

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра системного аналізу

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи  
на ступінь вищої освіти бакалавр

на тему: «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В  
ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗАБУДОВИ»

Виконав: студент 4 курсу, групи САД-41  
спеціальності 124 Системний аналіз

Бусел Павло Васильович

Керівник Самощенко Олександр Вікторович

Рецензент

Нормоконтроль

Київ – 2020

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

## Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Системного аналізу

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 124 Системний аналіз

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
системного аналізу

О.А.Золотухіна  
“ ” 2020 року

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бусел Павло Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Інформаційна система прийняття рішень в енергетичному забезпеченні забудови

Керівник роботи Самощенко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом роботи 10.06.20

3. Вхідні дані до роботи: Дані Міжнародного енергетичного агентства,  
Статистичні дані країн-членів Організації економічної співпраці та розвитку,  
Технічні параметри житлових будівель,  
Результати переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

Аналітичний огляд напрямів енергоспоживання житлових будівель

Формалізація показників енергоспоживання відповідно до міжнародних стандартів

Система математичних залежностей для оцінки рівня енергоспоживання

Алгоритм обчислень кінцевих показників

Функціональна модель процесів обчислень

5. Перелік графічного матеріалу

1. Результати зіставлення напрямів енергоспоживання

2. Класифікація показників енергоспоживання

3. Математичні залежності розрахунку показників

4. Схеми алгоритмів розрахунку кінцевих показників

5. Функціональні діаграми процесів в СППР

6. Дата видачі завдання 08.05.20

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз науково-технічної літератури	15.05.20	
2	Опис предметної області	17.05.20	
3	Постановка задачі	19.05.20	
4	Формалізація системи показників	22.05.20	
5	Розробка математичних залежностей	25.05.20	
6	Розробка алгоритму обчислень	27.05.20	
7	Розробка функціональної моделі	31.05.20	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	03.06.20	
9	Попередній захист роботи	04.06.20	
10	Здача роботи в деканат	10.06.20	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

Текстова частина бакалаврської роботи 76 с., 15 табл., 36 рис., 2 дод., 19 джерел.

### ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, ОПАЛЕННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Об'єкт дослідження – інформаційні засоби енергетичного забезпечення будівель.

Предмет дослідження – показники і методика оцінки енергопостачання житлових будинків.

Мета роботи – спрощення процесу оцінки якості роботи системи ведення обліку енергопостачання.

Виконано аналіз напрямів енергозабезпечення відповідно до переліку за міжнародним стандартом: опалення, охолодження, гаряче водопостачання, освітлення, приготування їжі, техніка побуту. Із урахуванням необхідності комп'ютеризації визначена система формалізованого позначення показників.

Розроблений алгоритм дозволяє формувати відносні показники - енергоспоживання на одиницю площі, енергоспоживання на житлове приміщення, енергоспоживання на одного мешканця, частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання.

Алгоритм розрахунку усіх показників (крім первинних) базується на запропонованій математичній системі рівнянь і дозволяє формувати значення за різними напрямками енергоспоживання.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 ОГЛЯД НАПРЯМІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ .....	14
1.1 Основні напрями споживання енергії в житловому секторі .....	14
1.2 Методи визначення даних .....	19
1.3 Характеристика основних споживачів електроенергії житлового будинку..	21
1.4 Статистика споживання енергетичних ресурсів .....	23
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ .....	26
2.1 Показники енергозабезпечення опалення .....	26
2.2 Показники енергозабезпечення охолодження .....	32
2.3 Показники енергозабезпечення гарячого водопостачання .....	36
2.4 Показники енергозабезпечення освітлення .....	41
3 МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ .....	44
3.1 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання опалення .....	44
3.2 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання охолодження .....	48
3.3 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання гарячого водопостачання .....	52
3.4 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання освітлення .....	56
4 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКУ .....	60
4.1 Загальна структура СППР .....	60
4.2 Типи структур СППР енергозабезпечення будинку .....	62
4.3 Характеристика сучасних систем підтримки прийняття рішень.....	65
4.4 Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель .....	73
ВИСНОВКИ .....	76

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	77
Додаток А Демонстраційні матеріали (Презентація) .....	79
Додаток Б Перелік зауважень нормоконтролера .....	89



## ВСТУП

Енергетичне постачання — це комплекс технічних засобів і організаційних заходів для забезпечення споживача. Енергопостачання прийнято розділяти на зовнішнє і внутрішнє. Під зовнішнім енергопостачанням розуміють комплекс споруд, які забезпечують передавання електроенергії від пункту приєднання енергосистеми до пункту приєднання споживача.

Підвищення енергетичної ефективності об'єктів є одним із стратегічно важливих завдань на сьогоднішній час в енергетиці. Основна частина будівель збудована за часів масової забудови, тому енергоємність комунальних послуг на сьогодні є високою. Із зростанням вартості палива актуальність цієї проблеми все зростає. Комплексна енергетична оцінка повинна супроводжуватися проведенням якісного енергетичного обстеження будівель з визначенням енергетичних характеристик та розробкою економічно доцільних енергетичних заходів.

Показник "енергетичної ефективності" трактується як питома величина, що розраховується як результат відношення енергоспоживання в одиницях енергії до даних про діяльність у натуральних одиницях.

$$E_{\text{Eff}} = E_{\text{Fakt}} / \text{Activ} \quad (0.1)$$

Показники енергоефективності розраховуються на рівні кінцевого споживання або на рівні енергоспоживання одиниці обладнання. Наприклад, в житловому секторі енергоспоживання для опалення на одиницю площі є показником енергоефективності на рівні кінцевого споживання, а споживання енергії побутового технічного пристрою є показником енергоефективності на рівні енергоспоживання одиниці обладнання [1].

На зміну значень показників енергоефективності впливають процеси, обумовлені технічним прогресом, соціальними процесами, змінами в поведінці людей, кліматичними умовами. Рівень деталізації показників залежить від наявних ресурсів, доступних даних, особливостей країни і ключових пріоритетів державної політики.

Для підвищення рівня енергоефективності та подальшого раціонального енергозабезпечення житлового сектора необхідно сформувати набір рекомендованих інформативних показників для кожного виду кінцевого споживання.

У 2009 році на нараді країн-членів Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) отримано домовленість про застосування форми анкети для збору статистичних даних, необхідних для розробки показників енергоефективності. МЕА щорічно здійснює збір статистичних даних у країнах-членах Організації економічної співпраці та розвитку (ОЕСР) для оприлюднення показників з енергоефективності в щорічному звіті «Звіт щодо ринку енергоефективності» («Energy Efficiency Market Report»), випуск якого розпочато у 2013 році [2].

У звіті «Energy Efficiency Market Report» МЕА змінює статус енергоефективності з «прихованого паливного резерву» до «палива номер один». Це узгоджується з аналізом у звітах «Прогноз світової енергетики» («World Energy Outlook») [3] і «Перспективи енергетичних технологій» («Energy Technology Perspectives») [4], згідно з якими, близько 40% майбутніх потреб в енергії мають забезпечуватися за рахунок підвищення енергетичної ефективності. Вказаний відсоток корелюється із "Прогнозним цільовим енергетичним балансом України 2035 року" [5].

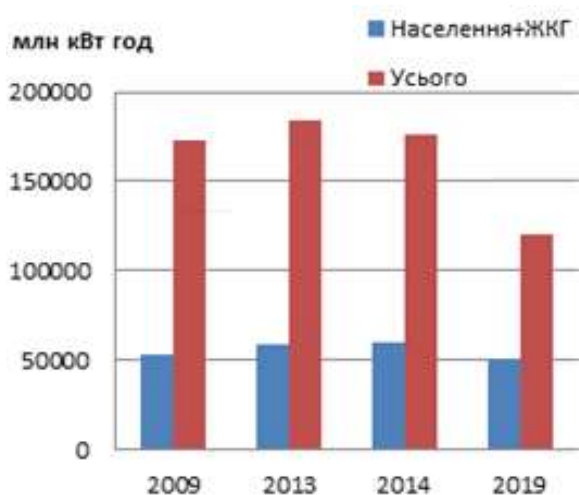
Наприклад, у 2019 році електроспоживання (брутто) в Україні склало 150234,8 млн кВт·г. Споживання електроенергії (нетто) галузями національної економіки та населенням склало 120219,4 млн кВт·г (табл. 0.1). Доля споживання електроенергії, що припадає на населення та житлово-комунальне господарство за останні роки збільшується. Із 31% від загального споживання у 2012 році, 34% у 2014 році до 41% у 2019 році (рис. 0.1,0.2).

Висока вартість будівництва та обслуговування енергетичних мереж, нерациональність споживання енергії вимагають якісної попередньої оцінки ефективності енергопостачання. Вирішення цієї задачі потребує розроблення інструментальних комп'ютеризованих засобів для аналізу показників застосування енергії житловими спорудами, в тому числі з використанням

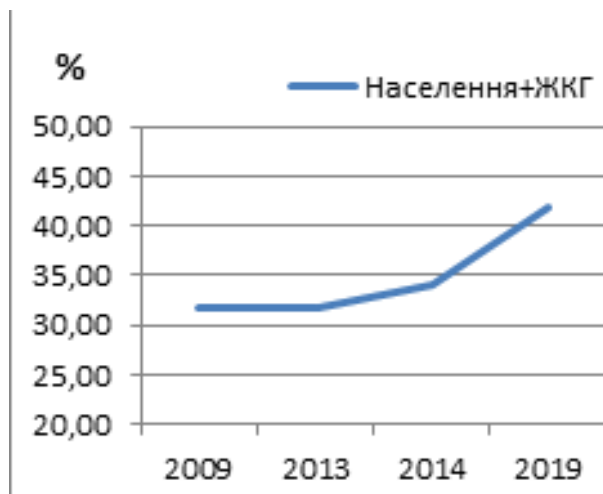
інформаційних технологій зокрема у вигляді систем підтримки прийняття рішень (СППР). Створення СППР передбачає побудову інформаційної моделі системи, аналіз інформаційних потоків та розробку архітектуру системи.

Таблиця 0.1. Структура споживання електроенергії за 2019 рік

Групи споживачів	Ел.споживання 2019р. млн кВт*г	+ / - до 2018 р. млн кВт*г	+ / - до 2018 р. %	Питома вага, % 2018 р.	Питома вага, % 2019 р.
<b>Споживання ел.ен. (брутто)</b>	<b>150234,8</b>	<b>-2979,6</b>	<b>-1,9</b>		
<b>Споживання ел.ен. (нетто)</b>	<b>120219,4</b>	<b>-1924,2</b>	<b>-1,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
у тому числі:					
1.Промисловість	51154,6	-868,5	-1,7	42,6	42,6
у тому числі:					
Паливна	3396,4	-146,8	-4,1	2,9	2,8
Металургійна	28694,2	-864,6	-2,9	24,2	23,9
Хімічна та нафтохімічна	3747,7	632,3	20,3	2,6	3,1
Машинобудівна	3666,1	-418,4	-10,2	3,3	3,0
Будів.матеріалів	2263,9	32,8	1,5	1,8	1,9
Харчова та переробна	4486,1	-50,2	-1,1	3,7	3,7
Інша	4900,1	-53,7	-1,1	4,1	4,1
2.Сільгоспспоживачі	3710,0	-157,8	-4,1	3,2	3,1
3.Транспорт	6603,3	-351,8	-5,1	5,7	5,5
4.Будівництво	967,4	3,0	0,3	0,8	0,8
5.Ком.-побутові споживачі	15066,2	-440,2	-2,8	12,7	12,5
6.Інші непромисл. споживачі	7482,0	601,8	8,7	5,6	6,2
7.Населення	35236,0	-710,8	-2,0	29,4	29,3



а)



б)

Рисунок 0.1 - Споживання електроенергії населенням та житлово-комунальними господарствами в Україні в 2009-2019 роках: а) млн кВт.год, б) відсоток

**Актуальність теми** - підвищення рівня енергоефективності потребує автоматизованого формування набору рекомендованих інформативних показників для кожного виду кінцевого споживання.

**Об'єкт дослідження** – інформаційні засоби енергетичного забезпечення будівель.

**Предмет дослідження** – показники і методика оцінки енергопостачання житлових будинків.

**Мета роботи** - спрощення процесу оцінки якості роботи системи ведення обліку енергопостачання.

**Завдання дослідження** - для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) Провести класифікацію напрямів енергоспоживання за важливими критеріями енергозабезпечення.
- 2) Визначити методи формування показників.
- 3) Проаналізувати показники енергозабезпечення за критеріями обліку.
- 4) Запропонувати математичні залежності для визначення значень аналітичних показників.
- 5) Розробити алгоритм розрахунку показників енергопостачання за різними напрямками енергоспоживання.
- 6) Формувати технічні рекомендації для розробки додатку слідкування за показниками системи оцінки параметрів енергопостачання і формування аналітичних даних за визначеними критеріями аналізу.

**Практична значущість результатів** полягає в розробці структури інформаційних засобів для визначення показників енергопостачання.

**Апробація** результатів - Бусел П.В. Критеріальна оцінка при аналізі структури системи енергопостачання будинку / Матеріали X Науково-технічної конференції студентів та молодих вчених «Сучасні інфокомунікаційні технології». Київ, Державний університет телекомунікацій, 25 травня 2020 р.

**Структура та обсяг бакалаврської роботи.** Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку 19 посилань, 89 сторінок, 36 рисунків, 15 таблиць та 2 додатків.

У **першому розділі** проведений огляд основних напрямів енергозабезпечення житлових будівель.

У **другому розділі** досліджено показники енергозабезпечення житлових будівель.

У **третьому розділі** запропоновано методику формування значень показників енергозабезпечення житлових будівель.

У **четвертому розділі** розроблено структуру системи прийняття рішень енергозабезпечення будівель.

# 1 ОГЛЯД НАПРЯМІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

## ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

### 1.1 Основні напрями споживання енергії в житловому секторі

Згідно звіту Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency, IEA, MEA) споживання енергії в житловому секторі можна об'єднати в шість основних напрямів: опалення, охолодження приміщень, гаряче водопостачання, процеси приготування їжі, освітлення і побутова техніка [2]. Позначення кожного показника споживання починається із відповідної літери. Показники, що починаються на «Н», відносяться до опалення ("Heating, Нагрівання"), на «С» - до охолодження ("Cooling"), на «W» - до гарячого водопостачання ("Water supply"), на «L» - до освітлення ("Lighting"), на «F» - до приготування їжі ("Food") і на «Т» - до побутовий техніці ("Technique") (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Напрями споживання енергії в житловому секторі

Системи опалення (рис. 1.2) в цілому можна розбити на два види, а саме: центральне опалення і місцеве опалення. Системи центрального опалення можуть обігрівати все житлове приміщення і мають водяні і парові системи з радіаторами, стельові або настінні панелі, централізоване тепlopостачання, теплові насоси і т. д. Місцеві системи опалення можна розділити на кілька категорій: автономні

електрообігрівачі, каміни і автономні печі, що використовують нафтопродукти або інші види палива, такі як вугілля і деревина. Нерідко зустрічаються домогосподарства, які використовують поєднання декількох систем, наприклад електрообігрівачі, що заповнюють недостатність основних центральних систем. Системи опалення можуть генерувати тепло, використовуючи різні джерела енергії, такі як електрика, природний газ, вугілля, мазут, зріджений газ, біомасу, активну або пасивну сонячну енергію.

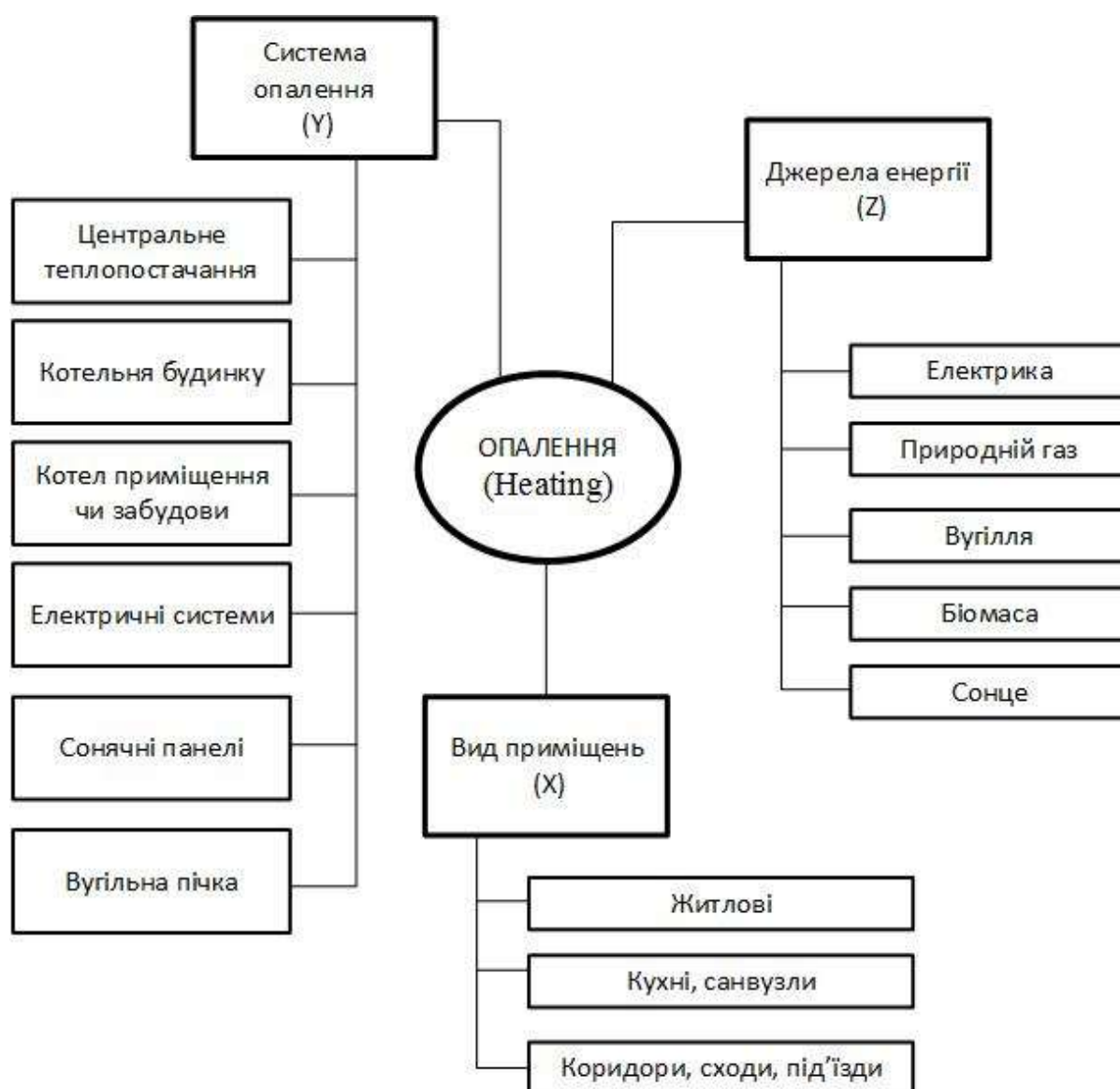


Рисунок 1.2 – Класифікація енергоспоживання для опалення

Обладнання, що використовується для охолодження площі приміщень житлових будинків, можна розділити на дві основні категорії: центральні системи охолодження і кімнатні системи (рис. 1.3). Центральні кондиціонери повітря подають повітря через систему каналів, які також можуть використовуватися центральною системою опалення. Настінні кондиціонери і спліт-системи використовуються для охолодження кімнат. Можливе застосування і інших систем охолодження, наприклад: випарні охолоджувачі, які охолоджують повітря за допомогою випаровування води; теплові насоси можуть використовуватися в реверсному режимі для охолодження повітря; централізоване холодопостачання.

Більшість систем охолодження в житловому секторі працює на електриці.

