А.І. Суходольский Г.В Кобзєв В.В. Адаменко А.Н. Кучуков А.М. Цирамуа Г.С.
1.4. Характеристики людини-оператора	Мейстер Д. Котик М. А. Зінченко В.П. Венда В.Ф. Зараковский Г.М. Буров А.Ю.	Венда В.Ф. Ломов Б.Ф Зінченко В.П. Небиліцин В.Д.	Гаврилов Э.В. Доля В.К Линник І. Е. Самсонкін В.Н. Лобанов Е.М. Буров А.Ю.	Вудсон У. Коновер Д. Ломов Б.Ф. Зінченко В.П. Цибулевский И.Е Самсонкін В.Н.
2. Проектування ЛМС 2.1.Формування загальних і часткових ергономічних вимог	Шлаен П.Я. Войненко В.М. Муніпов В.М. Галактионов А.И	Євграфов В.Г. Ашеров А.Т.	Шлаен П.Я. Войненко В.М. Мунипов В.М Шкробак В.С.	Євграфов В.Г. Свирко В.А.
2.2. Вибір чисельності персоналу і розподіл функцій між персоналом, моделювання групової діяльності	Євграфов В.Г.	Євграфов В.Г.	Попович П.Р. Євграфов В.Г. Колесников Г.М.	Зигель А. Вольф Дж. Губінський А.І. Євграфов В.Г. Герасимов Б.М.
2.3 Вибір ступеня автоматизації (розподіл функцій між людиною і машиною)	Чапаніс А. Фітс П. Галактіонов А.І. Лавров Є.А.	Чапаніс А. Фітс П. Лавров Є.А.	Губінський А.І. Попович П.Р. Євграфов В.Г. Колесников Г.М.	Чапаніс А. Фітс П.
2.4. Розробка інформаційних моделей і алгоритмів функціонування ЛМС				
у тому числі для забезпечення діяльності операторів: 2.4.1. технологів, маніпуляторів	Галактіонов А.І. Ізотова Є.А. Ашеров А.Т. Арзангулян А.А. Исаенко С.Г.	Галактіонов А.І. Павлов Е.А. Лавров Є.А. Ільченко Є.В. Кожевников Г.К.	Крилов А.А. Самсонкин В.Н. Стрелец І.А.	Губінський А.І. Євграфов В.Г. Цой Е.Б. Гриф М.Г. Ротштейн А.П. Герасимов Б.М.
2.4.2. дослідників	Губінський А.І. Сердюк С.Н.	Губінський А.І. Сердюк С.Н.	Попович П.Р. Колесников Г.М.	Герасимов Б.М. Сердюк С.Н.
2.4.3. керівників				Губінський А.І. Герасимов Б.М.
2.5. Проектування робочих місць	Свирко В.А. Євграфов В.Г. Зінченко В.П. Войненко В.М. Муніпов В.М.	Свирко В.А Падерно П.І. Ашеров А.Т. Попечителев Е.П.	Свирко В.А Євграфов В.Г. Войненко В.М. Муніпов В.М. Шкробак В.С.	Губінський А.І. Євграфов В.Г. Шлаен П.Я.

Продовження табл. 1.1

	Виробничі (Р)	Інформаційні (І)	Експлуатаційні (Е)	Абстрактні (А)
2.6. Проектування умов праці на робочому місці	Зараковский Г.М. Товбін Г.М.	Зараковский Г.М. Товбін Г.М.	Зараковский Г.М. Товбін Г.М.	Зараковский Г.М. Товбін Г.М.
3. Ергономічна експертиза та ергономічне забезпечення періоду існування				
3.1. Ергономічна експертиза	Цой Е.Б. Падерно П.І.	Ашеров А.Т.	Цой Е.Б. Падерно П.І.	Цой Е.Б. Падерно П.І. Лемешко Б.Ю.
3.2. Програма забезпечення ергономічної якості. ТЕО ергономічних заходів	Пятибратов А.П. Падерно П.І.	Пятибратов А.П. Падерно П.І.	Падерно П.І.	Падерно П.І.
3.3. Професійний відбір і навчання операторів	Буров А.Ю. Варус В.И.	Венда В.Ф. Чабаненко П.П. Ашеров А.Т. Ящун Т.В. Опарина Н.М. Сажко Г.І.	Гаврилов Е.В. Доля В.К. Рева А.Н. Самсонкин В.Н. Линник І. Е. Волобуева Т.В. Сирота В.М.	Гуслиц В.С. Чебишев А.Є. Гаврилов Е.В., Буров А.Ю. Рева А.Н. Самсонкін В.Н.

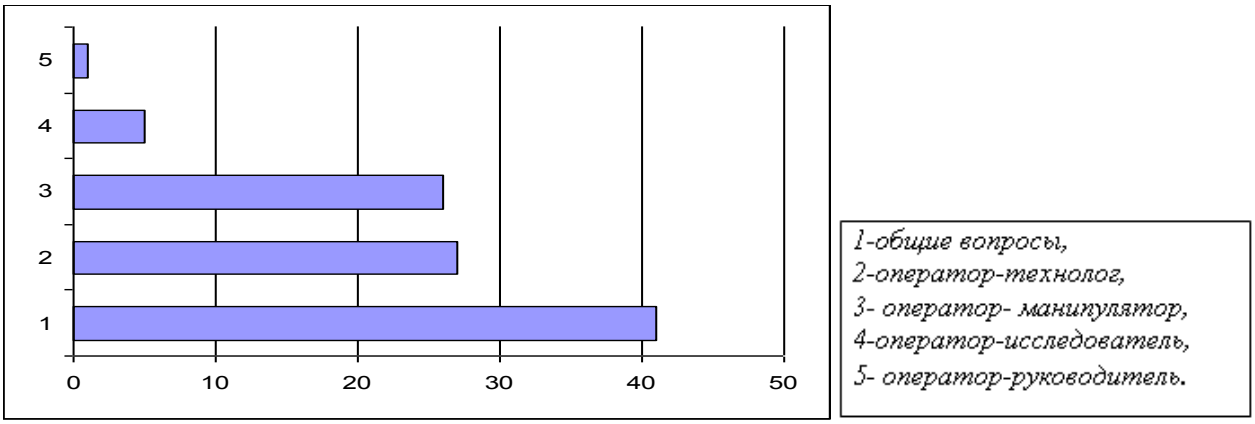

Рисунок 1.5 - Відносна кількість дисертацій за спеціальністю "ергономіка" (Україна, Росія) в розрізі видів операторської діяльності

1.4 Аналіз особливостей діяльності операторів-керівників автоматизованих систем обробки інформації та управління

Зміщення акцентів в ергономіці в напрямку організаційної та когнітивної ергономіки пов'язано зі сплеском інтересу до Usability, інтелектуальних інтерфейсів, підтримки прийняття рішень. Незважаючи на прогрес у цій галузі, потреби практики, пов'язані з впровадженням розподілених ієрархічних систем, не можуть бути повністю задоволені сучасними СППР для диспетчера, системами SCADA у зв'язку з відсутністю систематичних розробок у галузі діяльності оператора-керівника з погляду ергономічних рекомендацій. Піонером у дослідженнях

оператора-керівника став Сердюк С.М., проте він досліджував тільки деякі питання інформаційного забезпечення.

Мета діяльності оператора-керівника - забезпечення максимальної ефективності реалізації множини заявок при дотриманні обмежень на показники діяльності операторів-виконавців. Виділяють два рівні завдань: **U0** - Забезпечення ефективності системи на часовому інтервалі (з урахуванням показників реалізації всіх заявок); **U1** - Забезпечення оптимального виконання одиничної заявки. Якщо врахувати, що завдання **U0** вирішуються при формуванні змінно-добових завдань і план завантаженості складається на зміну, то ясно, що такий графік може бути складений з урахуванням традиційних методів теорії розкладів, диспетчирування і відомих методів розподілу функцій. Завдання рівня **U1** вирішуються, як правило, при складеному графіку регламентних завдань в умовах потоку заявок і високих вимог до оперативності.

Процес прийняття рішення щодо раціональної технології обробки заявки змістовно можна представити у вигляді послідовності робіт:

1. Прийом заявки (виявлення факту проблемної ситуації (інциденту) безпеки).

2. Ідентифікація заявки.

3. Визначення вимог до показників якості та своєчасності виконання заявки.

4. Аналіз можливості використання існуючого сценарію виконання заявки: - якщо так- реалізація сценарію (перехід до п.11.); - Якщо ні-перехід до п. 5.

5. Визначення можливих технологій реалізації заявки.

5.1. Визначення множини обов'язкових операцій технології.

5.2. Визначення можливих способів контролю: - діагностики обладнання і ПЗ; - Безпомилковості функціонування.

5.3.Визначення (генерація) можливих структур алгоритмів реалізації заявки.

6. Аналіз можливих способів реалізації заявки: - індивідуальне виконання; - групова діяльність.

7. Визначення множини операторів, які допустимо використовувати в процесі виконання заявки.

7.1.Визачення множини вільних операторів (операторів, зайнятість яких дозволяє виконати роботи по обслуговуванню заявки).

7.2. Визначення множини операторів, умови на робочому місці яких дозволяють виконати заявку без виходу за межі допустимих норм і вимог.

8. Постановка задачі вибору варіанта закріплення операторів за реалізацією заявки (окремими функціональними елементами - у разі групової діяльності).

9. Формування вихідних даних про можливу якість і час виконання кожної операції (див.п.5.) кожним оператором.

10. Реалізація процедури вибору варіанта закріплення.

11. Видача директив операторам-виконавцям. Перехід до п.1.

Проблемна ситуація діяльності оператора-керівника подана на рис.1.7.

Описана задача відноситься до завдань типу: "Розподіл функцій в людино-машинних системах":

- розподіл функцій між людиною і машиною;
- розподіл функцій між операторами.

Напрацьований науковий ресурс може бути основою для розробки необхідних моделей для вирішення задачі. Однак в існуючому вигляді жодна із запропонованих моделей не може бути використана для моделювання з метою забезпечення діяльності оператора-керівника у зв'язку з наступними обмеженнями:

- орієнтовані на незмінну функціональну структуру системи;
- орієнтовані на "середнього оператора";
- не орієнтовані на використання моделей поточного стану системи;
- не враховують можливості порушень технологічного процесу, які можуть призвести до збитку різних типів;
- не забезпечують можливість оперативного (on-line) отримання оцінок і рекомендацій.

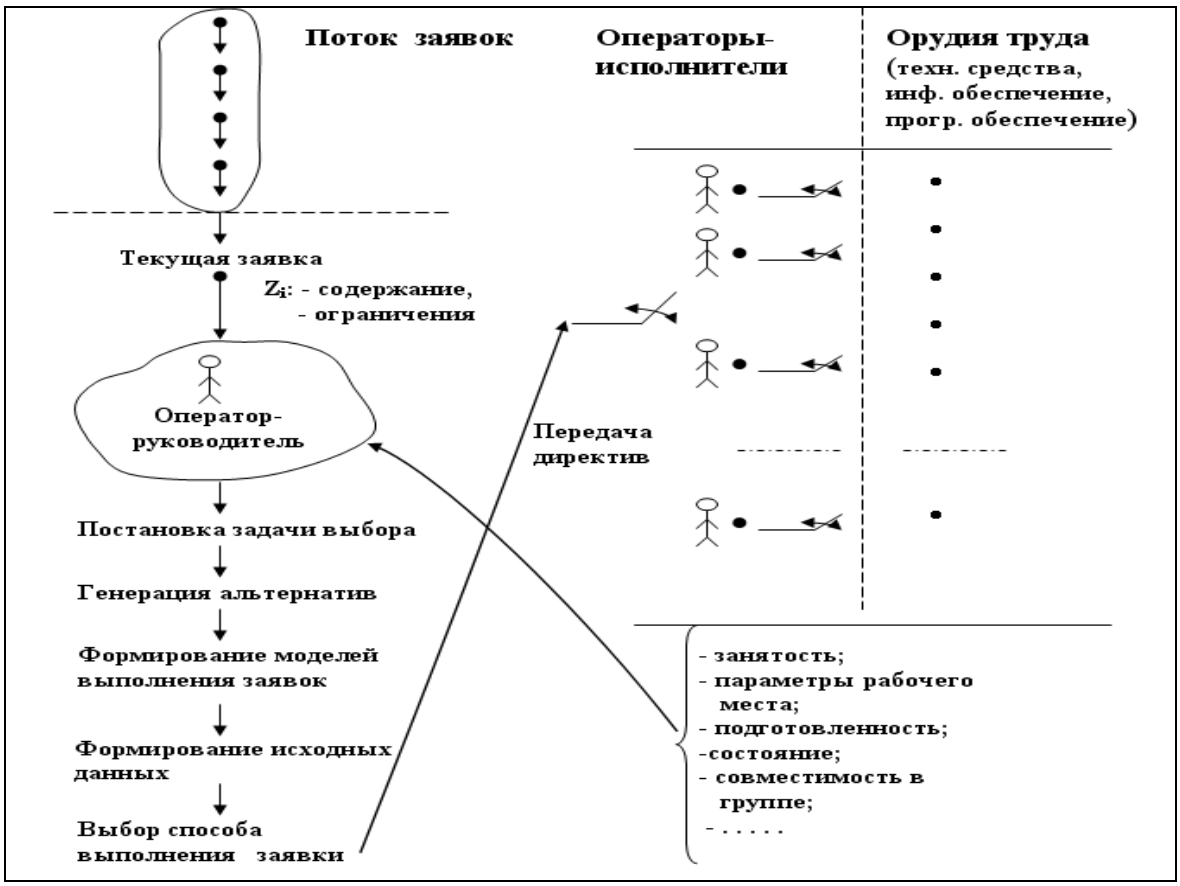

Рисунок 1.7 - Демонстрація проблемних ситуацій діяльності оператора-керівника

Демонстрація виявленого протиріччя показана на рис.1.8.

Рисунок 1.8 - Демонстрація протиріччя між потребами практики і розробленістю методів ергономіки

1.5 Висновки

1. У сучасних поколіннях ІТ та АСОІУ зростає роль людини-оператора, посилюються вимоги до безпомилковості та своєчасності обробки інформації. Незважаючи на зростання ступеня автоматизації, з'являються нові операторські функції, безперервно ускладнюється і оновлюється роль людини за рахунок збільшення частки інтелектуальних процедур.

2. Основними особливостями сучасних АСОІУ є: наявність декількох рівнів ієрархії; велика кількість одночасно працюючих операторів різних типів: маніпуляторів, технологів, керівників; збільшення частки групової діяльності; необхідність ефективного виконання завдань у різних режимах (нормальне функціонування, аварійний режим та ін.); можливість різних типів заявок на обробку інформації та управління: регламентних і нерегламентних; зростання ролі оператора-керівника та необхідність моделей і засобів підтримки його рішень.

3. Оператор-керівник управляє роботою інших операторів і відповідає, з одного боку, за якість обробки заявок, з іншого, - за виконання ергономічних норм і вимог діяльності операторів-виконавців.

4. Однією з функцій оператора-керівника є функція (на основі системного аналізу поточного стану АСОІУ та середовища) прийняття рішень про закріплення заявки, що надходить у випадковий момент часу, за одним або декількома операторами-виконавцями. Таке завдання може бути віднесене до класу відомих завдань ергономіки "розподіл функцій між операторами". Проведений аналіз методів вирішення таких завдань дозволив, незважаючи на велику кількість досліджень в області ергономічного забезпечення АСОІУ, виявити протиріччя між потребами практики і розробленістю необхідних моделей, що забезпечують:

- опис АСОІУ як людино-машинної системи;
- автоматичне оцінювання варіантів розподілу функцій;
- вибір з урахуванням ряду специфічних обмежень оптимального варіанту людино-машинної взаємодії.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Актуальність проблеми розробки САПР

Виробництво в системі економічної безпеки є одним з основних її структурних елементів і чинників, що визначають ефективність функціонування та ступінь захищеності економіки.

Промисловість України має досить повну галузеву структуру і охоплює 112,5 тис. підприємств. Їх продукція і послуги відносяться до більш ніж 70 промислових галузей [1]. Серед наукоємних галузей – авіакосмічна, автомобілебудівна, важке машинобудування, верстатобудування, інструментальна, електротехнічна і приладобудівна промисловість, виробництво засобів зв'язку та складної апаратури, радіоелектронна, суднобудівна промисловість. Завдяки промислового виробництва країна отримує чверть загального обсягу ВВП, майже половину (44 %) товарів і послуг, в ньому формується 90 % експортної продукції.

Можливими шляхами і методами вирішення проблем, які мають місце в промисловому виробництві в національній економіці, стабілізації ситуації, стимулювання сталого зростання і зміцнення економічної безпеки України може стати крім прогресивного переструктурування промислового виробництва так само зростання виробництва товарів для внутрішнього споживання, технологічна і організаційна модернізація основних засобів виробничих підприємств за рахунок збільшення державних програм фінансування; переорієнтація на виробництво інвестиційної продукції та несировинний експорт та інші фактори.

В Україні є багато передумов для розвивання машинобудування. У перспективі розвитку необхідно розширити асортимент продукції машинобудування, інтенсифікувати процеси оновлення машинобудівної продукції й технічного переоснащення галузей промисловості. Чільне місце має належати

створенню високоефективних машин і їх систем для всіх галузей і сфер господарства. Розвиток машинобудування повинен бути зумовлений тим, що потреби України в основних видах продукції галузі задовольняються неповністю [2].

