

# ЗМІСТ

1 Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі .....	5
2 Аналіз метеорологічних даних регіону.....	7
3 Моделювання графіка електричного навантаження.....	12
4 Теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та ГВП .....	19
5 Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта.....	25
6 Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб системи опалення об'єкта.....	29
7 Визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення .....	34
8 Опис програмної реалізації .....	37
8.1 Засоби розробки .....	37
8.2 Системні вимоги та інсталяція .....	38
8.3 Особливості інтерфейсу програми .....	38

# **1 СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ БУДІВЛІ**

Програмне забезпечення призначене для аналізу та підвищення енергоефективності будівлі. Робота розробленої системи демонструється з використанням метеорологічних даних міста Київ. Потенційні користувачі системи: особи, які хочуть визначитися із засобами для підвищення енергоефективності будівлі.

Система повинна виконувати:

- 1) обробку вхідних даних;
- 2) аналіз метеорологічних даних регіону;
- 3) моделювання графіка електричного навантаження;
- 4) аналіз теплотехнічних характеристик будівлі, потреб у тепловій енергії на опалення та ГВП;
- 5) визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта;
- 6) визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб систем опалення та кондиціонування об'єкта;
- 7) визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення.

Вхідна інформація для програмної системи:

- 1) метеорологічні дані;
- 2) дані по електроспоживачам;
- 3) тижневий графік електроспоживання;
- 4) теплотехнічні характеристики будівлі;
- 5) дані по використанню гарячої води;
- 6) характеристики різних видів котлів та палива, яке використовується;

- 7) характеристики вітроенергетичної установки;
- 8) характеристики теплового насосу;
- 9) характеристики системи теплоакumuлюючого опалення;
- 10) ціни на електроенергію для різних видів тарифів.

Вихідна інформація для програмної системи:

- 1) метеорологічні дані за визначений період часу;
- 2) оптимізований тижневий графік електроспоживання;
- 3) економічні розрахунки вартості електроспоживання за визначений період;
- 4) розрахунки тепловтрат будівлі за визначений період;
- 5) економічні розрахунки вартості тепловтрат будівлі за визначений період;
- 6) розрахунки ефективності застосування теплового насосу;
- 7) розрахунки ефективності застосування системи теплоакumuлюючого опалення;
- 8) розрахунки ефективності застосування вітроенергетичної установки.

Інтерфейс користувача розробленої системи забезпечує необхідний інструментарій для введення та модифікації вхідних даних, ведення розрахунків та складання остаточних звітів.

## 2 АНАЛІЗ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ РЕГІОНУ

Для аналізу метеорологічних даних регіону розроблена програмна система зчитує дані з бази даних. База даних містить наступну метеорологічну інформацію регіону: дата, час, температура повітря, напрям вітру, швидкість вітру, інтенсивність сонячної інсоляції. База даних містить інформацію за цілий рік з часовими інтервалами в півгодини. Програмна система виконує перевірку бази даних на повноту інформації та, за необхідності, виконує корекцію даних. Якщо в базі даних були виявлені порожні поля або відсутні дані за часовий період, то система виконує автоматичну корекцію даних, тобто для відсутніх числових даних значення визначається як середнє арифметичне двох сусідніх відомих значень, для напрямку вітру значення береться із попереднього часового періоду.

Програмна система надає можливість користувачу переглянути метеорологічні дані за визначений період часу як в табличному так і в графічному представленні. На рисунку 2.1 зображено температурні умови за визначений період часу.

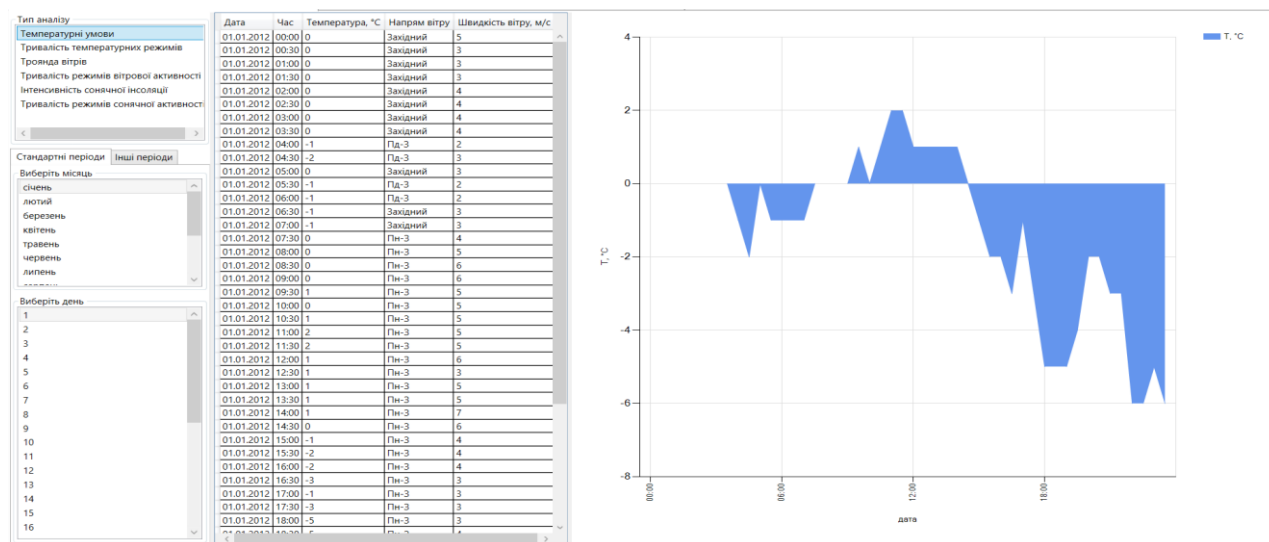


Рисунок 2.1 – Температурні умови

Користувачу надається можливість вибрати часовий період для якого потрібно переглянути дані.

Розроблена програмна система використовує інформацію про температурні умови за визначений період часу для визначення тривалості температурних режимів. На рисунку 2.2 зображена отримана інформація про тривалість температурних режимів, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості температурних режимів.

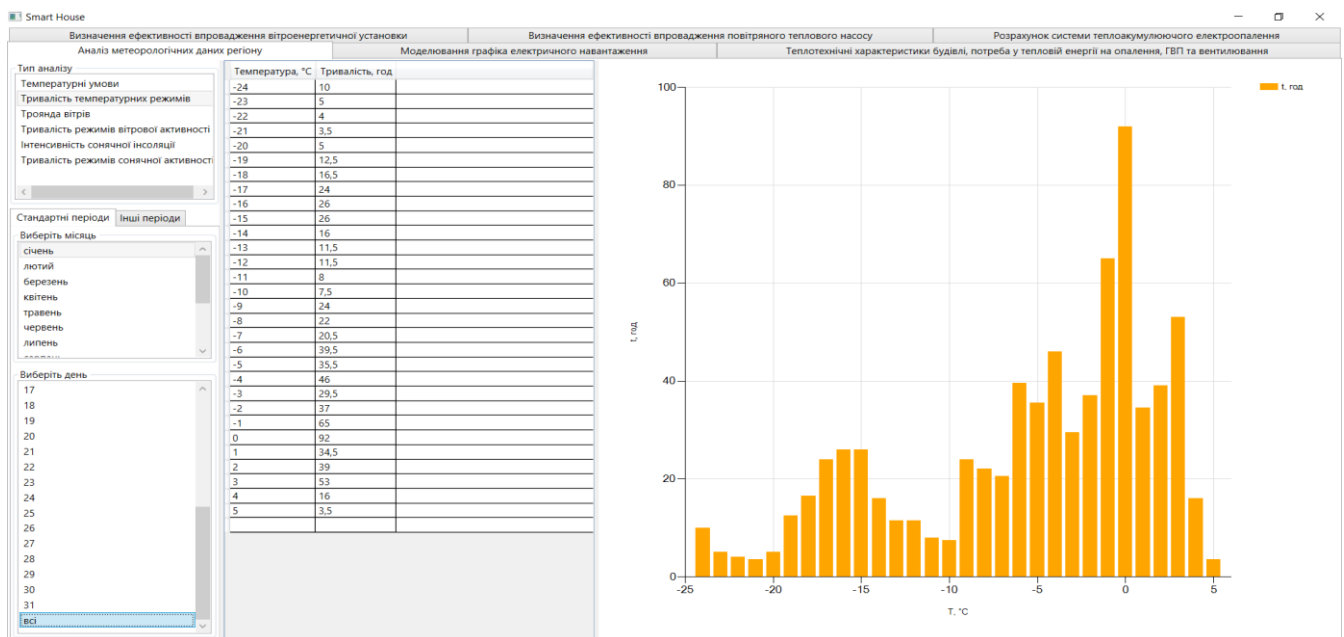


Рисунок 2.2 – Тривалість температурних режимів

Для побудови діаграми троянда вітрів програмна система використовує дані про швидкість та напрям вітру за визначений період часу [1].

Троянда вітрів – векторна діаграма, що характеризує режим вітру в даному місці за багаторічними спостереженнями. Діаграма є пучком променів, що витікають з однієї точки і направлені по румбах горизонту. На кожному промені від центру убік, звідки дує вітер, відкладається в певному масштабі відрізок, пропорційний повторюваності вітру даного напрямку. Кінці відрізків зазвичай з'єднуються прямими лініями. Довжина вітру показана стрілками, що йдуть до центру кола. Довжина стрілки до кола відповідає повторюваності даного напрямку вітру у відсотках від загального числа спостережень без урахування штилів. Цифра в колі показує повторюваність штилів у відсотках від загального числа спостережень [2].

На рисунку 2.3 зображено троянду вітрів для визначеного періоду часу, а також таблицю, яка містить дані про частоту появи вітру в годинах та у відсотковому відношенні для різних напрямів вітру, а також для змінного вітру та штилю.

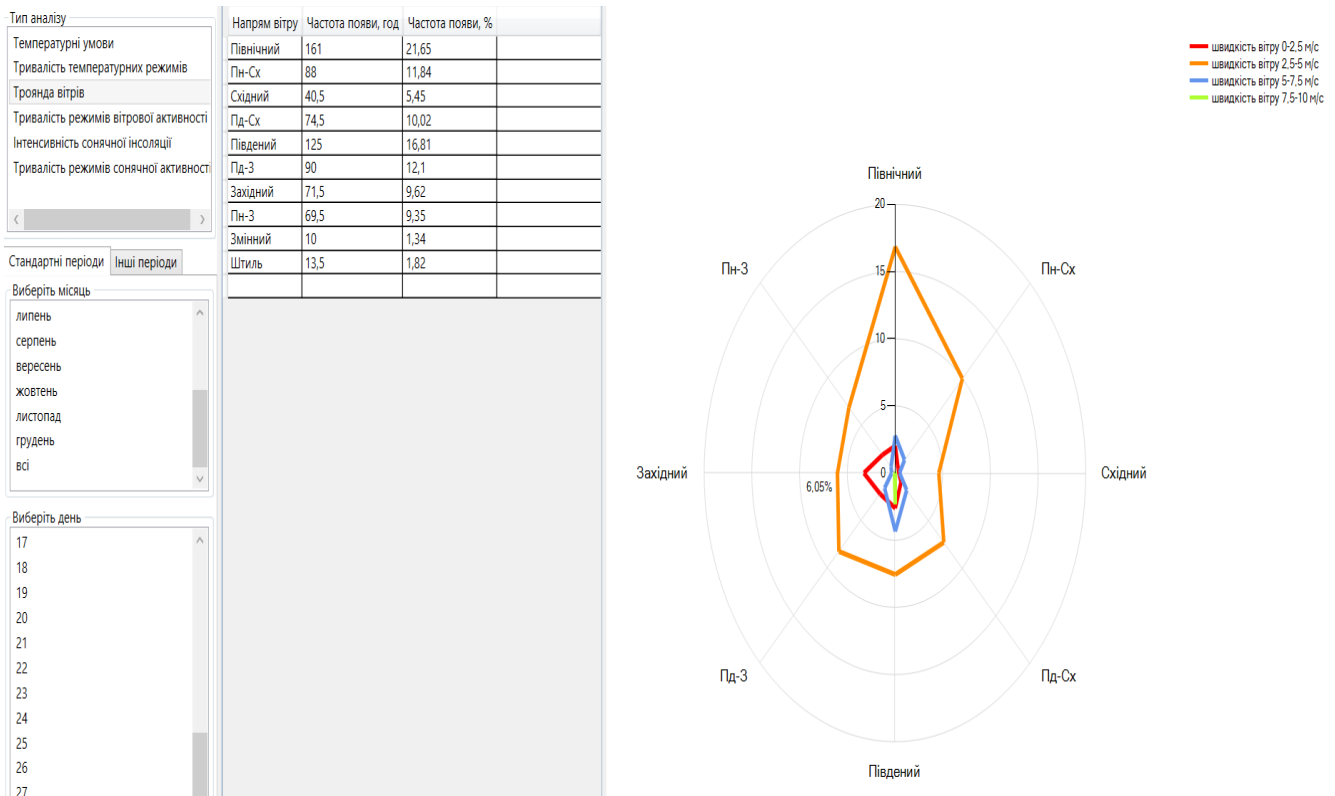


Рисунок 2.3 – Троянда вітрів

Троянда вітрів будується для основних та половинних напрямів (Північ – Півн.Схід – Схід – Півд.Схід – Південь – Півд.Захід – Захід – Півн.Захід) з розподілом за інтенсивністю вітрової активності за діапазонами ( $>0 \dots 0,25$ ); ( $>0,25 \dots 0,5$ ); ( $>0,5 \dots 0,75$ ); ( $>0,75 \dots 1$ ), де значенню 1 відповідає найбільша швидкість вітру за визначений період часу.