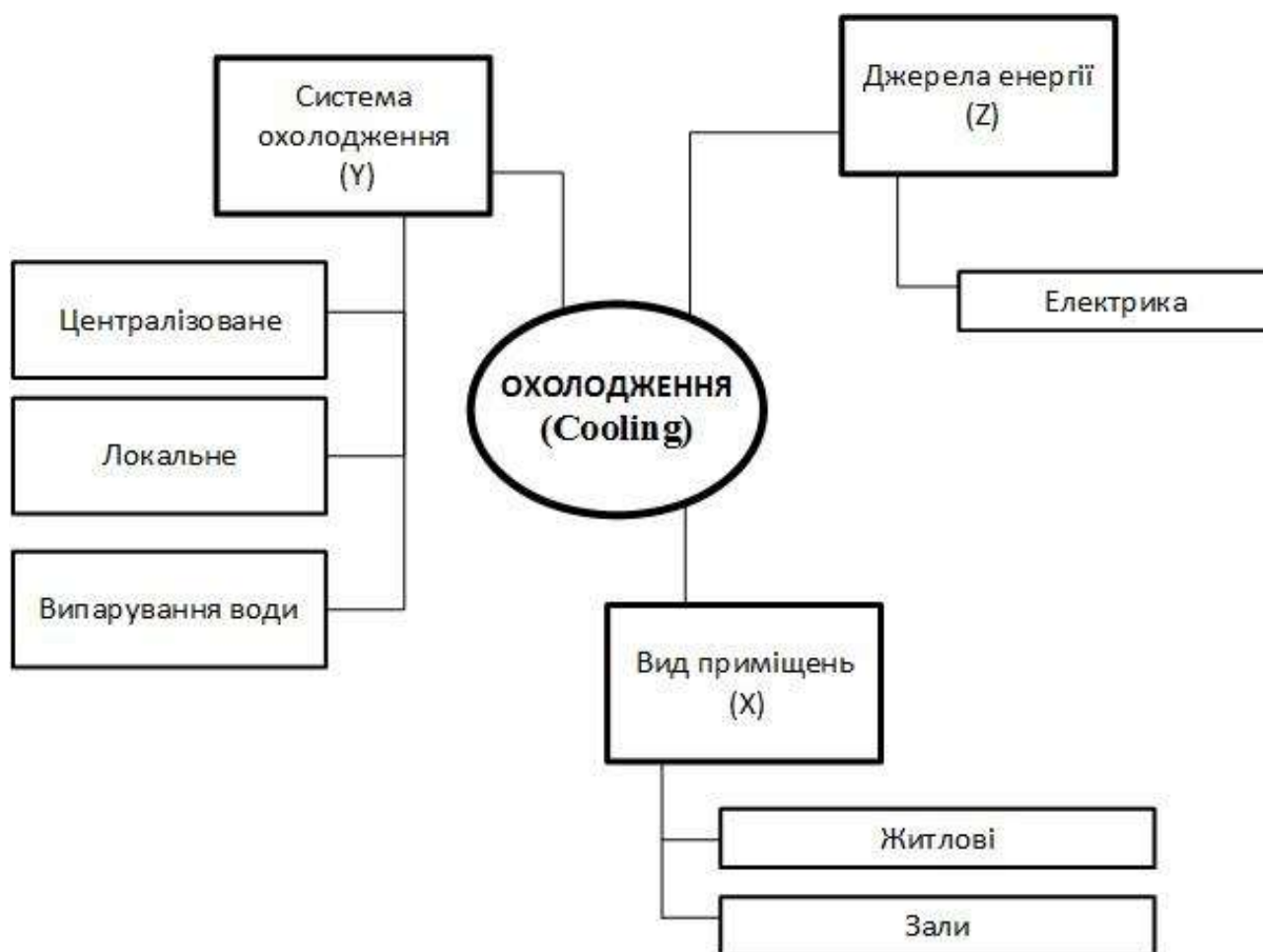


Рисунок 1.3 – Класифікація енергоспоживання для охолодження



Підігріта вода використовується в душах, ваннах, для прання і т. д. Для нагріву води може використовуватися безліч накопичувальних або проточних систем (рис. 1.4). Основні джерела енергії, що застосовуються в системах гарячого водопостачання (ГВП), використовують природний і зріджений газ, електрику, біомасу і теплову енергію сонця. Безпосереднє гаряче водопостачання в житловому секторі також відноситься до гарячого водопостачання для побутових потреб.

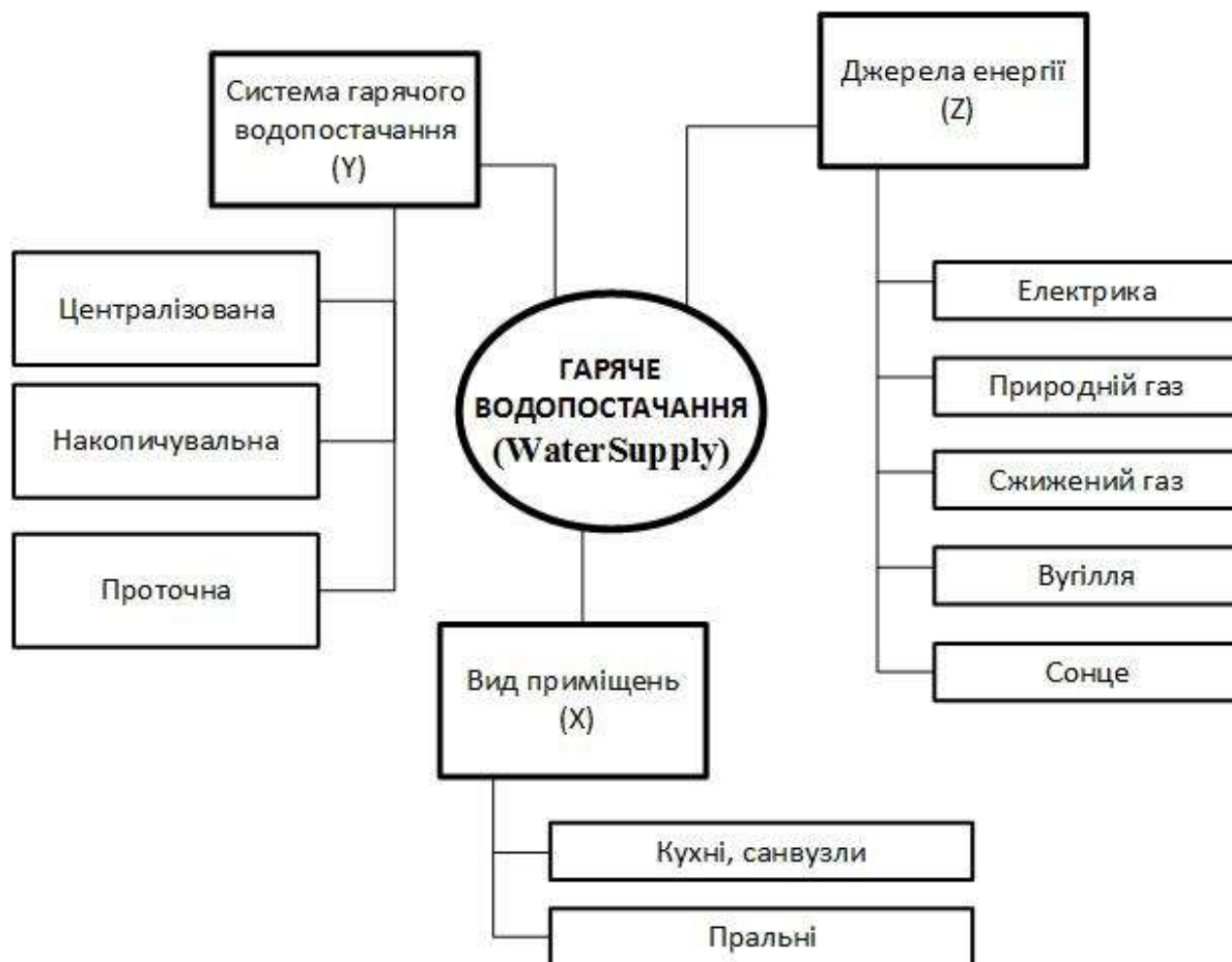


Рисунок 1.4 – Класифікація енергоспоживання для гарячого водопостачання

Основним джерелом енергії для внутрішнього або зовнішнього освітлення приміщень в житлових будинках є електрика (рис. 1.5). Лампи розжарювання поступово замінюються більш економічними освітлювальними приладами, наприклад лампами денного світла, компактними люмінесцентними лампами і світлодіодами. Домогосподарства, які не мають доступу до електроенергії,

використовують підручні форми освітлення, наприклад бензинові генератори або акумуляторні ліхтарі. Поступово набувають широкої популярності сонячні установки для децентралізованого електропостачання.

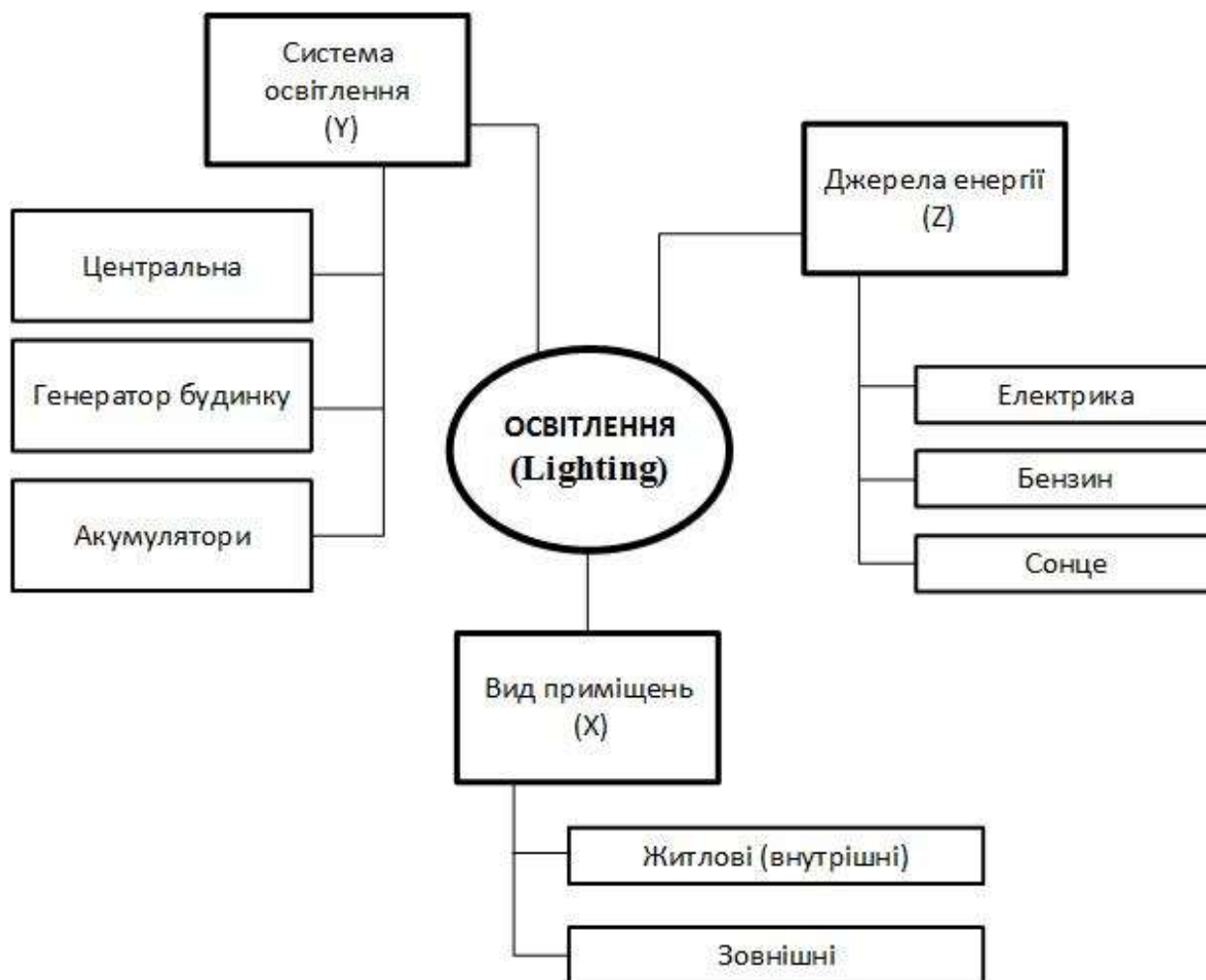


Рисунок 1.5 – Класифікація енергоспоживання для освітлення

Їжу можна готувати з використанням широкого набору пристосувань - від високотехнологічних індукційних кухонних плит до традиційних вогнищ на каміннях. Для приготування їжі використовуються різні джерела енергії, такі як природний газ, електрика, біомаса, скраплений газ і вугілля. Крім плит, в енергоспоживання для процесів приготування їжі також відносяться духовки. Кухонне обладнання, таке як тостери і мікрохвильові печі переважно відносити до категорії побутової техніки.

Побутова техніка містить дві основні категорії: велика техніка (великогабаритні побутові електроприлади) і дрібна побутова техніка. До великої побутової техніки в основному відносять холодильники, морозильні камери, пральні машини, сушарки для білизни і посудомийні машини. Інша побутова техніка об'єднує широкий спектр електроприладів, від електронного обладнання, такого як телевізори, комп'ютери, аудіо- і відеотехніка, до пилососів, мікрохвильових печей і прасок. Майже вся побутова техніка працює на електриці.

## 1.2 Методи визначення даних

Згідно з рекомендаціями Міжнародного енергетичного агентства передбачається чотири основні методи збору даних про енергоспоживання в житловому секторі: адміністративні джерела, обстеження, вимірювання та моделювання [2]. Вибір методу залежить від виду показників споживання і від типу даних (рис. 1.6).

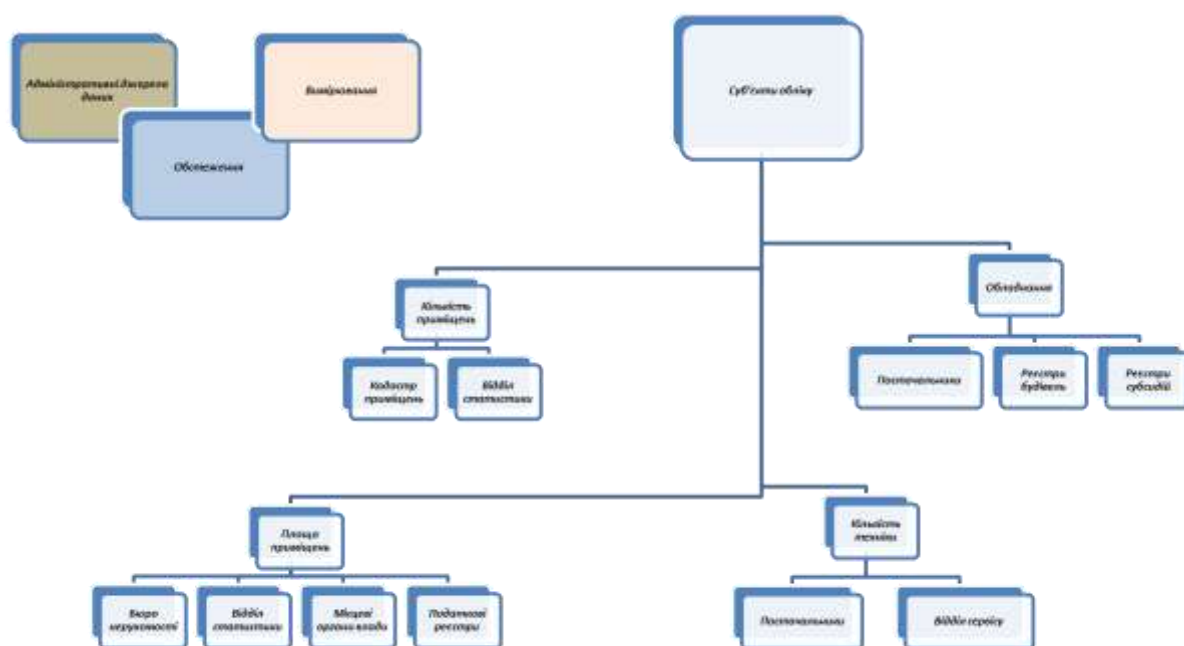


Рисунок 1.6 - Джерела і методи отримання даних про суб'єкти обліку

З адміністративних джерел можуть бути отримані дві основні категорії даних: про суб'єкта обліку і енергоспоживання. Дані про суб'єкт обліку охоплюють широкий спектр даних: кількість приміщень і їх характеристики,

площа приміщень, чисельність мешканців, види систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання, побутову техніку і т. д. Дані про споживання енергії містять відомості про постачання в житловий будинок електроенергії, природного газу та інших видів палива.

Перелік врахованих елементів при обстеженнях в значній степені залежить від мети обстеження, поточної інформації з інших джерел і часу, відведеного на заповнення анкети. Список включає характеристики житлових приміщень (вид житла, площа, вік будівлі, проведення енергоефективної реконструкції, наявність обладнання для поновлюваних джерел енергії), кількість мешканців у приміщеннях, доходи, енергоспоживання і витрати на енергію. Перелік також містить інформацію, більш орієнтовану на види кінцевого споживання: системи опалення та охолодження, системи гарячого водопостачання, процеси приготування їжі, вид освітлення і кількість освітлювальних приладів і виявлення основної побутової техніки.

Вимірювання передбачають збір спеціальних даних про споживання енергії в межах житлового приміщення або будівлі в цілому з використанням відповідних лічильників і вимірювального обладнання. Вимірювання є найбільш точний підхід, який може доповнювати існуючі обстеження домогосподарств і забезпечувати моделі, що використовують дані про поведінку і енергоспоживання мешканців. Наприклад, вимірювання побутової техніки дозволяють краще дізнатися про склад енергоспоживання: частоту, час і тривалість роботи, а також кількість спожитої енергії. Перелік для вимірювання може містити широкий перелік великої техніки, аудіо- та відеотехніки, персональні комп'ютери і дрібну техніку. Крім побутової техніки, спостереження і вимірювання також можуть проводитися щодо інших основних видів кінцевого споживання, таких як опалення, охолодження приміщень, гаряче водопостачання, освітлення та процеси приготування їжі.

Моделювання використовується в якості сполучного елемента між іншими джерелами, такими як обстеження, вимірювання, адміністративні джерела, інформація з податкової служби, дані про оплату, дані про будівництво та

знесення житла і т. п. (рис. 1.7). Моделі використовуються для різних цілей: аналіз сфери енергоспоживання на основі різних припущень і даних; побудова графіків навантаження; оцінка енергоспоживання за добу, тиждень і рік; порівняння конкуруючих джерел енергії для конкретних видів кінцевого споживання; прогнозування. Моделювання процесів визначення показників енергозабезпечення передбачає використання математичних співвідношень між первинними, вторинними та кінцевими показниками.



Рисунок 1.7 - Джерела і методи отримання даних про енергопостачання

### 1.3 Характеристика основних споживачів електроенергії житлового будинку

При енергетичному обстеженні розглядалися такі основні групи споживачів електричної енергії: освітлення, комп'ютерна техніка та побутові прилади. У будинку 70 кв, з яких 40 однокімнатних, 20 двокімнатних, 10 трикімнатних. Дані по загальному енергоспоживанню різним електрообладнанням зведено у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Загальне енергоспоживання

Призначення	Електричне обладнання		N,шт	P,Вт	год/рік	кВт*год /рік
Споживання лампами на сходових клітинах	Лампи	Розжарення	20	75	8760	13140
Споживання обладнанням, що знаходиться у квартирі	Лампи	Розжарення	176	75	4380	68328
		Люмінесцентні	195	80	4380	57816
	Комп'ютерне обладнання	Монітори	40	30	4015	4818
		Системний блок	30	100	4015	12045
		Принтер	28	400	255	2856
		Інше	4	-	-	5300
	Побутове обладнання	Чайник	50	2000	102	10200
		Холодильник	53	800	8760	371424
		НВЧ піч	45	700	128	4032
		Витяжка	50	600	1500	45000
		Пральна машина	49	500	1800	44100
		Пилосос	45	1500	170	11475
		Фен	25	1700	80	3400
		Блендер	20	300	100	600
Споживання обладнанням, що знаходиться у квартирі	Кліматичне обладнання	Кондиціонер	22	1000	640	14080
		Вентилятор	25	40	250	250
	Електричні плити	1	15	9000	1095	147825
		2	25	4100	1095	112237,5
		3	5	9400	1095	51465
		4	8	5000	1095	43800
	Споживання ліфтом	Ліфт	Підйомний	1	3750	1800

## 1.4 Статистика споживання енергетичних ресурсів

У таблицях 1.2–1.4 наведені дані по споживанню за 2016 – 2019 роки по електроенергії, холодному водопостачанню та опаленню. На рисунках 1.2 – 1.4 наведені графіки споживання.