В умовах обраного Україною інноваційного шляху розвитку економіки особливу увагу слід приділяти саме машинобудуванню, розвиток якого забезпечить поступовий перехід до новітніх технологій виробництва всіх інших галузей економіки. При такому шляху розвитку роль техніки, яку створюють машинобудування, електроніка, комп'ютеризація, технічні дисципліни у вищих навчальних закладах і взагалі технічні знання, зростає багато разів. Ось чому важливим є вирішення проблем підтримки високого науково-технічного рівня машинобудівної продукції та її конкурентоспроможності, чому й має сприяти активна інноваційна діяльність [3].

На сучасному етапі розвитку економіки України переважна частина машинобудівних підприємств характеризується слабкими позиціями на ринку, застарілістю технології виробництва та технічного складу, нераціональним використанням наявних виробничих потужностей, нестійким фінансовим станом (переважна частина машинобудівних підприємств є збитковими). Збереження збитковості господарської діяльності галузі свідчить про наявність ознак кризи, розбалансування внутрішнього механізму саморегуляції підприємств та потребу їхнього фінансового оздоровлення. У таких умовах найважливішими завданнями керівників підприємств машинобудування є зміна стратегії, виведення роботи підприємства на якісно новий рівень, запровадження політики диверсифікації продукції та сфер діяльності, розширення асортименту й номенклатури продукції [3,4].

Створення нових прогресивних зразків техніки вимагає наявності перш за все засобів їх проектування. Враховуючи загальні тенденції переходу від ручної праці до автоматизованої через етап механізації актуальною задачею є розробка наукових основ систем автоматизованого проектування. Дане положення зумовлює предмет та напрямок даних досліджень.

2.2 Система автоматизованого проектування як поняття

2.2.1. Аналіз трактування абревіатури САПР

Малюх В.М вказує [5]: «Когда-то аббревиатура САПР обозначала системы автоматизированного проектирования, но сегодня термин САПР уже стал нарицательным, означающим всевозможные системы, автоматизирующие инженерный труд.» Найчастіше вживаним є наступне визначення: «САПР - автоматизована система, яка реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування, яка являє собою організаційно-технічну систему, призначену для автоматизації процесу проектування, яка складається з персоналу і комплексу технічних, програмних та інших засобів автоматизації його діяльності». Однак існують і інші погляди на зміст САПР.

Тлумачення перше. САПР - система автоматичного проектування, наприклад [6,7,8]. Поняття «автоматичний» має на увазі функціонування системи самостійно, без участі людини. У системах автоматизованого проектування частина функцій виконує людина, а автоматичними є тільки окремі проектні операції та процедури. Термін «автоматизація» підкреслює обмежену участь людини в процесі проектування.

Тлумачення друге – рівноцінне [9-14]. САПР - система автоматизації проектних робіт. Таке тлумачення абревіатури використовується поряд з винесеною в заголовну частину розділу, проте є менш вживаною формою. У сучасній технічній, навчальній літературі та державних стандартах використовується трактування САПР, як системи автоматизованого проектування. Однак з граматичної точки зору це більш вдале тлумачення, оскільки усі великі літери означають наявність чотирьох слів в утворенні даної абревіатури. Попереднє тлумачення з цієї точки зору – САПр. Крім того таке тлумачення, при його використанні охоплює більш широке коло важливих проблем: власне автоматизацію проектування та організацію таких процесів та прискорити проектування як одного об’єкта так і декількох.

Тлумачення третє – альтернативне [9, 14-16]. САПР - програмний засіб для автоматизації проектування. В даний час, загальновживаним є розуміння САПР як, прикладного програмного засобу для здійснення проектної діяльності. Слід зазначити, що у вітчизняній літературі та державних стандартах САПР визначається як більш ємне поняття охоплює широке коло питань, що включає не тільки програмні засоби.

Англомовний еквівалент. Для перекладу САПР на англійську мову використовується термін CAD (англ. Computer-aided design), що має на увазі використання комп'ютерних технологій в проектуванні. У ГОСТ 15971-90 термін «Computer-aided design» наводиться як стандартизований англомовний еквівалент терміну «автоматизоване проектування». Поняття CAD може позначати як програмні та апаратні засоби, так і апаратно-програмні комплекси автоматизації проектування. Поняття CAD не є повним еквівалентом САПР, як організаційно-технічної системи. Термін САПР на англійську мову може також перекладається як CAD system, automated design system, CAE system.

Висновок. У подальшому використовуємо абревіатуру САПР – система автоматизації проектувальних робіт. Досліджуємо та розвиваємо наукові основи САПР у напрямках як автоматизації виконання окремих проектних процедур стосовно обраних об’єктів проектування, так і автоматизації процесів управління відносно одного та декількох об’єктів проектування.

2.2.2 Мета створення САПР

Основна мета створення САПР - підвищення ефективності праці інженерів-проектувальників, включаючи:

1. скорочення трудомісткості проектування і планування;
2. скорочення термінів проектування;
3. скорочення собівартості проектування;
4. підвищення якості і техніко-економічного рівня результатів проектування;
5. скорочення витрат на натурне моделювання та випробування.

Досягнення цілей створення САПР забезпечується шляхом:

1. автоматизації оформлення документації;

2. інформаційної підтримки та автоматизації прийняття рішень;

3. використання технологій паралельного проектування;

4. уніфікації проектних рішень і процесів проектування;

5. повторного використання проектних рішень, даних і напрацювань;

6. стратегічного проектування;

7. заміни натурних випробувань і макетування математичним моделюванням;

8. підвищення якості управління проектуванням;

9. застосування методів варіантного проектування і оптимізації.

Місце САПР в життєвому циклі виробу визначимо наступним чином. В рамках життєвого циклу промислових виробів, САПР вирішує завдання автоматизації стадій проектування і підготовки виробництва.

2.2.3 Склад і структура САПР

Безумовно, найкращим інструментальним засобом є той, який призначений для виконання конкретних технологічних операцій. Тим не менш інструментальні засоби одного типу мають набір загальних рис та властивостей, які слід враховувати при розробці спеціалізованих інструментів. Крім того аналіз сучасних досягнень, виявлення їх сильних та слабких місць дозволить раціонально скористатися наявними знаннями.

У структурі САПР виділяють компоненти забезпечення, підсистеми. Компоненти певного типу утворюють програмно-методичні і програмно-технічні комплекси. Їх сукупність і окремих компонентів забезпечення САПР, що не увійшли в програмні комплекси, об'єднана спільною для підсистеми функцією утворює комплекс засобів автоматизації проектування підсистеми. Підсистеми як елемент структури САПР виникають при експлуатації КСАПИ підсистем користувачами. Підсистеми утворюють САПР.

Відповідно до ГОСТ 23501.101-87 складовими структурними частинами САПР є підсистеми, що володіють всіма властивостями систем і створювані як самостійні системи. Кожна підсистема - це виділена за деякими ознаками частина САПР, що забезпечує виконання деяких функціонально-закінчених послідовностей проектних завдань з отриманням відповідних проектних рішень і проектних

документів. За призначенням підсистеми САПР поділяють на два види: проектують і обслуговують.

2.2.4 Базові поняття для аналізу

Машина – механічний пристрій, який здійснює корисну роботу з перетворенням енергії, матеріалів або інформації.

Механізація – заміна ручних засобів праці машинами та механізмами. Відрізняють часткову та комплексну механізацію.

Автоматизація – застосування технічних засобів, економіко-математичних методів і систем управління, які звільняють людину частково або повністю від безпосередньої участі у процесах отримання, перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів або інформації.

Мета автоматизації - підвищення продуктивності та ефективності праці, покращення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від роботи в умовах, які є небезпечними для здоров’я.

Механізація та автоматизація є одними із основних напрямків науково-технічного прогресу.

Проектування - дія за значенням проектувати З.

Проектування - це процес створення опису, необхідного для побудови в заданих умовах іще не існуючого об’єкта, на основі первинного опису цього об’єкта [19, стор.6].

Процес – послідовна зміна явищ, станів у розвитку чого-небудь або сукупність послідовних дій для досягнення якого-небудь результату З.

Таким чином, розробка теорії проектування повинна базуватися на перш за все на формалізованій теорії процесів.

2.3 Аналіз стану автоматизації проектувальних робіт

Розглянемо структуру видів виробництва без та з використанням машин. Для чіткого уявлення про їх роль та місце будемо використовувати нотацію IDEF0. Кожне виробництво узагальнено характеризується споживаними ресурсами, обробкою предмета праці, отримуваним в результаті продуктом (товаром – предметом, послугою), використовуваними механізмами та управлінням (рис.2.1).

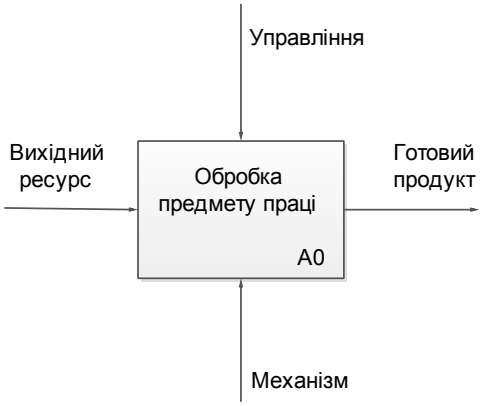

Рисунок 2.1 – Узагальнена структура виробництва

Найпростішим видом виробництва є ручна обробка предмета праці. Як і усіляка система, ручне виробництво використовує ручну працю та вимагає управління (рис. 2.2)

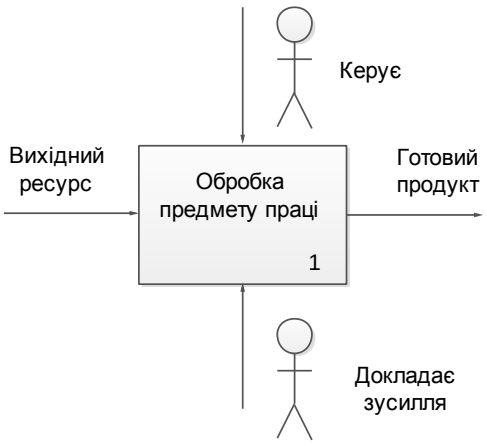

Рисунок 2.2 – Структура ручного виробництва

При нескладних технологічних операціях та невеликих зусиллях виконувати роботу та управляти ходом технологічного процесу на робочому місці може одна особа. Використання часткової або повної механізації вимагає включати до складу системи машину (рис. 2.3).

Аналіз застосування комп'ютерних засобів до виконання проектних робіт показує, що на теперішній час технологія проектування відповідає варіанту, який зображено на рисунку 2.3.

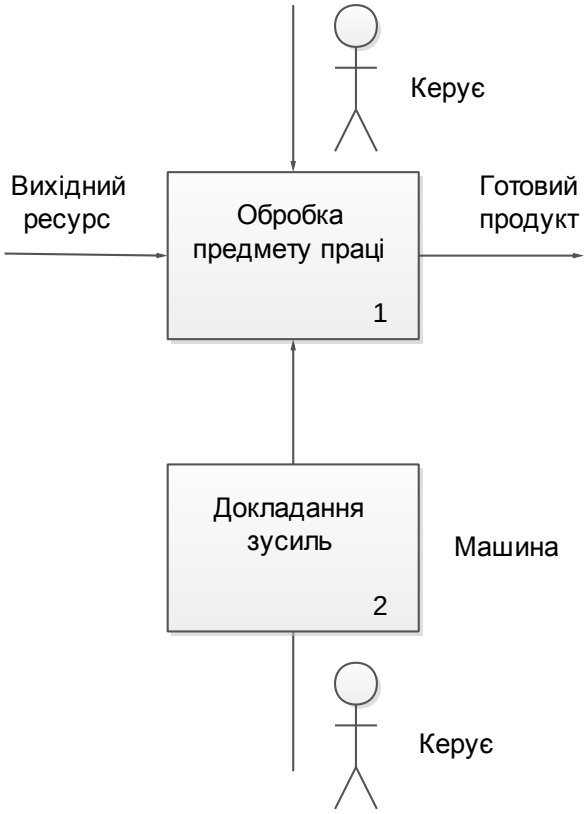

Рисунок 2.3 – Структура механізованого виробництва

При механізованому виробництві за людиною залишається функція керування та/або обслуговування машини. Цю функцію може виконувати особа, яка управляє технологічним процесом з обробки предмету праці, але дві різні виробничі функції. Виключення людини із контуру управління досягається використанням системи управління (керування, регулювання) (рис.2.4).

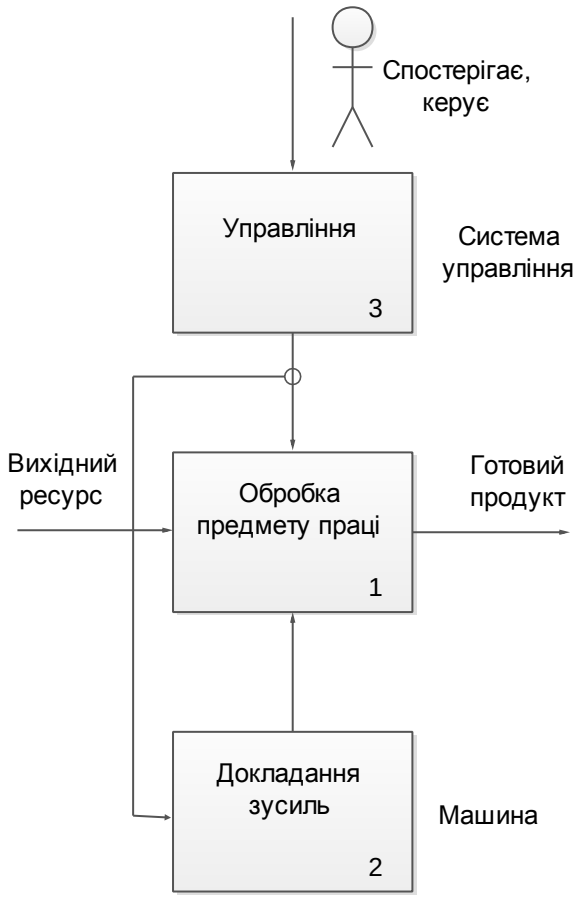

Рисунок 2.4 – Структура автоматизованого виробництва

Комп’ютер, як машина, виконує обробку інформації проекту. Керує цим процесом оператор, який вводить дані та спостерігає за результатами їх обробки. Керівник проекту може безпосередньо або віддалено спостерігати за виконанням проектних робіт, аналізувати поточний стан, давати відповідні вказівки. Бачимо, що процес управління виконується у ручному режимі і мови про автоматизацію поки бути не може.

2.4 Висновки

Встановлено денотат наукового терміну САПР як система автоматизації проектувальних робіт.

САПР розглядається виключно як різновид виробничих процесів, ефективність виконання яких досягається шляхом автоматизації процесів проектування.

Зафіксовано, що розвиток систем проектування знаходиться на рівні їх поки що не повної механізації. Світовий досвід підтверджує даний висновок застосуванням терміну CAD – комп'ютеризоване (комп'ютеро-орієнтоване) проектування.

Розвиток САПР на сучасному етапі доцільно виконувати у двох напрямках:

1) Розробка методів, прийомів, інформаційних технологій управління процесами проектування одного складного об'єкту;

2) Розробка методів, прийомів, інформаційних технологій управління декількома процесами проектування.

Важливу роль у підвищення якості проектних рішень відіграє управляння виконанням окремої проектної процедури. Цей аспект щільно пов'язаний із типом проектованого об'єкту і наявними про нього відомостями науково-технічного та практичного характеру. Реалізація управління проектуванням на даному рівні передбачає широке залучення засобів «штучного інтелекту», які самі потребують розвитку у зазначеному аспекті.

Окремого розгляду заслуговує використовуваний для автоматизації проектних процедур інструментарій та методика проектування. Підхід простої комп'ютерної реалізації традиційних методів та інструментів суперечить тенденціям розвитку механізації та автоматизації галузей, у яких за цими факторами розвитку досягнуто суттєві успіхи. Наприклад, перехід від ручного слюсарного виконання робіт до процесу обробки предмету праці з використанням верстатів, а потім до використання верстатів з числовим програмним керуванням призвід до суттєвої зміни інструментів та методів їх використання.

Комп'ютеризація традиційних методів проектування призводить до фіксації досягнутого рівня і створення досконаліших об'єктів проектування є більш ніж проблематичним. Функції проектувальника фактично зводяться до введення

вихідних даних і аналізу результатів розрахунку за єдиною моделлю. Від так методологія розробки проектних процедур потребує суттєвого розвитку.

3 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ

В даний час енергія газу, нафти або вугілля є невід'ємним компонентом технології для створення комфортних умов життя в сучасних містах, тому їх заощадження має першорядне значення для кожної сучасної людини. Сьогодні є безперечним той факт, що світові енергетичні ресурси обмежені. За оцінками експертів, сучасна планетарна енергія, більша частина з якої зосереджена у великих містах, поглинає паливні ресурси в мільйони разів швидше, ніж природа виробляє їх.

Первинні енергетичні ресурси в основному використовуються для виробництва двох видів енергії: теплової та електричної. В Україні, як і в усьому світі, більше 40% первинної енергії споживається непромисловими будівлями (будинки, школи, лікарні і т.д.) [21]. Це найбільший сектор енергоспоживання національної економіки. Тривалі й безрезультатні пошуки шляхів реформування житлово-комунального господарства в Україні сьогодні значною мірою пов'язані з неефективністю використання енергії в будівлях.