Розроблена програмна система використовує інформацію про швидкість вітру за визначений період часу для визначення тривалості режимів вітрової активності. На рисунку 2.4 зображена отримана інформація про тривалість режимів вітрової активності, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості режимів вітрової активності.

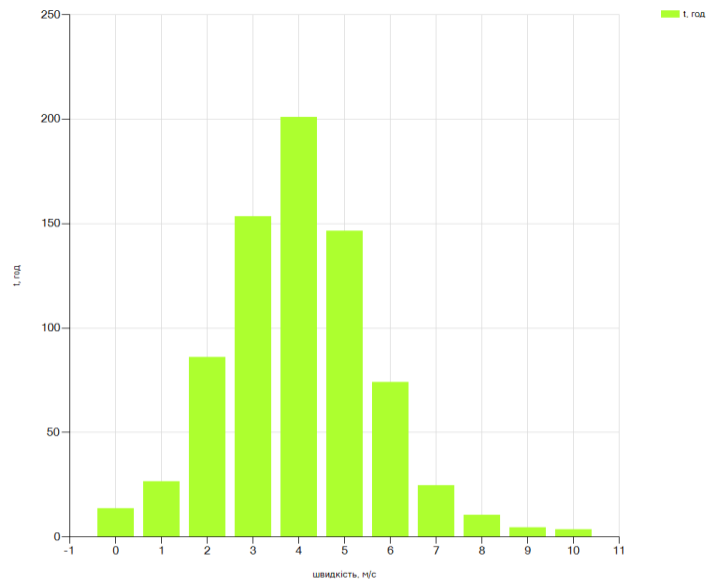
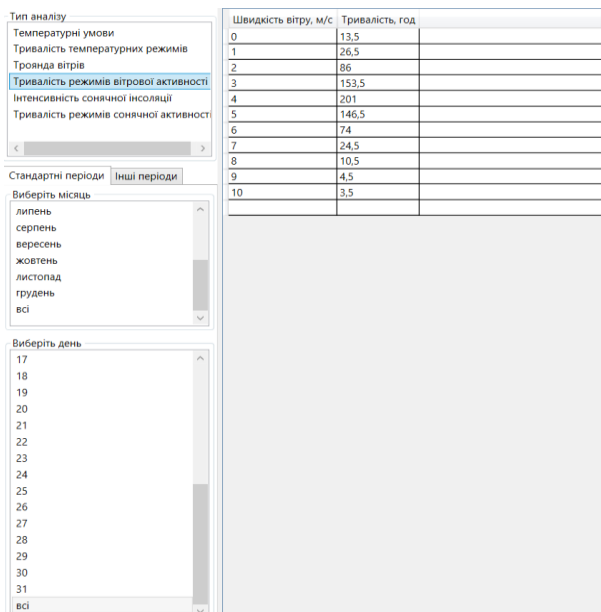


Рисунок 2.4 – Тривалість режимів вітрової активності

Програмна система використовує інформацію про інтенсивність сонячної інсоляції для побудови відповідної діаграми за визначений період часу. На рисунку 2.5 зображена отримана інформація про інтенсивність сонячної інсоляції, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми інтенсивності сонячної інсоляції.

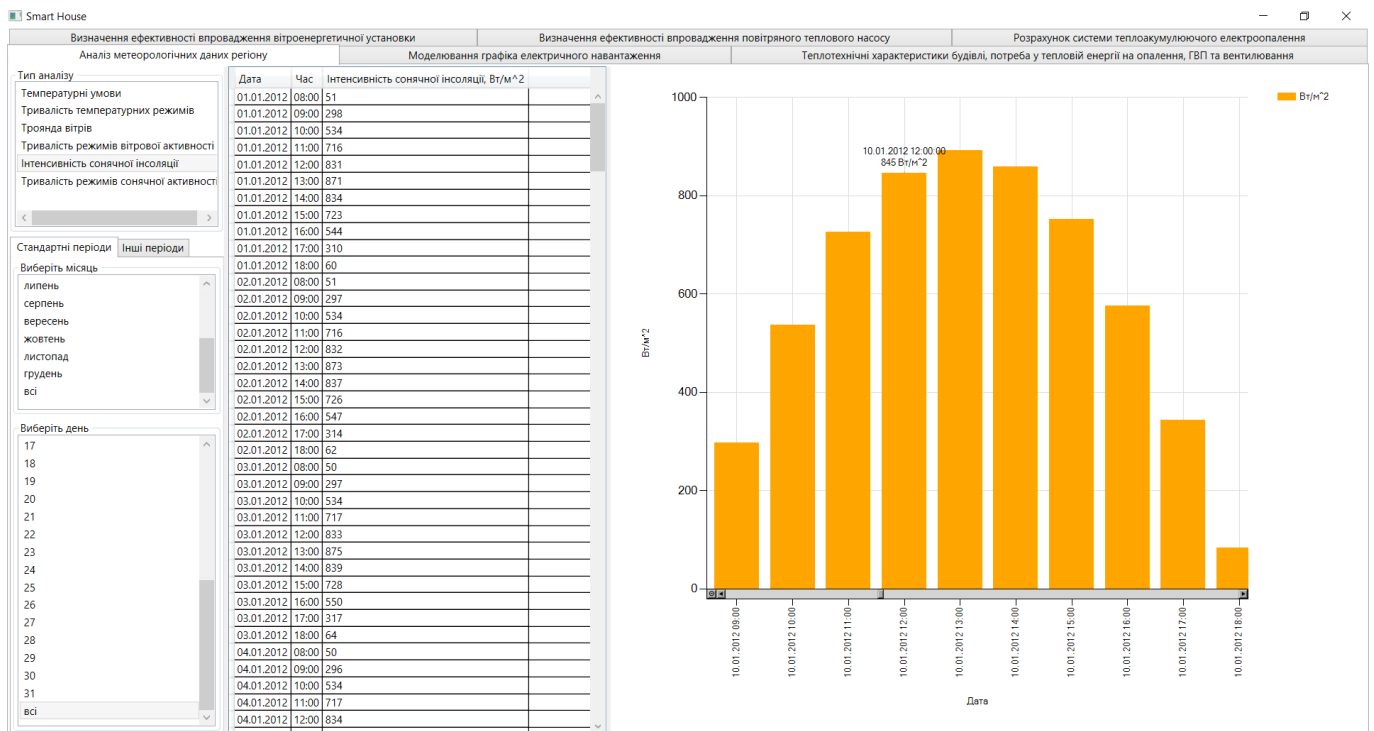


Рисунок 2.5 – Інтенсивність сонячної інсоляції

Розроблена програмна система використовує інформацію про інтенсивність сонячної інсоляції за визначений період часу для визначення тривалості режимів сонячної активності. На рисунку 2.6 зображена отримана інформація про тривалість режимів сонячної активності, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості режимів сонячної активності.

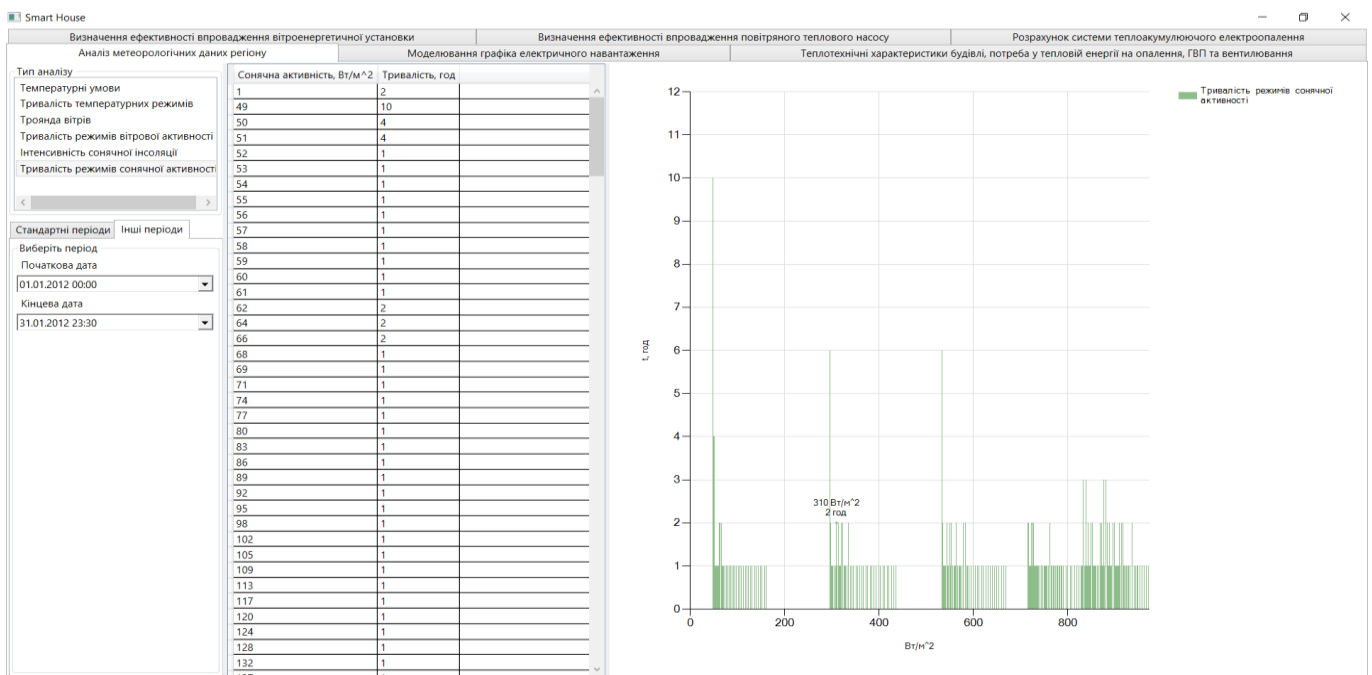


Рисунок 2.6 – Тривалість режимів сонячної активності

Користувачеві надається можливість визначати період часу за який треба переглянути результати аналізу метеорологічних умов, в якості визначеного періоду часу користувач може задавати не тільки як окремі дні чи місяці, але і як довільний часовий інтервал, наприклад з 2 січня по 17 грудня.

## Висновки до розділу

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система виконує аналіз метеорологічних даних регіону за визначений період часу, а також яка інформація доступна користувачеві програми.



### 3 МОДЕЛЮВАННЯ ГРАФІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Прийняття рішень про розвиток енергетичної інфраструктури починається з аналізу прогнозованого попиту на енергію. Враховуючи співпадіння у часі споживання та виробництва енергії, важливо знати не тільки обсяги попиту за певний проміжок часу, а й характер попиту. Для характеристики попиту на енергію використовують графіки навантаження.

Графік навантаження енергосистеми є сумою графіків навантаження окремих груп споживачів, кожна з яких має свій графік навантаження.

Для прикладу на рисунку 3.1 зображено режими споживання електроенергії двома споживачами. Очевидно, що при однаковому добовому споживанні електричної енергії витрати енергосистеми на покриття попиту будуть неоднаковими, а необхідні капіталовкладення на створення необхідної генеруючої інфраструктури будуть суттєво різними.

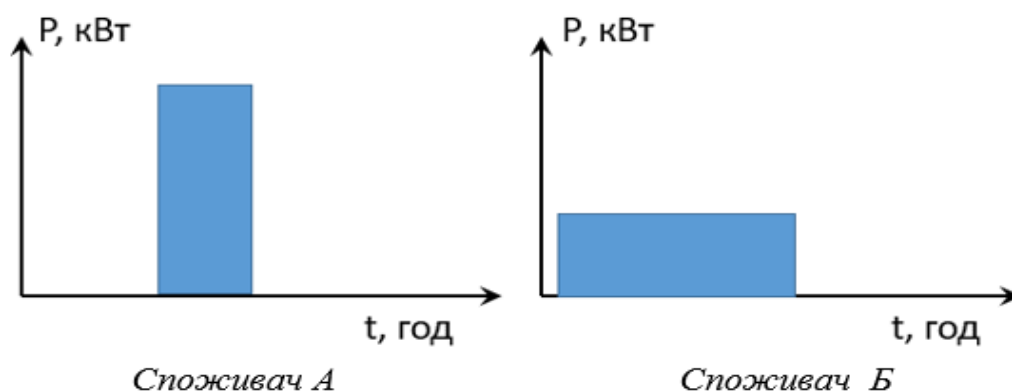


Рисунок 3.1 – Режими споживання електроенергії

Від режиму споживання залежить структура потужності електростанцій енергосистеми, необхідна пропускна здатність ліній електропередачі та теплових мереж. Крім того, від режиму споживання залежать не лише затрати на розвиток енергосистеми, а й затрати на експлуатацію діючого обладнання.

Структура потужностей енергетичних станцій визначає стратегію розміщення капіталовкладень, а також і стратегію фінансування розвитку енергосистеми.

Дуже важливо точно визначити об'єми та режими споживання енергії, тому що заниження потреби веде до фінансового збитку, оскільки доводиться покривати дефіцит енергії за рахунок закупівлі у інших постачальників або обмежувати споживачів, завищення потреби також веде до фінансового збитку за рахунок омертвіння капіталу у додатково встановленому обладнанні, що не повністю використовується, або за рахунок придбаної надлишкової кількості палива.

Складовою частиною графіка навантаження енергосистеми крім попиту споживачів є втрати енергії при її передачі у розподільчих мережах, а також витрати на власні потреби електростанцій систем.