Таблиця 1.2 – Річне споживання електроенергії

Споживання електроенергії за 2016-2019 р.р., кВт*год				
Місяць	2016	2017	2018	2019
Січень	774	790	691	734
Лютий	773	794	673	762
Березень	767	786	666	689
Квітень	729	777	664	678
Травень	725	761	647	656
Червень	713	696	628	680
Липень	686	681	617	634
Серпень	691	682	636	645
Вересень	680	707	650	656
Жовтень	739	744	660	689
Листопад	752	764	686	699
Грудень	757	784	697	750
<b>Σ</b>	<b>8786</b>	<b>8966</b>	<b>7915</b>	<b>8272</b>

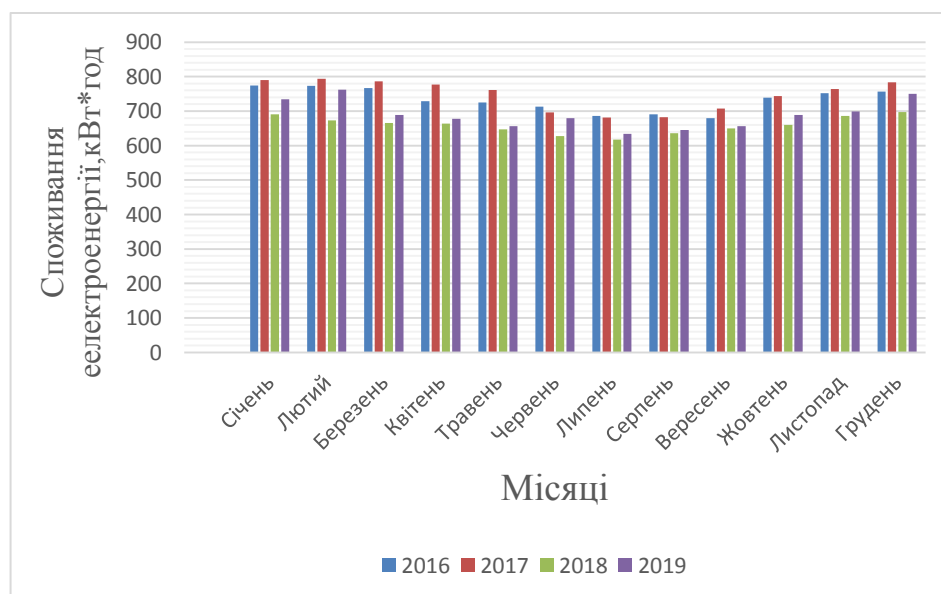


Рисунок 1.8 – Графік споживання електричної енергії по роках

Річне споживання теплової енергії наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Річне споживання теплової енергії

Споживання теплової енергії за 2016-2019 р.р., Гкал				
Місяць	2016	2017	2018	2019
Січень	43,8	39,4	48,1	46,5
Лютий	37,8	34	41,5	39,1
Березень	33,7	30,3	37	35,2
Квітень	9,4	8,5	10,4	9,6
Травень	-	-	-	-
Червень	-	-	-	-
Липень	-	-	-	-
Серпень	-	-	-	-
Вересень	-	-	-	-
Жовтень	21,1	19	23,2	22,4
Листопад	31	27,9	34,1	33,5
Грудень	39,9	35,9	43,8	38,8
Σ	216,6	194,9	238,2	225,1

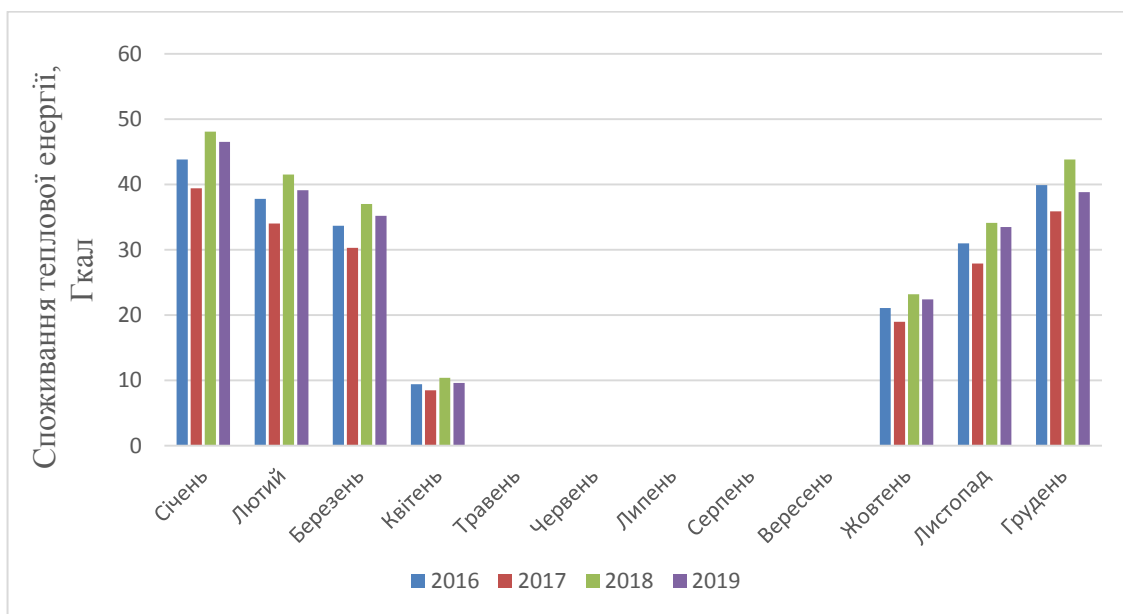


Рисунок 1.9 – Графік споживання теплової енергії по роках

Нижче у таблиці 1.4 наведені дані по споживанню холодної води



Таблиця 1.4 – Річне споживання холодної води

Споживання холодної води за 2016-2019 р.р., м <sup>3</sup>				
Місяць	2016	2017	2018	2019
Січень	439,9	404,2	367,8	412,3
Лютий	395,8	367,5	326,1	365,4
Березень	399	375,8	333,7	347,4
Квітень	396,6	354	330,5	345,2
Травень	390,7	334,5	345,2	352,8
Червень	378,2	354,3	345,8	356,3
Липень	392,1	378,2	316,1	345,5
Серпень	400,2	348,1	378,5	349
Вересень	389,5	358	352,1	374,6
Жовтень	399,5	306,6	328,8	336,7
Листопад	378,8	312,5	350,2	340,2
Грудень	416,9	355	384,5	399,5
<b>Σ</b>	<b>4778,25</b>	<b>4248,93</b>	<b>4158,84</b>	<b>4324,91</b>

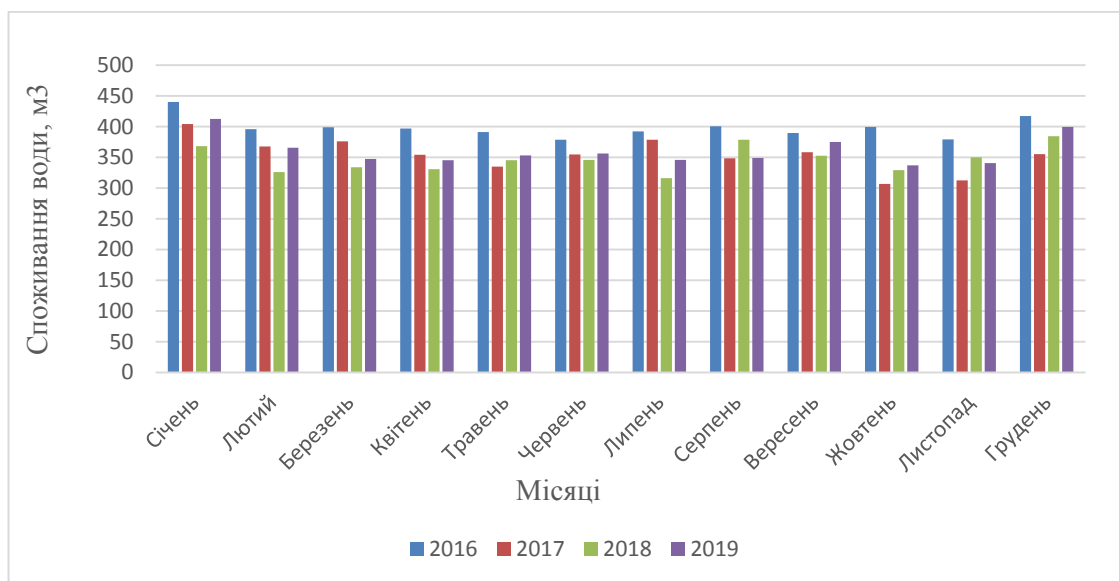


Рисунок 1.10 – Графік споживання холодної води по роках

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Кожен показник споживання представлений на трьох рівнях - від великої гранулярності до дрібної і позначається кодом із трьома символами [1]. Показники, що починаються на «Н», відносяться до опалення ("Heating, Нагрівання"), на «С» - до охолодження ("Cooling"), на «W» - до гарячого водопостачання ("Water supply"), на «L» - до освітлення ("Lighting"), на «F» - до приготування їжі ("Food") і на «Т» - до побутової техніки ("Technique"). Наступне за буквою число вказує на рівень гранулярності. Третій символ (буква) деталізує показники одного і того ж виду кінцевого споживання і рівня.

### 2.1 Показники енергозабезпечення опалення

У таблиці 2.1 наведені основні показники, які використовуються для відстеження споживання енергії для опалення житлових будівель, аналізу енергоефективності та оцінки енергозабезпечення.

Таблиця 2.1 - Показники групи "Опалення"

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
N1a	Загальне енергоспоживання для опалення	В цілому	Загальне енергоспоживання для опалення	Будівля в цілому
N1b	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення			
N2a	Енергоспоживання для опалення на одного мешканця			Чисельність мешканців
N2b	Енергоспоживання для опалення на житлове приміщення			Кількість приміщень

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
Н2с	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі			Загальна площа
Н3а		За видами приміщень	Енергоспоживання для опалення приміщень виду X	Площа приміщень виду X
Н3б		За системами опалення	Енергоспоживання для опалення з системою опалення типу Y	Площа приміщень з системою опалення типу Y
Н3с		За джерелами енергії	Енергоспоживання для опалення з джерелом енергії Z	Площа приміщень з джерелом енергії Z

У таблиці 2.1 використовуються такі визначення.

Загальне енергоспоживання для опалення (ЕН) - загальне споживання енергії, для опалення приміщень житлового будинку (або декількох будинків), тобто усі типи джерел енергії (електрика, природний газ, біомаса і т. д.), що використовуються всіма видами систем опалення (центральними або місцевими) для всіх видів приміщень житлового будинку (або декількох будинків). Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показників (Н2а), (Н2б) і (Н2с). Значення показника ЕН корелюється із значеннями показників загального енергоспоживання, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв – виду приміщень, системи опалення, джерела енергії:

$$ЕН = ЕНХ0 \text{ або } ЕНУ0 \text{ або } ЕНЗ0 . \quad (2.1)$$

Енергоспоживання для опалення приміщень виду "х" (ЕНХ0) – загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень певного виду: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (Н3а). Показник "х" приймає значення від 1 до X, показник ЕНХх – це окреме значення для приміщень типу "х" в множині значень {ЕНХ1...ЕНХХ}.

При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад,  $ЕНХ1$  вказує на енергоспоживання в житлових приміщеннях, а  $ЕНХ2$  – на енергоспоживання в приміщеннях кухонь і санвузлів. Загальне енергопостачання для опалення із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ЕНХ0$  і формується як сума окремих значень  $ЕНХx$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ЕНХ0 = \sum_x ЕНХx = ЕНХ1 + ЕНХ2 + \dots + ЕНХx. \quad (2.2)$$

Енергоспоживання для опалення приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення виду "у" ( $ЕНУ0$ ) - загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення або обладнання певного виду: центральне опалення, централізоване тепlopостачання, автономні печі і т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (НЗб). Показник "у" приймає значення від 1 до  $У$ , показник  $ЕНУу$  – це окреме значення для системи опалення типу "у" в множині значень  $\{ЕНУ1...ЕНУУ\}$ . Оскільки в житловому будинку для опалення використовується, зазвичай, один вид системи опалення (наприклад, центральне тепlopостачання), то в цій множині тільки один відповідний показник за своїм значенням не дорівнює нулю. Але при розрахунку цього показника для декількох забудов, наприклад в районі міста, отримана множина може мати декілька ненульових значень. Наприклад,  $ЕНУ1$  вказує на енергоспоживання при центральному тепlopостачанні одних будівель, а  $ЕНУ2$  – на енергоспоживання автономних печей інших окремих будівель. Загальне енергопостачання для опалення із урахуванням системи опалення як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ЕНУ0$  і формується як сума окремих значень  $ЕНУу$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ЕНУ0 = \sum_y ЕНУу = ЕНУ1 + ЕНУ2 + \dots + ЕНУУ. \quad (2.3)$$

Енергоспоживання для опалення приміщень житлового будинку, що використовують джерело енергії "z" для їх опалення ( $ЕНZ0$ ) - загальне

споживання енергії для опалення приміщень, які використовують різні джерела енергії: електрику, природний газ, деревину, вугілля і т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (H3c). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник  $ENZz$  – це окреме значення для джерела енергії типу "z" в множині значень  $\{ENZ1...ENZz\}$ . Оскільки в житловому будинку для опалення використовується, зазвичай, один вид джерела енергії (наприклад, центральне тепlopостачання), то в цій множині тільки один відповідний показник за своїм значенням не дорівнює нулю. Але при розрахунку цього показника для декількох забудов, наприклад в районі міста, отримана множина може мати декілька ненульових значень. Наприклад,  $ENZ1$  вказує на енергоспоживання при опаленні із використанням вугілля в одних будівлях, а  $ENZ2$  – на енергоспоживання при опаленні із використанням природнього газу в інших будівлях. Загальне енергопостачання для опалення із урахуванням джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ENZ0$  і формується як сума окремих значень  $ENZz$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ENZ0 = \sum_z ENZz = ENZ1 + ENZ2 + \dots + ENZZ. \quad (2.4)$$

Будівля в цілому (Building) - окрема житлова будова, моноблочні будинки, зблоковані двоквартирні будинки, зблоковані багатоквартирні будинки, мобільні будинки і т. д., в яких передбачено енергозабезпечення для опалення приміщень.

Чисельність мешканців будинку (RT - ResidentsTotal) - використовується в якості знаменника для розрахунку показника (H2a).

Кількість приміщень (HNT - HeatingNumberTotal) - загальна кількість опалювальних приміщень в будівлі. Враховує всі види приміщень в житлових будівлях, в яких передбачено опалення. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (H2b).

Загальна площа (HAT - HeatingAreaTotal) - загальна площа всіх приміщень в будівлі, в яких передбачено енергозабезпечення для опалення. Враховує всі види приміщень житлового будинку: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина

використовується в якості знаменника для розрахунку показника (Н2с). Значення показника НАТ корелюється із значеннями показників загальної площі, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв як основних – виду приміщень, системи опалення, джерела енергії:

$$\text{НАТ} = \text{НАХ0} \text{ або } \text{НАУ0} \text{ або } \text{НАZ0} . \quad (2.5)$$

Площа приміщень виду "x" (НАХ0 - HeatingAreaX) - загальна площа приміщень певного виду в житлових будинках, в яких передбачено енергозабезпечення для опалення: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (Н3а). Показник "x" приймає значення від 1 до X, показник НАХx – це окреме значення для приміщень типу "x" в множині значень {НАХ1...НАХX}. При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад, НАХ1 вказує на площу житлових приміщень, а НАХ2 – на площу приміщень кухень і санвузлів. Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для опалення із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику НАХ0 і формується як сума окремих значень НАХx (для декількох будівель або окремого будинку):

$$\text{НАХ0} = \sum_x \text{НАХx} = \text{НАХ1} + \text{НАХ2} + \dots + \text{НАХX} . \quad (2.6)$$

Площа житлових приміщень, які використовують систему опалення типу "y" (НАУ0 – HeatingAreaY) - загальна площа житлових приміщень, що використовують систему опалення або обладнання певного типу: центральне опалення, централізоване тепlopостачання, автономні печі і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (Н3b). Показник "y" приймає значення від 1 до Y, показник НАУy – це окреме значення для системи опалення типу "y" в множині значень {НАУ1...НАУY}. Оскільки в житловому будинку для опалення використовується, зазвичай, один вид системи опалення (наприклад, центральне тепlopостачання), то в цій множині тільки один

відповідний показник за своїм значенням не дорівнює нулю. Але при розрахунку цього показника для декількох забудов, наприклад в районі міста, отримана множина може мати декілька ненульових значень. Наприклад,  $HA_{Y1}$  вказує на площу приміщень із центральним теплопостачанням одних будівель, а  $HA_{Y2}$  – на площу приміщень із автономними печами інших окремих будівель. Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для опалення із урахуванням системи опалення як основного, в такому випадку відповідає показнику  $HA_{Y0}$  і формується як сума окремих значень  $HA_{Yu}$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$HA_{Y0} = \sum_Y HA_{Yu} = HA_{Y1} + HA_{Y2} + \dots + HA_{YU}. \quad (2.7)$$

Площа житлових приміщень, які використовують джерела енергії "z" для їх опалення ( $HA_{Z0}$  – HeatingAreaZ) - загальна площа житлових приміщень, які використовують для опалення різні джерела енергії: електрику, природний газ, деревину, вугілля і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (НЗс). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник  $HA_{Zz}$  – це окреме значення для джерела енергії типу "z" в множині значень  $\{HA_{Z1} \dots HA_{ZZ}\}$ . Оскільки в житловому будинку для опалення використовується, зазвичай, один вид джерела енергії (наприклад, центральне теплопостачання), то в цій множині тільки один відповідний показник за своїм значенням не дорівнює нулю. Але при розрахунку цього показника для декількох забудов, наприклад в районі міста, отримана множина може мати декілька ненульових значень. Наприклад,  $HA_{Z1}$  вказує на площу приміщень із використанням вугілля в одних будівлях, а  $HA_{Z2}$  – на площу приміщень із використанням природного газу в інших будівлях. Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для опалення із урахуванням джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику  $HA_{Z0}$  і формується як сума окремих значень  $HA_{Zz}$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$HA_{Z0} = \sum_Z HA_{Zz} = HA_{Z1} + HA_{Z2} + \dots + HA_{ZZ}. \quad (2.8)$$

## 2.2 Показники енергозабезпечення охолодження

У таблиці 2.2 наведені основні показники, які використовуються для відстеження споживання енергії для охолодження житлових будівель, аналізу енергоефективності та оцінки енергозабезпечення.

Таблиця 2.2 - Показники групи "Охолодження"

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
C1a	Загальне енергоспоживання для охолодження	В цілому	Загальне енергоспоживання для охолодження	Будівля в цілому
C1b	Частка електроенергії в загальній структурі енергоспоживання для охолодження			
C2a	Енергоспоживання для охолодження на приміщення			Кількість приміщень
C2b	Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі	За видами приміщень	Енергоспоживання для охолодження приміщень виду X	Загальна площа
C3a				Площа охолоджуваних приміщень виду X
C3b				Площа приміщень з системою охолодження типу Y
C3c				Площа охолоджуваних приміщень з джерелом енергії Z



У таблиці 2.2 використовуються такі визначення.

Загальне енергоспоживання для охолодження (ЕС) - загальне споживання енергії, використовуваної для охолодження всіх приміщень житлового будинку, що мають системи охолодження. Охоплює всі види систем охолодження. Використовується як чисельник для розрахунку показників (С2а) і (С2b). Значення показника ЕС корелюється із значеннями показників загального енергоспоживання, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв – виду приміщень, системи опалення, джерела енергії:

$$ЕС = ЕСХ0 \text{ або } ЕСУ0 \text{ або } ЕСZ0 . \quad (2.9)$$

Енергоспоживання для охолодження приміщень виду "х" (ЕСХ0) - загальне споживання енергії для охолодження приміщень в житловому будинку різного виду. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (С3а). Показник "х" приймає значення від 1 до Х, показник ЕСХх – це окреме значення для приміщень типу "х" в множині значень {ЕСХ1...ЕСХХ}. При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад, ЕСХ1 вказує на енергоспоживання в житлових приміщеннях, а ЕСХ2 – на енергоспоживання в приміщеннях кухень і санвузлів. Загальне енергопостачання для охолодження із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику ЕСХ0 і формується як сума окремих значень ЕСХх (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ЕСХ0 = \sum_X ЕСХх = ЕСХ1 + ЕСХ2 + \dots + ЕСХХ . \quad (2.10)$$

Енергоспоживання для охолодження приміщень з системою охолодження типу "у" (ЕСУ0) - загальне споживання енергії для охолодження приміщень в житловому будинку, що використовують систему охолодження або обладнання певного виду: центральне охолодження, кімнатна (віконні або спліт-системи). Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (С3b). Показник "у" приймає значення від 1 до У, показник ЕСУу – це окреме значення для системи охолодження "у" в множині значень {ЕСУ1...ЕСУУ}. Загальне

енергопостачання для охолодження із урахуванням системи охолодження як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ECY0$  і формується як сума окремих значень  $ECYy$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ECY0 = \sum_y ECYy = ECY1 + ECY2 + \dots + ECYy. \quad (2.11)$$

Енергоспоживання для охолодження приміщень з джерелом енергії "z" для їх охолодження ( $ECZ0$ ) - загальне споживання енергії для охолодження приміщень в житлових будинках, в яких в системах охолодження використовується різні джерела енергії. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (C3c). Оскільки в даний час більшість систем охолодження працює на електриці, то показник  $ECZ0$  єдиний у цієї групі можливої множини значень.

Будівля в цілому (Building) - окрема житлова будова, моноблочні будинки, зблоковані двоквартирні будинки, зблоковані багатоквартирні будинки, мобільні будинки і т. д., в яких передбачено енергозабезпечення для охолодження.

Кількість приміщень (CNT – CoolingNumberTotal) - загальна кількість приміщень в житловому будинку, в яких передбачено енергозабезпечення для охолодження. Враховує всі види охолоджуваних приміщень в житлових будівлях (використовується в якості знаменника для розрахунку показника (C2a)).

Загальна площа (CAT - CoolingAreaTotal) - загальна площа всіх приміщень у житловому будинку, що мають систему охолодження або обладнання. Враховує всі види охолоджуваних приміщень житлового будинку: житлові приміщення, приміщення кухонь та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Використовується в якості знаменника для розрахунку показника (C2b). Значення показника CAT корелюється із значеннями показників загальної площі, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв – виду приміщень, системи охолодження, джерела енергії:

$$CAT = CAX0 \text{ або } CAY0 \text{ або } CAZ0. \quad (2.12)$$

Охолоджувана площа приміщень виду "x" ( $CAx0$  - CoolingAreaX) - загальна площа приміщень різного виду в житловому будинку, що мають систему охолодження. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (С3а). Показник "x" приймає значення від 1 до X, показник  $CAx_x$  – це окреме значення для приміщень типу "x" в множині значень  $\{CAx1...CAxX\}$ . При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад,  $CAx1$  вказує на площу житлових приміщень, а  $CAx2$  – на площу приміщень кухень і санвузлів. Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для охолодження із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику  $CAx0$  і формується як сума окремих значень  $CAx_x$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$CAx0 = \sum_x CAx_x = CAx1 + CAx2 + \dots + CAxX. \quad (2.13)$$

Охолоджувана площа приміщень, які використовують систему охолодження типу "y" ( $CAy0$  – CoolingAreaY) - загальна площа приміщень в житловому будинку, що використовують систему охолодження або обладнання певного типу: центральне охолодження, кімнатна (віконні або розчленовані системи). Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (С3b). Показник "y" приймає значення від 1 до Y, показник  $CAy_y$  – це окреме значення для системи охолодження типу "y" в множині значень  $\{CAy1...CAyY\}$ . Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для охолодження із урахуванням системи охолодження як основного, в такому випадку відповідає показнику  $CAy0$  і формується як сума окремих значень  $CAy_y$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$CAy0 = \sum_y CAy_y = CAy1 + CAy2 + \dots + CAyY. \quad (2.14)$$

Охолоджувана площа приміщень, які використовують джерело енергії "z" для їх охолодження ( $CAz0$  – CoolingAreaZ) - загальна площа приміщень в житловому будинку з кондиціонуванням повітря, що використовують різні джерела енергії. Ця величина використовується в якості знаменника для

розрахунку показника (СЗс). Оскільки в даний час більшість систем охолодження працює на електриці, то показник CAZO єдиний у цієї групі можливої множини значень.