Не дивно, що одним з найбільш очевидних способів економії ресурсів вважається використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). На сьогоднішній день існує декілька способів отримання енергії з відновлюваних джерел, які відрізняються за типом джерела. Великі енергетичні комплекси України зосереджені на використанні традиційних джерел енергії. Україна має значний потенціал для ВДЕ, але вони, як правило, використовуються в приватних домогосподарствах. Таким чином, введення ВДЕ в якості джерела енергії в єдину систему енергії України в даний час є актуальним завданням і вимагає ретельного дослідження.

Висока вартість побудови нових енергетичних мереж, локальність їх розміщення та відмінності між регіонами на основі потенціалу ВДЕ потребує попередньої оцінці можливості і необхідності їх впровадження в мережі. Потрібні ефективні інструменти для управління енергією, у тому числі з використанням

інформаційних технологій, такі як системи підтримки прийняття рішень (СППР) відносно інтеграції ВДЕ в існуючу енергосистему.

3.1 Підходи до управління енергією

Класичні енергетичні мережі не були призначені для роботи зі складними завданнями управління енергетичними потоками, які з'являються із застосуванням ВДЕ. Будівництво нової мережі або модернізації існуючої для використання ВДЕ потребує детального належного дослідження. Це робиться для того, щоб забезпечити правильний розподіл енергії, одержуваної з різних джерел з метою задоволення потреб кінцевих користувачів теплової та електричної енергії. Для цих завдань можна використовувати СППР для системи енергетичного менеджменту, що дозволяє зробити рекомендації щодо передачі енергії та її споживання, і робити це в режимі реального часу з максимальною ефективністю і використанням нових технологій. Таким чином, завдання підвищення ефективності систем енергетичного менеджменту вимагає особливої ваги.

СППР для енергосистеми на підставі даних оперативного моніторингу метеорологічних і географічних умов, режимів структур споживання, повинні вирішувати проблеми аналізу ефективності реалізації ВДЕ і видати рекомендації щодо їх режиму роботи.

Процес прийняття рішення з управління в системах централізованого теплопостачання потребує ефективного енергоаудиту в цій області, щоб оцінити ефективність реалізації ВДЕ.

Існуючі СППР різняться в залежності від особливостей: різні підходи на основі багатокритеріального аналізу, методів розрахунку технічних характеристик, а також від способу представлення даних.

Вхідні параметри для розрахунку можуть бути міждисциплінарними, що відносяться до метеорології, географії, архітектури, міські системи комунальні і т.д.

Три напрями можуть відрізнити розвиток СППР в енергопостачанні будівель за кількістю поновлюваних джерел енергії. Одні використовують одне джерело альтернативної енергії, інші - кілька, а треті поєднують джерела, як тепло- так і електроенергії.

Інформація виходить в "майже реальному" часу, може бути імпортована до географічної інформаційної системи (ГІС) для проведення різних видів просторового аналізу [22]. Інформація про місце розташування обладнання, користувачів і потенціал поновлюваних джерел може бути передана в систему, для забезпечення кращого сприйняття інформації користувачами.

Вже реалізовано деякі проекти, що стосуються створення СППР на основі географічної інформаційної системи для оцінки використання поновлюваних джерел енергії в розподіленій генерації електроенергії. Нижче наведені деякі з існуючих.

Тіба (2010) запропонував методологію визначення кращих місць для використання нових енергетичних систем, але без вивчення роботи мережі [23]. Була розроблена СППР для регіональних планувальників для проведення економічного аналізу набору вітроенергетичних проектів для приватних інвесторів в Бельгії (InterPSS Співтовариство, 2014) [24]. У роботі Йі, Лі, і Шим (2010) ГІС використовується для оцінки гідроелектростанцій. У роботі Рамірес-Росад та ін (2008) [25] СППР призначена для вітроенергетики. Ця система підтримки прийняття рішень з використанням ГІС дозволяє визначити потрібне місце для будівництва ВДЕ, для пошуку потенційних майданчиків для установок ВДЕ.

Хоча велика кількість дослідження була проведена в цьому напрямку, але вони в основному зосереджені на визначенні оптимальної кількості сонячних та вітряних генераторів. З іншого боку, деякі запропоновані моделі передбачають вирішення побудови ефективно працюючої енергетичної системи, але не вирішують питання енергетичного менеджменту для планування споживання і продажу енергії. Таким чином, необхідно створити універсальну систему, яка може вирішити всі ці завдання максимально ефективним способом. Крім того, всі системи були

побудовані як єдине ціле з мінімальною кількістю незалежних модулів, таким чином більшість з них не забеспечують інтерактивність.

Управління теплоспоживанням в індивідуальному тепловому пункті потребує оброблення великих масивів даних та врахування невизначеності параметрів впливу на встановлений режим теплозабезпечення. При прийнятті рішень щодо управління теплозабезпеченням використовуються дані прогнозу теплоспоживання. На сьогоднішній день в Сумському державному університеті впроваджена та функціонує інформаційна система «HeatCAM», основною задачею якої є моніторинг теплозабезпечення корпусів університету. Для аналізу даних моніторингу та визначення прогнозованого значення тепло споживання існує необхідність в розширенні функцій інформаційної системи «HeatCAM» шляхом впровадження підсистеми прогнозування.

Удосконалення технології управління енергоспоживанням енергосистем для теплової та електричної енергії за рахунок використання інформаційних технологій будуть розглянуті нижче.

3.2 Використання ІТ для управління ВДЕ

3.2.1 Моделювання енергетичної мережі з ВДЕ

Електромережі з використанням ВДЕ мають нерегулярний графік вироблення електроенергії. Стабільна робота в цьому випадку забезпечується інтеграцією моніторингу та контролю. Автоматизація підстанцій дозволяє контролювати розподіл тимчасової енергії і, якщо це необхідно, планувати з'єднання резервних джерел енергії

Будівництво такої мережі вимагає попереднього оптимального планування роботи, для цього може бути використано три основні підходи [26]:

• Моделювання на базі агентів.

• Моделювання з використанням імітаційних моделей.

• Мережеве моделювання.

Кожен з цих підходів є найбільш прийнятним для вирішення певного кола задач, і не може покрити повний цикл керування роботою енергетичної мережі, тому стає доцільним використовувати всі підходи і будувати декілька частин системи з використанням різних технологій.

Окрім того, важливо досягти прийнятного рівня інтерактивності майбутньої системи планування, таким чином, структура системи стає все більш складною, і стає доцільним будувати СППР з графічною оболонкою.

Досягнення принципів гнучкого проектування частин СППР можна досягти побудувавши інтерфейс зв’язку частин системи за допомогою агентів.

3.2.2 Створення механізму передачі даних за допомогою агентів

Коли розрізнені частини СППР та сховища даних уже створені та оптимізовані, необхідно ефективно завантажувати нові дані в систему, завантажувати їх без переривання процесу підтримки прийняття рішень. Проте зі збільшенням кількості даних розробники змушені визначати нові синтаксичні формати та формат запитів, які є більш швидкими та легкими, а також вишукувати нові підходи до поєднання реляційних таблиць і добування даних із цих дуже великих баз даних з використанням різновиду програмних агентів — інтелектуальних («розумних») агентів.

Програмний агент - це сутність, яка здатна до формулювання цілей, навчання, планування та прийняття рішень в оточенні, що динамічно змінюється [27].

Вперше агенти були використані при створенні каталогів сторінок Інтернет для виконання рутинної роботи з перегляду інформаційних ресурсів мережі. Зараз агенти широко використовуються для вирішення широкого спектра задач – від управління підприємством до пошуку інформації, від диспетчеризації перевезень і логістики – до управляння космічними роботами. Призначення агентів – спростити та покращити взаємодію користувачів зі складними програмними системами у слабоструктурованому, розподіленому середовищі, що динамічно змінюється, шляхом адаптації до особливостей конкретного користувача. Агент, на відміну від традиційних програм, здатний взаємодіяти з цим середовищем, отримуючи від нього

інформацію через свої сенсори і впливаючи на середовище за допомогою своїх ефекторів, та змінювати свою поведінку, навчаючись на власному досвіді.

3.2.3 Основні властивості програмного агента

Для реалізації своїх функцій агент має володіти, принаймні, чотирма можливостями:

- підтримувати взаємодію з навколишнім середовищем, одержуючи від нього інформацію і реагуючи на цю інформацію своїми діями;
- проявляти власну ініціативу;
- посилати й отримувати повідомлення від інших агентів;
- діяти без втручання ззовні.

Інтелектуальні агенти здатні аналізувати інформацію, яку вони отримують від інших агентів. Вони можуть приймати рішення в умовах невизначеності ситуації.

Як правило, агентів не програмують для виконання конкретної роботи, а навчають на прикладах. Агенти, які мають високий рівень інтелектуальності, здатні самостійно вчитися на власному досвіді.

Властивості інтелектуальних агентів [28]:

Автономність - агент виконує значну частину своєї роботи автономно, не взаємодіючи з людиною або іншими агентами.

Комунікабельність - агент уміє спілкуватися з користувачем, одержуючи від нього завдання і надаючи результати.

Адаптивність поведінки - в процесі спілкування з користувачем агент уміє настроюватися на його особисті звички і методи роботи.

Раціональність поведінки - агент своїми діями має просуватися до рішення поставленої задачі і не виконувати дії, які цьому процесові перешкоджають. Якщо агент на основі своїх знань вважає, що певна дія наблизить його до поставленої перед ним цілі, то він може виконати цю дію. Але ця дія може і не привести його до цілі, якщо інформація, на основі якої агент прийняв рішення, була невірною, тобто рішення агента про доцільність виконання дій залежать від наявної інформації та засобів її обробки.

Сприйнятливість - агент, що перебуває в інформаційному середовищі, сприймає певним чином зміни навколишнього середовища і може реагувати на ці зміни.

Проактивність - агент має не тільки виконувати поточну задачу, але і збирати при цьому потенційно корисну для користувача інформацію та накопичувати її у своїй базі даних.

Інтелектуальність агента відображає ступінь його спроможності до міркування та навчання. Інтелектуальний агент може сприймати певні переваги, які користувач надає різним ситуаціям, та має механізм міркувань, щоб діяти відповідно до цих переваг. Більш високий рівень інтелектуальності припускає наявність в агента моделі потреб користувача і механізму пошуку засобів їх задоволення. Важливою складовою інтелектуальних програмних агентів є механізми виведення нових знань на основі наявних. Більш того, інтелектуальність програмного агента визначається не стільки інформацією, яку він має, скільки його здатністю здійснювати коректне виведення на основі своїх знань. База знань агента містить таку інформацію:

- модель користувача;
- модель навколишнього середовища;
- інформацію про доступні засоби впливу на навколишнє середовище;
- інформацію про інших агентів, з якими можна взаємодіяти;
- модель предметної області.

Інтелектуальний програмний агент має модель предметної області, модель користувача, засоби сприйняття, засоби виконання дій, цілі і планувальник дій на підставі цілей, моделі інших агентів і засоби взаємодії з ними.

Модель предметної області, в якій функціонує агент, має відображати структуру та ієрархію об’єктів (приміром, у формі онтології), з якими він взаємодіє для досягнення цілей. Інтелектуальний агент має явно задану символьну модель світу, у якій рішення (приміром, вибір дії) приймаються через логічні або псевдологічні міркування. Модель користувача потрібна агенту для того, щоб правильно інтерпретувати завдання користувача та сповіщати його про отримані результати у зручній та зрозумілій формі. В процесі роботи агент може

поповнювати модель користувача, накопичуючи досвід взаємодії з конкретним користувачем (або класом користувачів) для підвищення ефективності своєї роботи.

Засоби сприйняття та засоби виконання дій агента залежать від функцій, які агент має виконувати. Цілі агента визначають його дії відповідно до принципу раціональності. Обирає такі дії та визначає їх послідовність планувальник дій агента.

Моделі інших агентів потрібні агенту для того, щоб успішно взаємодіяти з ними і обмінюватися інформацією в процесі досягнення спільних цілей. Для взаємодії агентів звичайно використовується мова KQML.

Програмний агент як система найбільш адекватно описується за допомогою інтенсіональних відношень - інформаційних (переконання, знання) та передвідношень (бажання, намір, зобов'язання тощо). Інформаційні відношення - це відомості, які агент має про середовище, у якому він існує, тоді як передвідношення - це те, що певним чином керує діями агента.

Переконання агента відображають його думки про поточний стан світу і про правдоподібність образу дії, що призводить до певного ефекту. Переконання агента підрозділяються на:

- внутрішні переконання агента, що надаються йому в процесі розробки та експлуатації ;
- переконання, що з’являються в агента А внаслідок спостережень та оцінки інформації за правилами:
  - якщо агент А спостерігає факт Х, тоді А переконаний в Х;
  - якщо агент В повідомляє агента А про факт Х та В вважає, що В - джерело, що заслуговує довіри, тоді А переконаний в Х.

Бажання – це ситуації, в які прагне потрапити агент шляхом виконання певних дій. Важливою властивістю множини бажань є те, що агент може мати несумісні і недосяжні бажання. Приміром, агент може бажати виконати певні дії за найменший час та витратити на це найменше ресурсів. Ціль - це несуперечлива підмножина бажань агента.

Наміри - несуперечлива підмножина цілей, які може досягти обмежений у ресурсах агент, і засіб їх досягнення.

Передвідношення та інформаційні відношення тісно пов'язані, оскільки агенти формують свої наміри на основі наявної в них інформації про світ.

Переконання, як і деякі інші інтенсіональні відношення, - референційно непрозорі, тобто істинність висловлення “A вважає X“ залежить не лише від істинності значення X, але і від A, і через це класична логіка в її стандартній формі непридатна для їхнього опису.

Модель агента, що базується на інтенсіональних відношеннях, звичайно називають BDI-моделлю (переконання - Belief, бажання – Desire, намір - Intention). Для моделювання поведінки інтелектуальних агентів використовують різні комбінації інтенсіональних відношень.

3.2.4 Мультиагентні системи

Для вирішення складних проблем досить часто використовують мультиагентні системи, що складаються з набору агентів, які виконують окремі функції та взаємодіють в процесі цього з іншими агентами. Переваги мультиагентної системи – це відносна простота розроблення окремих агентів; інтероперабельність, що дозволяє розширювати систему агентами, створеними незалежно різними розробниками, а також більша здатність системи до адаптації.

Агенти, що входять до складу мультиагентної системи, можуть взаємодіяти один з одним не тільки в тих випадках, коли вони створені одним розробником чи групою розробників. Міжнародна асоціація FIPA розробила стандарти, що підтримують одну з визначальних характеристик агентів - інтероперабельність. Програма є агентом тільки в тому разі, якщо вона спроможна до коректних комунікацій на мові комунікацій агентів.

Для конструктивної та інтелектуальної взаємодії між програмними агентами необхідні:

- спільна мова;
- спільне розуміння знань, якими вони обмінюються;
- спроможність обмінюватися інформацією.

Споріднені та похідні поняття включають інтелектуальних агентів (зокрема, що володіють деякими аспектами штучного інтелекту, такими як навчання та міркування), автономних агентів (здатних змінювати спосіб досягнення своїх цілей), розподілених агентів (що виконують дії на фізично різних комп'ютерах), багатоагентні системи (розподілені агенти, які не мають можливості досягнення мети поодинці і, отже, повинні спілкуватися), і мобільних агентів (агентів, які можуть перемістити своє виконання на інші процесори).

3.2.5 Архітектура системи для управління ВДЕ

За основу архітектури СППР для управління ВДЕ було взято клієнт-серверну технологію з використанням програмних агентів.

Архітектура клієнт-сервер є одним із архітектурних шаблонів програмного забезпечення та є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних застосунків і передбачає взаємодію та обмін даними між ними. Вона передбачає такі основні компоненти:

- Набір серверів, які надають інформацію або інші послуги програмам, які звертаються до них;
- Набір клієнтів, які використовують сервіси, що надаються серверами;
- мережа, яка забезпечує взаємодію між клієнтами та серверами.

Сервери є незалежними один від одного. Клієнти також функціонують паралельно і незалежно один від одного. Немає жорсткої прив'язки клієнтів до серверів. Більш ніж типовою є ситуація, коли один сервер одночасно обробляє запити від різних клієнтів; з іншого боку, клієнт може звертатися то до одного сервера, то до іншого. Клієнти мають знати про доступні сервери, але можуть не мати жодного уявлення про існування інших клієнтів.

Модель клієнт-серверної взаємодії визначається перш за все розподілом обов'язків між клієнтом та сервером. Можна виокремити три рівні операцій:

- рівень представлення даних, який по суті являє собою інтерфейс користувача і відповідає за представлення даних користувачеві і введення від нього керуючих команд;

- прикладний рівень, який реалізує основну логіку застосунку і на якому здійснюється необхідна обробка інформації;
- рівень управління даними, який забезпечує зберігання даних та доступ до них.

З огляду на поставлені задачі для виконання даної роботи була створена схема архітектури інформаційної технології управління альтернативними джерелами, яку зображено на рис. 3.1.