Для того, щоб побудувати графік електричного навантаження спочатку необхідно скласти профіль побутових потреб споживача. Користувач складає перелік приладів, які споживають електричну енергію, та їх потужність. Користувач системи складає часовий графік забезпечення потреб за допомогою наявного обладнання у розрахунку на один тиждень. На рисунку 3.2 зображено задання користувачем графіка електричного навантаження (ГЕН) для побутових приладів.

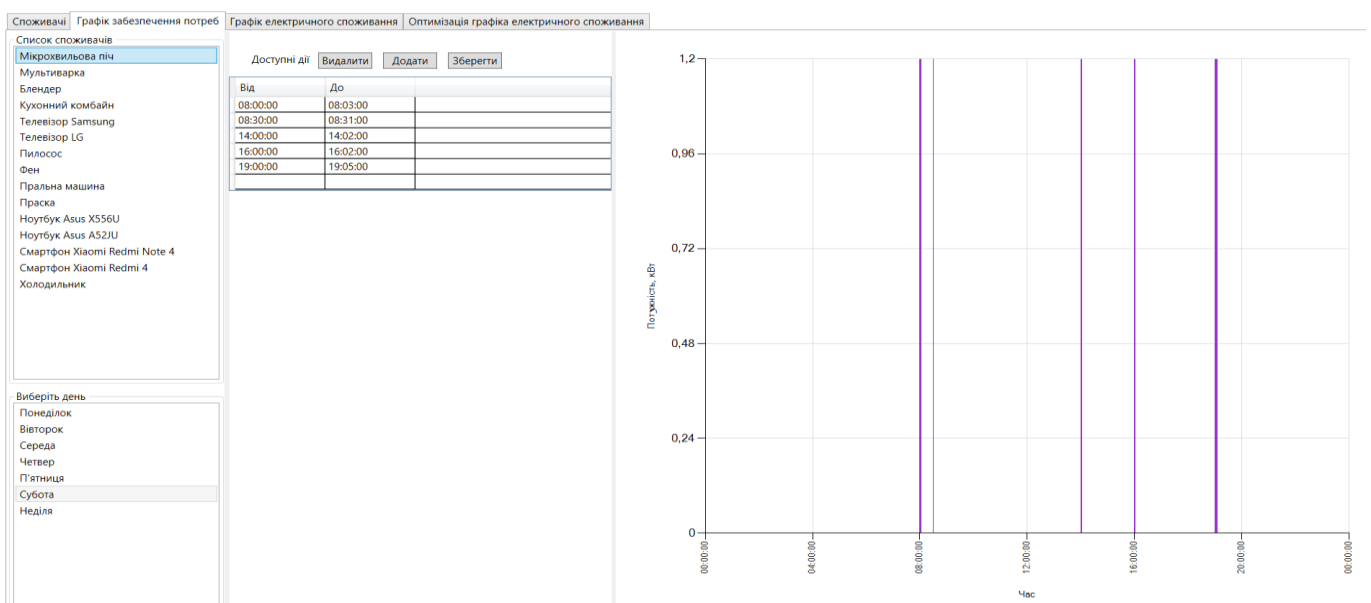


Рисунок 3.2 – Задання графіка електричного навантаження

Використання побутових приладів задається часовими інтервалами для кожного приладу і для кожного дня тижня окремо. Розроблена система забезпечує інтерфейс користувача механізмом модифікації списку приладів та ГЕН. Система зберігає інформацію про список приладів та ГЕН, щоб при наступних запусках програми не потрібно було вводити всю інформацію заново.

Програма виконує побудову графіка електричного навантаження (ГЕН) та тривалості навантаження. На рисунку 3.3 зображено сумарний ГЕН за понеділок для всіх електричних приладів.

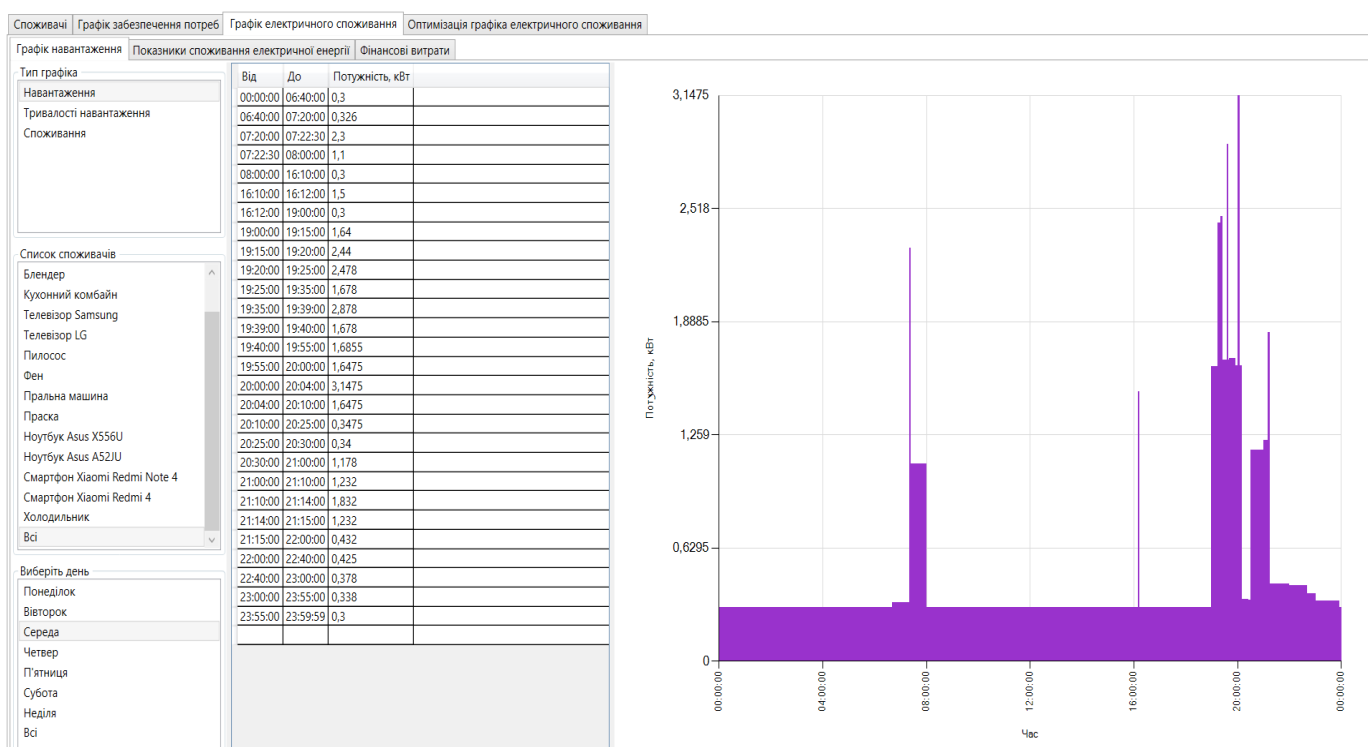


Рисунок 3.3 – Графік електричного навантаження

Програмна система надає користувачеві можливість переглянути ГЕН для вибраного приладу або для всіх приладів за визначений користувачем день або за весь тиждень. Використовуючи дані ГЕН система визначає тривалість електричного навантаження, яка зображена на рисунку 3.4, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми.

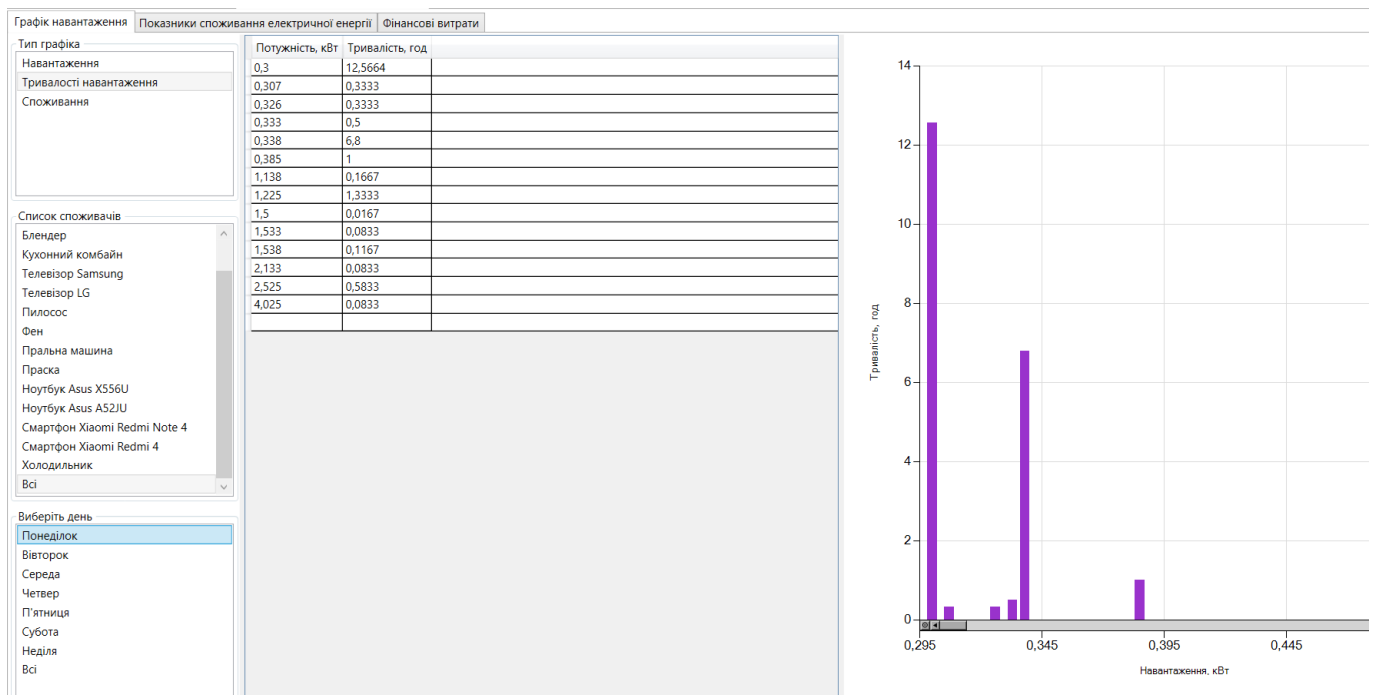


Рисунок 3.4 – Тривалість електричного навантаження

Система визначає обсяги спожитої електроенергії за кожний день тижню та за весь тиждень як для кожного окремого електричного приладу так і для всіх приладів разом. На рисунку 3.5 зображено приклад вікна інтерфейсу програми в якому користувачеві доступні для перегляду отримані результати.

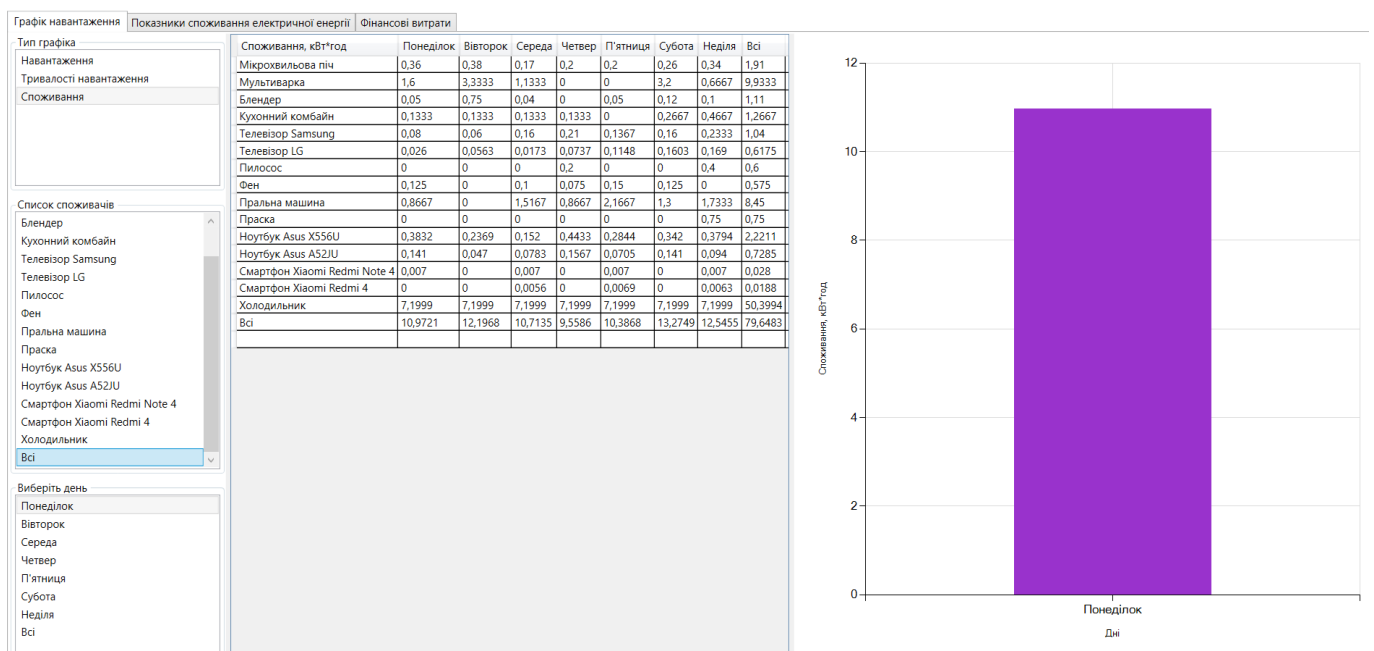


Рисунок 3.5 – Споживання електричної енергії

Програмна система визначає показники споживання електричної енергії: обсяги споживання окремо для кожного дня тижня ( $W_{\text{спож.}}$ ); сумарні обсяги споживання за тиждень; пікове ( $P_{\text{пik.}}$ ) та середнє ( $P_{\text{сер.}}$ ) навантаження окремо для кожного дня тижня; тривалість використання максимального навантаження ( $T_{\text{max}}$ ); ступінь нерівномірності ГЕН; коефіцієнт використання встановленої потужності ( $k_{\text{вик.}}$ ).