### 2.3 Показники енергозабезпечення гарячого водопостачання

У таблиці 2.3 наведені основні показники, які використовуються для відстеження споживання енергії для гарячого водопостачання житлових будівель, аналізу енергоефективності та оцінки енергозабезпечення.

Таблиця 2.3 - Показники групи "Гаряче водопостачання"

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
W1a	Загальне енергоспоживання для ГВП	В цілому	Енергоспоживання для ГВП	Будівля в цілому
W1b	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для ГВП			
W2a	Енергоспоживання для ГВП на одного мешканця			Чисельність мешканців
W2b	Енергоспоживання для ГВП на приміщення	За видами систем ГВП	Енергоспоживання приміщень з системою ГВП типу Y	Кількість приміщень
W3a				Кількість приміщень з системою ГВП типу Y
W3b		За джерелами енергії	Енергоспоживання приміщень з ГВП та джерелом енергії Z	Кількість приміщень з ГВП та джерелом енергії Z

У таблиці 2.3 використовуються такі визначення.

Енергоспоживання для ГВП (EW) - загальне споживання енергії, використовуваної для гарячого водопостачання всіх приміщень житлового будинку. Враховує всі види джерел енергії (електрика, природний газ, біомасу, сонячну енергію та т. д.), які використовуються усіма видами систем ГВП (місцевими або центральними). Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показників (W2a) і (W2b). Значення показника EW корелюється із значеннями показників загального енергоспоживання, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв як основних – системи ГВП або джерела енергії:

$$EW = EWY0 \text{ або } EWZ0 . \quad (2.15)$$

Енергоспоживання приміщень з системою ГВП типу "у" (EWY0) - загальне споживання енергії для ГВП всіх приміщень житлового будинку, що використовують систему ГВП певного типу: бойлери прямого або непрямого нагріву, електричні системи ГВП, об'єднання з системою опалення, сонячні колектори і т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (W3a). Показник "у" приймає значення від 1 до Y, показник EWYy – це окреме значення для системи ГВП типу "у" в множині значень {EWY1...EWYY}. Загальне енергопостачання для ГВП із урахуванням системи ГВП як основного, в такому випадку відповідає показнику EWY0 і формується як сума окремих значень EWYy (для декількох будівель або окремого будинку):

$$EWY0 = \sum_Y EWYy = EWY1 + EWY2 + \dots + EWYY . \quad (2.16)$$

Енергоспоживання приміщень з ГВП та джерелом енергії "z" (EWZ0) - загальне споживання енергії для ГВП всіх приміщень житлового будинку, що використовують джерело енергії певного виду: електрику, природний газ, зріджений газ, сонячну енергію та т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (W3b). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник EWZz – це окреме значення для ГВП із джерелом енергії типу "z" в множині значень {EWZ1...EWZZ}. Загальне енергопостачання із урахуванням

джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику  $EWZ0$  і формується як сума окремих значень  $EWZz$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$EWZ0 = \sum_z EWZz = EWZ1 + EWZ2 + \dots + EWZZ. \quad (2.17)$$

Будівля в цілому (Building) - окрема житлова будова, моноблочні будинки, зблоковані двоквартирні будинки, зблоковані багатоквартирні будинки, мобільні будинки і т. д., в яких передбачено гаряче водопостачання.

Чисельність мешканців будинку ( $RT$  - ResidentsTotal) - використовується в якості знаменника для розрахунку показника ( $W2a$ ).

Кількість приміщень ( $WNT$  – WatersupplyNumberTotal) - загальна кількість приміщень в будівлі, в яких передбачається ГВП: бойлери прямого або непрямого нагріву, електричні системи ГВП, в поєднанні з системою опалення, сонячні колектори і т. д. Враховує всі види приміщень в житлових будівлях. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника ( $W2b$ ). Значення показника  $WNT$  корелюється із значеннями показників загальної кількості, що розраховуються із урахуванням одного або декількох критеріїв як основних – системи ГВП або джерела енергії:

$$WNT = WNY0 \text{ або } WNZ0. \quad (2.18)$$

Кількість приміщень з системою ГВП типу "у" ( $WNY0$  – WatersupplyNumberY) - загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують систему ГВП певного типу: бойлери прямого або непрямого нагріву, електричні системи ГВП, в поєднанні з системою опалення, сонячні колектори і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника ( $W3a$ ). Показник "у" приймає значення від 1 до Y, показник  $WNY_u$  – це окреме значення для системи опалення типу "у" в множині значень  $\{WNY1\dots WNY_Y\}$ . Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що забезпечується енергопостачанням для ГВП із урахуванням системи ГВП як

основного, в такому випадку відповідає показнику  $WNY_0$  і формується як сума окремих значень  $WNY_y$ :

$$WNY_0 = \sum_y WNY_y = WNY_1 + WNY_2 + \dots + WNY_y. \quad (2.19)$$

Кількість житлових приміщень з ГБП та джерелом енергії "z" ( $WNZ_0$  – WatersupplyNumberZ) - загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують для отримання гарячої води джерело енергії певного виду: електрику, природний газ, зріджений газ, сонячну енергію та т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника ( $W3b$ ). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник  $WNZ_z$  – це окреме значення для джерела енергії типу "z" в множині значень  $\{WNZ_1 \dots WNZ_Z\}$ . Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що забезпечується енергопостачанням для отримання гарячої води із урахуванням джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику  $WNZ_0$  і формується як сума окремих значень  $WNZ_z$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$WNZ_0 = \sum_z WNZ_z = WNZ_1 + WNZ_2 + \dots + WNZ_Z. \quad (2.20)$$

#### 2.4 Показники енергозабезпечення освітлення

У таблиці 2.4 наведені основні показники, які використовуються для відстеження споживання енергії для освітлення житлових будівель, аналізу енергоефективності та оцінки енергозабезпечення.

Таблиця 2.4 - Показники групи "Освітлення"

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
L1a	Загальне енергоспоживання для освітлення	В цілому	Загальне енергоспоживання для освітлення	Будівля в цілому
L1b	Споживання електроенергії в загальній структурі енергоспоживання			

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку
	для освітлення			
L2a	Енергоспоживання для освітлення на одного мешканця			Чисельність мешканців
L2b	Енергоспоживання для освітлення на житлове приміщення			Кількість приміщень
L2c	Енергоспоживання для освітлення на одиницю площі			Площа приміщень
L3a	Енергоспоживання для освітлення на житлове приміщення	За видами приміщень	Енергоспоживання для освітлення приміщень виду X	Кількість приміщень виду X
L3b	Енергоспоживання для освітлення на одиницю площі			Площа приміщень виду X
L3c	Енергоспоживання для освітлення приміщень з джерелом енергії Z	За джерелами енергії	Енергоспоживання для освітлення з джерелом енергії Z	Кількість приміщень з джерелом енергії Z

У таблиці 2.4 використовуються такі визначення.

Загальне енергоспоживання для освітлення (EL) - загальне споживання енергії, використаної для освітлення всіх приміщень в житлових будинках. Враховує всі види енергоресурсів, які використовуються усіма видами освітлювальних приладів (лампи розжарювання, лампи денного світла, компактні пристрої і т. д.). Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показників (L2a), (L2b) і (L2c). Показник EL для окремого будинку дорівнює значенню показника ELX0, а для декількох будинків формується як сума значень ELX0 окремих будинків.

Енергоспоживання для освітлення приміщень виду "x" (ELX0) - загальне споживання енергії для освітлення приміщень в житлових будинках певного виду: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди, прибудинкова територія (біля під'їздів) і т. д. Це споживання



використовується як чисельник для розрахунку показників (L3a) і (L3b). Показник "x" приймає значення від 1 до X, показник  $ELX_x$  – це окреме значення для приміщень типу "x" в множині значень  $\{ELX_1 \dots ELX_X\}$ . При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад,  $ELX_1$  вказує на енергоспоживання для освітлення в житлових приміщеннях, а  $ELX_2$  – на енергоспоживання для освітлення в приміщеннях кухень і санвузлів. Загальне енергопостачання для освітлення приміщень із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ELX_0$  і формується як сума окремих значень  $ELX_x$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ELX_0 = \sum_x ELX_x = ELX_1 + ELX_2 + \dots + ELX_X . \quad (2.21)$$

Енергоспоживання приміщень для освітлення із джерелом енергії "z" ( $ELZ_0$ ) - загальне споживання енергії для освітлення усіх приміщень житлового будинку, що використовують джерело енергії певного виду: електрику, сонячну енергію, бензогенератор та т. д. Це споживання використовується як чисельник для розрахунку показника (L3c). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник  $ELZ_z$  – це окреме значення для освітлення із джерелом енергії типу "z" в множині значень  $\{ELZ_1 \dots ELZ_Z\}$ . Загальне енергопостачання із урахуванням джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику  $ELZ_0$  і формується як сума окремих значень  $ELZ_z$  (для декількох будівель або окремого будинку):

$$ELZ_0 = \sum_z ELZ_z = ELZ_1 + ELZ_2 + \dots + ELZ_Z . \quad (2.22)$$

Кількість житлових приміщень з освітленням та джерелом енергії "z" ( $LNZ_0$  – LightingNumberZ) - загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують для освітлення джерело енергії певного виду: електрику, сонячну енергію, бензогенератор та т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L3c). Показник "z" приймає значення від 1 до Z, показник  $LNZ_z$  – це окреме значення для джерела енергії типу "z" в множині значень  $\{LNZ_1 \dots LNZ_Z\}$ . Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що

забезпечується енергопостачанням для освітлення із урахуванням джерела енергії як основного, в такому випадку відповідає показнику LNZ0 і формується як сума окремих значень LNZZ (для декількох будівель або окремого будинку):

$$\text{LNZ0} = \sum_z \text{LNZZ} = \text{LNZ1} + \text{LNZ2} + \dots + \text{LNZZ} . \quad (2.23)$$

Будівля в цілому (Building) - окрема житлова будова, моноблочні будинки, зблоковані двоквартирні будинки, зблоковані багатоквартирні будинки, мобільні будинки і т. д., в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення.

Чисельність мешканців будинку (RT - ResidentsTotal) - використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L2a).

Кількість приміщень (LNT – LightingNumberTotal) - загальна кількість приміщень в житловому будинку, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення. Враховує всі види приміщень житлового будинку: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L2b). Показник LNT для окремого будинку дорівнює значенню показника LNX0, а для декількох будинків формується як сума значень LNX0 окремих будинків.

Площа приміщень (LAT - LightingAreaTotal) - загальна площа усіх приміщень у житловому будинку, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення. Враховує всі види приміщень житлового будинку: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L2c). Показник LAT для окремого будинку дорівнює значенню показника LAX0, а для декількох будинків формується як сума значень LAX0 окремих будинків.

Кількість приміщень виду "x" (LNX0 - LightingNumberX) - загальна кількість приміщень певного виду в житлових будинках, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина

використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L3a). Показник "x" приймає значення від 1 до X, показник LNXx – це окреме значення для приміщень типу "x" в множині значень {LNX1...LNXx}. При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад, LNX1 вказує на кількість житлових приміщень, а LNX2 – на кількість приміщень кухень і санвузлів. Загальна кількість приміщень, що забезпечується енергопостачанням для освітлення із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику LNX0 і формується як сума окремих значень LNXx:

$$LNX0 = \sum_x LNXx = LNX1 + LNX2 + \dots + LNXx. \quad (2.24)$$

Площа приміщень виду "x" (LAX0 - LightingAreaX) - загальна площа приміщень певного виду в житлових будинках, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення: житлові приміщення, приміщення кухень та санвузлів, коридори, сходові прольоти, під'їзди і т. д. Ця величина використовується в якості знаменника для розрахунку показника (L3b). Показник "x" приймає значення від 1 до X, показник LAXx – це окреме значення для приміщень типу "x" в множині значень {LAX1...LAXx}. При розрахунку цього показника отримана множина має декілька ненульових значень. Наприклад, LAX1 вказує на площу житлових приміщень, а LAX2 – на площу приміщень кухень і санвузлів. Загальна площа будівель, що забезпечується енергопостачанням для освітлення із урахуванням виду приміщень як основного, в такому випадку відповідає показнику LAX0 і формується як сума окремих значень LAXx:

$$LAX0 = \sum_x LAXx = LAX1 + LAX2 + \dots + LAXx. \quad (2.25)$$

### 3 МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

#### 3.1 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання опалення

Показники енергопостачання опалення із врахуванням методу їх формування вказано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Формування показників групи "Опалення"

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
H1a	Загальне енергоспоживання для опалення будинку	EH	Кінцевий	Моделювання
H1b	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення будинку	EHZO	Кінцевий	Моделювання
H2a	Енергоспоживання для опалення на одного мешканця	-	Кінцевий	Моделювання
H2b	Енергоспоживання для опалення на житлове приміщення	-	Кінцевий	Моделювання
H2c	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі будинку	-	Кінцевий	Моделювання
H3a	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "вид приміщень"	-	Кінцевий	Моделювання
H3b	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип системи опалення або обладнання"	-	Кінцевий	Моделювання
H3c	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії"	-	Кінцевий	Моделювання
-	Площа житлових приміщень, які використовують джерело енергії Zz	HAZz	Первинний	Вимірювання Адміністративний Обстеження

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
-	Загальна площа житлових приміщень, які використовують для опалення різні джерела енергії	HAZO	Проміжний	Вимірювання Моделювання
-	Площа житлових приміщень, які використовують систему опалення типу Y	HAYu	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна площа житлових приміщень, що використовують систему опалення або обладнання певного типу	HAyO	Проміжний	Вимірювання Моделювання
-	Площа приміщень певного виду X	HAXx	Первинний	Адміністративний
-	Загальна площа приміщень певного виду в житлових будинках	HAXO	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Загальна площа усіх приміщень із опаленням в будинку	HAT	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Кількість приміщень із опаленням	HNT	Первинний	Адміністративний Вимірювання Обстеження
-	Чисельність мешканців будинку	RT	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення	ENZz	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення приміщень, які використовують різні джерела енергії	ENZO	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Енергоспоживання для опалення приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення виду Y	ENYu	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення або обладнання	ENyO	Проміжний	Моделювання Вимірювання

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
	певного виду			
-	Енергоспоживання для опалення приміщень виду X	ЕНХх	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень певного виду	ЕНХ0	Проміжний	Моделювання Вимірювання

Аналіз вмісту таблиці 3.1 показує на необхідність розрахунку значної кількості показників. Відповідні співвідношення формуються із урахуванням результатів досліджень показників енергозабезпечення опалення, що зроблено в розділі 2.

Запропонована система рівнянь передбачає наступний алгоритм розрахунку параметрів енергозабезпечення будинків для опалення (рис. 3.1).

На початку завантажуються значення загальних даних ННТ і RT. Подальші дії залежать від критерію аналізу X, Y або Z. Відповідно до необхідного критерію організовується порядок завантаження відомих та розрахунку необхідних показників. Алгоритм узагальнюється кінцевим обчисленням значень показників Н2а, Н2б, Н2с.

Формули для розрахунку показників енергозабезпечення опалення мають наступний вигляд:

- Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "вид приміщень":

$$Н3а = \frac{ЕНХ0}{НАХ0} = \frac{\sum_X ЕНХх}{\sum_X НАХх} = \sum_X \frac{ЕНХх}{НАХх} = \frac{ЕНХ1}{НАХ1} + \frac{ЕНХ2}{НАХ2} + \dots + \frac{ЕНХХ}{НАХХ}, \quad (3.1)$$

- Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип системи опалення або обладнання":

$$Н3б = \frac{ЕНУ0}{НАУ0} = \frac{\sum_Y ЕНУу}{\sum_Y НАУу} = \sum_Y \frac{ЕНУу}{НАУу} = \frac{ЕНУ1}{НАУ1} + \frac{ЕНУ2}{НАУ2} + \dots + \frac{ЕНУУ}{НАУУ}, \quad (3.2)$$

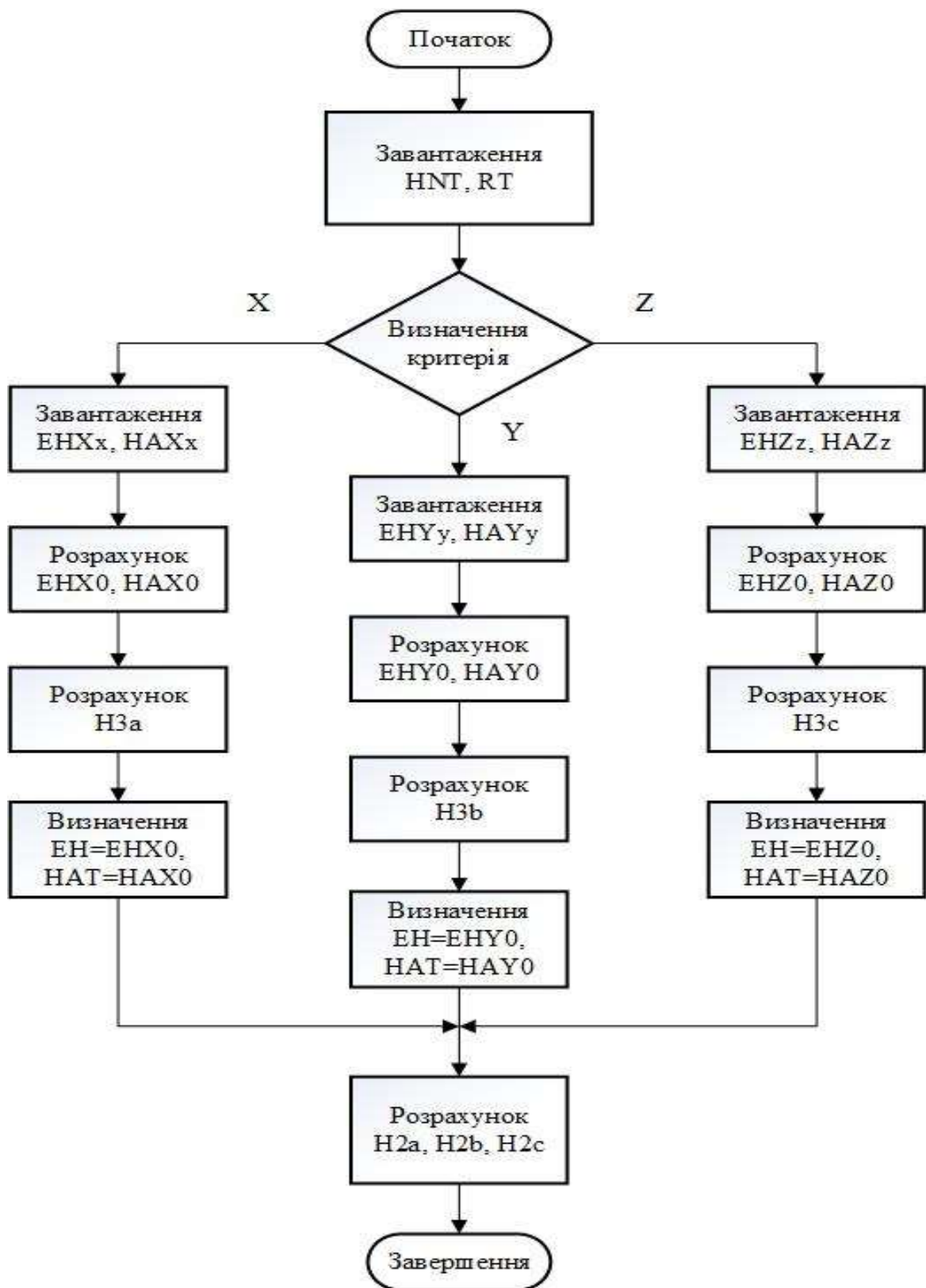


Рисунок 3.1 – Схема алгоритму розрахунку параметрів енергозабезпечення для опалення

- Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії":

$$H3c = \frac{EHZ0}{HAZ0} = \frac{\sum_Z EHZz}{\sum_Z HAZz} = \sum_Z \frac{EHZz}{HAZz} = \frac{EHZ1}{HAZ1} + \frac{EHZ2}{HAZ2} + \dots + \frac{EHZZ}{HAZZ}, \quad (3.3)$$

- Загальне енергоспоживання для опалення:

$$EH = EHX0 \text{ або } EHY0 \text{ або } EHZ0, \quad (3.4)$$

- Загальна площа усіх приміщень із опаленням в будинку:

$$HAT = HAX0 \text{ або } HAY0 \text{ або } HAZ0, \quad (3.5)$$

- Енергоспоживання для опалення на одного мешканця:

$$H2a = \frac{EH}{RT}, \quad (3.6)$$

- Енергоспоживання для опалення на житлове приміщення:

$$H2b = \frac{EH}{HNT}, \quad (3.7)$$

- Енергоспоживання для опалення на одиницю площі будинку:

$$H2c = \frac{EH}{HAT}. \quad (3.8)$$

### 3.2 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання охолодження

Показники енергопостачання охолодження із врахуванням методу їх формування вказано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Формування показників групи "Охолодження"

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
C1a	Загальне енергоспоживання для охолодження будинку	EC	Кінцевий	Моделювання
C1b	Частка електроенергії в загальній структурі енергоспоживання для охолодження	ECZ0	Кінцевий	Моделювання



Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
C2a	Енергоспоживання для охолодження на одне приміщення	-	Кінцевий	Моделювання
C2b	Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі будинку	-	Кінцевий	Моделювання
C3a	Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "вид приміщень"	-	Кінцевий	Моделювання
C3b	Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "тип системи охолодження"	-	Кінцевий	Моделювання
C3c	Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії є електрика"	-	Кінцевий	Моделювання
-	Загальна площа приміщень в житловому будинку з кондиціонуванням повітря, що використовують електрику	CAZ0	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальне споживання енергії для охолодження приміщень в житлових будинках, в яких в системах охолодження використовується електрика	ECZ0	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Охолоджувана площа приміщень, які використовують систему охолодження типу Y	CAYu	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Енергоспоживання для охолодження приміщень з системою охолодження типу Y	ECYu	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальна площа приміщень в житловому будинку, що використовують систему охолодження або обладнання певного типу	CAU0	Проміжний	Моделювання
-	Загальне споживання енергії для охолодження приміщень в	ECU0	Проміжний	Моделювання

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
	житловому будинку, що використовують систему охолодження або обладнання певного виду			
-	Охолоджувана площа приміщень виду X	CA <sub>Xx</sub>	Первинний	Адміністративний
-	Енергоспоживання для охолодження приміщень виду X	EC <sub>Xx</sub>	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальна площа приміщень різного виду в житловому будинку, що мають систему охолодження	CA <sub>X0</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Загальне споживання енергії для охолодження приміщень в житловому будинку різного виду	EC <sub>X0</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Загальна площа приміщень, що охолоджується	CA <sub>T</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Кількість приміщень	CA <sub>NT</sub>	Первинний	Адміністративний

Аналіз вмісту таблиці 3.2 показує на необхідність розрахунку значної кількості показників. Відповідні співвідношення формуються із урахуванням результатів досліджень показників енергозабезпечення охолодження, що зроблено в розділі 2.