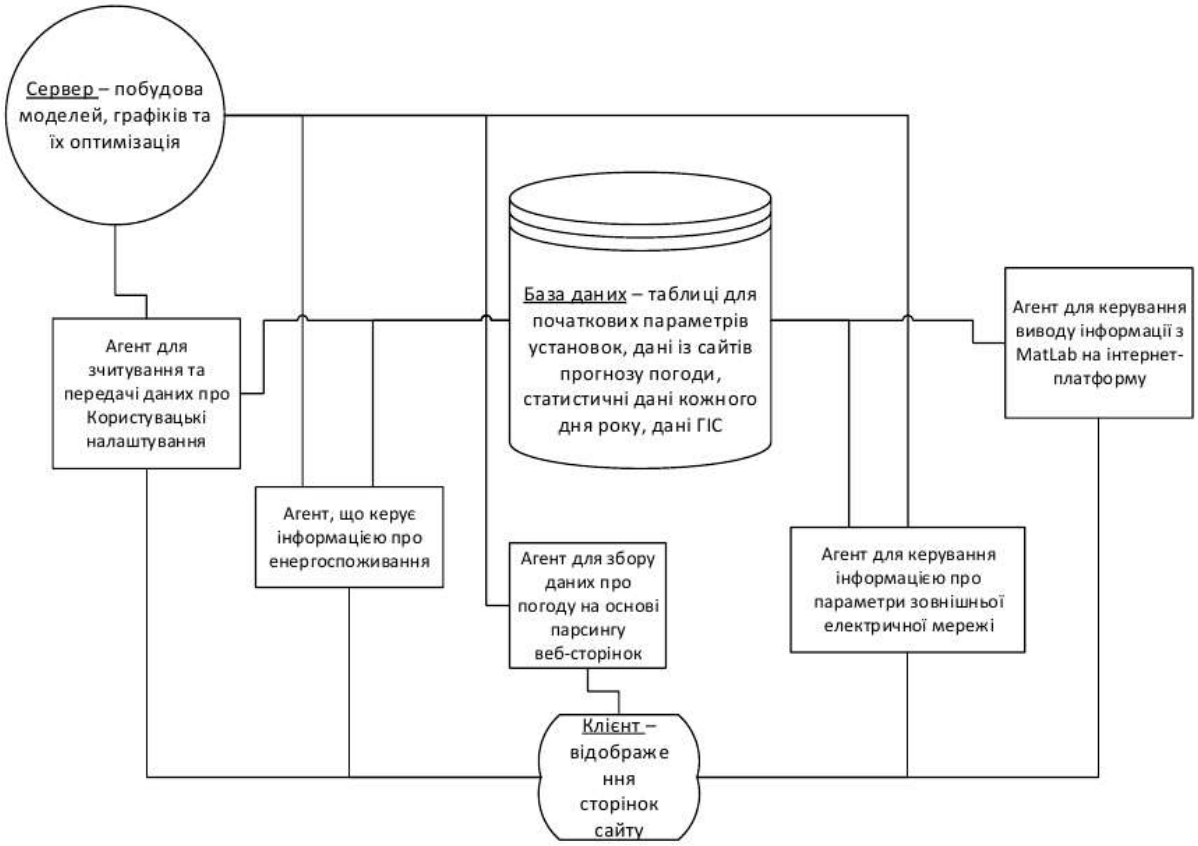

Рисунок 3.1 – Архітектури системи

На даному рисунку зображено сервер, агенти, базу даних та клієнта. Сервер виконує отримання вхідної інформації від агентів про поточний стан установок та прогнозів погоди. На основі цих даних сервером виконується моделювання, побудова графіків, їх оптимізація та формування звітності. Ці дані отримує спеціальний агент для збереження їх в базу даних та відображення користувачеві. Тобто можна зробити висновок, що клієнт буде тонким, оскільки вся логіка системи

та управління даними відбувається на стороні сервера, а клієнт лише отримує дані у зрозумілій для людини формі. Процес моделювання та побудова графіків виконується встановленим на сервер пакетом MatLab.

Окрім цього, до схеми архітектури системи включено 5 агентів:

- Агент для зчитування та передачі даних про користувацькі налаштування;
- Агент, що керує інформацією про енергоспоживання;
- Агент для збору даних про погоду на основі парсингу веб-сторінок;
- Агент для керування інформацією про параметри зовнішньої електричної мережі;
- Агент для керування виводу інформації з MatLab на інтернет-платформу.

Останнім основним компонентом архітектури системи є база даних, яка накопичує та зберігає інформацію, отриману від відповідних агентів. База даних має такі таблиці:

- Інформація про параметри елементів системи;
- Погодна інформація;
- Таблиця для погодинних даних для кожного дня енергоспоживання;
- Інформація з першого графіку, отриманого від серверу в результаті моделювання та оптимізації;
- Ставки «зелених тарифів»;
- Інформація з другого графіку, отриманого від серверу в результаті моделювання та оптимізації;
- Інформація для входу на сайт користувачами;
- Таблиця з даними для геоіфнормаційної системи.

Отримана схема архітектури системи інформаційної технології управління альтернативними джерелами дозволяє швидко та ефективно провести безпосереднє створення даної системи та написання коду.

3.2.6 Механізм передачі даних за допомогою агентів

Процес створення механізму передачі даних за допомогою агентів зображено на рисунку 3.2.

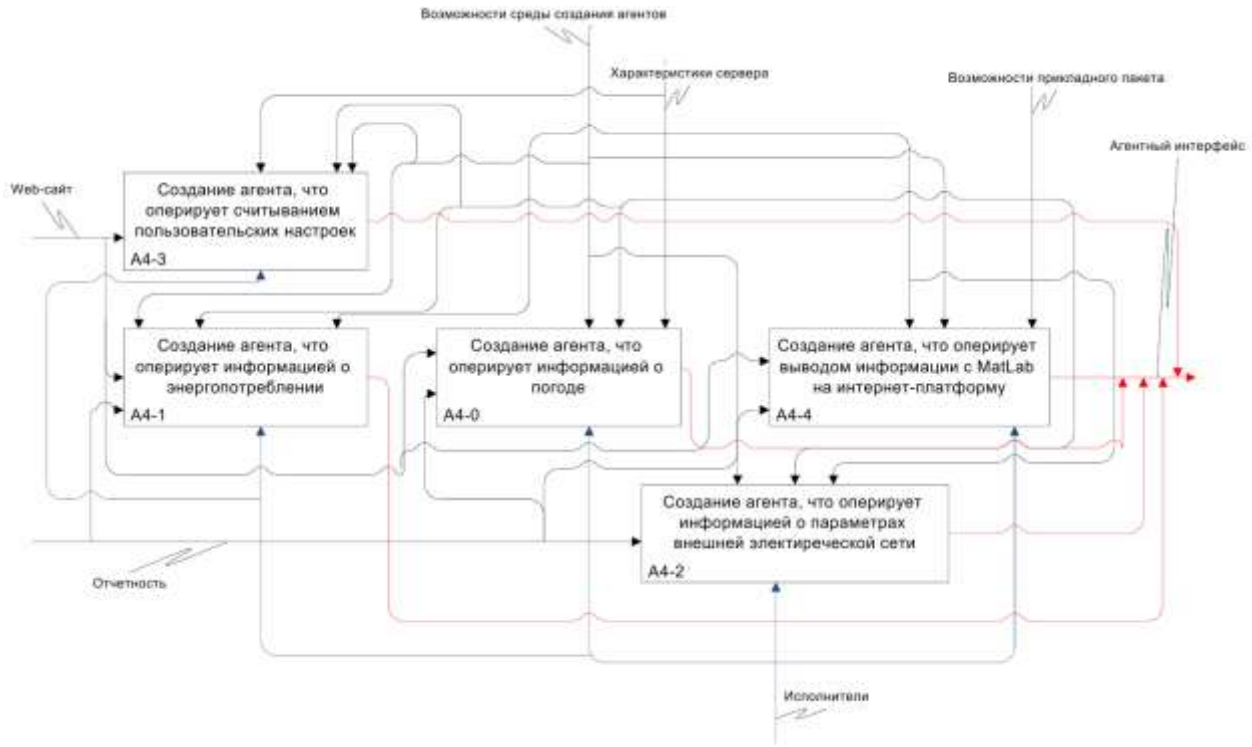

Рисунок 3.2 – Створення механізму передачі даних за допомогою агентів

Як видно з рисунку, цей процес можливо реалізувати лише за умови побудованого механізму формування звітності щодо роботи системи на основі імітаційної моделі. На рисунку зображено 5 процесів створення агентів:

- Створення агенту, що оперує зчитуванням користувацьких налаштувань (А4-3);
- Створення агенту, що оперує інформацією про енергоспоживання (А4-1);
- Створення агенту, що оперує інформацією про погоду (А4-0);
- Створення агенту, що оперує інформацією про параметри зовнішньої електричної мережі (А4-2);
- Створення агенту, що оперує виводом інформації з MatLab на інтернет-платформу (А4-4).

Розробка всіх агентів може бути паралельною, тому що результати написання агентів не залежать один від одного. Наприклад, процес створення агенту для проведення дій над зчитуванням користувацьких налаштувань (А4-3) ніяк не впливає на процеси створення інших агентів, які потрібно розробити.

З рисунку 3.2, можна помітити, що процес А4-3 має на вході звітність та інформацію користувача введеної ним на веб-сайті. При цьому даний процес обмежений умовами можливостей середовища створення агентів, технічними характеристиками серверу та можливостями прикладного пакету.

Процес А4-1 це створення агенту для керування інформацією про енергоспоживання. Як і попередній агент на вході він має інформацію з веб-сайту та звітність про моделі роботи мережі в MatLab. Те саме стосується агентів А4-0 та А4-4. Лише агент А4-2 не використовує інформацію із веб-сайту.

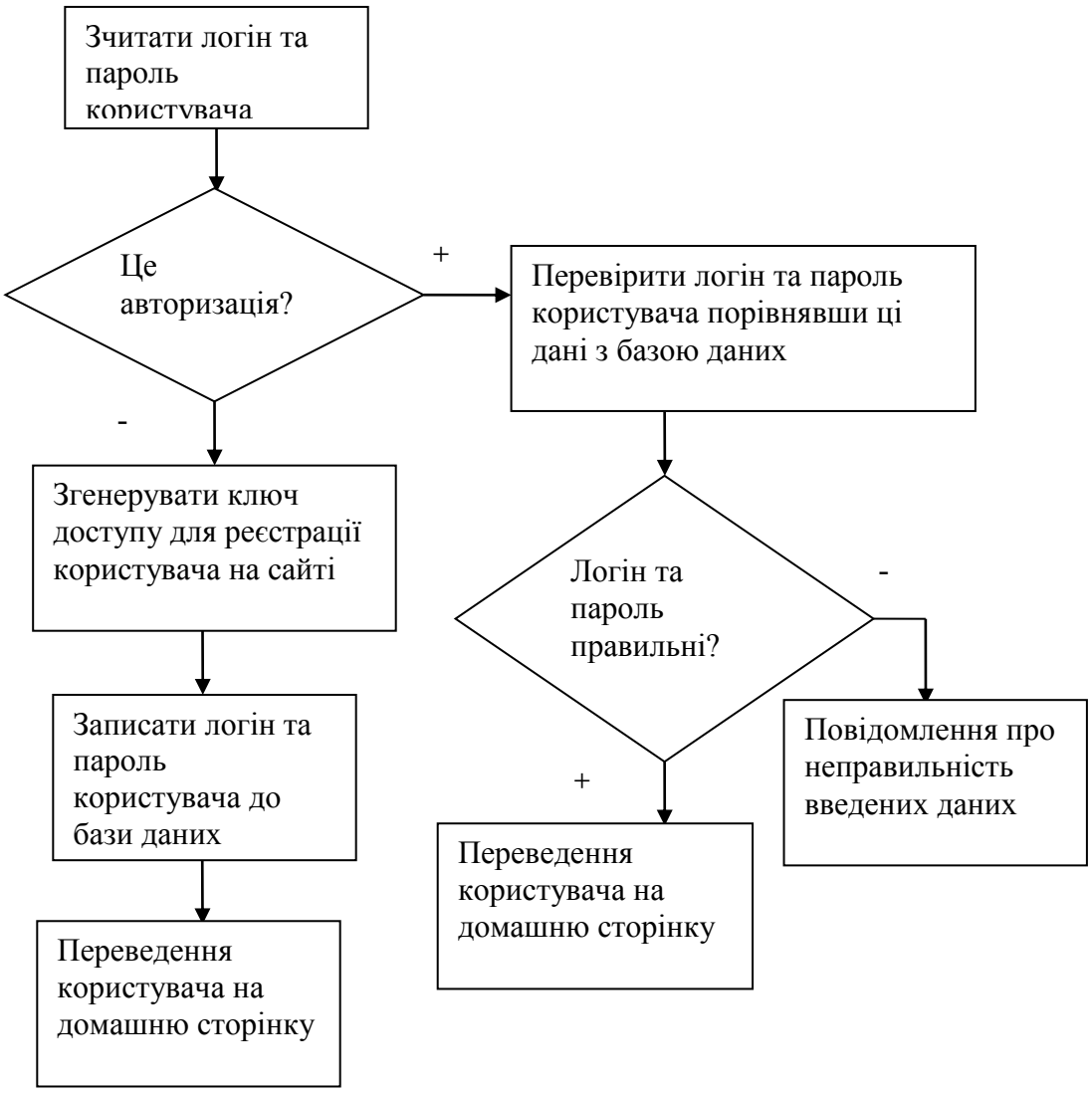

Рисунок 3.3 – Агент для зчитування та передачі даних про користувацькі налаштування

Першим і найпростішим є агент для зчитування та передачі даних про користувацькі налаштування. Даний агент використовується при реєстрації, авторизації та аутентифікації користувача на сайті. Алгоритм роботи агенту зображено на рисунку 3.3.

Як видно з рисунку, із сторінки сайту, для входу/реєстрації користувача, агент отримує логін та пароль і якщо це була авторизація, то виконується порівняння даних у відповідній таблиці бази даних. Якщо введені дані співпадають з існуючими, то авторизація проходить успішно і користувач потрапляє на домашню сторінку. Якщо при порівнянні виникла помилка, то користувач повертається на форму введення даних авторизації повторно. Якщо виконується реєстрація, то для користувача генерується ключ доступу та виконується запис нових даних та реєстрація користувача у базі даних.

У системі також присутній окремий агент, що керує інформацією про енергоспоживання. Алгоритм роботи даного агенту зображений на рисунку 3.4.

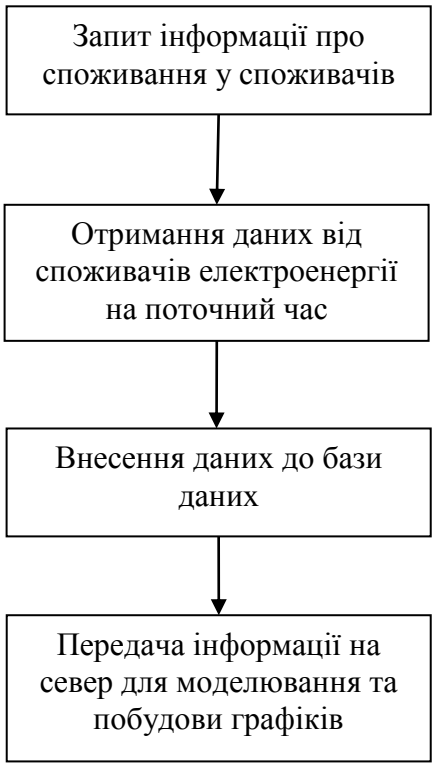

Рисунок 3.4 - Алгоритм роботи агенту, що керує інформацією про енергоспоживання

Як видно із рисунку 3.4, агент для керування інформацією про енергоспоживання опитує споживачів про їх поточний стан. Наступним кроком відбувається отримання цих даних та подальша передача до бази даних та на сервер для їх обробки, моделювання та побудови графіків.

Окрім цього у системі є агент для збору даних про погоду на основі парсингу веб-сторінок, алгоритм роботи якого зображено на рисунку 3.5.

Рисунок 3.5 - Алгоритм роботи агент для збору даних про погоду

На даному рисунку видно, що агент повинен самостійно підключатися до сайту з прогнозом погоди та знаходити відповідний прогноз для території, де встановлена відповідна установка та налаштована майбутня система. Після

отримання знайдених даних, агент заносить їх до відповідної таблиці бази даних і надсилає їх на сервер для моделювання та побудови графіків.

Також у системі присутній агент для керування інформацією про параметри зовнішньої електричної мережі. Алгоритм роботи даного агенту зображено на рисунку 3.6.

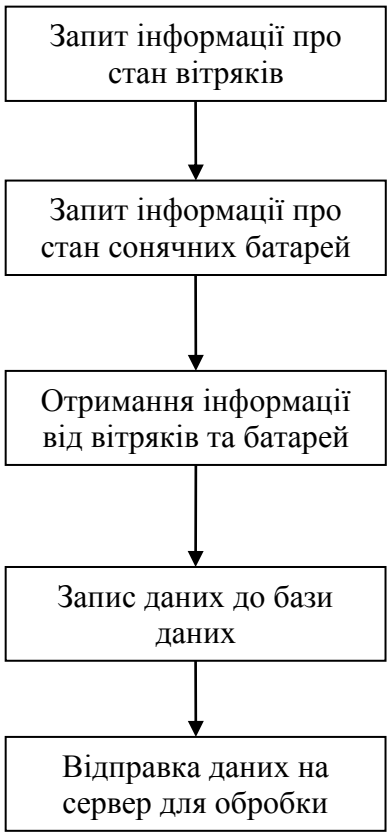

Рисунок 3.6 – Алгоритм роботи агент для керування інформацією про параметри зовнішньої електричної мережі

Як видно з рис. 3.6, агент для керування інформацією про параметри зовнішньої електричної мережі спочатку опитує всі джерела, які підключені, це вітряки та сонячні батареї, далі отримує цю інформацію та передає до бази даних та на сервер.