Площа, обмежена кривою графіка активного навантаження, чисельно рівна енергії, виробленої або спожитої електроустановкою за досліджуваний період і визначається за формулою 3.1:

$$W_{\text{спож.}} = \int_0^T P_{\text{н}}(t) dt = \sum_i^T P_i T_i \quad (3.1)$$

де  $P_i$  – електричного навантаження для  $i$ -ого рівня навантаження;

$T$  – кількість рівнів електричного навантаження;

$T_i$  – тривалість електричного навантаження для  $i$ -ого рівня навантаження.

Середнє ( $P_{\text{сер.}}$ ) навантаження визначається за формулою 3.2:

$$P_{\text{сер.}} = \frac{\sum_i^T P_i T_i}{T} \quad (3.2)$$

Тривалість використання максимального навантаження визначається за формулою 3.3:

$$T_{\text{max}} = \frac{\int_0^t P_{\text{н}}(t) dt}{P_{\text{max}}} = \frac{\sum_i^T P_i T_i}{P_{\text{max}}} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт використання встановленої потужності визначається за формулою 3.4:

$$k_{\text{зап.}} = \frac{P_{\text{сер.}}}{P_{\text{max}}} \quad (3.4)$$

Ступінь нерівномірності ГЕН оцінюють коефіцієнтом заповнення, який визначається за формулою 3.5:

$$k_{\text{вик.}} = \frac{P_{\text{сер.}}}{P_{\text{встан.пот.}}} = \frac{P_{\text{сер.}}}{\sum P_n} \quad (3.5)$$

На рисунку 3.6 зображено результати розрахунків показників споживання електричної енергії за допомогою розробленої програмної системи.

Графік навантаження		Показники споживання електричної енергії		Фінансові витрати		
Показник	Обсяги споживання (Wслож), кВт*год	Пікове (Рпик.) навантаження, кВт	Середнє (Рсер.) навантаження, кВт	Тривалість використання максимального навантаження (Тmax),год	Ступінь нерівномірності ГЕН	Коефіцієнт використання встановленої потужності
Понеділок	10,9721	4,025	0,4572	12,5664	0,1136	0,026
Вівторок	12,1968	2,338	0,5082	16,0664	0,2174	0,0221
Середа	10,7135	3,1475	0,4464	17,7164	0,1418	0,0151
Четвер	9,5586	3,251	0,3983	10,1333	0,1225	0,0205
П'ятниця	10,3868	3,251	0,4328	14,0831	0,1331	0,0179
Субота	13,2749	2,666	0,5531	11,2497	0,2075	0,0189
Неділя	12,5455	3,111	0,5227	9,9831	0,168	0,0225
Тиждень	79,6483	4,025	0,4735	12,5664	0,1176	0,0039

Рисунок 3.6 – Показники споживання електричної енергії

Визначення фінансових витрат за умов використання одно зонного, двозонного та тризонного тарифу на електричну енергію виконується наступним чином, користувач задає вартість споживання електроенергії для кожного зонного тарифу окремо, а програма визначає обсяги фінансових витрат по кожній із тарифних зон окремо [3]. На рисунку 3.7 зображено фінансові розрахунки для тризонного тарифу.

Однозонний

Двозонний

Тризонний

За 1 кВт-год спожитої електроенергії, грн

0,9

Розрахунок

Назва	Споживання, кВт*год	Витрати, грн
За ніч	18,952	6,82
За піковий період	19,072	25,75
За напівпіковий період	41,625	37,46
Загальна сума	79,648	70,03

Рисунок 3.7 – Фінансові витрати

Аналогічним чином визначаються фінансові витрати для одно зонної та двозонної тарифної зони.

Програмна система виконує оптимізацію ГЕН для зменшення фінансових витрат за рахунок перенесення часу роботи обладнання в зону з меншим тарифним

навантаженням. Користувач вибирає прилади графік використання яких можна оптимізувати. Після оптимізації ГЕН для двозонного та тризонного тарифу користувачеві доступна повна інформація по нових ГЕН на відповідних вкладках, включаючи графік навантаження, показники споживання електричної енергії та фінансові витрати.

Застосування двозонного та тризонного тарифу на електроенергію надає можливість скоротити фінансові витрати на електроенергію в порівнянні з однозонним тарифом на 25-30%, а оптимізація ГЕН для двозонного та тризонного тарифу дозволяє скоротити витрати на 15-20% в порівнянні з неоптимізованим ГЕН.

Отже, режими споживання та точність їх визначення суттєво впливають на результати діяльності енергетичного підприємства. Звідси і випливає необхідність вивчення режимів та графіків навантаження електростанцій та інших елементів енергетичної інфраструктури.

### **Висновки до розділу**

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система виконує моделювання графіка електричного навантаження, що дозволяє визначити обсяги споживання електричної енергії та рівень навантаження на електричну мережу. Фінансові розрахунки витрат на електроенергію дозволяють визначитися з вибором зонного тарифу, який дозволить мінімізувати витрати на електроенергію. Оптимізація ГЕН також дозволяє зменшити витрати на електроенергію.

## 4 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЛІ, ПОТРЕБИ У ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ ТА ГВП

Зменшення витрат на опалення досягається шляхом зниження тепловтрат будівлею та за допомогою вибору ефективної системи опалення. Зниження тепловтрат можливо досягти за допомогою утеплення будівлі. Для визначення потреб у тепловій енергії необхідно визначити рівень тепловтрат будівлі, а для цього необхідно визначити теплотехнічні характеристики будівлі. Тепловтрати залежать від поверхневих площ будівлі(зовнішні стіни, дах, вікна, підлога тощо) та коефіцієнта теплопередачі стін, даху, вікон тощо. Тепловтрати також залежать від зовнішньої температури та температури, яка повинна підтримуватися всередині будівлі. На рисунку 4.1 зображено теплотехнічні характеристики будівлі, які задає користувач.

Назва	Термічний опір, (м²·К)/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К)
Зовнішні стіни	7,41	0,13
Внутрішні стіни	0,37	2,74
Перекриття між поверхами	2,83	0,35
Горіщє перекриття	3,66	0,27
Підлога	1,06	0,94
Дах	1,45	0,69
Вікна	0,24	4,24

Рисунок 4.1 – Теплотехнічні характеристики будівлі

Інтерфейс користувача надає можливість редагувати теплотехнічні характеристики та зберігати зміни.

Тепловтрати будівлі визначаються за формулою 4.1:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot 10^{-3} \quad (4.1)$$

де  $Q$  – тепловтрати через зовнішні стіни, підлогу чи дах;



$k$  – коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стіни, підлогу чи дах;

$F$  – площа зовнішніх стін, підлоги чи даху;

$t_{\text{вн}}$  – температура всередині будівлі;

$t_{\text{зовн}}$  – температура зовні будівлі.

На рисунку 4.2 зображено знайдені тепловтрати будівлі для розрахункової температури, яку задає користувач.

Характеристики будівлі		Потреби у енергії на приготування гарячої води та потужність системи ГВП		Розра
Виберіть період		Тепловтрати при розрахунковій температурі		Характеристика тепловтрат будівлі
Початкова дата		Розрахункова температура, °C		
01.01.2012 00:00		-22		Застосувати
Кінцева дата				
31.01.2012 23:30				
		Огороджуюча конструкція		Тепловтрати при розрахунковій температурі, кВт-год
		Зовнішні стіни		0,9
		Вікна		2,74
		Підлога		2,42
		Дах		2,67
		Qсум		8,73

Рисунок 4.2 – Тепловтрати будівлі для розрахункової температури

Побудова характеристики потреб будівлі у тепловій енергії на опалення для всього діапазону температур зареєстрованих протягом визначеного періоду часу виконується за допомогою знайдених тепловтрат для розрахункової температури та рівня температури, коли  $t_{\text{вн}} = t_{\text{зовн}}$ , при якій тепловтрати будівлі рівні нулю. На рисунку 4.3 зображена залежність тепловтрат будівлі від температурних умов.

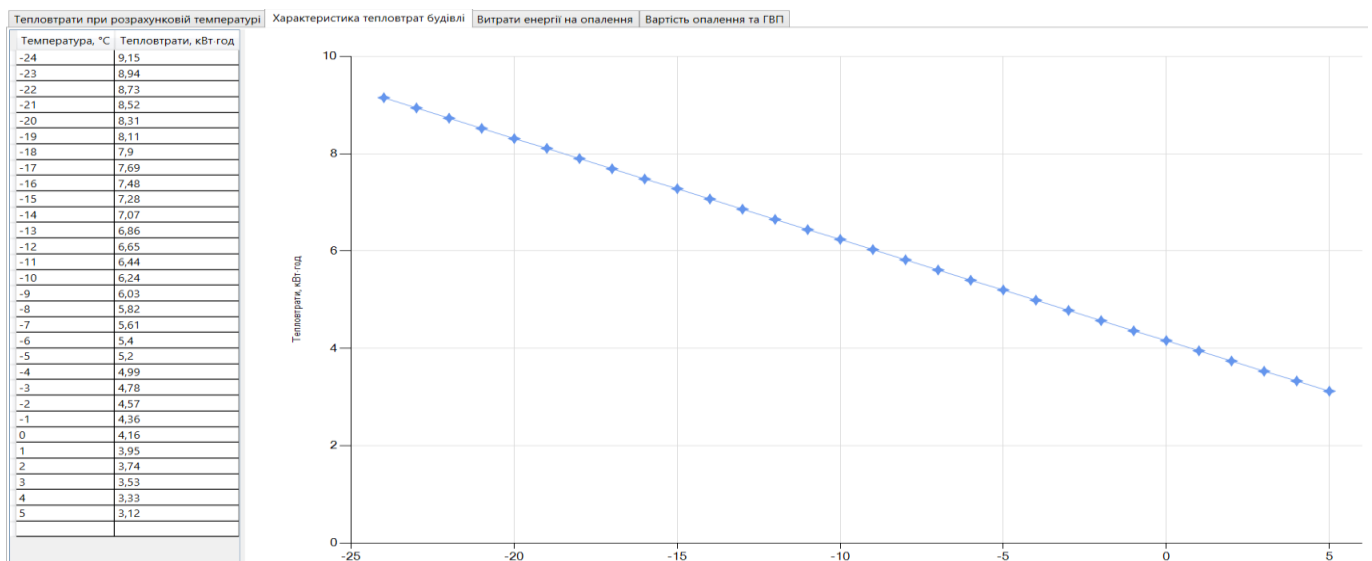


Рисунок 4.3 – Залежність тепловтрат будівлі від температурних умов

Розрахунок витрат енергії на опалення за визначений період виконується використовуючи дані про тривалість температурних режимів та залежність тепловтрат будівлі від температурних умов, розраховуємо втрати енергії на кожному температурному режимі за формулою 4.2:

$$W_{\text{теп.}i} = Q_i \cdot t_i. \quad (4.2)$$

На рисунку 4.4 зображено таблицю і графік витрат енергії на опалення за визначений період.

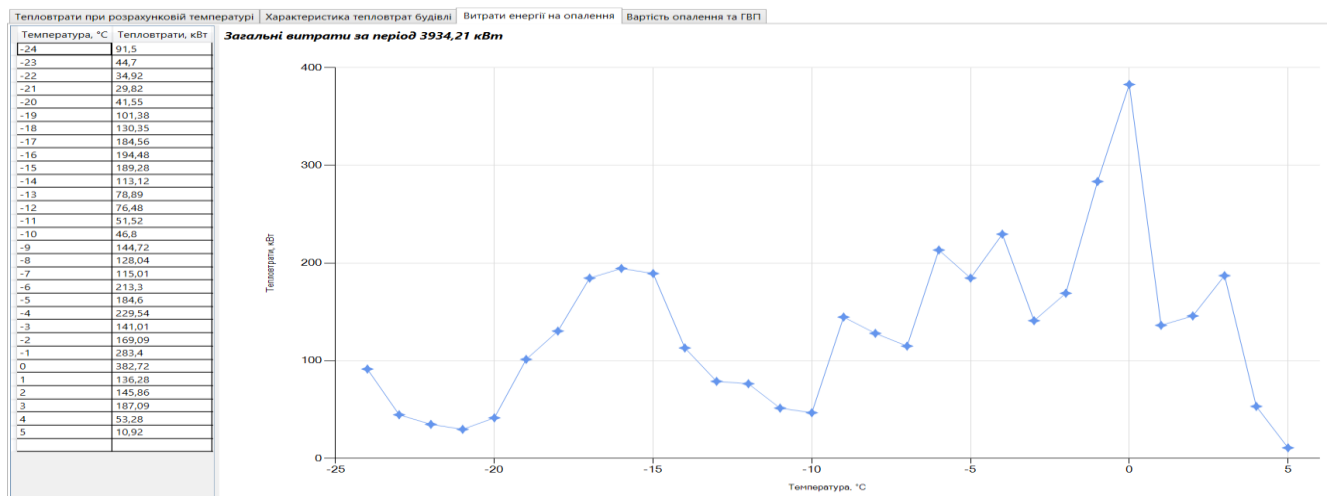


Рисунок 4.4 – Витрати енергії на опалення за визначений період

Програмна система виконує розрахунок потреб у енергії на приготування гарячої води та потужність системи гарячого водопостачання (ГВП).