Запропонована система рівнянь передбачає наступний алгоритм розрахунку параметрів енергозабезпечення будинків для охолодження (рис. 3.2).

Формули для розрахунку показників енергозабезпечення охолодження мають наступний вигляд:

- Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "вид приміщень":

$$C_{3a} = \frac{EC_{X0}}{CA_{X0}} = \frac{\sum_X EC_{Xx}}{\sum_X CA_{Xx}} = \sum_X \frac{EC_{Xx}}{CA_{Xx}} = \frac{EC_{X1}}{CA_{X1}} + \frac{EC_{X2}}{CA_{X2}} + \dots + \frac{EC_{Xx}}{CA_{Xx}}, \quad (3.9)$$

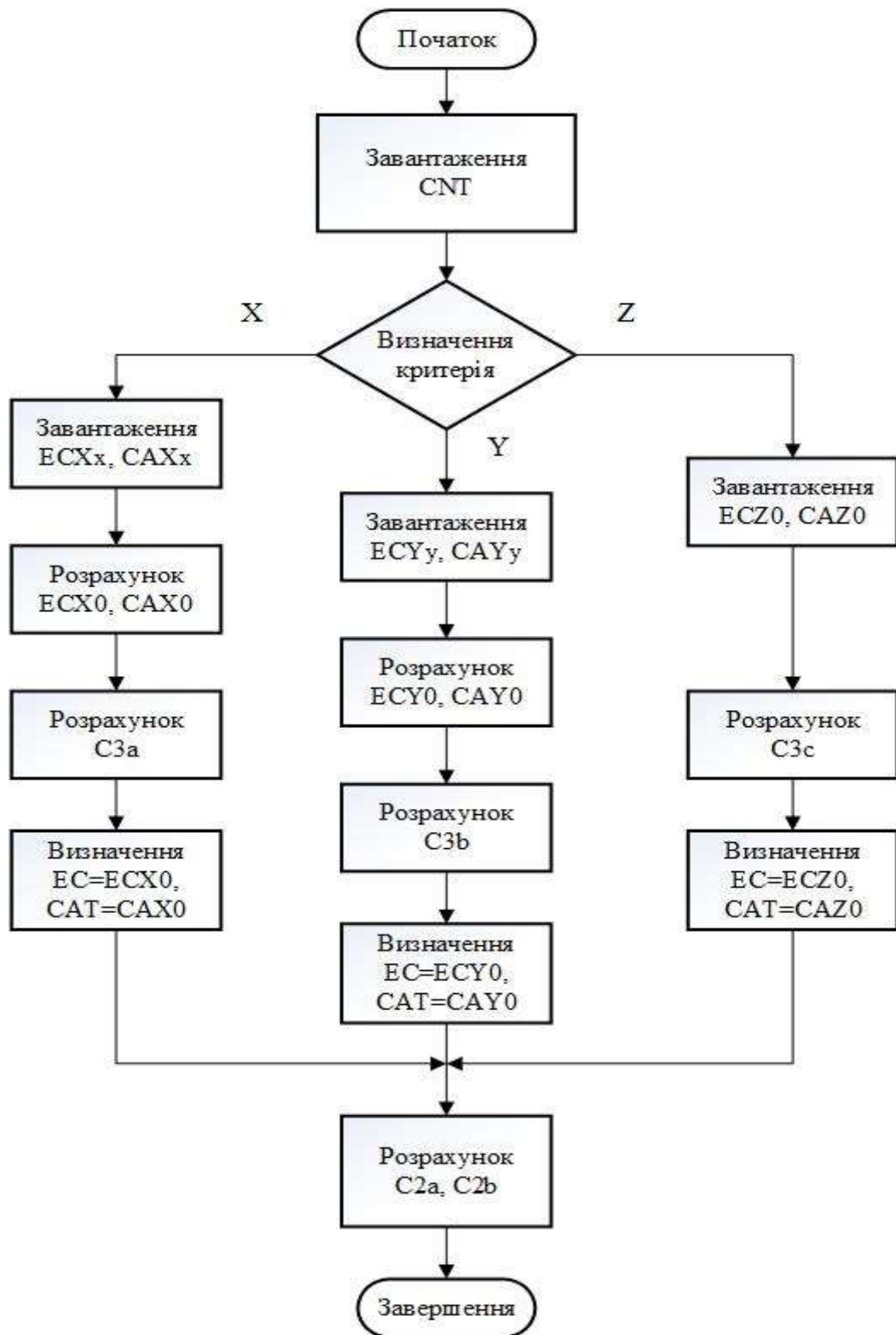


Рисунок 3.2 – Схема алгоритму розрахунку параметрів енергозабезпечення для охолодження

- Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "тип системи охолодження":

$$C3b = \frac{ECY0}{CAU0} = \frac{\sum_Y ECYy}{\sum_Y CAUy} = \sum_Y \frac{ECYy}{CAUy} = \frac{ECY1}{CAU1} + \frac{ECY2}{CAU2} + \dots + \frac{ECYy}{CAUy}, \quad (3.10)$$

- Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії є електрика"

$$C3c = \frac{ECZ0}{CAZ0}, \quad (3.11)$$

- Загальне енергоспоживання для охолодження:

$$EC = ECX0 \text{ або } ECY0 \text{ або } ECZ0, \quad (3.12)$$

- Загальна площа усіх приміщень із охолодженням в будинку:

$$CAT = CAX0 \text{ або } CAU0 \text{ або } CAZ0, \quad (3.13)$$

- Енергоспоживання для охолодження на житлове приміщення:

$$C2a = \frac{EC}{CNT}, \quad (3.14)$$

- Енергоспоживання для охолодження на одиницю площі будинку:

$$C2b = \frac{EC}{CAT}. \quad (3.15)$$

### 3.3 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання гарячого водопостачання

Показники енергопостачання гарячого водопостачання із врахуванням методу їх формування вказано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Формування показників групи "Гаряче водопостачання"

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
W1a	Загальне енергоспоживання для ГВП будинку	EW	Кінцевий	Моделювання
W1b	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для ГВП	EWZ0	Кінцевий	Моделювання
W2a	Енергоспоживання для ГВП на		Кінцевий	Моделювання

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
	одного мешканця			
W2b	Енергоспоживання для ГВП на приміщення		Кінцевий	Моделювання
W3a	Енергоспоживання для ГВП на приміщення по критерію "тип системи ГВП"		Кінцевий	Моделювання
W3b	Енергоспоживання для ГВП на приміщення по критерію "тип джерела енергії ГВП"		Кінцевий	Моделювання
-	Кількість житлових приміщень з ГВП та джерелом енергії Z	WNZz	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують для отримання гарячої води джерело енергії певного виду	WNZ0	Проміжний	Моделювання
-	Енергоспоживання приміщень з ГВП та джерелом енергії Z	EWZz	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для ГВП всіх приміщень житлового будинку, що використовують джерело енергії певного виду	EWZ0	Проміжний	Моделювання
-	Кількість приміщень з системою ГВП типу Y	WNYy	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують систему ГВП певного типу	WNY0	Проміжний	Моделювання
-	Енергоспоживання приміщень з системою ГВП типу Y	EWYy	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для ГВП всіх приміщень житлового будинку, що використовують систему ГВП певного типу	EWY0	Проміжний	Моделювання
-	Загальна кількість приміщень в	WNT	Проміжний	Моделювання

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
	будівлі, в яких передбачається ГВП			
-	Чисельність мешканців будинку	RT	Первинний	Адміністративний Обстеження

Аналіз вмісту таблиці 3.3 показує на необхідність розрахунку значної кількості показників. Відповідні співвідношення формуються із урахуванням результатів досліджень показників енергозабезпечення ГВП, що зроблено в розділі 2.

Запропонована система рівнянь передбачає наступний алгоритм розрахунку параметрів енергозабезпечення будинків для охолодження (рис. 3.3).

Формули для розрахунку показників енергозабезпечення ГВП мають наступний вигляд:

- Енергоспоживання для ГВП на приміщення по критерію "тип системи ГВП":

$$W_{3a} = \frac{EWY_0}{WNY_0} = \frac{\sum_Y EWY_Y}{\sum_Y WNY_Y} = \sum_Y \frac{EWY_Y}{WNY_Y} = \frac{EWY_1}{WNY_1} + \frac{EWY_2}{WNY_2} + \dots + \frac{EWY_Y}{WNY_Y}, \quad (3.16)$$

- Енергоспоживання для ГВП на приміщення по критерію "тип джерела енергії ГВП":

$$W_{3b} = \frac{EWZ_0}{WNZ_0} = \frac{\sum_Z EWZ_Z}{\sum_Z WNZ_Z} = \sum_Z \frac{EWZ_Z}{WNZ_Z} = \frac{EWZ_1}{WNZ_1} + \frac{EWZ_2}{WNZ_2} + \dots + \frac{EWZ_Z}{WNZ_Z}, \quad (3.17)$$

- Загальне енергоспоживання для ГВП:

$$EW = EWY_0 \text{ або } EWZ_0, \quad (3.18)$$

- Загальна кількість усіх приміщень із ГВП в будинку:

$$WNT = WNY_0 \text{ або } WNZ_0, \quad (3.19)$$

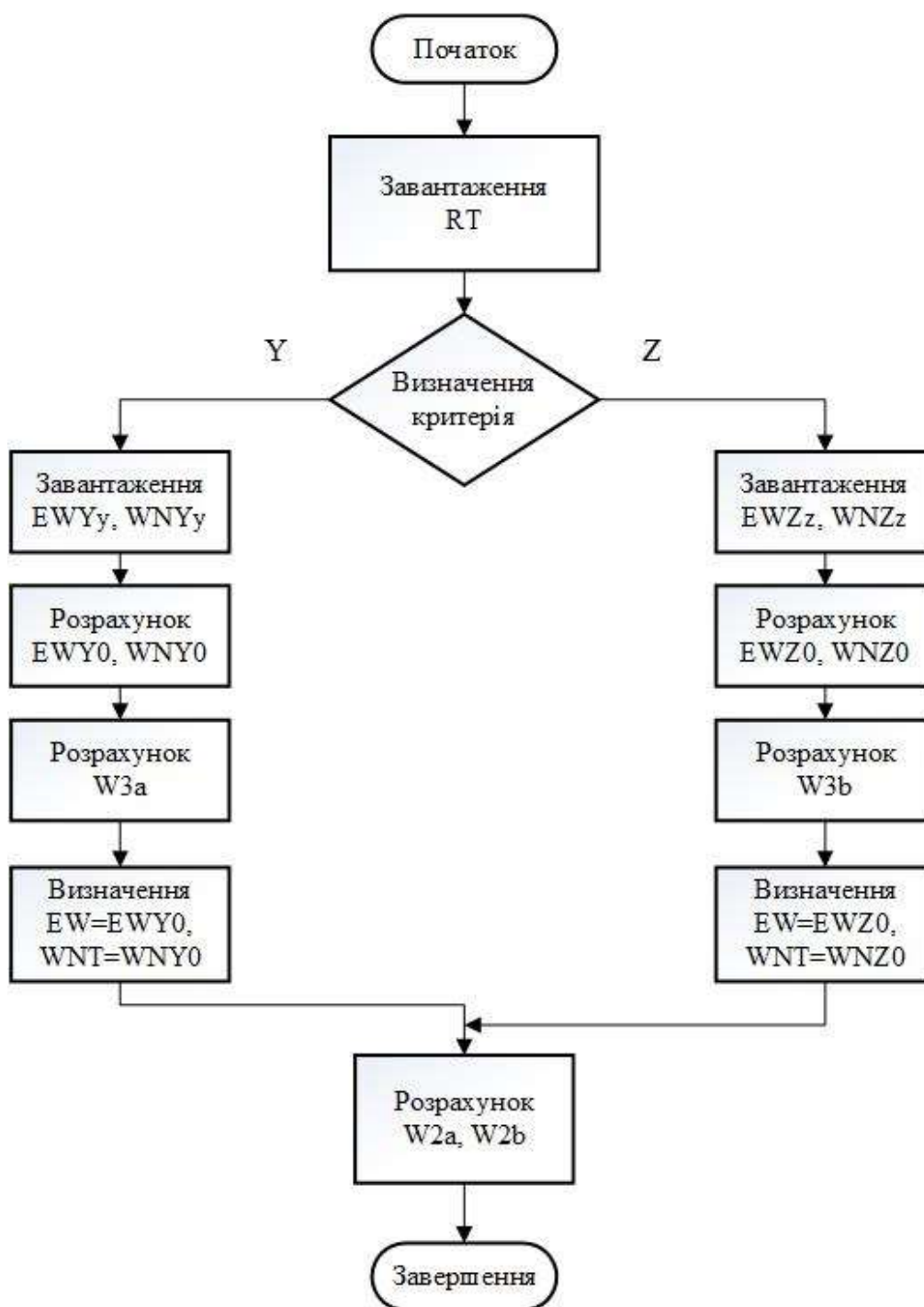


Рисунок 3.3 – Схема алгоритму розрахунку параметрів енергозабезпечення для гарячого водопостачання

- Енергоспоживання для опалення на одного мешканця:

$$W2a = \frac{EW}{RT}, \quad (3.20)$$

- Енергоспоживання для опалення на житлове приміщення:

$$W2b = \frac{EW}{WNT}. \quad (3.21)$$

### 3.4 Алгоритм розрахунку показників енергопостачання освітлення

Показники енергопостачання освітлення із врахуванням методу їх формування вказано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Формування показників групи "Освітлення"

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
L1a	Загальне енергоспоживання для освітлення будинку	EL	Кінцевий	Моделювання
L1b	Споживання електроенергії в загальній структурі енергоспоживання для освітлення	ELZz	Кінцевий	Моделювання
L2a	Енергоспоживання для освітлення на одного мешканця		Кінцевий	Моделювання
L2b	Енергоспоживання для освітлення на житлове приміщення		Кінцевий	Моделювання
L2c	Енергоспоживання для освітлення на одиницю площі		Кінцевий	Моделювання
L3a	Енергоспоживання для освітлення на одне житлове приміщення по критерію "вид приміщення"		Кінцевий	Моделювання
L3b	Енергоспоживання для освітлення на одиницю площі приміщення по критерію "вид приміщення"		Кінцевий	Моделювання
L3c	Енергоспоживання для освітлення по критерію "тип джерела енергії"		Кінцевий	Моделювання
-	Енергоспоживання для освітлення приміщень виду X	ELXx	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для освітлення приміщень в житлових будинках певного виду	ELX0	Проміжний	Моделювання
-	Кількість приміщень виду X	LNXx	Первинний	Адміністративний



Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
-	Загальна кількість приміщень певного виду в житлових будинках, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення	LN <sub>X0</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Кількість житлових приміщень з освітленням та джерелом енергії Z	LN <sub>Zz</sub>	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна кількість приміщень в житловому будинку, що використовують для отримання освітлення джерело енергії певного виду	LN <sub>Z0</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Енергоспоживання приміщень з освітленням та джерелом енергії Z	EL <sub>Zz</sub>	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для освітлення усіх приміщень житлового будинку, що використовують джерело енергії певного виду	EL <sub>Z0</sub>	Проміжний	Моделювання
-	Чисельність мешканців будинку	RT	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна кількість приміщень, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення	LNT	Проміжний	Моделювання
-	Загальна площа приміщень, в яких передбачено енергозабезпечення для освітлення	LAT	Проміжний	Моделювання

Аналіз вмісту таблиці 3.4 показує на необхідність розрахунку значної кількості показників. Відповідні співвідношення формуються із урахуванням результатів досліджень показників енергозабезпечення для освітлення, що зроблено в розділі 2.

Формули для розрахунку показників енергозабезпечення для освітлення мають наступний вигляд:

- Енергоспоживання для освітлення на одне приміщення по критерію "вид приміщення":

$$L3a = \frac{ELX0}{LNX0} = \frac{\sum_X ELXx}{\sum_X LNXx} = \sum_X \frac{ELXx}{LNXx} = \frac{ELX1}{LNX1} + \frac{ELX2}{LNX2} + \dots + \frac{ELXX}{LNXx} , \quad (3.22)$$

- Енергоспоживання для освітлення на площу приміщення по критерію "вид приміщення":

$$L3b = \frac{ELX0}{LAX0} = \frac{\sum_X ELXx}{\sum_X LAXx} = \sum_X \frac{ELXx}{LAXx} = \frac{ELX1}{LAX1} + \frac{ELX2}{LAX2} + \dots + \frac{ELXX}{LAXx} , \quad (3.23)$$

- Енергоспоживання для освітлення по критерію "тип джерела енергії":

$$L3c = \frac{ELZ0}{LNZ0} = \frac{\sum_Z ELZz}{\sum_Z LNZz} = \sum_Z \frac{ELZz}{LNZz} = \frac{ELZ1}{LNZ1} + \frac{ELZ2}{LNZ2} + \dots + \frac{ELZZ}{LNZZ} , \quad (3.24)$$

- Загальна площа приміщень із освітленням:

$$LAT = LAX0 , \quad (3.25)$$

- Загальна кількість приміщень із освітленням:

$$LNT = LNX0 \text{ або } LNZ0 , \quad (3.26)$$

- Загальне енергоспоживання для освітлення:

$$EL = ELX0 \text{ або } ELZ0 , \quad (3.27)$$

- Енергоспоживання для освітлення на одного мешканця:

$$L2a = \frac{EL}{RT} , \quad (3.28)$$

- Енергоспоживання для освітлення на житлове приміщення:

$$L2b = \frac{EL}{LNT} , \quad (3.29)$$

- Енергоспоживання для освітлення на одиницю площі:

$$L2c = \frac{EL}{LAT} . \quad (3.30)$$

Запропонована система рівнянь передбачає наступний алгоритм розрахунку параметрів енергозабезпечення будинків для охолодження (рис. 3.4).

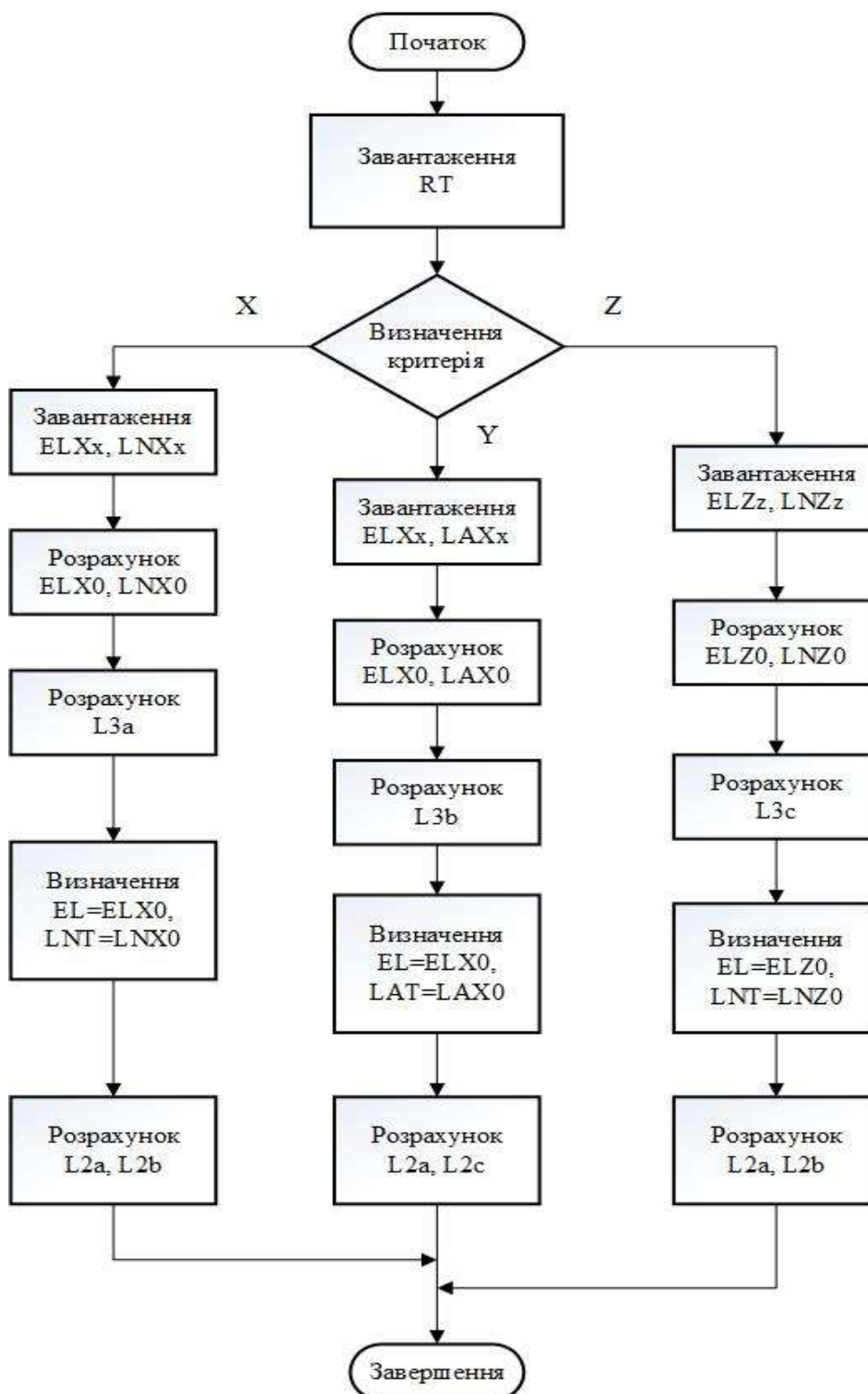


Рисунок 3.4 – Схема алгоритму розрахунку параметрів енергозабезпечення для освітлення

## 4 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКУ

### 4.1 Загальна структура СППР

Розробка СППР виконується по трьом напрямкам робіт:

- архітектура системи – функціональний прояв системи з погляду користувача;
- виконання системи – логічний опис внутрішньої структури, що робить можливим здійснення функцій, визначених архітектурою;
- реалізація системи – фізичне втілення виконання.