Окрім описаних вище агентів інформаційної технології управління альтернативними джерелами, представлений агент використовується для виводу

інформації з MatLab на інтернет-платформу, алгоритм роботи якого наведений у рисунку 3.7.

На даному рисунку видно, що робота агента починається в момент запиту користувача на прогнозні дані щодо виробництва та продажу електроенергії. Після цього виконується звернення агенту до серверу та отримання відповідної звітної інформації від MatLab, де виконувалося моделювання та побудова графіків. Отримавши запитану інформацію агент адаптує її у форму, зрозумілу людині. Наступним кроком виконується звернення агенту на веб-сервер та розміщення запитаної інформації на сторінці і відображення її користувачеві.

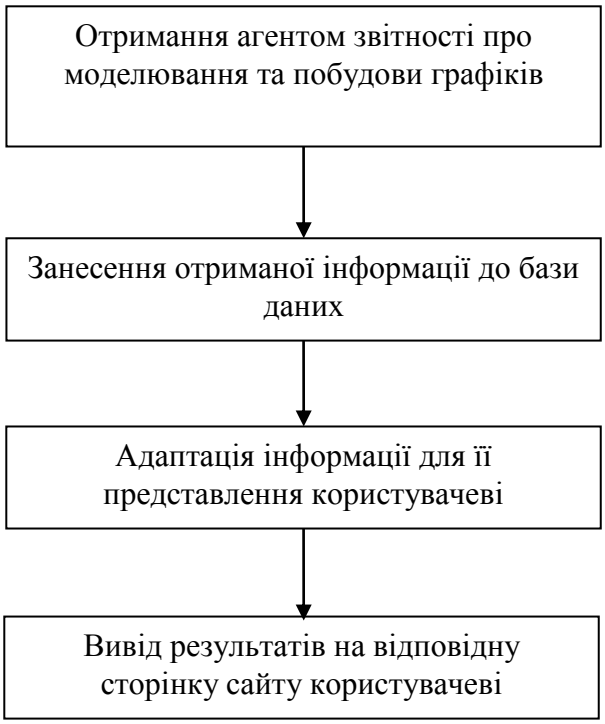

Рисунок 3.7 – Алгоритм роботи агенту для керування виводу інформації з MatLab на інтернет-платформу

3.3 Застосування інформаційних технологій для вирішення задачі прогнозування теплоспоживанняоб’єктів соціально-бюджетної сфери

Підвищення ефективності енергетичного менеджменту, скорочення споживання теплової енергії закладами соціально-бюджетної сфери можна досягти шляхом управління теплозабезпеченням.

Реалізація задачі управління теплозабезеченням будівель на стороні споживача з метою забезпечення комфортних умов для проживання та роботи в опалювальних приміщеннях та усунення понаднормового споживання теплової енергії при коливанні температури навколишнього середовища та потреб у теплозабезпеченні в залежності від графіку роботи закладу вимагає застосування прогнозних моделей з високим ступенем достовірності.

Тому задача розроблення моделі прогнозування теплоспоживання будівель за умов невизначеності факторів впливу з використанням штучних нейронних мереж є актуальною.

Заклади соціально-бюджетної сфери характеризуються змінним графіком роботи, також на рівень теплоспоживання закладу здійснює вплив коливання факторів метеорологічних умов навколишнього середовища. Таким чином прогнозна модель має враховувати дві групи факторів впливу – соціальний та кліматичний.

3.2.1 Аналіз методів прогнозування у теплоенергетиці

Виділяють методи короткострокового та довгострокового прогнозування. Задачі довгострокового прогнозування пов’язані з оцінкою потенціалу удосконалення функціонування регіональних паливно-енергетичних комплексів при їх реконструкції та розвитку. Короткострокове прогнозування призначене для визначення обсягів тепло споживання за короткий період часу – одна година, одна доба тощо. Воно відіграє ключову роль в забезпеченні усунення понаднормового споживання теплової енергії при коливанні температури навколишнього середовища та потреб у теплозабезпеченні в залежності від графіку роботи закладу.

Методи прогнозування за ступенем формалізації діляться на емпіричні та формалізовані.

Класифікацію основних методів прогнозування за ступенем формалізації [29] представлено на рис. 3.8.

Рисунок 3.8 – Класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації

Порівняльну характеристику методів, що використовуються при короткостроковому прогнозуванні теплоспоживання будівель, їх переваги та недоліки наведено в табл.1.

На даний час методи з використанням штучних нейронних мереж є найпоширенішими методом прогнозування у теплоенергетиці [30-33].

Таблиця 3.1 - Порівняльна характеристика методів прогнозування у теплоенергетиці

Метод	**Переваги**	**Недоліки**
Регресійний	- простота; - прозорість моделювання;	- не враховує можливої взаємодії змінних;
Авторегресійні методи	- простота, прозорість моделювання; - одноманітність аналізу і проектування;	-трудомісткість і ресурсомісткість ідентифікації моделей; - неможливість моделювання нелінійних залежностей; - низька адаптивність;
Нейромережеві методи	- нелінійність моделей; - масштабованість; - висока адаптивність; - одноманітність аналізу і проектування;	- складність вибору архітектури; - жорсткі вимоги до навчальної вибірки; - складність вибору алгоритму навчання; - ресурсомісткість процесу навчання.

Штучні нейронні мережі не потребують побудові моделі об’єкта прогнозування, модель залежностей будується на основі відібраних даних, тому нейронні мережі є ефективним інструментом управління процесами вирішення складно формалізованих задач в умовах невизначеності факторів впливу. Навчання нейронної мережі, яка потім застосовується при визначенні майбутніх значень вихідних параметрів прогнозування, проводиться з використанням обмеженої вибірки даних.

До обчислювальних задач енергетики, в яких застосування штучних нейронних мереж є високоефективним, можна віднести [34]:

– прогнозування потреб у тепловій, електричній енергії, природному газі;

– прогнозування об’ємів генерації електроенергії;

– діагностування стану й локалізації несправностей встановленого обладнання енергетичних мереж;

– моделювання інтенсивності забруднюючого впливу на навколишнє середовище;

– оцінка стійкості енергосистеми.

Використання нейромережевих методів у прогнозуванні теплоспоживання дозволяє дослідити поведінку теплового навантаження будівлі на основі архівних даних. Даний метод надає можливість універсальної апроксимації нелінійних залежностей [35], що не є можливим при застосуванні інших методів. Проте високої точності прогнозування можна досягти лише за умови розроблення прогнозних моделей з високим ступенем достовірності, що враховують максимальну кількість факторів впливу на зміну теплового навантаження будівлі.

Для короткострокового прогнозування потреб будівлі у теплозабезпеченні в роботі [31] використано багатошарову нейронну мережу з двома шарами, входами якої є добові дані теплоспоживання, а також середньодобова температура повітря навколишнього середовища. Для навчання даної нейронної мережі застосовується алгоритм Левенберга-Маркварда. В роботі [30] запропоновано враховувати при прогнозуванні потреб у теплозабезпеченні метеорологічні умови навколишнього середовища (температуру, атмосферного тиску та швидкості вітру).

Недоліками розглянутих вище моделей є те, що вони не враховують соціальний фактор. Специфіка роботи закладів соціально-бюджетної сфери полягає у тому, що потреби у теплозабезпеченні залежать не лише від кліматичних умов навколишнього середовища, а й від режиму роботи закладу (робочий день, вихідний, канікули взимку). Таким чином у даній роботі запропоновано розглядати у якості вхідних параметрів прогнозування як дані кліматичних умов, так і режим роботи закладу. Також порівняння декількох архітектур нейронних мереж дозволить визначити найбільш прийнятний тип моделі нейронної мережі.

Слід відмітити, що традиційно методи прогнозування у теплоенергетиці були орієнтовані на визначенні для прогнозування обсягів відпуску теплової енергії споживачам із джерела. У той же час впровадження регіональних систем моніторингу енергетичних ресурсів, оснащення будинків приладами обліку споживання теплової енергії надає можливість доступу до великих об'ємів даних короткострокового споживання теплової енергії. Це дозволяє розробляти моделі короткострокового прогнозування теплоспоживання, орієнтовані на споживача [36]. Такий підхід забезпечує врахування відмінності потреб у теплозабезпеченні для кожного будинку окремо. Розроблення моделей короткострокового прогнозування, орієнтованих на споживача, становить практичний інтерес, так як забезпечує необхідними даними процес підтримки прийняття рішень щодо управління режимами теплозабезпечення будівель.

3.2.2 Модель прогнозування теплоспоживання на основі штучних нейронних мереж

У загальному вигляді задача нейромережевого прогнозування потреби будівлі соціально-бюджетної сфери у теплової енергії зводиться до побудови математичної моделі на основі сукупності даних щодо кліматичних умов, графіку роботи та теплоспоживання будівлі, що поділяються на множину вхідних даних *X* та вихідних даних *Y* при заданих обмеженнях та даних про систему теплоспоживання *Z*.

Задачу нейромережевого прогнозування теплоспоживання можна представити співвідношенням :

$$\hat{y}(t) = F(x(t)) \tag{3.1}$$

де X – вхідний вектор, сформований на основі даних моніторингу теплоспоживання;

$\hat{Y}$ – прогнозне значення теплоспоживання.

Компоненти вектора *X* у формулі (1) для кожного об'єкта теплоспоживання:

$$X(t) = (x(t), t), \tag{3.2}$$

де $x(t)$ – вектор вхідних змінних;

t – час.

Компоненти вектора вхідних змінних $x(t)$ представлені в табл. 2.

Таблиця 3.2 - Входи нейронної мережі

Елементи вектору вхідних змінних	**Одиниці вимірювання**	**Значення**
x_1	^{O}C	Температура повітря навколишнього середовища
x_2	м/с	Швидкість вітру
x_3	мм. рт. ст.	Атмосферний тиск
x_4	%	Вологість повітря
x_5	G	Тип дня тижня
x_6	Гкал	Теплоспоживання

Виходом нейронної мережі є значення змінної $\hat{y}(t)$ – витрати теплової енергії на обігрів за час t кожного об’єкта теплоспоживання, (Гкал).

Процес побудови нейромережі для прогнозування теплоспоживання будівлі умовно можна розподілити на етап вибору типу моделі нейромережі, що визначає її структуру, та етап пошуку оптимальних параметрів нейромережі.

На рис. 3.9 зображено узагальнений алгоритм прогнозування теплоспоживання будівель соціально-бюджетної сфери із застосуванням нейромережевих технологій.

Згідно з цим алгоритмом процес побудови моделі прогнозування поділяють на етап структурного та параметричного синтезу, який виконується ітераційно для досягнення мінімізації похибки прогнозування.

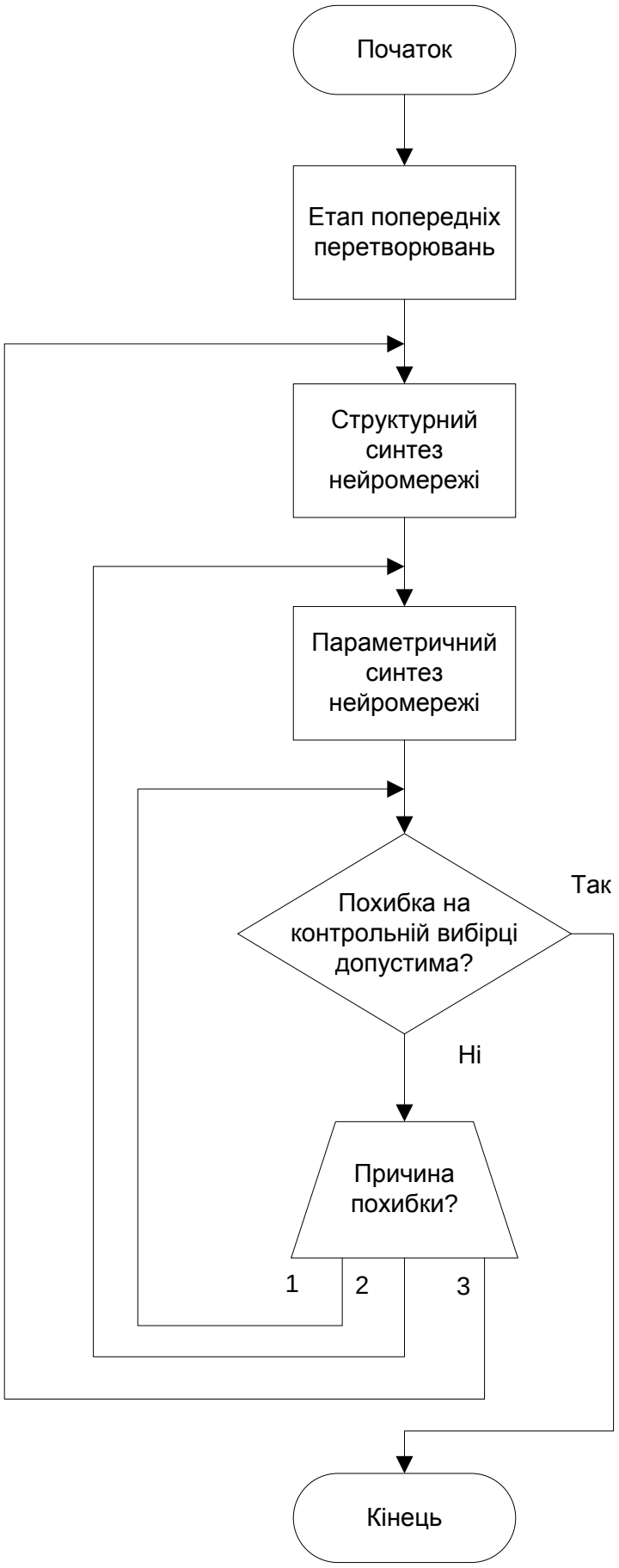

Рисунок 3.9 – Алгоритм нейромережевого прогнозування

Схему нейромережевого прогнозування в загальному вигляді наведено на рис. 3.10 [37].

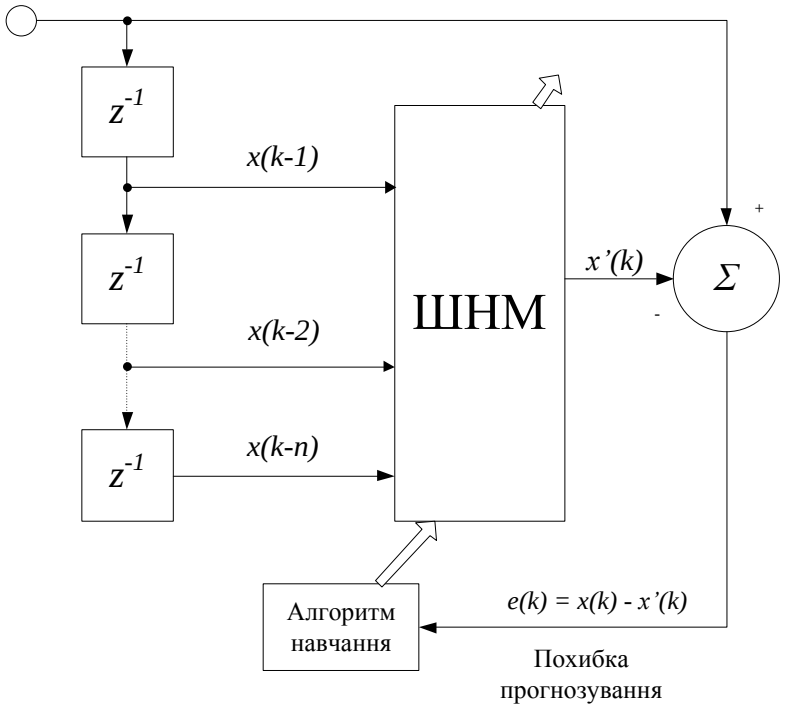

Рисунок 3.10 – Схема нейромережевого прогнозування

Для нейромережевого прогнозування було використано архітектури нейронної мережі типів [37, 38]:

1) нелінійна нейромережа прямого розповсюдження типу «вхід-вихід», що враховує для прогнозування лише вхідні змінні:

$$\hat{y}(t) = F(x(t-1), x(t-2), ..., x(t-n))$$

2) нелінійна авторегресійна мережа, що приймає в якості вхідних даних прогнозовані дані виходів:

$$\hat{y}(t) = F(y(t-1), y(t-2), ..., y(t-n))$$

3) нелінійна авторегресійна нейромережа з екзогенними входами, яка поєднує як вхідні змінні, так і дані попередніх прогнозів:

$$\hat{y}(t) = F(y(t-1), y(t-2),..., y(t-n), x(t-1), x(t-2),..., x(t-n)),$$

де $\hat{y}(t)$ – вихідний сигнал моделі прогнозування, $y(t-1),..., y(t-n))$ – значення вихідного сигналу у попередні періоди часу, $x(t-1),..., x(t-n)$ – поточне та попереднє значення входів нейронної мережі, t – дискретний момент часу, n – значення періоду затримки прогнозу.