Обсяги споживання води на прийоми душу визначаються по формулі 4.3:

$$Q_{\text{душ}} = N_{\text{душ}} \cdot Q_{\text{душ. норм.}} \quad (4.3)$$

де  $N_{\text{душ}}$  – кількість користувачів душу, задається користувачем;

$Q_{\text{душ.норм.}}$  – нормований обсяг споживання води в душі, задається користувачем.

Обсяги споживання води на прийоми ванн визначаються по формулі 4.4:

$$Q_{\text{ванн}} = N_{\text{ванн}} \cdot Q_{\text{ванн. норм.}} \quad (4.4)$$

де  $N_{\text{ванн}}$  – кількість користувачів ванн, задається користувачем;

$Q_{\text{ванн.норм.}}$  – нормований обсяг споживання води, задається користувачем.

Корегування витрати гарячої води для визначеної температури на виході з бака ГВП для душу виконується за формулою 4.5:

$$Q_{\text{душ}}^T = Q_{\text{душ}} \frac{(T_{\text{душ}} - T_{\text{вх.води}})}{(T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}})} \quad (4.5)$$

де  $T_{\text{душ}}$  – температура води при прийомі душу, задається користувачем;

$T_{\text{вх.води}}$  – температура води, яка подається в бак ГВП, задається користувачем;

$T_{\text{вих.води}}$  – температура води, яка виходить із бака ГВП, задається користувачем.

Аналогічним чином виконується корегування для ванни за формулою 4.6:

$$Q_{\text{ванн}}^T = Q_{\text{ванн}} \frac{(T_{\text{ванн}} - T_{\text{вх.води}})}{(T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}})} \quad (4.6)$$

де  $T_{\text{ванн}}$  – температура води при прийомі ванни, задається користувачем.

Загальні витрати гарячої води визначаються в м<sup>3</sup>/добу за формулою 4.7:

$$Q_{\text{гар.води}}^T = \frac{Q_{\text{душ}}^T - Q_{\text{ванн}}^T}{\rho} \quad (4.7)$$

де  $\rho=998,23$  кг/м<sup>3</sup> – густина води при температурі 60°C.

Енергія необхідна для нагріву води визначається в кВт·год за формулою 4.8:

$$W_{\text{гар.води}} = 1,163 \cdot Q_{\text{гар.води}}^T (T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}}). \quad (4.8)$$

Необхідна теплова потужність нагрівача визначається в кВт за формулою 4.9:

$$P_{\text{ГВП}} = \frac{W_{\text{гар.води}}}{t_{\text{нагр.}}} \quad (4.9)$$

де  $t_{\text{нагр.}}$  – час нагрівання бака ГВП, задається користувачем.

На рисунку 4.5 зображено результати розрахунків програмою потреб ГВП.

Характеристики будівлі	Потреби у енергії на приготування гарячої води та потужність системи ГВП	Розрахунки для загальної схеми о
Кількість користувачів душу 3	Обсяги споживання води на прийоми душу, л/добу 75	
Кількість користувачів ванни 1	Обсяги споживання води на прийоми ванни, л/добу 100	
Добова норма споживання води для душу, л 25	Відкореговані обсяги споживання води на прийоми душу, л/добу 47,73	
Добова норма споживання води для ванни, л 100	Відкореговані обсяги споживання води на прийоми ванни, л/добу 72,73	
Температура води для душу, °C 40	Загальні обсяги споживання води, м³/добу 0,12	
Температура води для ванни, °C 45	Енергія необхідна для нагріву води, кВт·год 7,68	
Температура вхідної води, °C 5	Необхідна теплова потужність нагрівача, кВт 1,54	
Температура води на виході з бака, °C 60		
Час для нагрівання бака, год 5		
<b>Обчислити</b>		

Рисунок 4.5 – Витрати енергії на ГВП

Програмна система виконує розрахунок вартості опалення та ГВП для різних способів опалення, які зображено на рисунку 4.6, характеристики яких може задавати користувач за допомогою інтерфейсу програми.

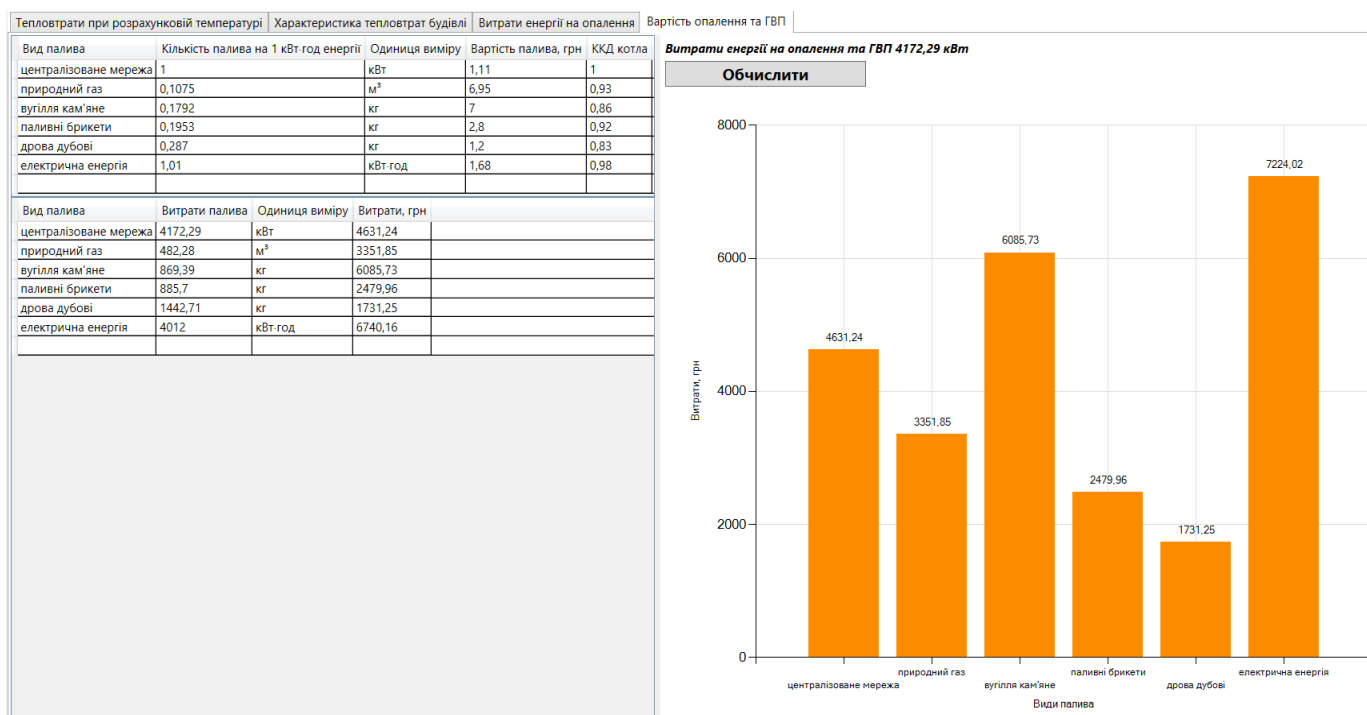


Рисунок 4.6 – Вартість опалення та ГВП

Розрахунки для індивідуальної схеми опалення, коли температурний режим встановлюється для кожної кімнати окремо виконується аналогічно до загальної схеми опалення, де температура для всієї будівлі встановлюється однакова.

Відмінність між індивідуальною та загальною схемою опалення полягає в тому, що для індивідуальної схеми опалення розрахунки тепловтрат визначаються для кожної кімнати окремо. Індивідуальна схема опалення надає можливість встановлювати різну температуру кімнат, що надає можливість економити на опаленні частини кімнат будівлі.

### **Висновки до розділу**

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система використовується для визначення теплотехнічних характеристик будівлі та потреб у тепловій енергії на опалення та ГВП. Отримані за допомогою створеної програми розрахунки дозволяють допомогти визначитися із заходами по зменшенню тепловтрат будівлі та вартості опалення, система дозволяє оцінити вартість опалення для різних методів опалення, а також обсяги витрати пального, що використовується для опалення. Розроблена програма демонструє, що індивідуальна схема опалення кімнат дозволяє зменшити витрати на опалення будівлі.

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТА

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) використовуються для отримання електричної енергії з кінетичної енергії вітру. Енергетична характеристика ВЕУ визначає залежність між швидкістю вітру та потужністю генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ.

Для визначення ефективності впровадження ВЕУ для потреб енергозабезпечення об'єкта необхідно задати енергетичну характеристику ВЕУ. На рисунку 5.1 зображено інтерфейс розробленої програми для задання енергетичної характеристики ВЕУ.

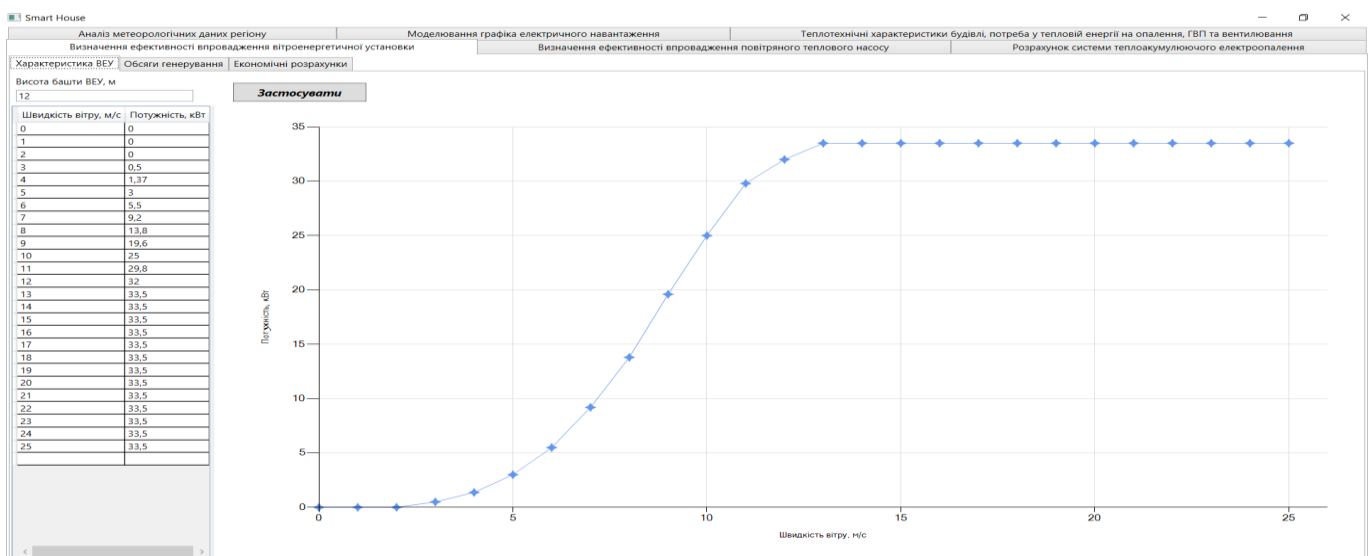


Рисунок 5.1 – Енергетична характеристика ВЕУ

Енергетична характеристика ВЕУ задається користувачем у вигляді таблиці і демонструється за допомогою графіка залежності між швидкістю вітру та потужністю генерації електроенергії. Після модифікації даних необхідно натиснути кнопку «Застосувати» для збереження енергетичної характеристики ВЕУ та виконання розрахунків ефективності впровадження ВЕУ із вказаними характеристиками.

На обсяги генерування електроенергії впливає не тільки швидкість вітру та енергетична характеристика ВЕУ, але й висота башти ВЕУ, яку задає користувач через інтерфейс програми.

Для визначення обсягів генерування за визначений період часу використовується інформація про метеорологічні умови регіону, а саме швидкість вітру. У базі метеорологічних даних приведена швидкість вітру на висоті 10 метрів, тому необхідно виконати корекцію характеристики вітрової активності для введеної висоти башти ВЕУ, яка виконується за формулою 5.1:

$$V_{шукана} = V_{відома} \cdot \left( \frac{H_{шукана}}{H_{відома}} \right)^{0,14} \quad (5.1)$$

де  $V_{шукана}$  – відкоректована швидкість вітру на висоті башти ВЕУ;

$V_{відома}$  – відома з метеорологічних даних швидкість вітру;

$H_{шукана}$  – висота башти ВЕУ;

$H_{відома}$  – висота метеорологічних спостережень.

Розрахунок обсягів генерування за визначений проміжок часу (з врахуванням висоти башти ВЕУ) зображено на рисунку 5.2, де користувачу дані доступні для перегляду у вигляді таблиці та графіка залежності генерації електроенергії від швидкості вітру.