Властивості СППР енергозабезпечення і відповідні їм функції вказані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Властивості і функції СППР енергозабезпечення

Властивість	Функція
Надання інформації користувачу для вирішення поточних відповідних завдань із енергозабезпечення будинку	Активізація варіантів реалізації енергозабезпечення
Побудова, збереження і використання формальної моделі, що описує залежності показників енергозабезпечення будинку	Багатократні обчислення контрольних показників із використанням початкових умов
Асоціативний доступ до контрольних показників в режимі реального часу	Розширення технічних можливостей формування й аналізу ситуацій за різноманітними критеріями
Розробка і підтримка інформаційної моделі енергозабезпечення будинку	Розширення технічних можливостей підвищення загальної функціональності системи
Надання інформації для опису потенційно проблемних ситуацій	Активізація варіантів оперативного реагування
Формування бази даних показників щодо типових ситуацій	Наповнення досвіду у сфері енергозабезпечення будинків
Вказувати на напрямки пошуку й аналізу інформації, що враховує фактори людського поведіння і соціальну обумовленість рішення	Підтримка поведінкового аспекту прийняття рішень
Вказувати на напрямки пошуку й аналізу інформації, що враховує тип будинку та його місцезнаходження	Підтримка фінансово-економічного аспекту прийняття рішень

При розробці архітектури системи необхідно дотримуватися загальноприйнятих принципів:

- погодженість – часткові знання дозволяють передбачати інші дані;
- ортогональність – функції системи незалежні та специфіковані окремо;
- відповідність – функції архітектури відповідають вимогам до системи;
- економічність – відсутність дублювання функцій;
- прозорість – відомість функцій користувачеві;
- спільність – відповідність функції найбільшій кількості призначень;
- відкритість – можливість уточнення специфікації та змісту функцій;
- повнота – відповідність функцій вимогам користувача.

Відповідно до наявних функцій, структура СППР, в загальному випадку, має три основні підсистеми (рис. 4.1): інтерфейс користувача, обробка даних, аналіз моделювання.



Рисунок 4.1. Загальна структура СППР

Оригінальність СППР забезпечується, в першу чергу, базою даних (БД) та програмною моделлю (ПМ).

Даними є окремі факти, які характеризують об'єкти, процеси та явища предметної галузі. Наприклад, в СППР енергозабезпечення до даних вносять:

- напрями енергоспоживання,
- типи енергоносіїв,
- системи енергозабезпечення,
- види приміщень та інше.

Тобто БД формується із використанням інформації таблиць 2.1-2.6.

База даних разом із системою керування базою даних (СКБД) утворюють підсистему роботи з даними.

Програмна модель – спеціально розроблений набір формалізованих співвідношень, насамперед математичних, реалізований в комп'ютерній системі із використанням програмного інструментального пакету. Наприклад, в СППР енергозабезпечення математична модель являє собою систему математичних виразів, яка відображає залежності параметрів системи та алгоритм розрахунку проміжних та кінцевих показників:

- енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії",
- енергоспоживання для охолодження на одиницю площі по критерію "вид приміщень"
- загальне енергоспоживання для ГВП будинку та інше.

Тобто ПМ формується із використанням інформації таблиць 3.1-3.4, залежностей 3.1-3.30, алгоритмів, які показано на рисунках 3.1-3.4.

Програмна модель і система керування моделюванням (СКМ) утворюють підсистему роботи з моделями.

Інтерфейс користувача - комплекс програмних засобів для реалізації діалогу користувача з системою при занесенні інформації і одержанні результатів.

## **4.2 Типи структур СППР енергозабезпечення будинку**

Залежно від складу і технічного з'єднання основних компонентів СППР енергозабезпечення (база даних, система керування базою даних, програмна модель, система керування моделлю, інтерфейс користувача) виділяють чотири базові різновиди структур СППР, які можна застосувати при розробці СППР енергозабезпечення: мережна, "міст", "сандвіч", "вежа" [6].

Незалежно від типу структури кожна з них реалізує три функціональні компоненти: діалог, роботу із даними і роботу із моделлю.

Структуру мережної СППР зображено на рис. 4.2.

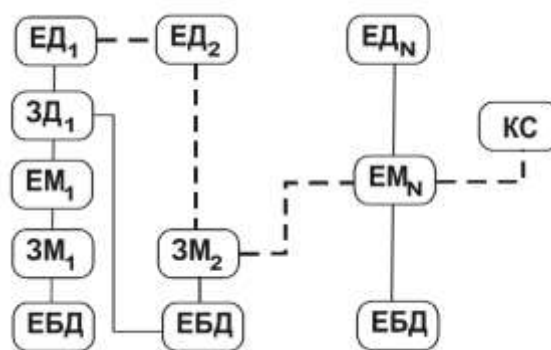


Рисунок 4.2 - Мережна структура СППР

До складу мережної структури СППР входять наступні елементи:

- діалогу користувача й СППР (ЕД);
- моделювання (ЕМ);
- бази даних (ЕБД);
- з'єднань з діалогом (ЗД) та моделюванням (ЗМ);
- координатор системи з'єднань (КС).

Переваги мережної структури:

- допустима неоднорідність елементів;
- залежність елементів визначається тільки системою з'єднань;
- спрощене інтегрування незалежно побудованих елементів СППР.

Недолік мережної структури СППР - велика кількість елементів діалогу.

Відповіді на питання з прийняття рішень формуються в результаті активації ланцюгів із елементів структури СППР. Для підвищення ефективності системи формують стали локальні ланцюжки.

Структуру СППР типу "міст" зображено на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 - Структура СППР типу "міст"

Переваги структури СППР "міст":

- єдина система з'єднань;
- низька вартість введення нових функцій.

Недоліки:

- обмежена доступність локальних елементів зі сторони користувачів;
- жорстка прив'язка до апаратних засобів для обслуговування локальних елементів.

Структура типу "сандвіч" (шарова) має велику кількість елементів моделі із доступом до єдиної бази даних. Кожний елемент користується єдиною системою діалогу. Структуру типу "сандвіч" зображено на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 - Структура СППР типу "сандвіч"

Переваги структури типу "сандвіч":

- загальнодоступність бази даних для кожного елемента моделювання;
- для пересилання даних між окремими елементами моделювання використовується загальна база даних.

Недоліки:

- необхідність трансформації зовнішніх даних при їх інтеграції з базою;
- всі елементи структури вимагають єдиного програмного забезпечення.

Структуру СППР типу "вежа" зображено на рис. 4.5.





Рисунок 4.5 - Структура СППР типу “вежа”

Переваги структури СППР типу “вежа”:

- можливість поєднання різного устаткування апаратного забезпечення;
- можливість поєднання різних баз даних.

Недоліки:

- трудомісткість інтеграції всіх елементів системи;
- значна залежність ефективності роботи від окремих з’єднань діалогу з базою даних;
- експлуатаційні труднощі при наявності багатьох рівнів організації.

#### 4.3 Характеристика сучасних систем підтримки прийняття рішень

Із урахуванням результатів аналізу властивостей СППР, у табл. 4.2 вказана порівняльні дані сучасних СППР.

СППР SuperDecisions (рис. 4.6), в якій використовується метод аналізу ієрархій та мереж, розроблений Сааті [7,8] і ExpertChoice [9]. Система призначена для розрахунку відносної ефективності (вагомості) альтернатив на основі їхньої багатокритеріальної оцінки. Граф ієрархії критеріїв у загальному випадку включає чотири підграфи: переваги (B – benefits), можливості (O – opportunities), витрати (C – costs) та ризики (R – risks).

Таблиця 4.2 - Порівняльна інформація про можливості сучасних СППР

Назва СППР	Реалізовані методи	Парні порівняння	Часовий аналіз	Аналіз чутливості	Групове оцінювання	Оцінювання ризиків	Наявність веб-версії
1000Minds	PAPRIKA	Так	Ні	Так	Так	Ні	Так
AIRM Online	AIRM	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
Analytica		Ні	Так	Так	Ні	Так	Так
Decision Lab		Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Decision Lens	AHP, ANP	Так		Так	Так		Так
D-Sight	MAUT, PROMETHEE	Так	Ні	Так	Так	Так	Так
Expert Choice	AHP	Так	Ні	Так	Так	Так	Так
Logical Decisions	AHP, MAUT	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні
MakeItRational	AHP	Так	Ні	Так	Так	Ні	Так
MindDecider	AHP	Ні	Так	Так	Так	Так	Ні
PROMETHEE Visual	PROMETHEE	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні
RFP	AHP, ANP	Так	Так	Так	Так	Так	Так
SuperDecisions	AHP, ANP	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
TreeAge Pro		Ні	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Very Good Choice	ELECTRE	Так	Ні	Так	Так	Так	Ні

Методи аналізу ієрархій та мереж реалізовані також в СППР DecisionLens, Expert Choice, MakeItRational, Mind Decider, Rational Focal Point (RFP) Smarter Government.



Рисунок 4.6 - Екранна форма СППР SuperDecisions для оцінки системи протиракетної оборони США

СППР PROMETHEE Visual (рис. 4.7) призначена для побудови ранжирування варіантів рішень (альтернатив) на основі їхніх оцінок за кількома критеріями. Система та метод PROMETHEE розроблені бельгійськими вченими Жаном П'єром Брансом та Бертраном Марешалем [10]. Раніше відповідний метод реалізовано в СППР PromCalc та DecisionLab.

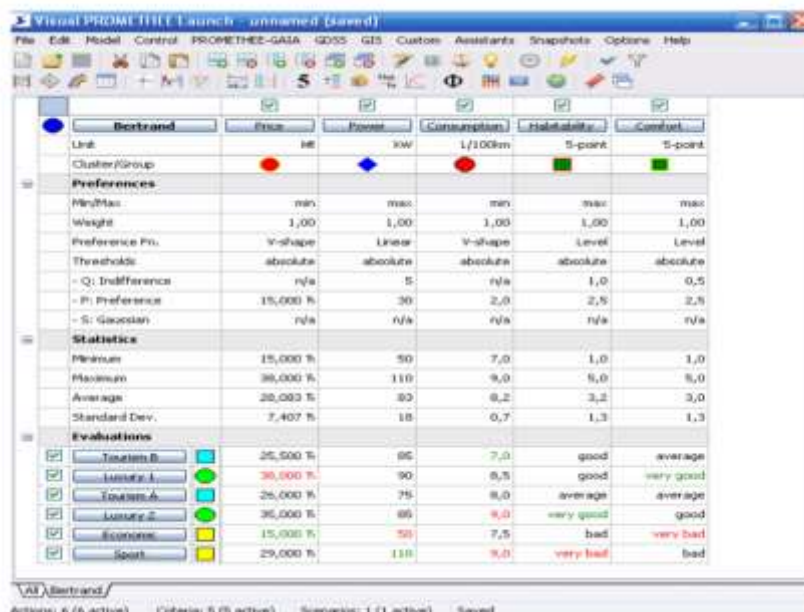


Рисунок 4.7 - Екранна форма інтерфейсу системи Promethee для вибору автомобіля

СППР 1000minds (рис. 4.8) [11] – інструмент для групового прийняття рішень з ранжирування альтернатив на основі їхніх оцінок за кількома (двома або більше) критеріями. Система не передбачає завантаження програмного забезпечення на індивідуальні робочі місця експертів – уся робота з підтримки прийняття рішень відбувається у мережі.

В основі математичного забезпечення системи лежить метод PAPRIKA, тобто, метод усіх потенційних попарних ранжирувань усіх можливих альтернатив [12]. Кінцевим результатом експертизи є рейтинг та ранжирування альтернатив.

Chart and selected alternatives								
✓	✗	?	ALTERNATIVE	x: Cost (\$K)	y: Total score	y/x ratio	Confidence in cost estimates: 1=low 2=mod 3=high	Rank
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Upgrade System Y	300	89,0%	0,296733		3 1 <sup>st</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Inventory Information System	1000	84,3%	0,0843130		3 2 <sup>nd</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Upgrade System Z	450	82,4%	0,183007		2 3 <sup>rd</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Voice over IP	300	84,3%	0,214379		3 4 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Electronic Staff Rosters	80	82,0%	0,688453		3 5 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Centres	600	58,8%	0,0980039		3 6 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Storage System	450	48,6%	0,108061		1 7 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Business Intelligence Project	700	44,7%	0,0638571		3 8 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Upgrade System X	500	33,7%	0,067451		1 9 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Server Virtualisation	250	30,8%	0,123253		2 10 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Desktop Platform Refresh	110	7,1%	0,0641711		3 11 <sup>th</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Upgrade Finance System	610	3,9%	0,0064288		2 12 <sup>th</sup>

Рисунок 4.8 - Вигляд інтерфейсу СППР 1000minds на прикладі ранжирування інноваційних проектів у сфері інформаційних технологій

СППР “AIRM online” (рис. 4.9) фактично являє собою програмну реалізацію методу AIRM, тобто, рандомізації агрегованих індексів [13]. Метод розроблений з огляду на невизначеність, яка виникає під час оцінки вагових коефіцієнтів: інформація про ваги критеріїв та альтернатив (об’єктів) часто задана у вигляді нечисельних, а ординальних або інтервальних оцінок.

The screenshot shows a software window titled "Aggregated Index Calculation Method (AIRM) - Polytechnic Services". It features a sidebar with a tree view of calculation steps and a main area with a table of results. The table lists various car models and their performance across several criteria.

Model	Aggr Index	Aggr Index	Aggr Index	Aggr Index	Aggr Index	Aggr Index
Price	2285.00	2285.00	2785.00	2785.00	2885.00	2885.00
Performance	285.00	285.00	275.00	285.00	285.00	275.00
Fuel	11.00	10.00	11.00	11.00	11.00	10.00
Seats	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
MPG	14.00	14.00	17.00	17.00	14.00	14.00

Рисунок 4.9 - Фрагмент інтерфейсу СППР „AIRM online” на прикладі вибору автомобіля за кількома критеріями

У візуальному програмному пакеті “Аналітика” [14] для ілюстративного подання ситуації, що вимагає прийняття рішення, використовуються так звані діаграми впливів (рис. 4.10).

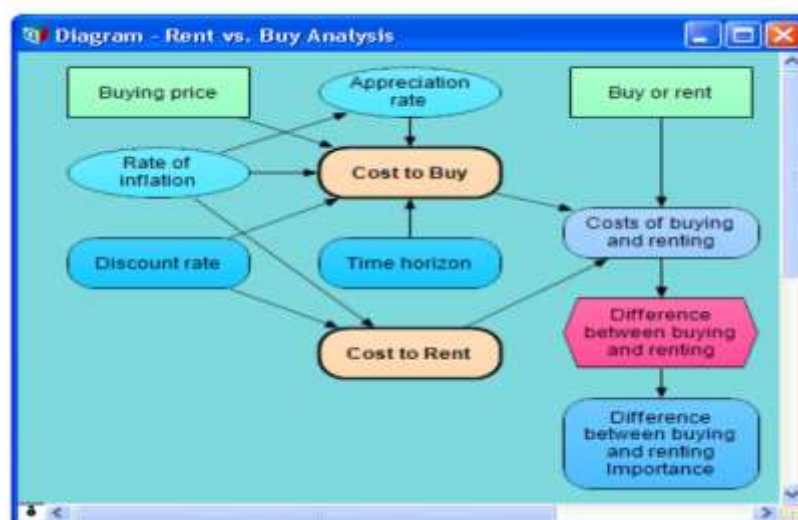


Рисунок 4.10 - Діаграма впливів для моделі «Buy vs. Rent» (придбання чи оренда будинку)

Вузли на діаграмі впливів можуть належати до одного з наступних типів: Decision («рішення», кількісна величина, яка безпосередньо контролюється), Chance («шанс», величина, що має ймовірнісний характер), Objective («ціль», головна мета, на яку спрямована експертиза, як правило, експертиза має єдину мету), Variable («змінна»), Constraint («обмеження»), Module («модуль», вузол, що, у свою чергу, об'єднує кілька вузлів нижчого рівня, тобто, декомпозується на окремий великий фрагмент діаграми), Index («індекс», що позначає назви елементів певної множини або діапазону, наприклад, назви місяців, чи назви проектів), Constant («константа»), Function («функція», даний вузол викликає наявну або користувацьку функцію чи бібліотеку), Button («кнопка», що викликає виконання певної користувацької процедури (script)).

Програма D-Sight [15] призначена для багатокритеріального оцінювання (ранжирування) множини альтернатив із використанням різних шкал (кількісних та якісних). Під час експертизи можна задавати значення оцінок альтернатив та ваг критеріїв. У програмі передбачено багато засобів візуалізації результатів, зокрема, з використанням інструментарію методу PROMETHEE/GAIA та елементів багатofакторної теорії корисності (MAUT) (рис. 4.11).

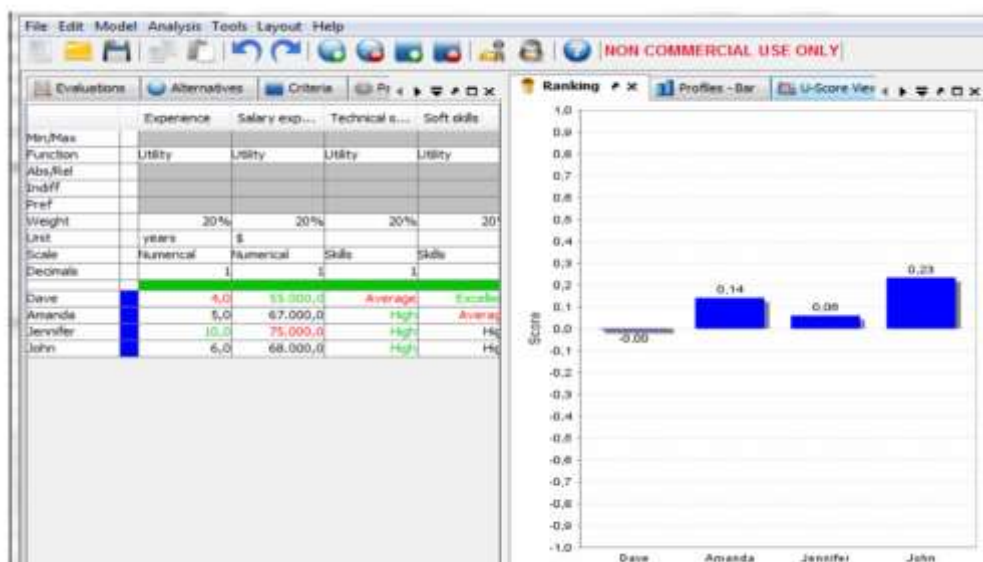


Рисунок 4.11 - Вигляд інтерфейсу програми D-Sight на прикладі відбору одного з чотирьох кандидатів на вакантну посаду

Метод аналізу ієрархій реалізований також в СППР MakeItRational (рис. 4.12) [16]. Система призначена для багатокритеріального оцінювання та вибору альтернатив заданої множини. Спочатку вводиться множина альтернатив, потім – глобальний критерій оцінювання, після цього – ієрархія його підкритеріїв, що відображають як негативні, так і позитивні впливи (витрати та вигоди). На наступному етапі альтернативи оцінюються за критеріями, при чому оцінки можна задавати безпосередньо, у вигляді чисельних значень, або ж у вигляді парних порівнянь у фундаментальній шкалі Сааті. Кінцевим результатом експертизи є рейтинг альтернатив за глобальним критерієм та його підкритеріями.



Рисунок 4.12 - Вигляд інтерфейсу СППР MakeItRational

СППР MindDecider (рис. 4.13) [17] призначена для багатокритеріального оцінювання та побудови рейтингів альтернатив. Експертиза поділяється на декілька етапів, кожному з яких відповідає певний режим роботи: планування та дизайн, оцінювання, аналіз за часом, формування звіту. Спочатку формується головна ціль, потім – множина альтернатив, критерії оцінки та діапазони значень оцінок. Далі проводиться оцінювання альтернатив за критеріями. Після агрегування оцінок альтернатив за окремими критеріями будується їхній глобальний рейтинг (виражений у процентах), та глобальне ранжирування.