На етапі налаштування параметрів моделі нейронної мережі здійснюється підбір вагових коефіцієнтів нейронної мережі w в результаті реалізації процедури навчання.

Блок-схему алгоритму навчання нейронної мережі представлено на рис. 3.11.

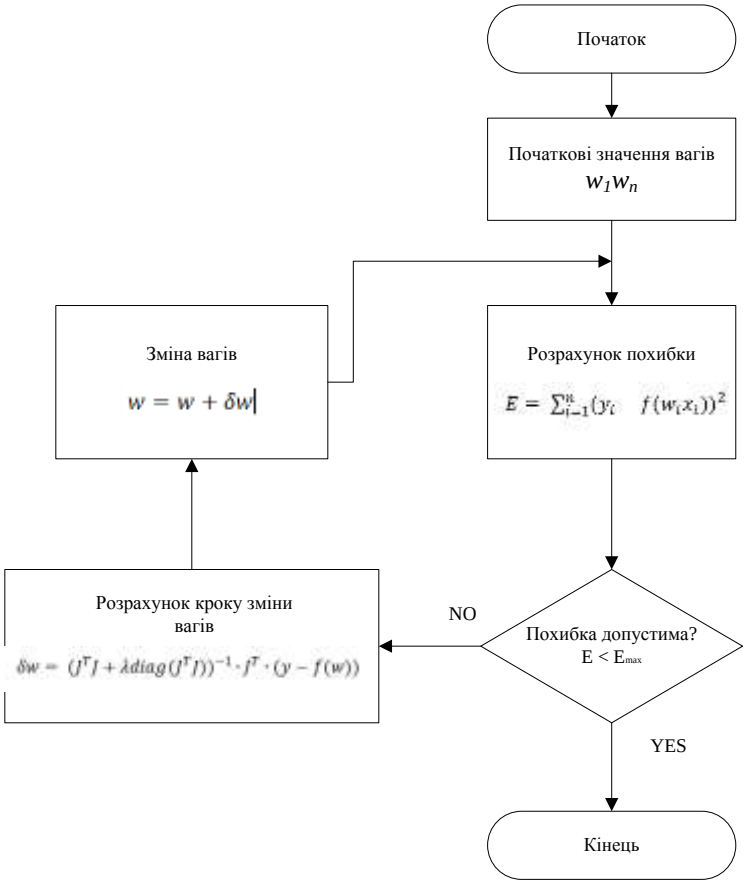

Рисунок 3.11 – Блок-схема алгоритму навчання нейронної мережі

Тестування нейронної мережі, що пройшла навчання за обраним алгоритмом, відбувається на обмеженій кількості даних моніторингу, що відображають зміни теплоспоживання будівлі в залежності від кліматичних умов навколишнього середовища та графіку роботи закладу.

Для ідентифікації параметрів моделі нейронної мережі необхідно шляхом побудови нейронної мережі за даними навчальної вибірки та проведення обчислювального експерименту знайти оптимальні значення кількості нейронів прихованого шару L та множини значень вагових коефіцієнтів нейронної мережі $\hat{w}$, за яких похибка обчислення є найменшою. Для оцінки точності прогнозування слід обчислити помилки прогнозу та порівняти їх із допустимими значеннями.

Запропоновані моделі прогнозування теплоспоживання будівлі соціально-бюджетної сфери реалізовано у програмному середовищі MatLab Neural Network Toolbox [39]. У якості об'єкта для тестування розроблених моделей прогнозування обрано систему теплоспоживання будівель Сумського державного університету. Архів даних для навчання нейронної мережі сформовано за допомогою підсистеми моніторингу інформаційно-аналітичної системи «HeatCAM» [40, 41]. Вхідними даними для прогнозування є значення кількості теплової енергії, зібрані з лічильників, встановлених у корпусах університету, а також дані кліматичних умов навколишнього середовища та графіку роботи закладу. У програмному середовищі Matlab Neural Network Toolbox побудовано архітектури моделей нейронних мереж типів NIO, NAR та NARX. Множину даних про теплоспоживання Z для навчання нейронної мережі було розбито у пропорції: Z_{tr} – 70%, Z_t – 20%, Z_v – 10%. Шляхом проведення обчислювальних експериментів встановлено кількість нейронів прихованого шару L (Number of hidden neuron) – 10, параметр затримки, що визначає число попередніх даних які будуть використовуватись у прогнозуванні n (Number of delays) – 7. На рис. 12-14 зображено моделі нейронної мережі типів NIO, NARта NARX, побудовані у середовищі MatLAB.

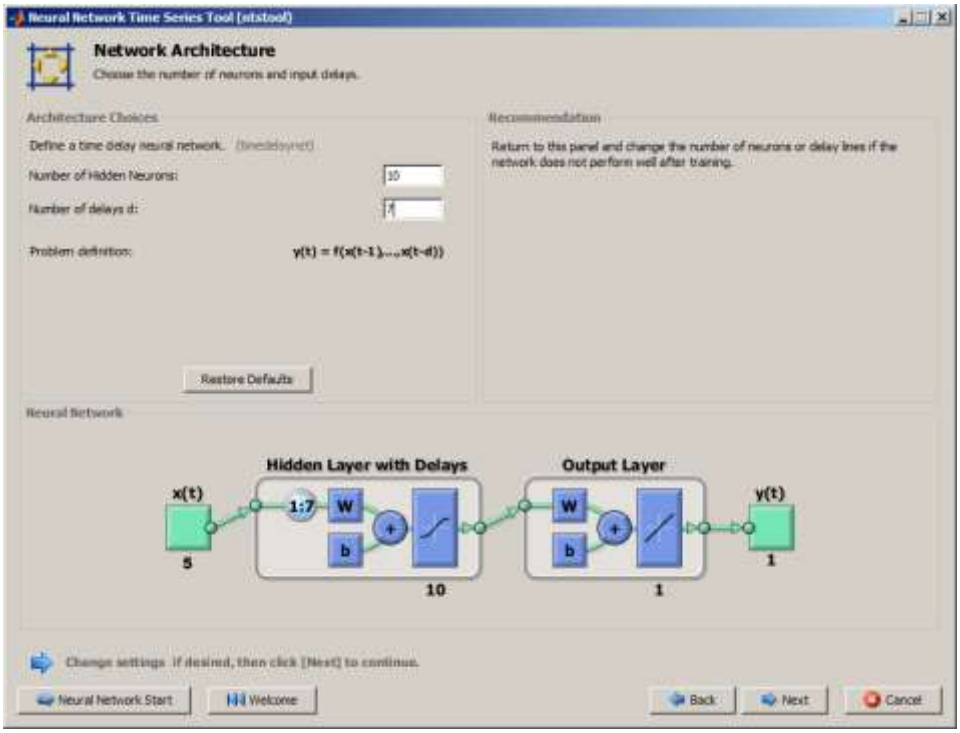

Рисунок 3.12 – Модель нейронної мережі типу NIO, побудованої у середовищі MatLAB.

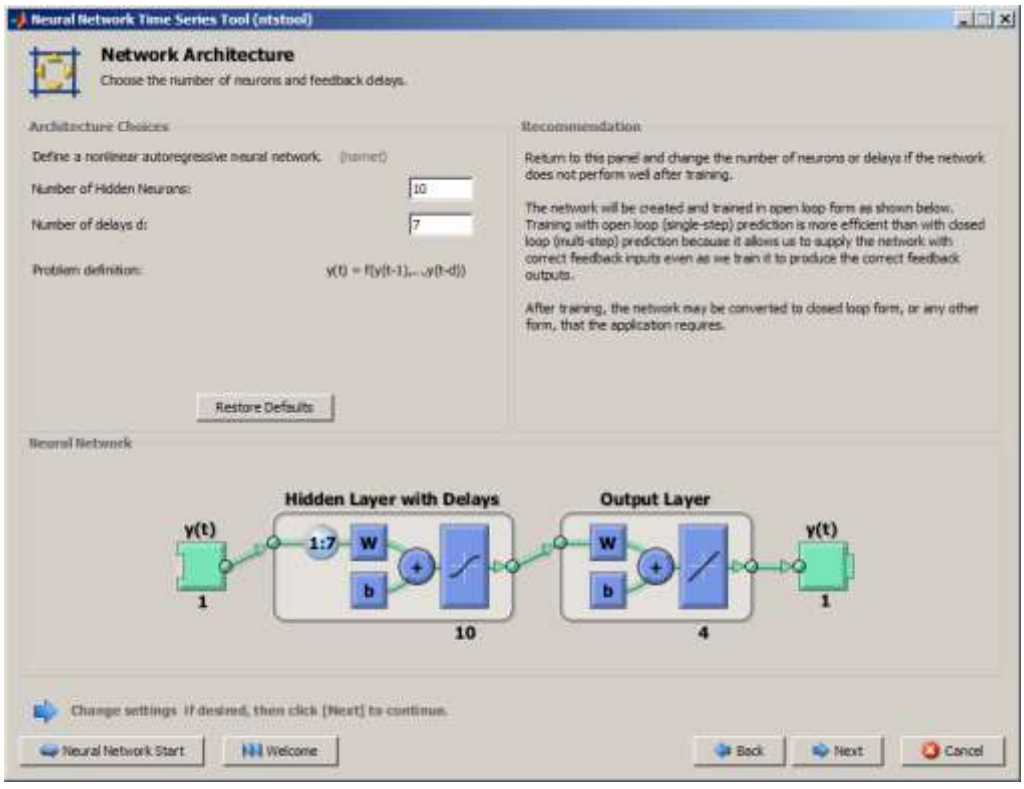

Рисунок 3.13 – Модель нейронної мережі типу NAR, побудованої у середовищі MatLAB.

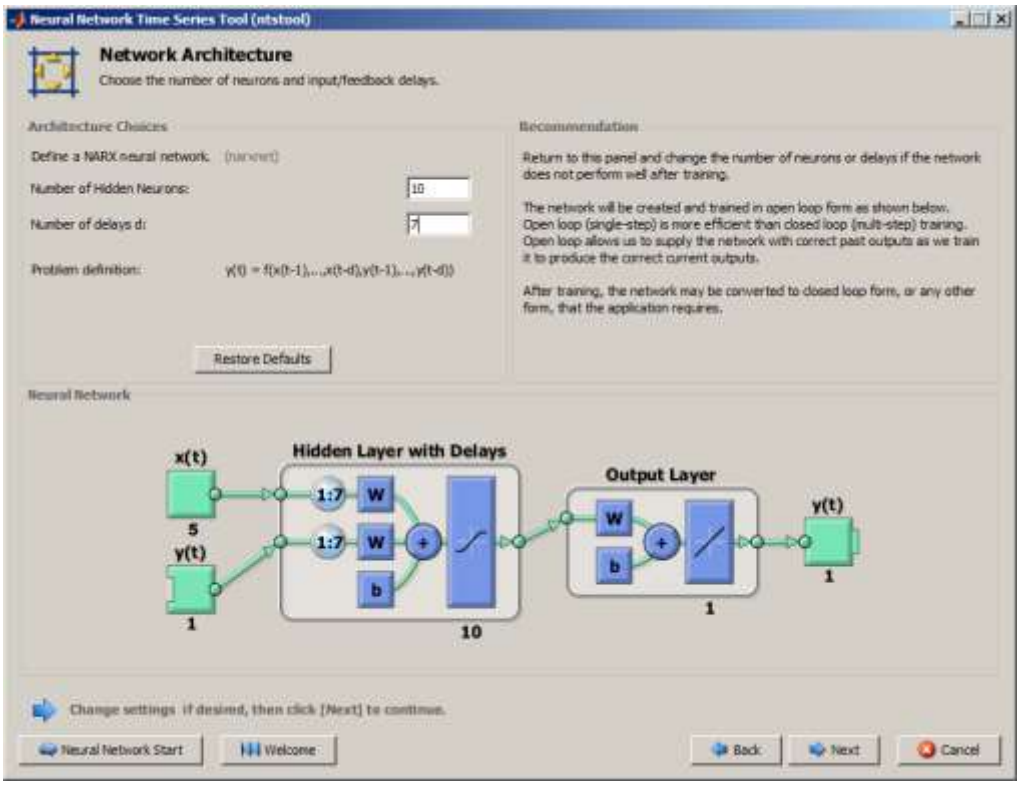

Рисунок 3.14 – Модель нейронної мережі типу NARX, побудованої у середовищі MatLAB

Навчання побудованих нейронних мереж здійснювалося за алгоритмом Левенберга – Марквардта [42].

Графіки результатів навчання нейронних мереж засобами Matlab показано на рис. 15-17.

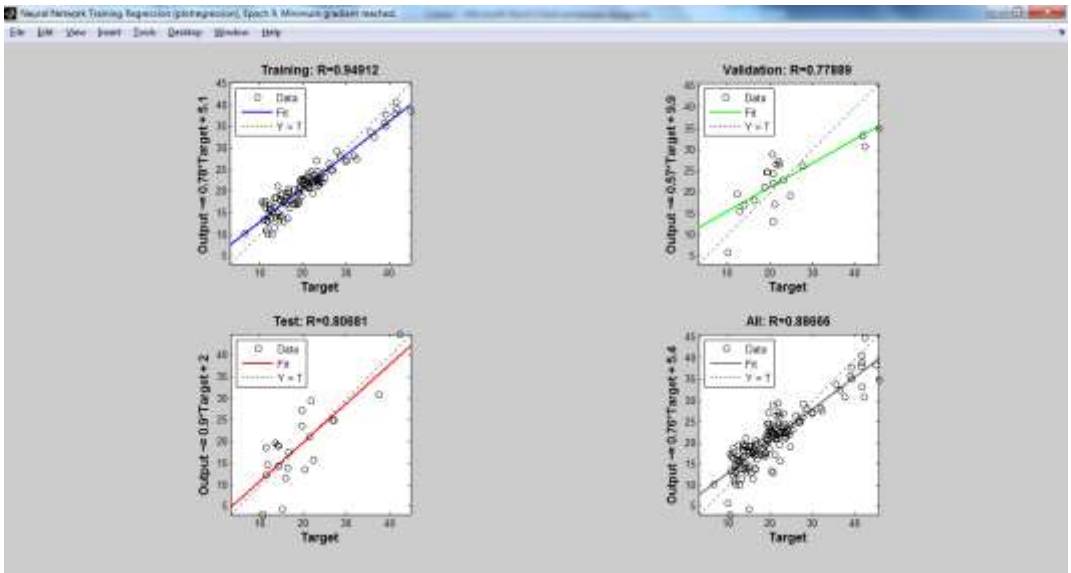

Рисунок 3.15 –Графіки навчання нейронної мережі типу NIO

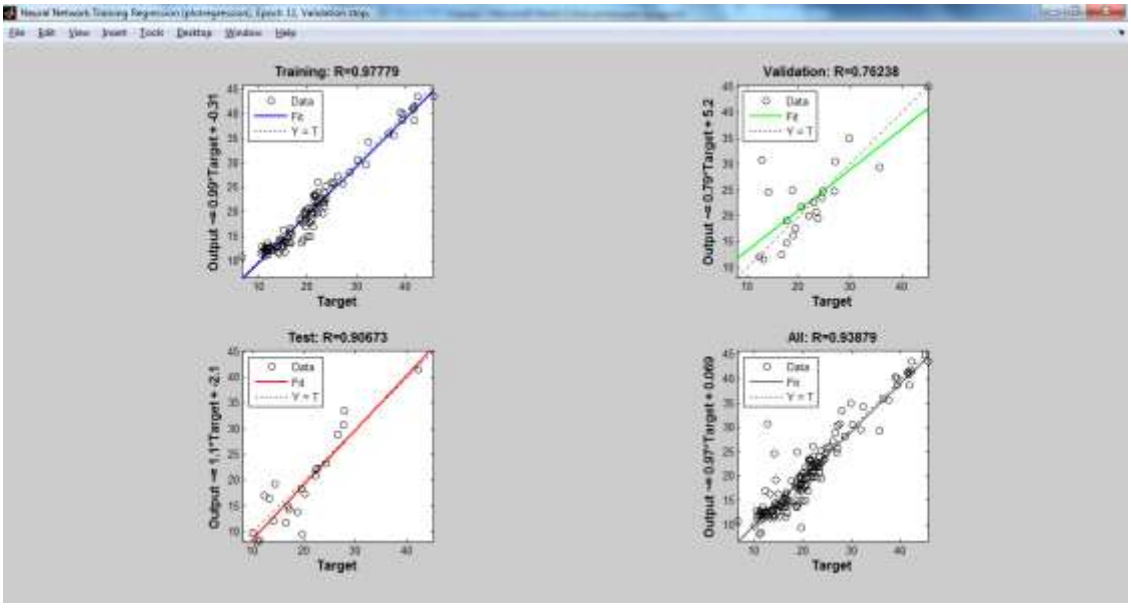

Рисунок 3.16 – Графіки навчання нейронної мережі типу NAR

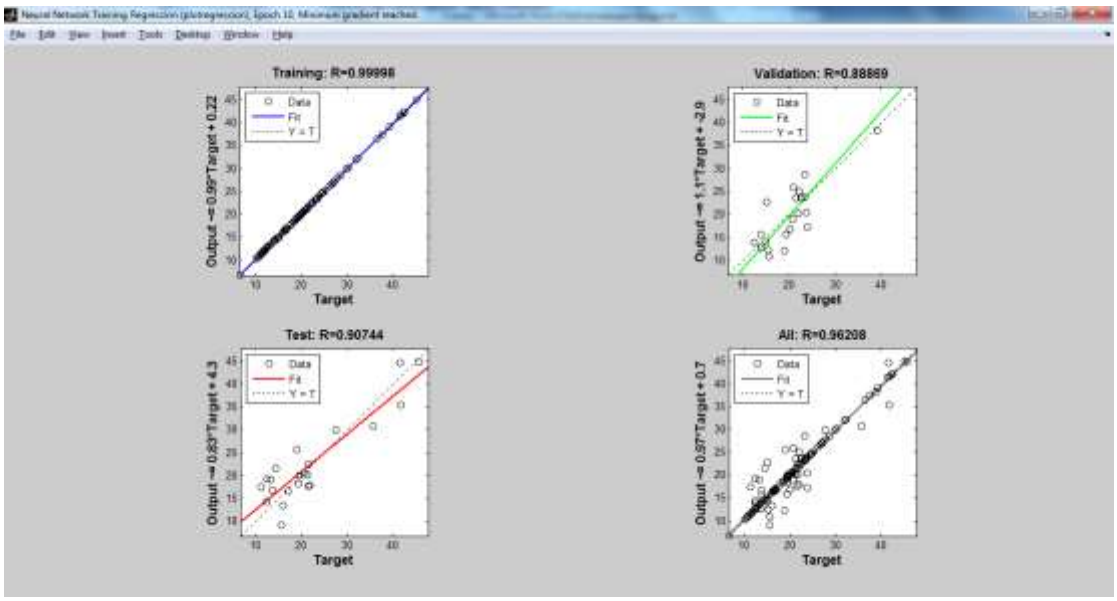

Рисунок 3.17 – Графіки навчання нейронної мережі типу NARX

Для оцінки точності побудованих моделей прогнозування та вибору найбільш оптимальної для прогнозування теплоспоживання архітектури нейронної мережі було обчислено помилки прогнозу:

– середню абсолютну помилку прогнозу MAE:

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left|y(t) - \hat{y}(t)\right|;$$

– середню абсолютну помилку прогнозу у відсотках MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left|\frac{y(t)-\hat{y}(t)}{y(t)}\right|\cdot 100\% ;$$

– квадратний корінь із середньоквадратичної помилки прогнозу RMSE:

$$MSE = \frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N}(y(t)-\hat{y}(t))^2 ,$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} .$$

Результати точності прогнозу побудованих моделей для тестової вибірки даних наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Порівняння точності моделей прогнозування

Тип прогнозної моделі	**Точність прогнозу, %**
NAR	79,6
NIO	81,8
NARX	88,2

Як показують результати розрахунку точності моделей прогнозування для тестової вибірки даних, наведені в табл. 3, найбільшу точність має прогноз теплоспоживання з використанням моделі нелінійної нейронної авторегресійної мережі типу NARX, що враховує при прогнозуванні як результати попередніх прогнозованих значень, так і значення входів нейронної мережі.

3.2.3 Реалізація підсистеми прогнозування теплоспоживання будівель

Загальну архітектуру інформаційно-аналітичної «HeatCAM» (IAC «HeatCAM»), однією з підсистем якої є підсистема прогнозування, зображено на рис. 3.18.

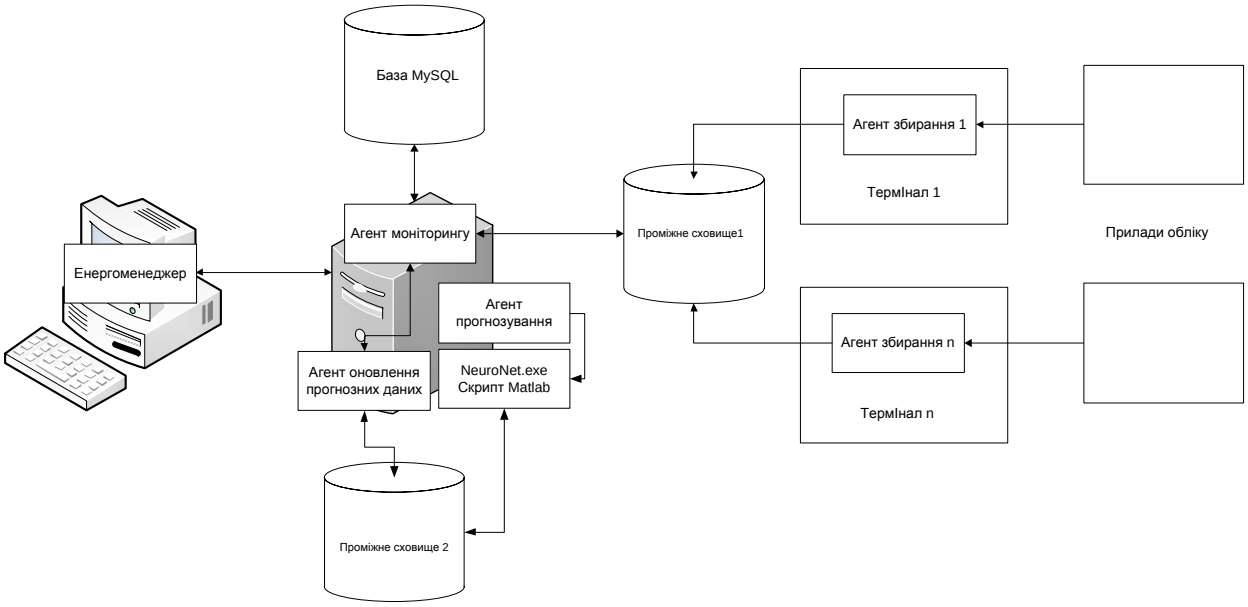

Рисунок 3.18 – Загальна архітектура ІАС «HeatCAM»

Запит на виконання прогнозу теплоспоживання та перегляд даних моніторингу виконує енергоменеджер на головній сторінці web-сайту, який розміщено для авторизованого доступу групи осіб, що забезпечують адміністрування ресурсу та оперативне управління системою теплозабезпечення. Збір даних з приладів обліку виконується «Агентами збирання». На початковому етапі зібрані дані розміщуються у «Проміжному сховищі1», де виконується їх верифікація та переміщення до єдиної бази даних ІАС «HeatCAM», яке виконується «Агентом моніторингу», що розташований на web-сервері.

ІАС «HeatCAM» складається з модулів, функціональне призначення яких наведено в табл. 4.1.

Таблиця 3.4 . Модулі підсистеми прогнозування ІАС «HeatCAM»

Назва	**Джерело**	**Місцезнаходження**	**Функціональне призначення**
index.php Головна сторінка	The Joomla!® Core Team	Кореневий каталог веб-вузла	Оболонка для графічних модулів

Продовження табл. 3.4

Назва	Джерело	Місцезнаходження	Функціональне призначення
mod_data_view_forecast_AG.php	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Перегляд даних прогнозування
mod_graph_AG.php	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Підготовка даних для відображення на графіку
SVGgraph.js	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Бібліотека для відображення даних на графіку
mysql-connector-java-5.1.21.jar	Oracle	Кореневий каталог веб-вузла	Драйвер для з'єднання з базою даних
refreshdata.php	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Оновлення даних
mod_forecast_AG.php	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Модуль прогнозування
Forecast2.exe	Власна розробка	Кореневий каталог веб-вузла	Модуль прогнозування

Модуль NeuroNet.exe реалізує прогноз споживання кількості теплової енергії, використовуючи попередньо навчену нейрону мережу, що зберігається в окремому файлі програмного додатку Matlab. Цей модуль виконується за вимогою «Агента прогнозування». Дані для навчання нейронної мережі розташовуються у «Проміжному сховищі2».

Агент оновлення прогнозних даних необхідний для оновлення архівних даних, на основі яких формуються тестова, тренувальна та навчальна вибірки для нейромережевого прогнозування.

Модуль Forecast2.exe реалізує прогноз споживання кількості теплової енергії, використовуючи попередньо навчену нейрону мережу, що зберігається в окремому файлі програмного додатку Matlab. Цей модуль виконується за вимогою «Агента

прогнозування». Дані для навчання нейронної мережі розташовуються у «Проміжному сховищі2». Даний модуль використовую код Matlab який скомпільований в додаток за допомогою toolbox'adeploytool.

Модулі mod_data_view_forecast_AG і mod_graph_AG є засобами для графічного відображення вхідних даних та результатів прогнозування.

SVGgraph.js – бібліотека для представлення інформації в вигляді графіків.

Агент оновлення прогнозних даних необхідний для оновлення архівних даних, на основі яких формуються тестова, тренувальна та навчальна вибірки для нейромережевого прогнозування.

Схему взаємодії модулів підсистеми прогнозування зображена на рис. 3.19.

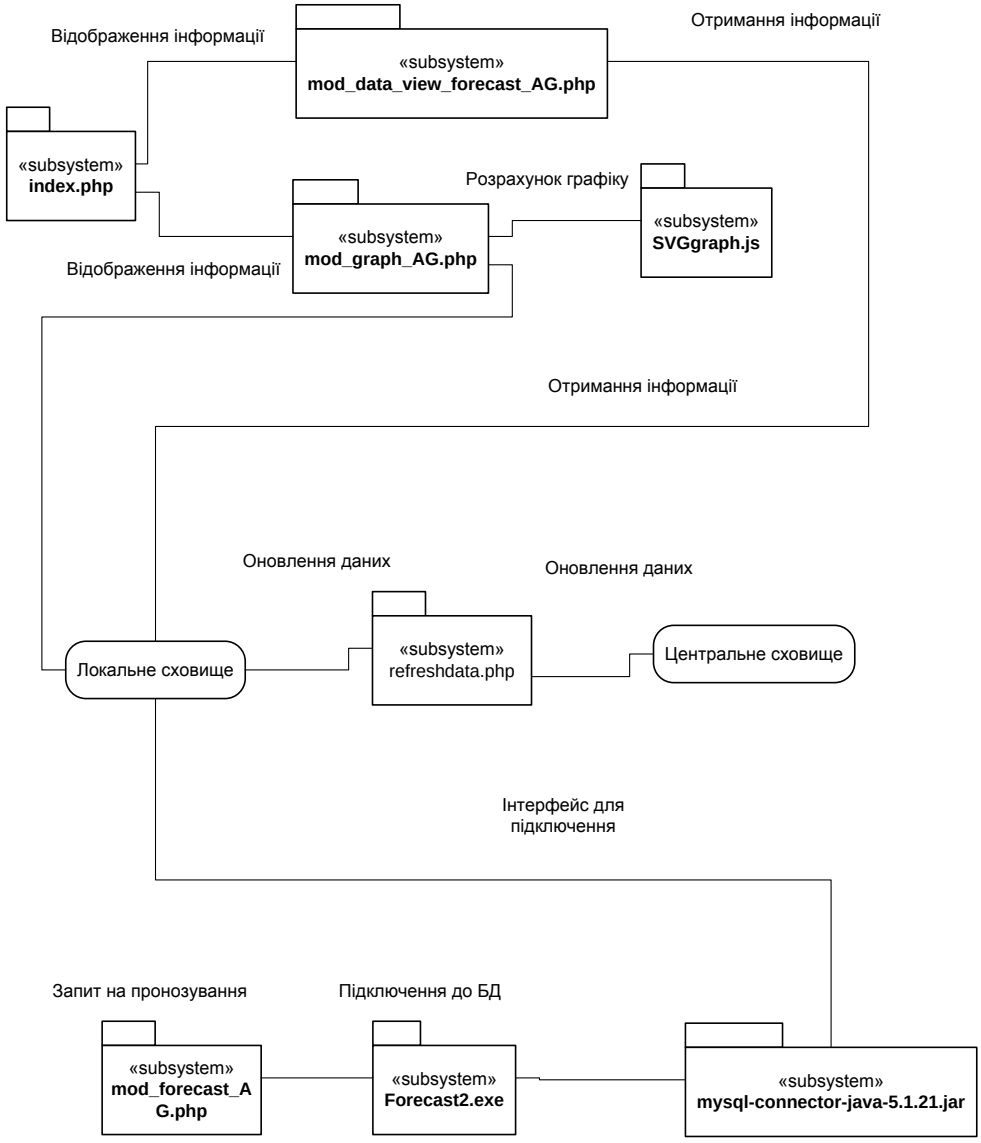

Рисунок 3.19 – Схема взаємодії модулів підсистеми прогнозування

На етапі постановки завдання до підсистеми прогнозування було висунуто наступні функціональні вимоги:

- Збір та аналіз даних про погодні умови та витрати теплоенергії.
- Прогнозування витрат тепла на основі прогнозу погодних умов.
- Зберігання та перегляд інформації.

Розроблена система виконує поставлені вимоги, а саме реалізує такі функції:

1. Збір та аналіз даних про погодні умови та витрати теплоенергії.
2. Прогнозування витрат тепла на основі прогнозу погодних умов.
3. Зберігання та перегляд інформації.

За перегляд інформації відповідають модулі mod_data_view_forecast_AG.php mod_graph_AG.php. Модулі здатні відображувати інформацію у вигляді таблиці та графіка.

Всі функціональні можливості представлені на діаграмі варіантів використання UML (рис. 3.20).

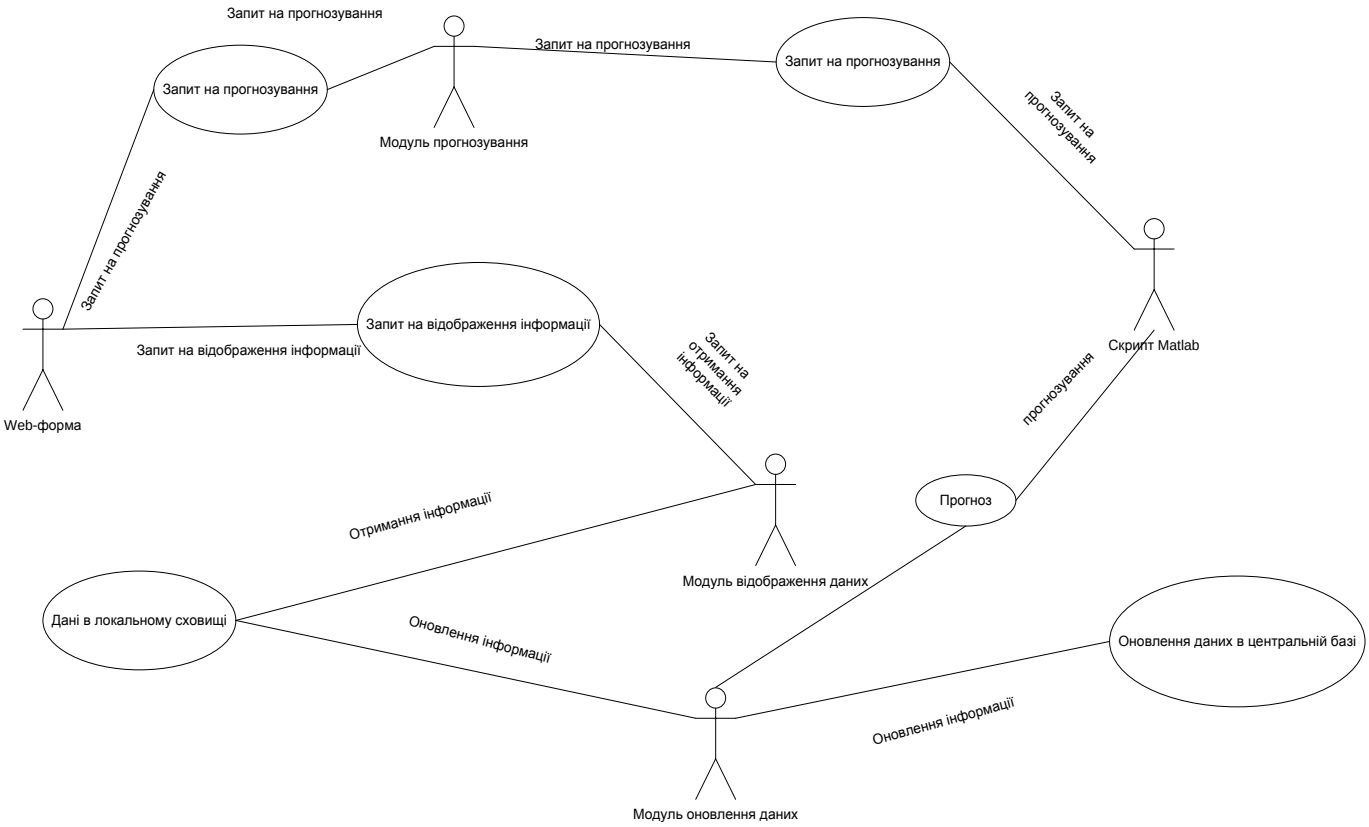

Рисунок 3.20 – Діаграма варіантів використання підсистеми прогнозування

Web-інтерфейс підсистеми прогнозування реалізовано в CMSJoomla. Веб-форма підсистеми включає в себе модуль відображення даних в різних форматах, та засоби для збереження інформації.

На веб-формі відсутні елементи управління підсистемою прогнозування, так як підсистема працює в автоматичному режимі та здійснює прогноз через заданий проміжок часу.

Алгоритм визначення прогнозованого значення зображено на рис. 3.21.

Таким чином за запитом на web-сторінці підсистеми прогнозування IAC «HeatCAM» одержуємо прогнозоване значення теплоспоживання будівель.