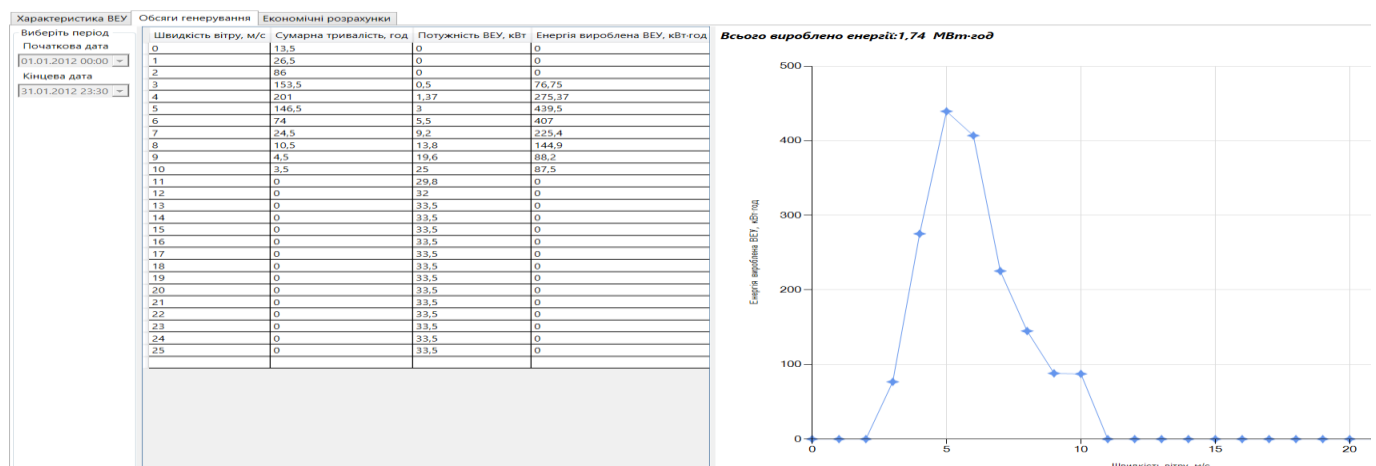


Рисунок 5.2 – Обсяги генерування ВЕУ

Програмна система визначає обсяги генерування електроенергії для кожного режиму швидкості вітру окрема, а також загальний обсяг генерування за визначений період часу.

Для визначення екологічного ефекту від впровадження ВЕУ необхідно провести оцінку обсягів скорочень викидів парникових газів у тонах CO<sub>2</sub> еквіваленту, у порівнянні з базовим сценарієм, по формулі 5.2:

$$1 \text{ т. CO}_2 \text{ екв.} = 1,06 \times \text{МВт} \cdot \text{год.} \quad (5.2)$$

Визначення доходу від продажу електричної енергії за «зеленим» тарифом (за умови генерування у мережу) виконується за формулою 5.3:

$$\text{Дохід} = \text{XXX кВт} \cdot \text{год} \times \text{Вартість 1 кВт} \cdot \text{год (за «зеленим тарифом»)}. \quad (5.3)$$

Визначення доходу від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ) виконується за формулою 5.4:

$$\text{Ціна на ОСВ: 10 €/тону CO}_2 \text{ екв.} \quad (5.4)$$

На рисунку 5.3 представлені економічні розрахунки для впровадженої ВЕУ.

Характеристика ВЕУ	Обсяги генерування	Економічні розрахунки
<b>Параметри</b>		
"Зелений тариф" за 1кВт·год, €		
<input type="text" value="0,108"/>		
Дохід від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ), €		
<input type="text" value="10"/>		
<b>Застосувати</b>		
<b>Розрахунки</b>		
Оцінку обсягів скорочень викидів парникових газів у тонах CO <sub>2</sub> еквіваленту		
<input type="text" value="1,85"/>		
Дохід від продажу електричної енергії за «зеленим» тарифом, €		
<input type="text" value="188,42"/>		
Дохід від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ), €		
<input type="text" value="18,5"/>		

Рисунок 5.3 – Економічні розрахунки



Дохід від продажу одиниць скорочення викидів(ОСВ) та «зелений тариф» визначає користувач системи.

### **Висновки до розділу**

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система використовується для визначення ефективності впровадження ВЕУ для потреб енергозабезпечення об'єкта. Використовуючи енергетичну характеристику ВЕУ та дані про вітрову активність програмна система визначає обсяги генерування електроенергії за визначений період часу, а також дозволяє оцінити економічну вигоду від впровадження ВЕУ та зменшення обсягів викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу [6].

## 6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ПОТРЕБ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ОБ'ЄКТА

Використання теплових насосів для опалення є значно ефективнішим за використання котлів, тому що теплові насоси отримують теплову енергію з оточуючого середовища, витрачаючи при цьому менше електричної енергії.

Енергетичні характеристики теплового насосу (коефіцієнти корекції по електроспоживанню та теплопродуктивності) задає користувач системи. Користувачу також необхідно задати характеристики теплового насосу такі як номінальна теплопродуктивність, потужність споживання електроенергії, кількість теплових насосів, потужність циркуляційного насосу, кількість циркуляційних насосів, потужність фанкойлу, кількість фанкойлів. Інтерфейс користувача надає можливість модифікації вхідних параметрів та їх збереження для подальшої роботи. На рисунку 6.1 зображено інтерфейс програми для задання енергетичних характеристик.

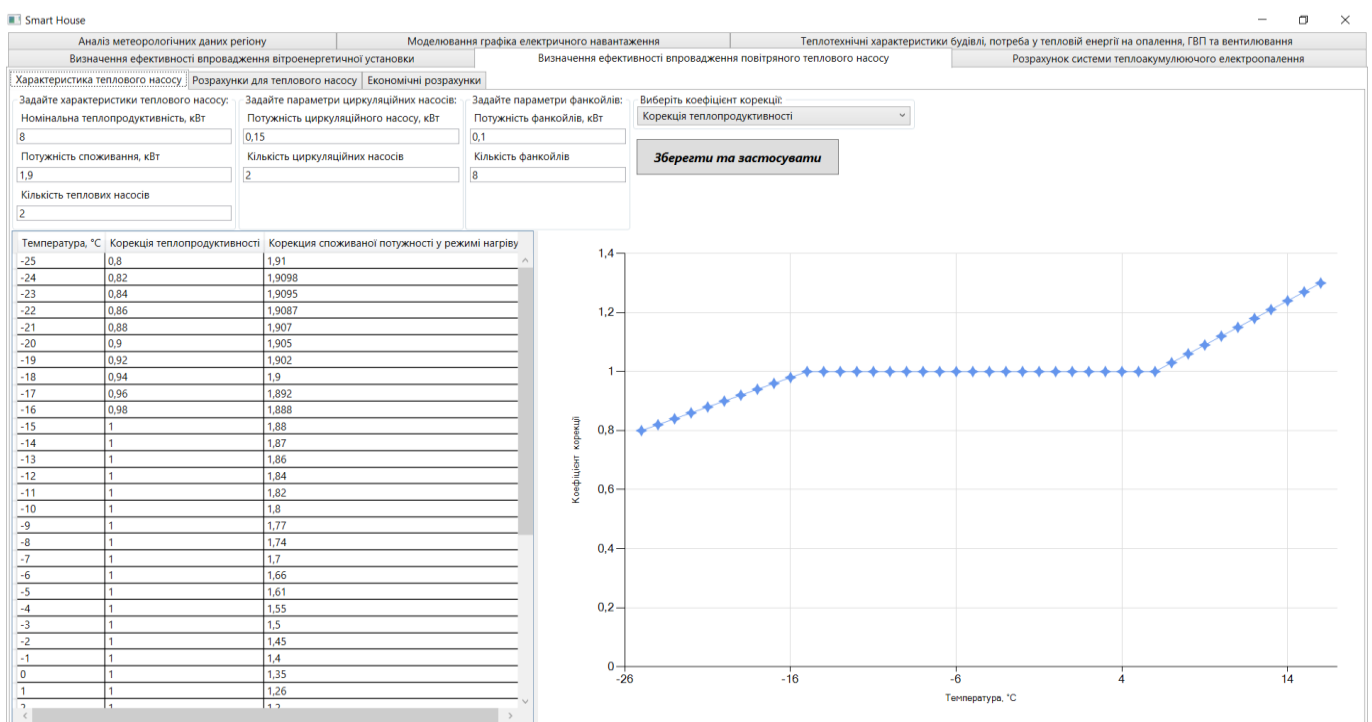


Рисунок 6.1 – Енергетичні характеристики теплового насосу

Розрахунок значення електроспоживання теплового насоса відповідно для кожного температурного режиму виконується за формулою 6.1:

$$P_{\text{спож.ТН}}^i = P_{\text{ном.ТН}} \cdot K_{\text{кор.ЕС}}^i \quad (6.1)$$

де  $P_{\text{спож.ТН}}^i$  – електроспоживання теплового насоса для температурного режиму  $i$ ;

$P_{\text{ном.ТН}}$  – номінальна потужність електроспоживання теплового насоса;

$K_{\text{кор.ЕС}}^i$  – коефіцієнт корекції електроспоживання теплового насоса для температурного режиму  $i$ .

Розрахунок значення теплопродуктивності теплового насоса відповідно для кожного температурного режиму виконується за формулою 6.2:

$$Q_{\text{роб.ТН}}^i = Q_{\text{ном.ТН}} \cdot K_{\text{кор.}Q_{\text{ТН}}}^i \quad (6.2)$$

де  $Q_{\text{роб.ТН}}^i$  – теплопродуктивність теплового насоса для температурного режиму  $i$ ;

$Q_{\text{ном.ТН}}$  – номінальна теплопродуктивність теплового насоса;

$K_{\text{кор.}Q_{\text{ТН}}}^i$  – коефіцієнт корекції теплопродуктивності теплового насоса для температурного режиму  $i$ .

Розрахунок необхідності пікового догрівача виконується за формулою 6.3:

$$P_{\text{дод.нагрівача}}^i = Q_{\text{тепловтрат}}^i - Q_{\text{роб.ТН}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \quad (6.3)$$

де  $P_{\text{дод.нагрівача}}^i$  – потужність пікового догрівача для температурного режиму  $i$ ;

$Q_{\text{тепловтрат}}^i$  – тепловтрати будівлі для температурного режиму  $i$ ;

$N_{\text{модулів}}^i$  – кількість активних теплових насосів для температурного режиму  $i$ .

Розрахунок коефіцієнта завантаження теплових насосів для кожного температурного режиму виконується за формулою 6.4:

$$k_{завант.}^i = \frac{Q_{тепловтрат}^i - P_{дод.нагрівача}^i}{Q_{робоча\ TH}^i \cdot N_{модулів}^i} \quad (6.4)$$

де  $k_{завант.}^i$  – коефіцієнт завантаження теплових насосів для температурного режиму  $i$ .

Розрахунок потужності споживання системи розподілу енергії (циркуляційні насоси, внутрішні блоки, фанкойли) виконується за формулою 6.5:

$$P_{сист.цирк}^i = \sum_i P_{цирк.нас.}^i + \sum_i P_{фанкойлів}^i \quad (6.5)$$

де  $P_{цирк.нас.}^i$  – потужність електроспоживання циркуляційного насосу;

$P_{фанкойлів}^i$  – потужність електроспоживання фанкойлу.

Визначення загальної фактичної потужності, що споживається всією системою генерування тепла з врахуванням додаткового догрівача для кожного температурного режиму виконується за формулою 6.6:

$$P_{спож.СГТ}^i = P_{спож.ТН}^i \cdot N_{модулів}^i \cdot k_{завант.}^i + P_{дод.нагрівача}^i \quad (6.6)$$

Визначення загальних обсягів тепло генерування, електроспоживання і середньозважений COP системи опалення за розрахунковий період виконується за формулами 6.7 та 6.8:

$$COP_{ТН} = \frac{W_{ТН\ ген.тепла}}{W_{ТН\ спож.ел.енер.}} = \frac{\sum_i (Q_{робоча\ TH}^i \cdot N_{модулів}^i \cdot k_{завант.}^i) \cdot t^i}{\sum_i (P_{спож.ТН}^i \cdot N_{модулів}^i \cdot k_{завант.}^i) \cdot t^i} \quad (6.7)$$

$$COP_{сист.} = \frac{W_{сист. ген.тепла}}{W_{сист. спож.ел.енер.}} = \frac{\sum_i (Q_{робоча\ TH}^i \cdot N_{модулів}^i \cdot k_{завант.}^i + P_{дод.нагрівача}^i) \cdot t^i}{\sum_i (P_{спож.СГТ}^i + P_{сист.цирк}^i) \cdot t^i} \quad (6.8)$$

де  $COP_{ТН}$  – середньозважений COP теплового насосу;

$W_{TH \text{ ген.тепла}}$  – обсяги тепло генерування тепловими насосами за визначений період часу;

$W_{TH \text{ спож.ел.енер.}}$  – електроспоживання тепловими насосами за визначений період;

$t^i$  – тривалість температурного режиму  $i$ ;

$COP_{СИСТ.}$  – середньозважений COP системи опалення;

$W_{СИСТ. \text{ ген.тепла}}$  – обсяги тепло генерування системою опалення за визначений період часу;

$W_{СИСТ. \text{ спож.ел.енер.}}$  – електроспоживання системою опалення за визначений період.

На рисунку 6.2 зображено результати розрахунків у вигляді таблиці, виконаних за допомогою розробленої програмної системи.

Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки										Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу										Розрахунок системи теплоакumuлюючого електроопалення									
Характеристика теплового насосу				Розрахунки для теплового насосу						Економічні розрахунки																			
T, °C	Ртеп, кВт	t, год	Qтеп, кВт·год	Kтеп	Qроб.тн, кВт	Kес	Рспож.тн, кВт	Nблоків, шт	Рдод.нагр, кВт	Кзавантаж.	Рцирк.нас, кВт	Wспож.тн, кВт·год	Wспож.сис, кВт·год	Qтн, кВт·год	Одогр, кВт·год	Qсис, кВт·год	Загальні витрати за визначений період:												
-24	9,15	10	91,5	0,82	6,56	1,9098	3,63	2	0	0,7	1,1	50,82	61,82	91,84	0	102,84													
-23	8,94	5	44,7	0,84	6,72	1,9095	3,63	2	0	0,67	1,1	24,32	29,82	45,02	0	50,52	Qтеп.= 3934,21 кВт·год												
-22	8,73	4	34,92	0,86	6,88	1,9087	3,63	2	0	0,63	1,1	18,3	22,7	34,68	0	39,08	Wспож.тн.= 1536,87 кВт·год												
-21	8,52	3,5	29,82	0,88	7,04	1,907	3,62	2	0	0,61	1,1	15,46	19,31	30,06	0	33,91	Wспож.сис.= 2355,28 кВт·год												
-20	8,31	5	41,55	0,9	7,2	1,905	3,62	2	0	0,58	1,1	21	26,5	41,76	0	47,26	Qтн.= 3936,53 кВт·год												
-19	8,11	12,5	101,38	0,92	7,36	1,902	3,61	2	0	0,55	1,1	49,64	63,39	101,2	0	114,95	Одогр.= 0 кВт·год												
-18	7,9	16,5	130,35	0,94	7,52	1,9	3,61	2	0	0,53	1,1	63,14	81,29	131,52	0	149,67	Qсис.= 4754,93 кВт·год												
-17	7,69	24	184,56	0,96	7,68	1,892	3,59	2	0	0,5	1,1	86,16	112,56	184,32	0	210,72	COPтн.= 2,56												
-16	7,48	26	194,48	0,98	7,84	1,888	3,59	1	0	0,95	1,1	88,67	117,27	193,65	0	222,25	COPсис.= 2,02												
-15	7,28	26	189,28	1	8	1,88	3,57	1	0	0,91	1,1	84,47	113,07	189,28	0	217,88	Витрати= 3956,87 грн.												
-14	7,07	16	113,12	1	8	1,87	3,55	1	0	0,88	1,1	49,98	67,58	112,64	0	130,24													
-13	6,86	11,5	78,89	1	8	1,86	3,53	1	0	0,86	1,1	34,91	47,56	79,12	0	91,77													
-12	6,65	11,5	76,48	1	8	1,84	3,5	1	0	0,83	1,1	33,41	46,06	76,36	0	89,01													
-11	6,44	8	51,52	1	8	1,82	3,46	1	0	0,8	1,1	22,14	30,94	51,2	0	60													
-10	6,24	7,5	46,8	1	8	1,8	3,42	1	0	0,78	1,1	20,01	28,26	46,8	0	55,05													
-9	6,03	24	144,72	1	8	1,77	3,36	1	0	0,75	1,1	60,48	86,88	144	0	170,4													
-8	5,82	22	128,04	1	8	1,74	3,31	1	0	0,73	1,1	53,16	77,36	128,48	0	152,68													
-7	5,61	20,5	115,01	1	8	1,7	3,23	1	0	0,7	1,1	46,35	68,9	114,8	0	137,35													
-6	5,4	39,5	213,3	1	8	1,66	3,15	1	0	0,68	1,1	84,61	128,06	214,88	0	258,33													
-5	5,2	35,5	184,6	1	8	1,61	3,06	1	0	0,65	1,1	70,61	109,66	184,6	0	223,65													
-4	4,99	46	229,54	1	8	1,55	2,94	1	0	0,62	1,1	83,85	134,45	228,16	0	278,76													
-3	4,78	29,5	141,01	1	8	1,5	2,85	1	0	0,6	1,1	50,44	82,9	141,6	0	174,05													
-2	4,57	37	169,09	1	8	1,45	2,76	1	0	0,57	1,1	58,21	98,91	168,72	0	209,42													
-1	4,36	65	283,4	1	8	1,4	2,66	1	0	0,55	1,1	95,1	166,6	286	0	357,5													
0	4,16	92	382,72	1	8	1,35	2,56	1	0	0,52	1,1	122,47	223,67	382,72	0	483,92													
1	3,95	34,5	136,28	1	8	1,26	2,39	1	0	0,49	1,1	40,4	78,35	135,24	0	173,19													
2	3,74	39	145,86	1	8	1,2	2,28	1	0	0,47	1,1	41,79	84,69	146,64	0	189,54													
3	3,53	53	187,09	1	8	1,14	2,17	1	0	0,44	1,1	50,6	108,9	186,56	0	244,86													
4	3,33	16	53,28	1	8	1,08	2,05	1	0	0,42	1,1	13,78	31,38	53,76	0	71,36													
5	3,12	3,5	10,92	1	8	1	1,9	1	0	0,39	1,1	2,59	6,44	10,92	0	14,77													

Рисунок 6.2 – Розрахунки для теплового насосу

Розрахована вартість теплозабезпечення при застосуванні теплових насосів порівнюється з іншими способами опалення зображеними на рисунку 6.3, які вже розглядалися в розділі 4.

Вид палива	Витрати палива	Одиниця виміру	Витрати, грн
централізоване мережа	4172,29	кВт	4631,24
природний газ	482,28	м³	3351,85
вугілля кам'яне	869,39	кг	6085,73
паливні брикети	885,7	кг	2479,96
дрова дубові	1442,71	кг	1731,25
електрична енергія	4012	кВт год	6740,16
тепловий насос	4754,93	кВт год	3956,87

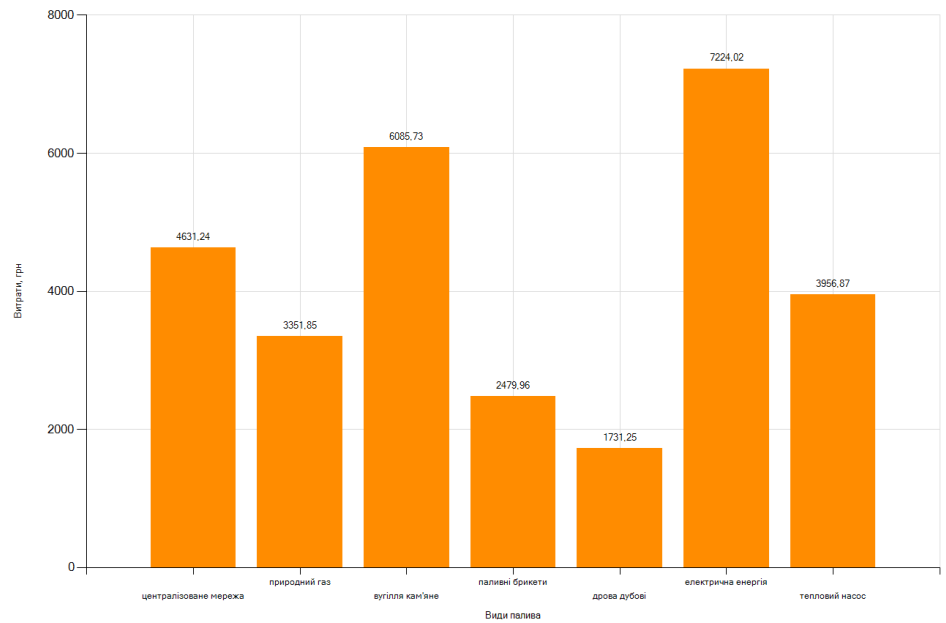


Рисунок 6.3 – Порівняння вартості різних способів опалення

В результаті отриманих за допомогою розробленої програми розрахунків можна сказати, що система опалення, яка використовує теплові насоси потребує вдвічі менше коштів в порівнянні з електричною системою обігріву і не потребує палива на відміну від котлів, які використовують газ, вугілля, дрова тощо.

### Висновки до розділу

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система використовується для визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб системи опалення будівлі. Отримані розрахунки демонструють, що система опалення, яка використовує теплові насоси ефективніша за централізовану систему опалення та електричну систему опалення, і не потребує палива на відміну від систем опалення з котлами, що робить її однією з найефективніших систем опалення. Розроблена система дозволяє визначитися з необхідним обладнанням для системи опалення будівлі.

# 7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧОГО ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ

Система теплоакumuлюючого електроопалення дозволяє накопичувати теплову енергію, заряджаючись у зоні нічного тарифу на електроенергію (зоні з меншим тарифом) і віддаючи теплову енергію у зоні з більшим тарифом (у зоні денного тарифу), таким чином досягається значна економія витрат коштів на електроенергію для опалення будівлі.

Розроблена програмна система використовує дані по температурним умовам регіону та тепловтратам будівлі для моделювання процесу роботи системи теплоакumuлюючого електроопалення. На рисунку 7.1 зображено результати моделювання процесу роботи системи теплоакumuлюючого електроопалення за визначений період часу.

Smart House

Аналіз метеорологічних даних регіону

Моделювання графіка електричного навантаження

Теплотехнічні характеристики будівлі, потреба у тепловій енергії на опалення, ГВП та вентилявання

Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки

Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу

Розрахунок системи теплоакumuлюючого електроопалення

Розрахунки

Економічні розрахунки

Зона денного тарифу

Початок зони

Кінець зони

23:00

Тариф за 1 кВт

Для зони денного тарифу, грн

1,68

Для зони нічного тарифу, грн

0,9

Характеристика накопичувача тепла

Максимальний обсяг енергії, кВт·год

200

Потужність накопичувача, кВт

26

Застосувати

Таблиця

Графік

Дата	Початок	Кінець	T, °C	Preq, кВт	Qten, кВт·год	Обсяги енергії у накопичувачі на початку, кВт·год	Обсяги енергії у накопичувачі вкінці, кВт·год	Доступна потужність, кВт	Реально спожита енергія, кВт·год
01.01.2012	00:00	00:30	0	4,16	2,08	0	10,92	26	13
01.01.2012	00:30	01:00	0	4,16	2,08	10,92	21,84	26	13
01.01.2012	01:00	01:30	0	4,16	2,08	21,84	32,76	26	13
01.01.2012	01:30	02:00	0	4,16	2,08	32,76	43,68	26	13
01.01.2012	02:00	02:30	0	4,16	2,08	43,68	54,6	26	13
01.01.2012	02:30	03:00	0	4,16	2,08	54,6	65,52	26	13
01.01.2012	03:00	03:30	0	4,16	2,08	65,52	76,44	26	13
01.01.2012	03:30	04:00	0	4,16	2,08	76,44	87,36	26	13
01.01.2012	04:00	04:30	-1	4,36	2,18	87,36	98,18	26	13
01.01.2012	04:30	05:00	-2	4,57	2,285	98,18	108,9	26	13
01.01.2012	05:00	05:30	0	4,16	2,08	108,9	119,82	26	13
01.01.2012	05:30	06:00	-1	4,36	2,18	119,82	130,64	26	13
01.01.2012	06:00	06:30	-1	4,36	2,18	130,64	141,46	26	13
01.01.2012	06:30	07:00	-1	4,36	2,18	141,46	152,28	26	13
01.01.2012	07:00	07:30	-1	4,36	2,18	152,28	150,1	0	0
01.01.2012	07:30	08:00	0	4,16	2,08	150,1	148,02	0	0
01.01.2012	08:00	08:30	0	4,16	2,08	148,02	145,94	0	0
01.01.2012	08:30	09:00	0	4,16	2,08	145,94	143,86	0	0
01.01.2012	09:00	09:30	0	4,16	2,08	143,86	141,78	0	0
01.01.2012	09:30	10:00	1	3,95	1,975	141,78	139,8	0	0
01.01.2012	10:00	10:30	0	4,16	2,08	139,8	137,72	0	0
01.01.2012	10:30	11:00	1	3,95	1,975	137,72	135,74	0	0
01.01.2012	11:00	11:30	2	3,74	1,87	135,74	133,87	0	0
01.01.2012	11:30	12:00	2	3,74	1,87	133,87	132	0	0
01.01.2012	12:00	12:30	1	3,95	1,975	132	130,02	0	0
01.01.2012	12:30	13:00	1	3,95	1,975	130,02	128,05	0	0
01.01.2012	13:00	13:30	1	3,95	1,975	128,05	126,08	0	0
01.01.2012	13:30	14:00	1	3,95	1,975	126,08	124,1	0	0
01.01.2012	14:00	14:30	1	3,95	1,975	124,1	122,12	0	0
01.01.2012	14:30	15:00	0	4,16	2,08	122,12	120,04	0	0
01.01.2012	15:00	15:30	-1	4,36	2,18	120,04	117,86	0	0
01.01.2012	15:30	16:00	-2	4,57	2,285	117,86	115,58	0	0
01.01.2012	16:00	16:30	-2	4,57	2,285	115,58	113,3	0	0
01.01.2012	16:30	17:00	-3	4,78	2,39	113,3	110,91	0	0
01.01.2012	17:00	17:30	-1	4,36	2,18	110,91	108,73	0	0
01.01.2012	17:30	18:00	-1	4,36	2,18	108,73	106,54	0	0

Рисунок 7.1 – Розрахунок системи теплоакumuлюючого електроопалення

Для визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення користувач повинен задати початок та кінець зони денного тарифу (межі зони нічного тарифу визначаються автоматично), тариф за 1кВт електроенергії для денної та нічної зони тарифу, максимальний обсяг теплової енергії в тепло накопичувачі, а також потужність тепло накопичувача.

Якщо в тепло накопичувачі не вистачило енергії для опалення в зоні денного тарифу, то система опалення змушена буде споживати електроенергію за денним тарифом.

Розрахунки обсягів накопиченої енергії в тепло накопичувачі за визначений час доступні і у вигляді графіка зображеного на рисунку 7.2.