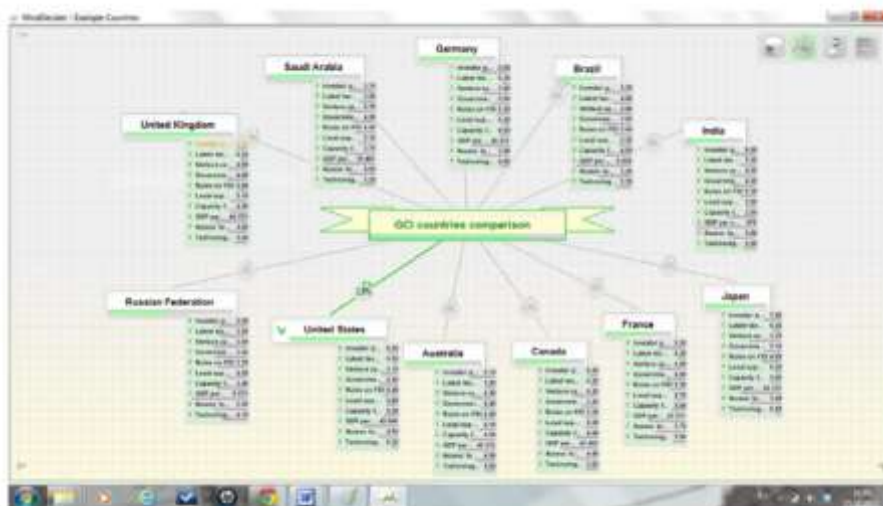


Рисунок 4.13 - Вигляд інтерфейсу СППР MindDecider на прикладі багатокритеріальної оцінки інвестиційної привабливості країн

СППР Logical Decisions [18] використовує інструментарій методу аналізу ієрархій та багатофакторної теорії корисності. Система призначена для багатокритеріальної оцінки альтернатив із заданої множини. На рис. 4.14 та 4.15 показаний, відповідно, вигляд ієрархії критеріїв та ранжирування 3-х альтернатив за цими критеріями.

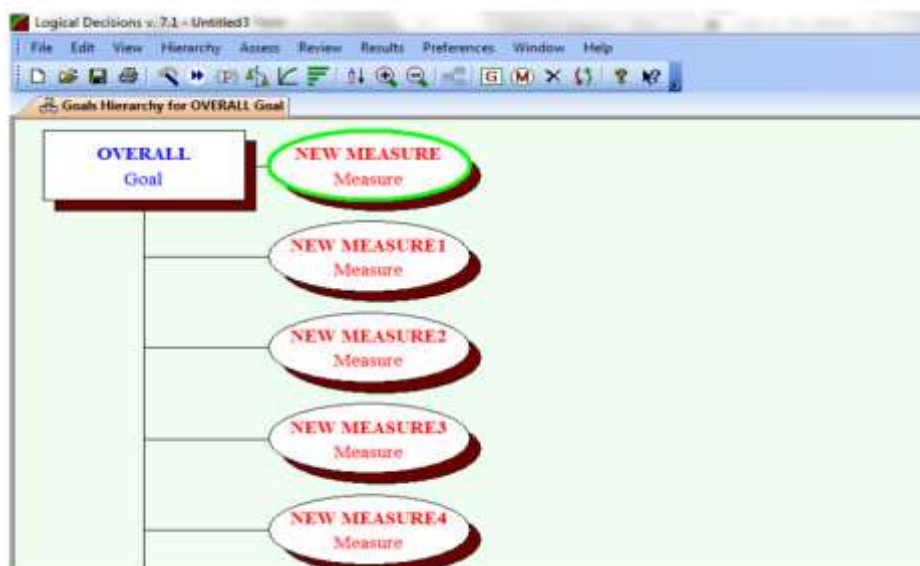


Рисунок 4.14 - Вигляд ієрархії критеріїв в системі Logical Decisions



Рисунок 4.15 - Ранжирування 3-х альтернатив за 4-ма критеріями в СППР Logical Decisions

СППР Tree Age Pro [19] призначена для оцінки різних варіантів рішень. Можливі варіанти представляються у вигляді гілок дерева рішень. Інструментарій для математичного забезпечення системи ґрунтується, здебільшого, на теорії ймовірностей.

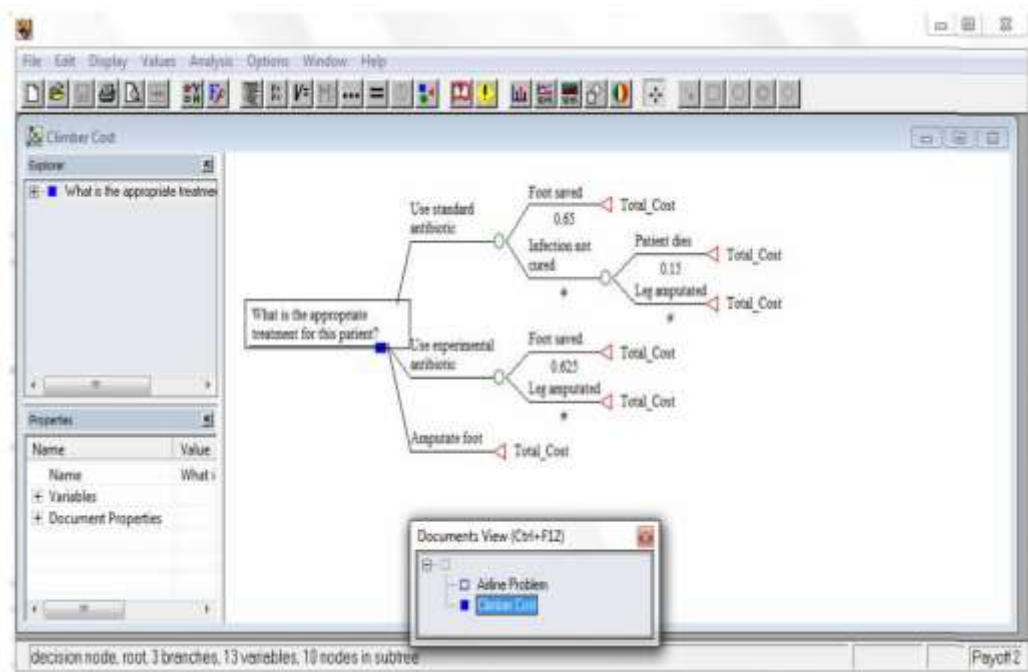


Рисунок 4.16 - Інтерфейс СППР Tree Age Pro Suite 2009 на прикладі вибору програми лікування пацієнта



## 4.4 Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель

Із використанням нотацій IDEF0 побудовано функціональні моделі процесів формування показників енергозабезпечення для опалення (рис. 4.17 - 4.21).

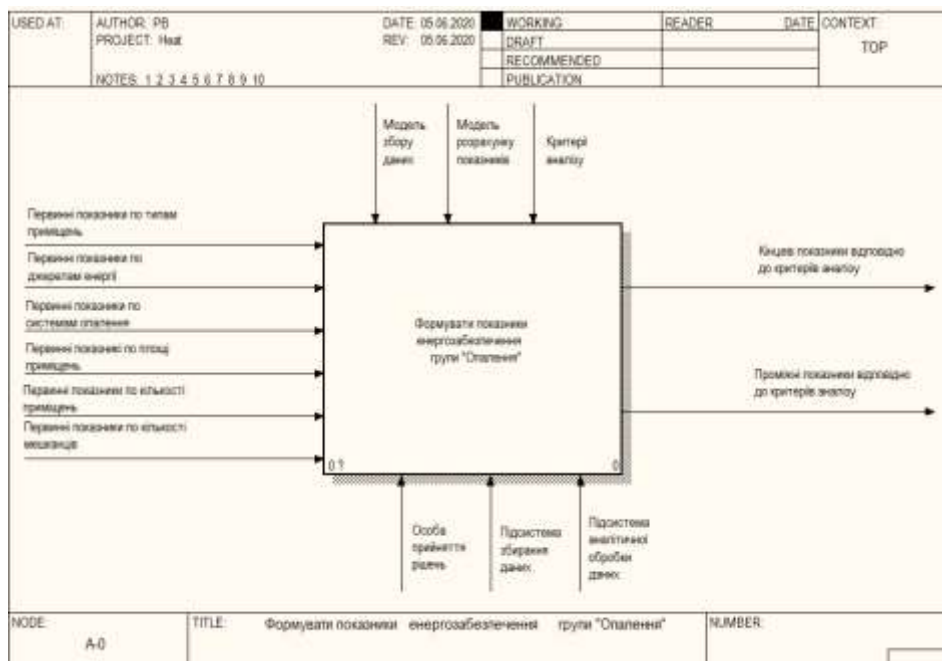


Рисунок 4.17 – Контекстна діаграма формування показників енергозабезпечення опалення

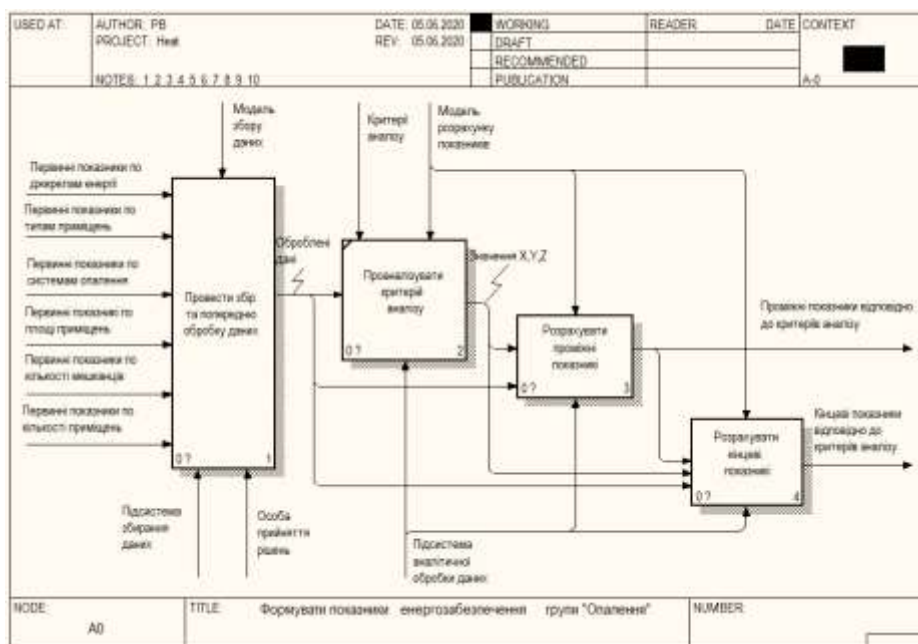


Рисунок 4.18 – Діаграма загального процесу формування показників

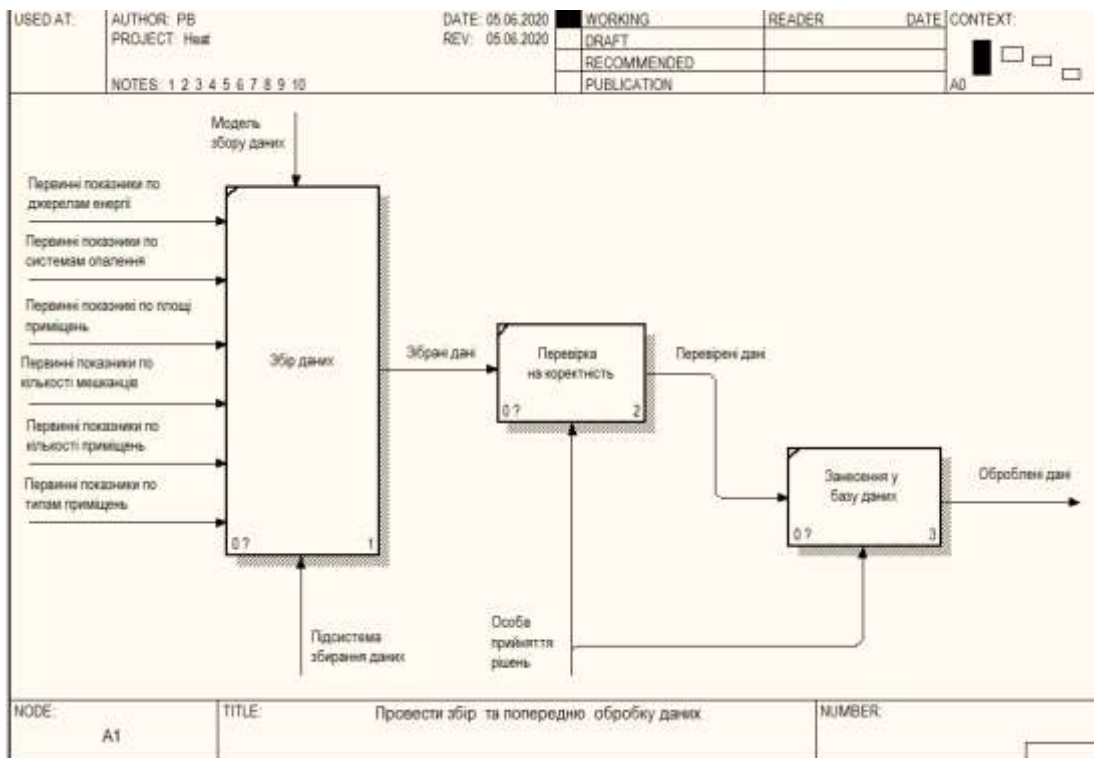


Рисунок 4.19 – Діаграма процесу збору та попередньої обробки первинних показників

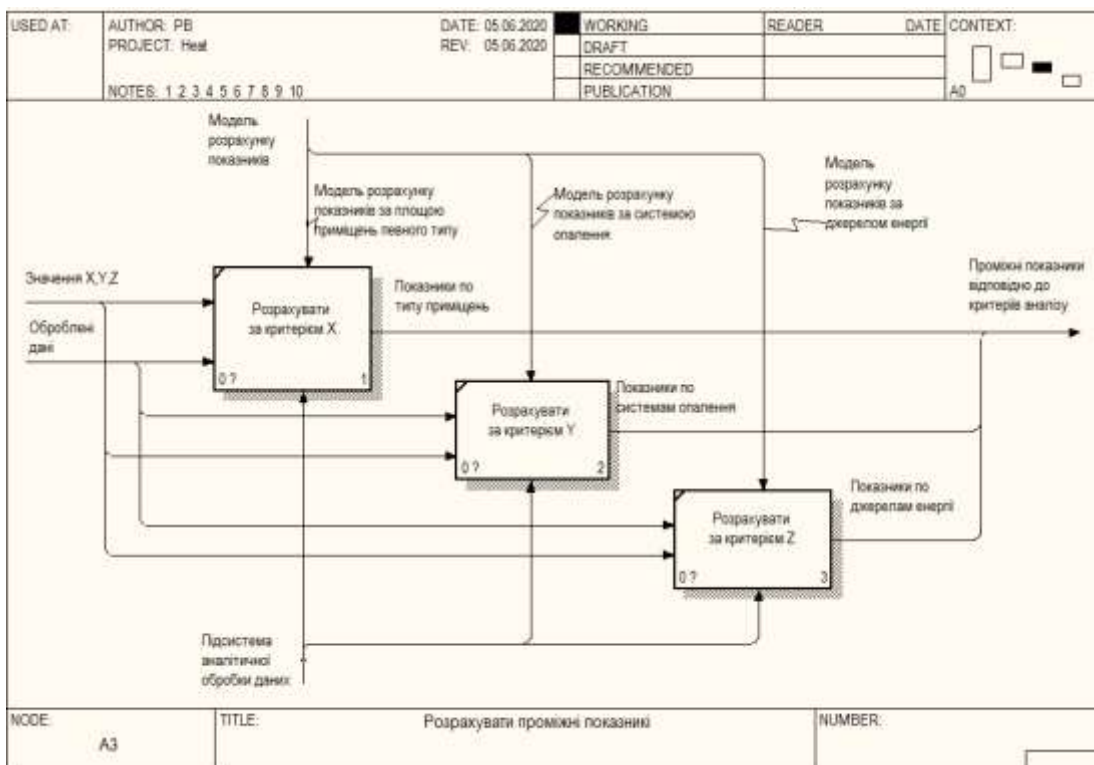


Рисунок 4.20 – Діаграма процесу формування проміжних показників енергозабезпечення для опалення

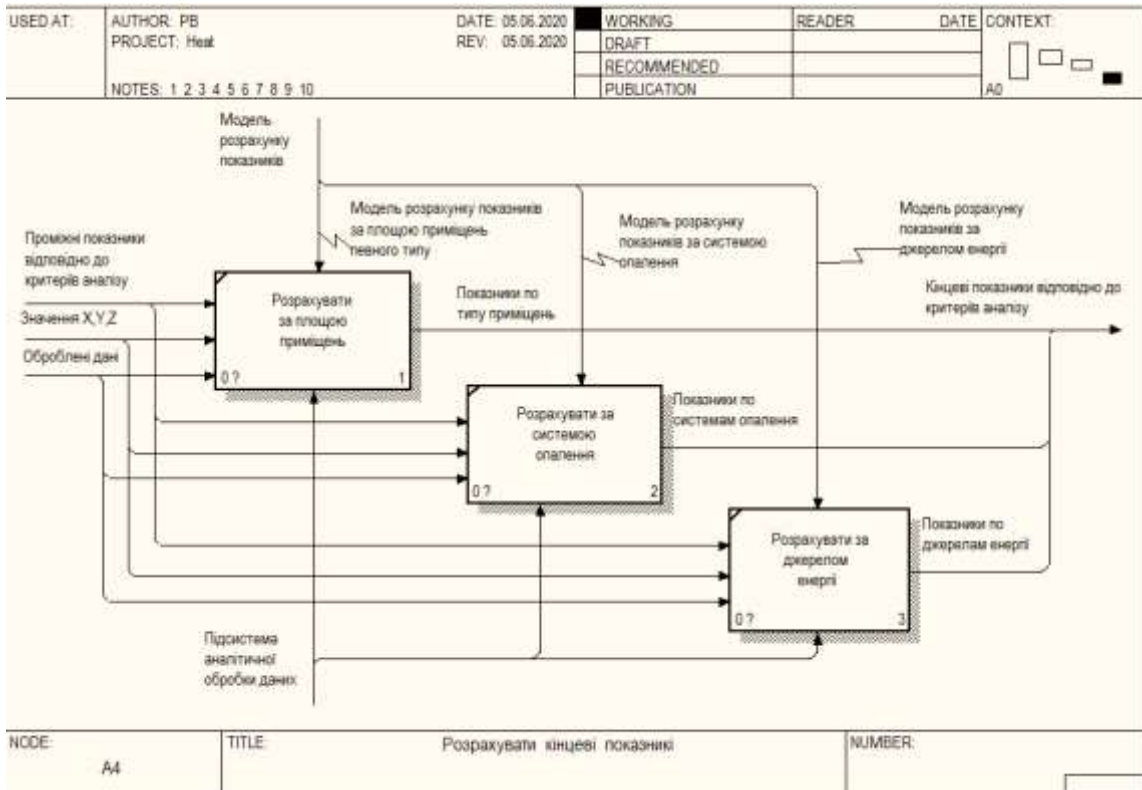


Рисунок 4.21 – Діаграма процесу формування кінцевих показників енергозабезпечення для опалення

## ВИСНОВКИ

Аналітичний огляд процесів енергопостачання житлових будівель дозволяє затверджувати про необхідність досліджень та розробок, за результатами виконання яких можна отримати значення формалізованих показників і формувати рішення щодо підвищення ефективності енергозабезпечення.

В роботі виконано аналіз напрямів енергозабезпечення, перелік яких визначено згідно міжнародних стандартів: опалення, охолодження, гаряче водопостачання, освітлення, приготування їжі, техніка побуту. Із урахуванням необхідності комп'ютеризації визначена система формалізованого позначення показників. Враховано, що аналіз показників енергозабезпечення потрібно виконувати також по суб'єктам і критеріям обліку – площа приміщень, кількість приміщень, вид приміщень, чисельність мешканців, тип систем енергозабезпечення, тип джерел енергоносіїв.

Така система первинних показників дозволяє отримати відповідні проміжні і кінцеві показники - енергоспоживання для приміщень певного виду, енергоспоживання із різними системами енергозабезпечення, енергоспоживання із встановленим джерелом енергії, загальне енергоспоживання для напрямів енергозабезпечення. Розроблений алгоритм дозволяє також формувати відносні показники - енергоспоживання на одиницю площі, енергоспоживання на житлове приміщення, енергоспоживання на одного мешканця, частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання.

Алгоритм розрахунку усіх показників (крім первинних) базується на запропонованій математичній системі рівнянь і дозволяє формувати значення за різними напрямами енергоспоживання.

За результатом аналізу характеристик і структур СППР сформовані технічні рекомендації у вигляді структур програмних засобів для розробки додатку слідкування за показниками системи оцінки параметрів енергопостачання і формування аналітичних даних за визначеними критеріями аналізу

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зарубіжний досвід енергетичної статистики міжнародних організацій (МЕА, Євростат, ООН), нормативно-правове забезпечення та автоматизовані системи збору і оброблення інформації енергетичної статистики. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України «НЕК «Укренерго». Науково-технічний центр електроенергетики. Київ – 10/2015. [Електронний ресурс] / Режим доступу: Statystyka-energetyky.pdf.
2. Звіт щодо ринку енергоефективності. Міжнародне Енергетичне Агентство (ІЕА). [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.iea.org/> .
3. Прогноз світової енергетики. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.
4. Перспективи енергетичних технологій. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.iea.org/topics/energy-technology-perspectives>.
5. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність". Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р [Електронний ресурс] . – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085).
6. Братушка, С.М. Системи підтримки прийняття рішень. Навчальний посібник. Суми, ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2010. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.dut.edu.ua/uploads/1\\_880\\_48784163.pdf](http://www.dut.edu.ua/uploads/1_880_48784163.pdf).
7. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation / T. L. Saaty; N.Y.: McGraw Hill. – 1980. – 287 p.
8. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The analytic Network Process / T. L.Saaty; Pittsburgh: RWS Publicaitons. – 1996. – 370 p.
9. Expert Choice Desktop: Powerful Performance for Organizational Decision-Making. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://expertchoice.com/products-services/expert-choice-desktop>.