Табличне представлення даних в підсистемі прогнозування показано на рис. 3.22.

Представлення даних у вигляді графіку показано на рис. 3.23.

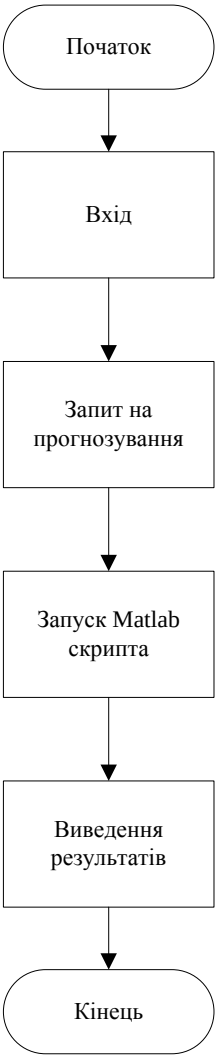

Рисунок 3.21 – Алгоритм визначення прогнозованого значення

Рисунок 3.22– Інтерфейс підсистеми прогнозування

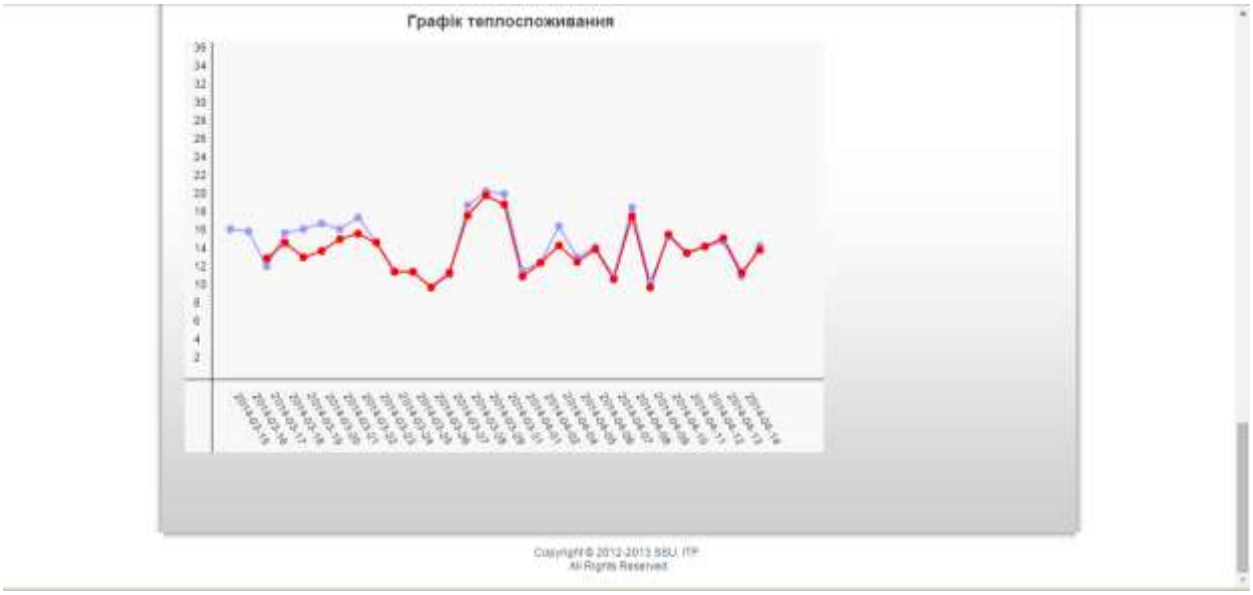

Рисунок 3.23 – Інтерфейс підсистеми прогнозування

Ефективність регулювання теплозабезпечення будівель соціально-бюджетної сфери шляхом впровадження заходів підтримки прийняття рішень на основі даних прогнозування підсистеми прогнозування ІАС «HeatCAM» проаналізовано шляхом порівняння рівня теплоспоживання за аналогогічні періоди минулого та поточного опалювальних сезонів. Результати приведено до єдиних температурних умов зовнішнього середовища, що підтверджує точність отриманих висновків. У

порівнянні з періодом, коли регулювання здійснювалося без оперативного відстеження поточного стану системи опалення та використання прогнозованих даних теплоспоживання, у поточному опалювальному сезоні було досягнуто економію споживання теплової енергії близько 15% при збереженні необхідних санітарно-гігієнічних норм в опалювальних приміщеннях.

3.4 Висновки

Були вивчені актуальні проблеми в галузі управління енергією за допомогою інформаційного моделювання електричних енергомереж з ВДЕ і централізованого теплопостачання. Був проведений аналіз існуючих методів управління енергоспоживанням, які можуть застосовуватися в СППР, завдання короткострокового прогнозування потреб в теплі та менеджменту мереж з ВДЕ. Також встановлено, що згідно з аналізом існуючих методів, які можна застосувати в задачах інформаційного моделювання, існує багато розрізнених шляхів вирішення проблем.

Була поставлена та вирішена проблема наукового обґрунтування та вирішення задач з ефективності управління даними в інформаційних потоках щодо роботи енергетичних мереж за рахунок розробки інформаційних моделей, що забезпечують узгодження параметрів вироблюваної та споживаної енергії.

А що є дійсно важливим, для коректної підтримки рішень для відновлюваних джерел енергії дослідження необхідно враховувати весь їх життєвий цикл. Тому були розв’язані такі задачі:

- проведено аналіз сучасного стану інформатизації систем енергопостачання та визначено напрямки удосконалення існуючих методів розрахунку системи шляхом представлення нової інформаційної системи;

•розглянуто принципи використання та роботи програмних агентів у системах для покращення процесів збирання та аналізу інформації, були визначені алгоритми їх роботи.

Результати досліджень можуть служити основою для роботи з побудови системи підтримки прийняття рішень, що дозволяє моделювати робочі процеси і отримувати зведену інформацію про системи, рекомендацій щодо їх проектування і т.ін.

Вирішено актуальну задачу прогнозування споживання теплової енергії закладами соціально-бюджетної сфери. Запропоновано модель прогнозування теплоспоживання будівлі закладу соціально-бюджетної сфери з використанням технології штучних нейронних мереж, яка враховує попередні значення теплоспоживання, параметри кліматичних умов навколишнього середовища та графік роботи закладу. Врахування в розробленій моделі як факторів впливу кліматичних умов, так і коливання потреб у теплозабезпеченні в залежності від графіку роботи закладу дозволило підвищити точність прогнозування. Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що на основі запропонованої моделі нейронної мережі розроблено підсистему прогнозування ІАС «HeatCAM». Подальші дослідження пов’язано з використанням результатів прогнозування для підтримки прийняття рішень щодо управління режимами теплозабезпечення будівель закладу соціально-бюджетної сфери.

ВИСНОВКИ

У сучасних складних автоматизованих одночасно зростає роль і людини-оператора і технічних засобів. Основними особливостями таких систем є наявність декількох рівнів ієрархії; велика кількість одночасно працюючих операторів різних типів; збільшення частки групової діяльності, зростання ролі оператора-керівника та необхідність моделей і засобів підтримки його рішень. Проведений аналіз методів вирішення таких завдань дозволив, виявити протиріччя між потребами практики і розробленістю необхідних моделей, що забезпечують: опис системи як людино-машинної; автоматичне оцінювання варіантів розподілу функцій; вибір з урахуванням специфічних обмежень людино-машинної взаємодії.

Визначено рівень розвитку систем автоматизації проектувальних робіт. Встановлено, що він є недостатнім для ефективного управління виконанням проектувальних робіт та автоматизації виконання різнорідних проектних процедур.

Були вивчені актуальні проблеми в галузі управління споживання енергієї за допомогою інформаційного моделювання енергомереж, проведений аналіз існуючих методів управління енергоспоживанням, які можуть застосовуватися в СППР, завдання короткострокового прогнозування потреб в теплі та менеджменту мереж з відновлюваними джерелами енергіх. Була поставлена та вирішена проблема наукового обґрунтування та вирішення задач з управління даними в інформаційних потоках щодо роботи енергетичних мереж за рахунок розробки інформаційних моделей, які забезпечують узгодження параметрів вироблюваної та споживаної енергії.

У якості продовження досліджень обрано:

розробку моделей системного аналізу та описання інформаційно-управляючих людино-машинних систем;

розробку архітектурних рішень систем автоматизації проектувальних робіт, інформаційних технологій їх підтримки;

розробка інформаційної технології та моделей прийняття рішень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Химченко, А. Н. Проблемы промышленного производства Украины и его влияние на экономическую безопасность государства [Текст] / Андрей Николаевич Химченко, Ольга Юрьевна Соляник // Економічний аналіз : зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: В. А. Дерій (голов. ред.) та ін. – Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2014. – Том 15. – № 1. – С. 171-178.

2. Коротаєва Ю. Перспективи та проблеми машинобудування [Електронний ресурс] / Ю. Коротаєва // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2012. — Вип. 1 (6). — С. 82- 90. — Режим доступу до журн. : http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2012/12kyvtpm.pdf.

3. Юдин М.А. Українське машинобудування: основні тенденціїта пріоритетні напрями розвитку [Текст] / М.А. Юдин- БІЗНЕСІНФОРМ № 2 ’2012 – С. 111-115.

4. Цвигун Т. В. Машиностроение в Украине: современное состояние, проблемы и перспективы развития [Текст] / В. В. Лукьянова, Т. В. Цвигун // Проблемы экономики и менеджмента. – 2013. - № 1 (17). – С.77-87.

5. МалюхВ. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с.: -ISBN 978-5-94074-551-8

6. 6. Системы автоматического проектирования [Електронний ресурс] http://www.cad.biz.ua/

7. Системы автоматического проектирования [Електронний ресурс] http://www.club-gas.ru/load/programmy/sapr_sistemy_avtomaticheskogo_proektirovanija/37

8. Гоголев В. В. Использование системы автоматического проектирования работы корпоративных сетей для более эффективного заполнения предоставленной

полосы канала// В.В. Гоголев - Математические машины и системы. Выпуск № 3-4 / том 1 / 2007 – С. 85-94.

9. Система автоматизированного проектирования [Електронний ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Система автоматизированного проектирования

10. Клещёв Г. М. Системы автоматизации проектных работ – основа для создания интегрированной адаптивной сквозной конструкторско - технологической подготовки производства штампов / Г. М. Клещёв // Вісник Інженерної академії України. - 2012. - Вип. 1. - С. 201-204.

11. Системы автоматизации проектных работ в проектировании и конструировании. Рабочая программа дисциплины. [Електронний ресурс] http://edu.softline.ru/uploads/file/17.pdf

12. Поляков Б.Н. Особенности научной методологии автоматизированного проектирования в условиях интернетовской цивилизации // Прикладная информатика. Выпуск № 3 / 2009. – С. 126-127.

13. Семенов В.С. Системы автоматизации проектных работ. Курс лекций – / В.С. Семенов, В.П. Золотов – Самара: Самарский государственный технический университет, 2012 – 134 с.

14. Разинкин К. А. Программные средства автоматизации проектирования непрерывных процессов и систем на функционально-логическом уровне: учебное пособие. – Воронеж: ВГТУ, 2012.- Текстовое (символьное) электронное издание - CD-R. № госрегистрации 0321203901 - http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/293426

15. Каменецкий М.И. Проектная деятельность в россии: современные проблемы, потенциальные возможности, перспективы. / М.И. Каменецкий, А.А. Шефов // Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. Выпуск № 6 / 2008. - С.298-310.

16. Абрамов, А. Программные средства автоматизации проектирования и моделирования инструмента для поперечно-клиновой прокатки / А. Абрамов, С. Медведев // Научный журнал "Информатика", Минск, Беларусь, 2013, N4, С. 5-12.

17. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [текст] . – СПб.: Питер, 2004. – 560 с. -ISBN: 5-94723-770-9

18. Петренко А.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования/ А.И. Петренко, О И. Семенков. - К.: Выща школа. 1985. -294с.

19. Корячко В.П., Курейчик В.М., Норенков И.П. Теоретические основы САПР. Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.

20. Самойленко Н.Э., Скоробогатов В.С. Теоретические основы САПР.: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003. 85 с.

21. Sustainable Energy for all (SE4ALL), 2013. Available from: <http://data.worldbank.org/data-catalog/sustainable-energy-for-all>

22. Federal Geographic Data Committee (US). Framework introduction and guide. Washington: The Committee, 1997.

23. Tiba, C., Candeias, A.L.B., Fraidenraich, N., de Barbosa, E.M., de Carvalho Neto, P.B. & de Melo, J.B. Filho. (2010). A GIS-based decision support tool for renewable energy management and planning in semi-arid rural environments of northeast of Brazil. Renewable Energy, 35(12), 2921-2932.

24. Lejeune, P. & Feltz, C. (2008). Development of a Decision Support System for setting up a wind energy policy across the Walloon Region (southern Belgium). Renewable Energy 33(11), 2416-2422.

25. Ramirez-Rosado, I., Garcia-Garrido, E., Fernandez-Jimenez, L., Zorzano-Santamaria, P., Monteiro, C. & Miranda, V. (2008). Promotion of new wind farms based on a decision support system. Renewable Energy, 33(4), 558-566.

26. Shulyma, O., Shendryk, V., Baranova, I., & Marchenko, A. (2014). The Features of the Smart MicroGrid as the Object of Information Modeling. Information and Software Technologies, 12.

27. Nissen M. E. Agent-Based Supply Chain Integration / M. E. Nissen // Journal of Information Technology and Management.– 2001. – No. 3 – pp. 289-312.

28. The FIPA Abstract Architecture Specification. Retrieved March 16, 2015, from http://www.fipa.org/specs/fipa00001/index.html

29. Назаров А. В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А. В. Назаров, А. И. Лоскутов. – Спб. : Наука и Техника, 2003. – 384 с.

30. Dostál P. Prediction of the heat supply daily diagram via artificial neural network / P. Dostál, B. Chramcov, Ja.Baláte // East West Fuzzy Colloquium : conference proceedings. Zittau, Germany, 2002. – Pp. 178-183.

31. Buhari M. Short-Term Load Forecasting Using Artificial Neural Network / M. Buhari, S. S. Adamu // IMECS 2012 : International MultiConference of Engineers and Computer Scientist, Hong Kong, 14-16 Mar 2012 : conference proceedings. – Hong Kong, 2012.

32. Moon Jin Woo.Application of ANN (Artificial-Neural-Network) in Residential Thermal Control / Jin Woo Moon, Sung Kwon Jung, Jong-Jin Kim// Building Simulation 2009: Eleventh International IBPSA Conference, July 27-30, Glasgow, Scotland : conferenceproceedings. – Glazgow :UniversityofStrathclyde, 2009. – Pp. 64−71.

33. Kalogirou S. A. Applications of artificial neural networks in energy systems. A review [Електронний ресурс]/ S. A. Kalogirou // Energy Conversion & Management. – 1999. – Vol. 40. – Iss. 11. – Pp. 1073−1087. Режим доступу: http://wenku.baidu.com/view/bc15583131126edb6f1a1025.html.

34. Вороновский Г. К. / Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей в энергетике. Ч. 1. Моделирование / Г. К. Вороновский, К. В. Махотило, С. А. Сергеев // Пробл. заг. енергетики. –2006. – № 14. – С. 50-61.

35. Schellong Wolfgang. Energy Demand Analysis and Forecast [електронний ресурс] / Wolfgang Schellong ; Edited by P. Giridhar Kini // Energy Management Systems. – 2011. – Chapter 5. – Pp. 101−122. Режим доступу: http://www.intechopen.com/books/energy-management-systems/energy-demand-analysis-and-forecast.

36. Grzenda M. Consumer-oriented heat consumption prediction / M. Grzenda// Control and Cybernetics. – 2012. – Vol.41, No. 1. – Pp. 213−240.

37. Бодянский Е. В. Искусственные нейронные сети, архитектуры, обучение, применения : [Монография] / Е. В Бодянский, О. Г. Руденко. – Харьков : ТЕЛЕТЕХ, 2004.– 369 с.

38. Haykin, Simon. Neural Networks – A Comprehensive Foundation / Simon Haykin. – NJ : Prentice Hal, 2005. – 823 p.

39. Hudson Beale Mark. Neural Network Toolbox : User's Guide [електронний ресурс] / Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan, Howard B. Demuth. – U. S. : The MatWorks Inc., 2014. – 406 p. Режим доступу: http://www.Matworks.com/help/pdf_doc/nnet/nnet_ug.pdf.

40. ParfenenkoYuliia. Information System for Monitoring and Forecast of Building Heat Consumption [Text]/ YuliiaParfenenko, ViraShendryk, Victor Nenja, SvitlanaVashchenko // Communications in Computer and Information Science.– Springer International Publishing, 2014. – Vol.465.– Pp. 1−11.

41. А. с. Україна. Комп’ютерна програма «Інформаційно-аналітична система моніторингу та прогнозування теплозабезпечення будівель «HeatCAM»» / В. В. Шендрик, В. Г. Неня, Ю. В. Парфененко, Р. П. Окопний. – № 51299 ;зареєстр. 18.09.2013.

42. Hao Yu. Levenberg–Marquardt Training / Hao Yu, Bogdan M. Wilamowski // The Industrial Electronic Handbook: Intelligent Systems / Edited by J. David Irwin. – USA: Taylor&Francis Group, CRC Press, 2011. – Chapter 12.