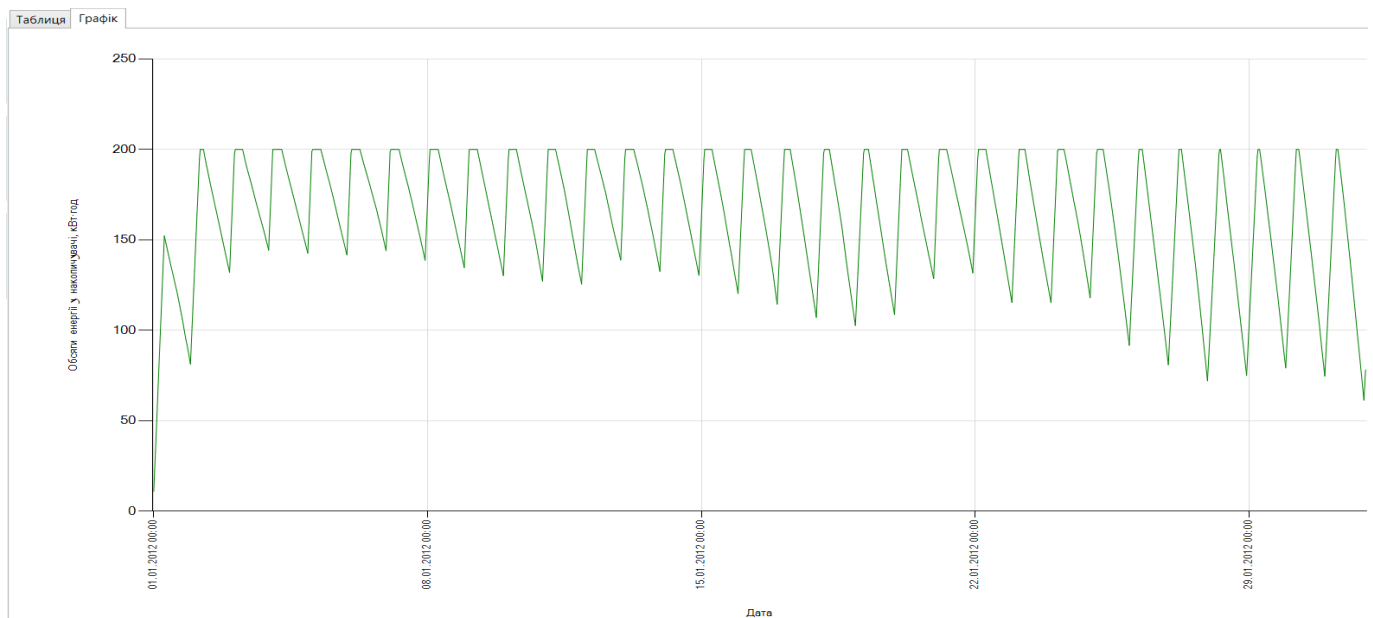


Рисунок 7.2 – Графік накопичення енергії у накопичувачі

Розроблена система виконує фінансові розрахунки. Визначаються обсяги споживання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальний обсяг споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Визначаються фінансові витрати за використання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальні витрати за споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Система визначає найгірший день, коли в накопичувачі не вистачило енергії на найбільшу тривалість часу, та скільки енергії і на яку тривалість не вистачило для системи опалення.



Для визначення ефективності системи теплоакumuлюючого електроопалення виконується її порівняння з іншими способами опалення, які зображені на рисунку 7.3, які розглядалися в розділі 4.

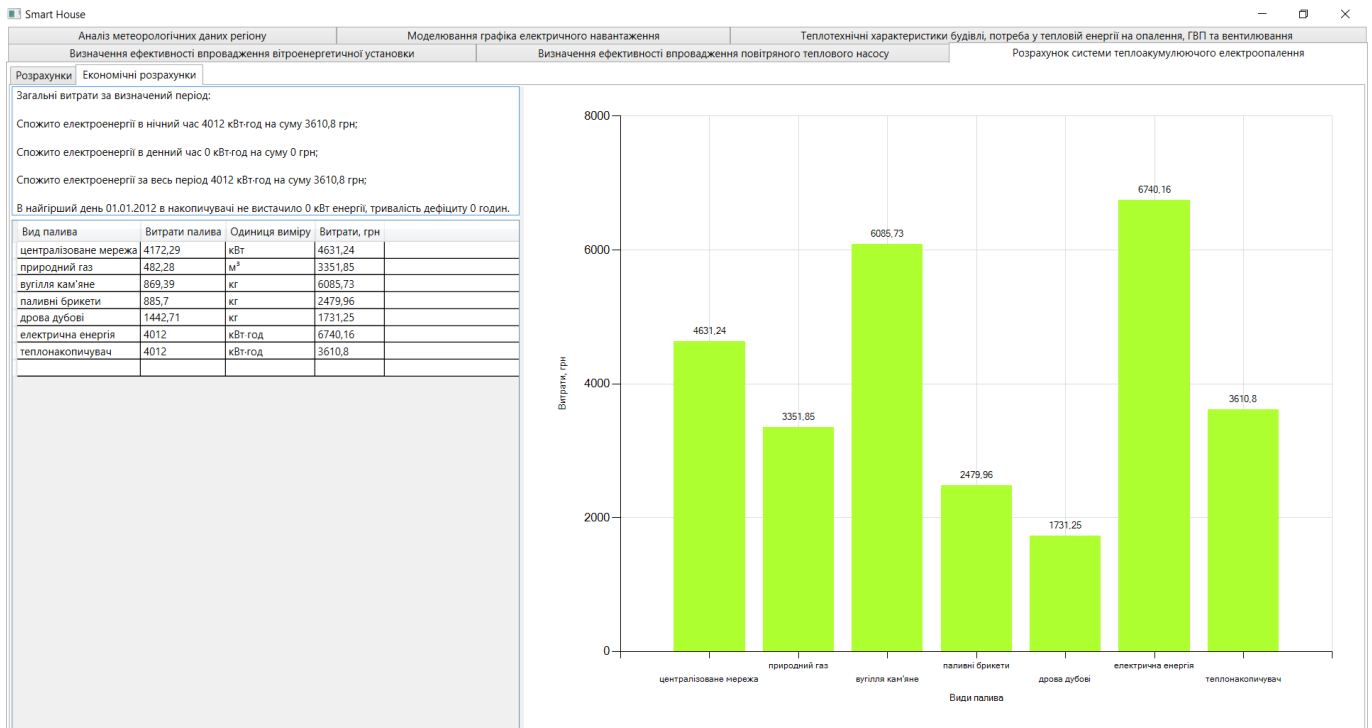


Рисунок 7.3 – Економічні розрахунки

В результаті отриманих за допомогою розробленої програми розрахунків можна сказати, що системи теплоакumuлюючого електроопалення потребує вдвічі менше коштів в порівнянні з електричною системою обігріву і не потребує палива на відміну від котлів, які використовують газ, вугілля, дрова тощо.

## Висновки до розділу

У цьому розділі було розглянуто як розроблена програмна система використовується для визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення для потреб системи опалення будівлі. Розроблена система дозволяє визначитися з необхідним обладнанням для системи опалення будівлі.

## **8 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ**

### **8.1 Засоби розробки**

При розробці програмної системи було вирішено використати Microsoft Office Excel для роботи з вхідними та вихідними даними, тому що Excel має широкі можливості для роботи з масивами даних, що можливо використати для додаткових досліджень над отриманими вихідними даними. Додатковою перевагою Excel над іншими системами керування баз даних є його розповсюдженість, що значно спрощує процес розгортання створюваної системи.

Для розробку програмної системи було вирішено використати мову програмування C#, тому що вона має широкі можливості, що полегшують процес розробки складних програм. В якості середовища програмування було вирішено використати Microsoft Visual Studio 2017 – професійне середовище розробки програмного забезпечення, яке має велику кількість корисних інструментальних засобів.

Було прийнято рішення використати фреймворк Windows Presentation Foundation (WPF) для розробки графічного інтерфейсу користувача розроблюваної системи, оскільки він має широкі можливості для створення і гнучкого налаштування графічних інтерфейсів .

Для роботи з Excel файлами було прийнято рішення використати збірку Microsoft Office Interop Excel, тому що в ній містяться методи, що значно спрощують взаємодію з об'єктами API Office.

Було прийнято рішення використати Microsoft .NET Framework 4.7 для забезпечення сумісності створюваної системи із старими версіями операційної системи Windows, такими як Windows 7. Microsoft .NET Framework – програмна технологія, розроблена фірмою Microsoft як платформа для розробки та експлуатації як звичайних програм, так і веб-застосунків.

## 8.2 Системні вимоги та інсталяція

Для запуску та експлуатації розробленої системи інсталяція не потрібна, потрібно запустити виконуваний файл “SmartHouse.exe”, після цього система запуститься і з’явиться вікно програми. В якості операційної системи можуть використовуватися операційні системи сімейства Windows не старіші за Windows 7. На персональному комп’ютері повинні бути встановлені програмні засоби: Microsoft .NET Framework 4.7 або більш нові версії, Microsoft Office не старіший за версію Microsoft Office 2007.

## 8.3 Особливості інтерфейсу програми

Графічний інтерфейс розробленої системи представлений у вигляді діалогового вікна з вкладками, які зображено на рисунку 8.1.

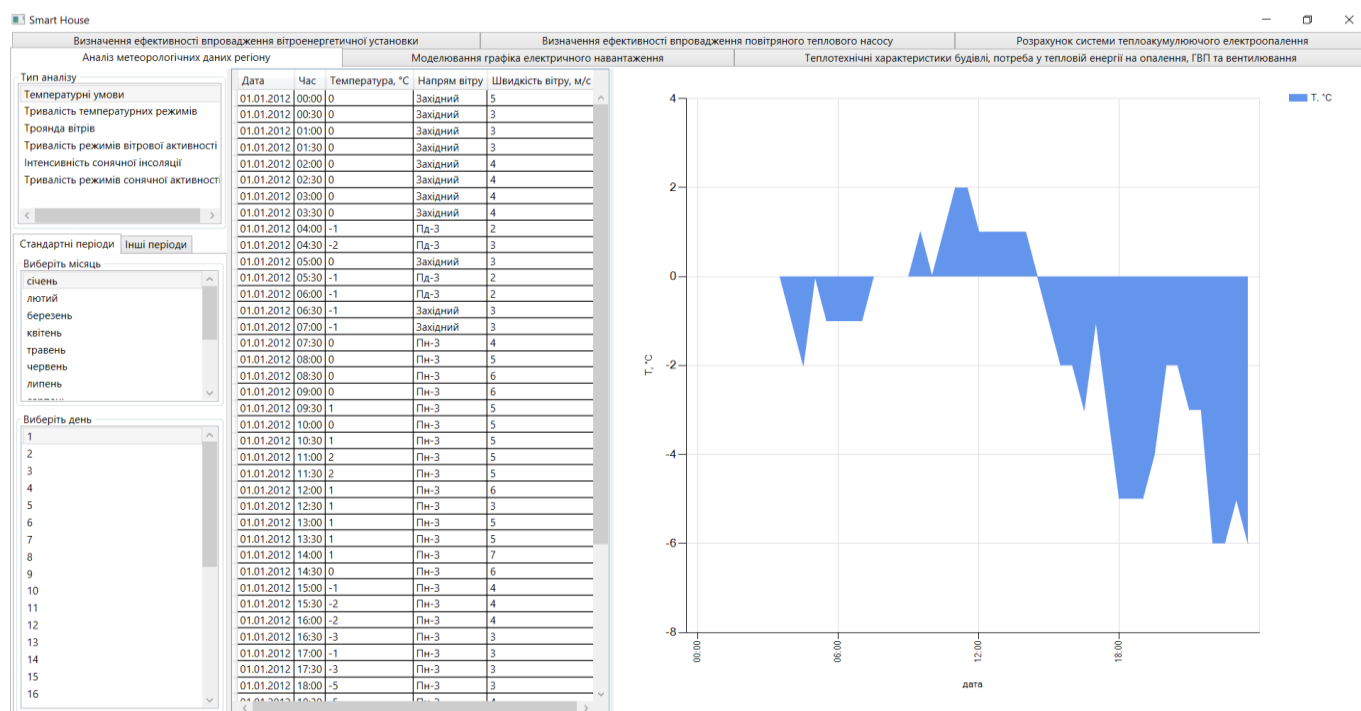


Рисунок 8.1 – Головне вікно програми

Кожна вкладка вікна програми відповідає за певний етап аналізу енергоефективності будівлі, а саме аналіз метеорологічних даних регіону, моделювання графіка електричного навантаження, теплотехнічні характеристики будівлі, потреба у тепловій енергії опалення та ГВП, визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки, визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу, визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення. Призначення, функціональні можливості та особливості використання даних вкладок детально розглядалися в розділах 2-7 і тому тут не розглядається.

На кожній вкладці користувач може редагувати вхідні дані, зберігати їх та переглядати результати виконання розрахунків. Вкладки логічно зв'язані між собою і можуть використовувати отриману від користувача та проведення розрахунків інформацію з інших вкладок.

## **Висновки до розділу**

У цьому розділі було розглянуто основні засоби програмної розробки системи: мова програмування — C#, середовище розробки Microsoft Visual Studio 2017.

У цьому розділі було розглянуто основні системні вимоги, які необхідні для нормального функціонування розробленої програмної системи. Для початку роботи система не потребує інсталяції, достатньо запустити виконуваний файл. Було виконано тестування і налагодження програмного забезпечення методом сірого ящика, дотримуючись основних принципів гнучкої методології розробки програмних засобів, відомої як “Code and Fix”.

Розроблена система має графічний інтерфейс користувача, який надає можливість користувачу змінювати вхідні дані, переглядати і зберігати результати роботи програми. Було розглянуто особливості інтерфейсу створеної системи.