10. Mareschal B. "PROMETHEE Methods", Ch 5 in: Figueira, J, Greco, S and Ehrgott, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series / B.Mareschal, J.-P.Brans, New York: Springer, – 2005.

11. Decision-making Support System “1000minds” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.1000minds.com/>

12. Hansen P. A new method for scoring multi-attribute value models using pairwise rankings of alternatives / P.Hansen and F.Ombler // Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. – 2008. – 15. P.87-107.

13. Hovanov N. Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge / N.Hovanov, M.Yudaeva, K.Hovanov // European Journal of Operational Research. – 2009. – Vol. 195, Issue 3. – P. 857-863.

14. Decision-making Support System “Analytica” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.lumina.com/support/downloads/>.

15. Decision-making Support System “D-sight” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.d-sight.com/>.

16. Decision-making Support System “MakeItRational” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://makeitrational.com/>

17. Decision-making Support System “MindDecider” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.minddecider.com/>.

18. Decision-making Support System “Logical Decisions” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.logicaldecisions.com/>

19. Decision-making Support System “Tree Age Pro” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.treeage.com/index.htm>

## Додаток А Демонстраційні матеріали (презентація)



Міністерство освіти і науки України  
Державний університет телекомунікацій  
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій  
Кафедра системного аналізу

### «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗАБУДОВИ»

Виконав: студент групи САД-41 Бусел П.В.

Керівник: к.т.н., доцент Самощенко О.В.

### ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, МЕТА

- **Об'єкт дослідження** – інформаційні засоби енергетичного забезпечення будівель.
- **Предмет дослідження** – показники і методика оцінки енергопостачання житлових будинків.
- **Мета роботи** - спрощення процесу оцінки якості роботи системи ведення обліку енергопостачання.

## АКТУАЛЬНІСТЬ

Підвищення рівня енергоефективності потребує автоматизованого формування набору рекомендованих інформативних показників для кожного виду кінцевого енергоспоживання.

Міжнародне енергетичне агентство надає загальний опис показників та напрямів енергоспоживання. Подальша конкретизація визначається країнами-членами Організації економічної співпраці та розвитку.

3

## ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Провести класифікацію напрямів енергоспоживання за важливими критеріями енергозабезпечення.
- Визначити методи формування показників.
- Проаналізувати показники енергозабезпечення за критеріями обліку.
- Запропонувати математичні залежності для визначення значень аналітичних показників.
- Розробити алгоритм розрахунку показників енергопостачання за різними напрямками енергоспоживання.
- Формувати технічні рекомендації для розробки додатку слідкування за показниками системи оцінки параметрів енергопостачання і формування аналітичних даних за визначеними критеріями аналізу.

4

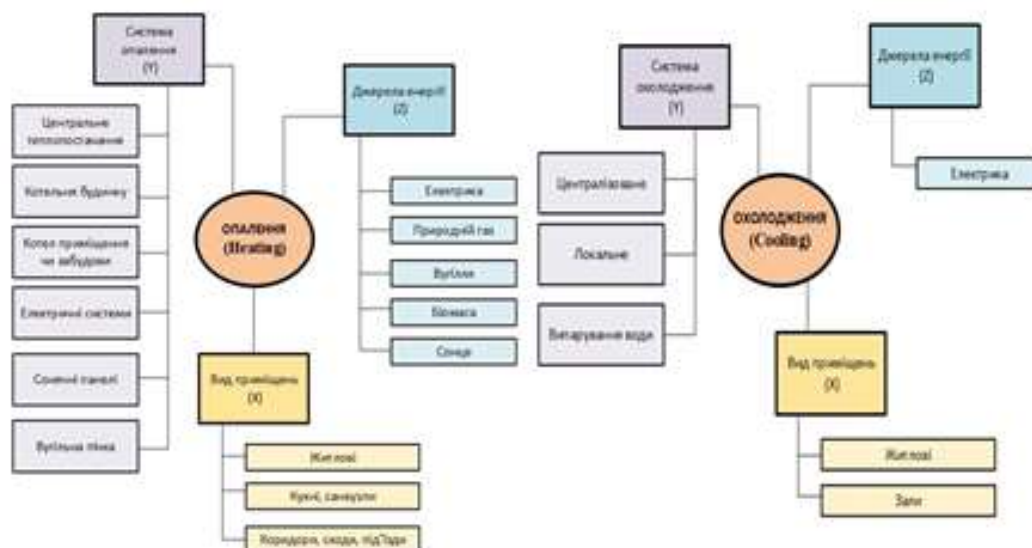


## Напрями споживання енергії в житловому секторі (звіт Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency, IEA))



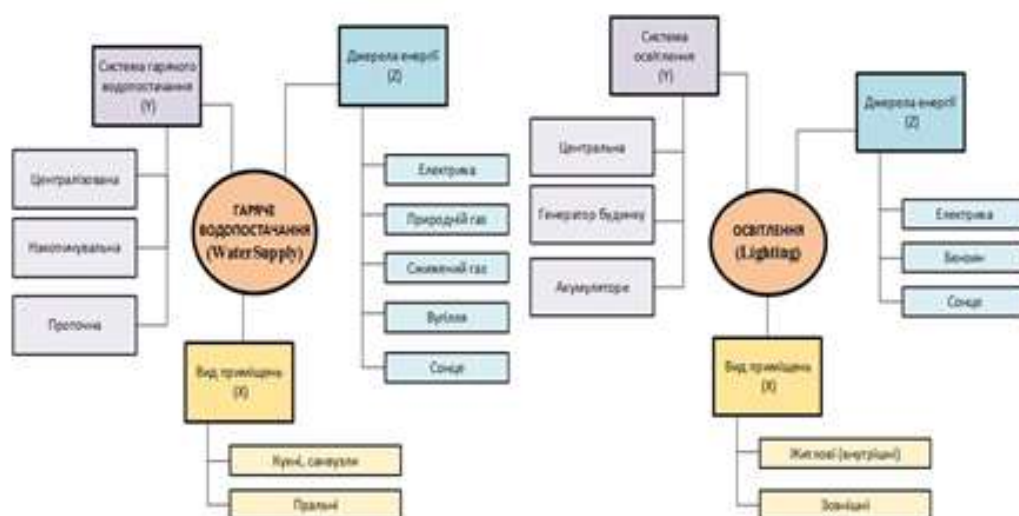
3

## Класифікація показників енергопостачання для опалення та охолодження



6

## Класифікація показників енергопостачання для гарячого водопостачання та освітлення



7

## Показники групи «Опалення»

Код показника	Найменування показника	Критерій обліку	Облікові дані	Суб'єкт обліку	
H1a	Загальна енергоспоживання для опалення	В цілому	Загальна енергоспоживання для опалення	Будівля в цілому	
H1b	Частина кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення				
H2a	Енергоспоживання для опалення на одного мешканця				Чисельність мешканців
H2b	Енергоспоживання для опалення на житлову приміщення				Кількість приміщень
H2c				Загальна площа	
H3a	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі	За видами приміщень	Енергоспоживання для опалення приміщення виду X	Площа приміщення виду X	
H3b		За системами опалення	Енергоспоживання для опалення в системі опалення типу Y	Площа приміщення в системі опалення типу Y	
H3c		За джерелами енергії	Енергоспоживання для опалення в джерелі енергії Z	Площа приміщення в джерелі енергії Z	

8

## Формалізація показників групи «Опалення»

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
HDa	Загальне енергоспоживання для опалення будинку	EH	Кінцевий	Моделювання
HDb	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення будинку	ENZD	Кінцевий	Моделювання
HQa	Енергоспоживання для опалення на одного мешканця	-	Кінцевий	Моделювання
HQb	Енергоспоживання для опалення на житлові приміщення	-	Кінцевий	Моделювання
HQc	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі будинку	-	Кінцевий	Моделювання
HDa	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "вид приміщення"	-	Кінцевий	Моделювання
HDb	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип системи опалення або обладнання"	-	Кінцевий	Моделювання
HDc	Енергоспоживання для опалення на одиницю площі по критерію "тип джерела енергії"	-	Кінцевий	Моделювання
-	Площа житлових приміщень, які використовують джерело енергії Zz	HAZz	Первинний	Вимірювання Адміністративний Обстеження
-	Загальна площа житлових приміщень, які використовують для опалення різні джерела енергії	HAZD	Проміжний	Вимірювання Моделювання
-	Площа житлових приміщень, які використовують систему опалення типу Y	HAZY	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Загальна площа житлових приміщень, що використовують систему опалення або обладнання певного типу	HAZYD	Проміжний	Вимірювання Моделювання

9

## Формалізація показників групи «Опалення»

Код показника	Найменування показника	Позначення	Рівень визначення	Метод визначення
-	Площа приміщень певного виду X	HAZx	Первинний	Адміністративний
-	Загальна площа приміщень певного виду в житлових будинках	HAZD	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Загальна площа усіх приміщень із опаленням в будинку	HAT	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Кількість приміщень із опаленням	HNT	Первинний	Адміністративний Вимірювання Обстеження
-	Чисельність мешканців будинку	RT	Первинний	Адміністративний Обстеження
-	Частка кожного джерела енергії у загальній структурі енергоспоживання для опалення	ENZz	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення приміщень, які використовують різні джерела енергії	ENZD	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Енергоспоживання для опалення приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення виду Y	ENZY	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень житлового будинку, що використовують систему опалення або обладнання певного виду	ENZYD	Проміжний	Моделювання Вимірювання
-	Енергоспоживання для опалення приміщень виду X	ENXx	Первинний	Вимірювання Адміністративний
-	Загальне споживання енергії для опалення усіх приміщень певного виду	ENXD	Проміжний	Моделювання Вимірювання

10

## Розробка формул для розрахунку показників енергозабезпечення опалення

- Енергоспоживання для опалення на одній площі по критерію "вид припливів":

$$H3a = \frac{EH3a}{KATa} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3a_i}{\sum_{i=1}^n KATa_i} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3a_i}{KATa_i} = \frac{EH3a_1}{KATa_1} + \frac{EH3a_2}{KATa_2} + \dots + \frac{EH3a_n}{KATa_n} \quad (3.1)$$

- Енергоспоживання для опалення на одній площі по критерію "тип системи опалення або обладнання":

$$H3b = \frac{EH3b}{KATb} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3b_i}{\sum_{i=1}^n KATb_i} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3b_i}{KATb_i} = \frac{EH3b_1}{KATb_1} + \frac{EH3b_2}{KATb_2} + \dots + \frac{EH3b_n}{KATb_n} \quad (3.2)$$

- Енергоспоживання для опалення на одній площі по критерію "тип джерела енергії":

$$H3c = \frac{EH3c}{KATc} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3c_i}{\sum_{i=1}^n KATc_i} = \sum_{i=1}^n \frac{EH3c_i}{KATc_i} = \frac{EH3c_1}{KATc_1} + \frac{EH3c_2}{KATc_2} + \dots + \frac{EH3c_n}{KATc_n} \quad (3.3)$$

- Загальне енергоспоживання для опалення:

$$EH = EH3D \text{ або } EH3Y \text{ або } EH3O \quad (3.4)$$

- Загальна площа усіх припливів і опалення в будинку:

$$KAT = KAT3D \text{ або } KAT3Y \text{ або } KAT3O \quad (3.5)$$

- Енергоспоживання для опалення на одного мешканця:

$$H2a = \frac{EH}{RT} \quad (3.6)$$

- Енергоспоживання для опалення на квадратний метр:

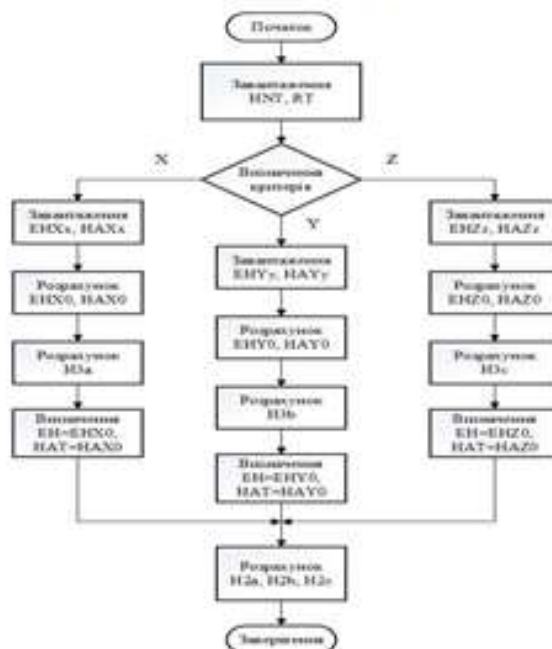
$$H2b = \frac{EH}{KAT} \quad (3.7)$$

- Енергоспоживання для опалення на одну площу будинку:

$$H2c = \frac{EH}{KAT} \quad (3.8)$$

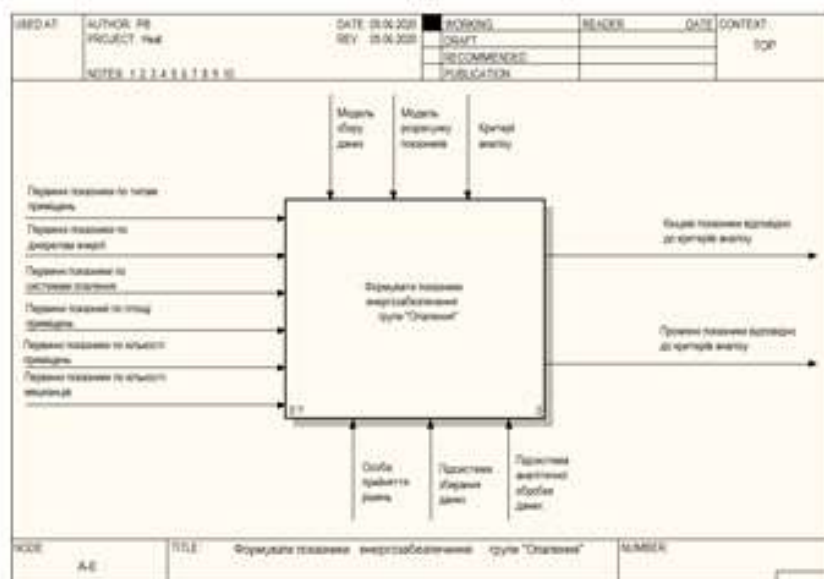
11

## Схема алгоритму розрахунку параметрів енергозабезпечення для опалення



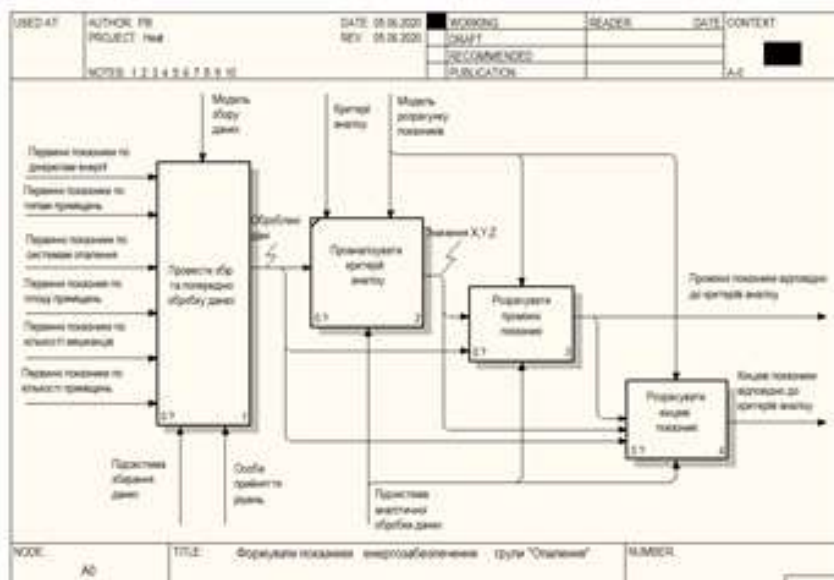
12

## Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель



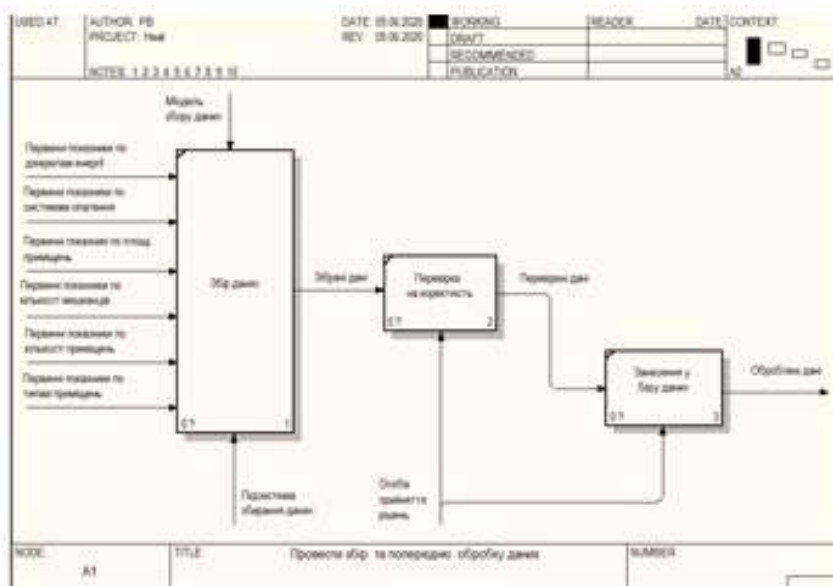
13

## Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель



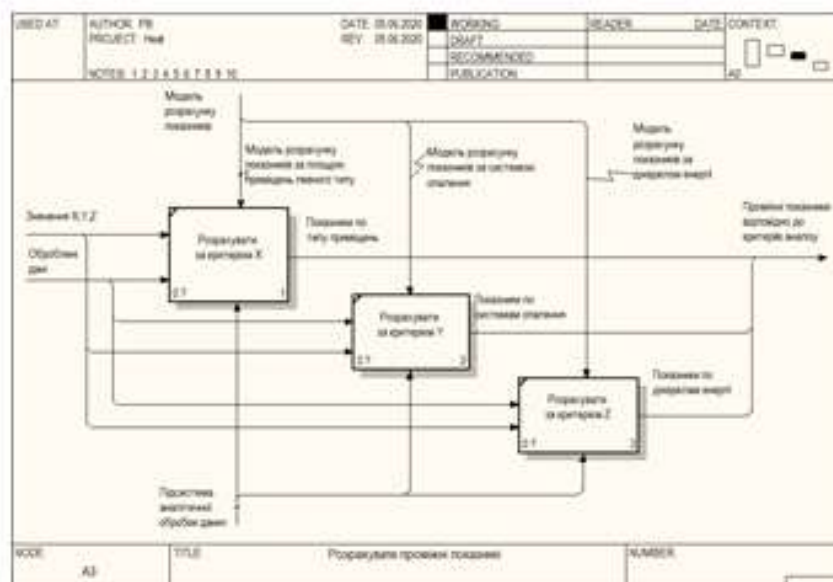
14

## Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель



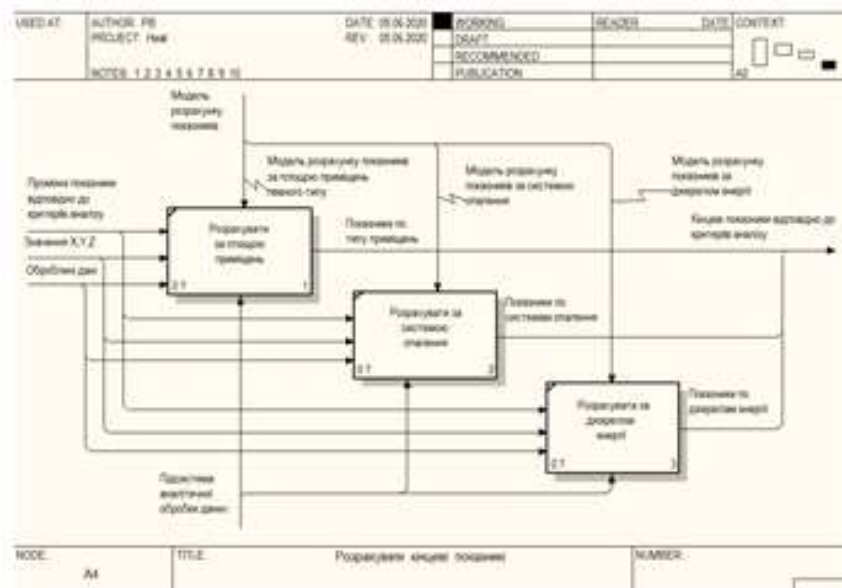
15

## Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель



16

## Функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель



17

## Апробація результатів

Бусел П.В. Критеріальна оцінка при аналізі структури системи енергопостачання будинку / Матеріали X Науково-технічної конференції студентів та молодих вчених «Сучасні інфокомунікаційні технології». Київ, Державний університет телекомунікацій, 25 травня 2020 р.

18

## ВИСНОВКИ

1. Визначена система формалізованого позначення показників.
2. Доведена необхідність аналізу показників енергозабезпечення також по суб'єктам і критеріям обліку – площа приміщень, кількість приміщень, вид приміщень, чисельність мешканців, тип систем енергозабезпечення, тип джерел енергоносіїв.
3. Розроблений алгоритм розрахунку показників (крім первинних), який дозволяє формувати значення за різними напрямками енергоспоживання, що базується на запропонованій математичній системі рівнянь.
4. Розроблені функціональні моделі процесів в СППР енергозабезпечення будівель.
5. За результатом аналізу характеристик і структур СППР сформовані технічні рекомендації у вигляді структур програмних засобів для розробки додатку слідкування за показниками системи оцінки параметрів енергопостачання і формування аналітичних даних за визначеними критеріями аналізу.

19

Дякую за увагу!

20



