МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ та ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр

«Розробка веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів»

Виконав: студент 6 курсу, групи НФ-63
Довганюк К. О.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма:
Прикладна фізика енергетичних систем
Керівники:
канд. техн. наук Гарячевська І. В.
ст. викладач Протектор Д. О.
Рецензент:

Харків – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Руслан СУХОВ
підпис

"____"_____2022 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Довганюк Кірілл Олексійович

1. Тема роботи «Розробка веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів» керівники роботи: Гарячевська Ірина Василівна, кандидат технічних наук і Протектор Денис Олегович старший викладач.

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___
2. Строк подання студентом роботи_____
3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1) Дослідити принцип роботи сонячних колекторів;
2) Розглянути типові рішення по впровадженню сонячних колекторів в приватних домоволодіннях;
3) Розглянути актуальні веб-додатки на ринку для розрахунку окупності сонячних колекторів та виявити їх суттєві недоліки;
4) Розробити архітектуру проекту веб-додатоку для розрахунку окупності впровадження сонячних колекторів;
5) Розробити веб-додаток та провести його тестування.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір теми
2	Затвердження теми на кафедрі
3	Робота над літературою та іншими джерелами
4	Написання вступу до роботи
5	Написання першого розділу
6	Написання другого розділу
7	Написання третього розділу
8	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
9	Подача науковому керівнику
10	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
11	Попередній захист
12	Захист

5. Дата видачі завдання

Студент _____ Кірілл ДОВГАНЮК
підпис

Керівник роботи _____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА
підпис

РЕФЕРАТ

Довганюк Кірілл Олексійович. « Розробка веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів ».

Дипломна робота представлена на 47 сторінках; складається з вступу, 3 розділів та висновків; містить 24 рисунка, список використаних джерел з 19 найменувань.

Мета даної роботи – розробка та програмна реалізація веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів в приватних домоволодіннях, яка необхідна для розрахунку та визначення окупності вкладених інвестицій на впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях на території України.

Об’єкт дослідження – веб-додаток для розрахунку окупності використання сонячних колекторів в приватних домоволодіннях.

Предмет дослідження – розрахунок окупності використання сонячних колекторів, які встановлюються в приватних домоволодіннях.

В цій роботі було досліджено принцип роботи сонячних колекторів; розглянуті можливі варіанти впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях; вивчено веб-додатки на ринку для розрахунку окупності сонячних колекторів та визначено їх суттєві недоліки; проаналізовано окупність використання сонячних колекторів у приватних домоволодіннях; розроблено архітектуру проекту веб-додатоку; розроблено проекту веб-додатоку; проведено тестування проекту веб-додатоку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВЕБ-ДОДАТОК, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

ABSTRACT

Dovhanyuk Kirill Oleksiyovych. "Development of a web application for calculating the payback of the use of solar collectors".

The thesis is presented on 47 pages; consists of an introduction, 3 sections and conclusions; contains 24 pictures, a list of used sources with 19 titles.

The purpose of this work is the development and software implementation of a web application for calculating the payback of the use of solar collectors in private households, which is necessary for calculating and determining the payback of investments for the implementation of solar collectors in private households in Ukraine.

The object of the study is a web application for calculating the payback of using solar collectors in private households.

The subject of the study is the calculation of the payback of the use of solar collectors installed in private households.

In this work, the principle of operation of solar collectors was investigated; considered possible options for the introduction of solar collectors in private households; web applications on the market for calculating the payback of solar collectors were studied and their significant shortcomings were identified; the profitability of using solar collectors in private households was analyzed; the architecture of the web application project was developed; developed a web application project; the web application project has been tested.

KEY WORDS: WEB APPLICATION, SOLAR COLLECTOR, ECONOMIC EFFECTIVENESS, PAYBACK CALCULATION, PAYBACK PERIOD.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ І ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ..... 11
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ 17
2.1. Сонячне випромінювання..... 17
РОЗДІЛ 3. ДЕМОНСТРАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОГО ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОКУПНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ..... 28
3.1. Мета розробки та принцип роботи 28
3.2. Опис доступних функцій через інтерфейс веб-додатку 30
3.3. Результати розробки веб-додатку для розрахунку окупності сонячних колекторів.... 43
ВИСНОВКИ 45
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 46

ВСТУП

Сьогодні для України дуже важливим є енергетична безпека, тому саме зараз питання енергозбереження та енергоефективності є дуже важливим для України. Саме сьогодні наша енергетична інфраструктура частково знищена і нам доводиться використовувати планові відключення електроенергії, а разом із цим і теплоенергії для житлових домогосподарств, щоб наша інфраструктура мала змогу існувати в умовах підвищеного навантаження. У нас є можливість використовувати альтернативні джерела енергії, щоб зменшити навантаження на нашу інфраструктуру і в цей же момент досягти енергетичної незалежності домогосподарств.

Нам обов'язково потрібно розвивати відновлювані джерела енергії [1] (сонця, вітру, хвиль, припливів, гідроенергетику, геотермальну) і якнайшвидше переходити на них, для цього дуже потрібна підтримка держави та написання наукових праць.

У цій роботі будуть розглянуті сонячні колектори, які будуть використовуватися для збирання енергії сонця та подальшу передачу цієї енергії домогосподарству, і це все відбувається завдяки сонячному випромінюванню [2] - це світло, також відоме як електромагнітне випромінювання, що випускається сонцем. У той час, як кожне місце на Землі отримує деяку кількість сонячного світла протягом року, кількість сонячної радіації, яка досягає будь-якої точки на поверхні Землі, варіюється. Сонячні технології вловлюють це випромінювання і перетворюють його на корисні форми енергії.

Стародавні цивілізації використовували сонячне світло як джерело енергії для розпалювання вогню та спалювання ворожих військових кораблів за допомогою «палаючих дзеркал». До вісімнадцятого століття сонячна енергія використовувалася для опалення та освітлення. У 1800-х роках європейці почали будувати оранжереї та оранжереї з сонячним опаленням.

Наприкінці 1800-х років французькі вчені приводили в дію паровий двигун, використовуючи тепло від сонячного колектора. І це були перші спроби використати сонячну енергію на благо людства.

Може здатися, що використання сонячної енергії дуже складний процес, але коли побутова вода по трубах прямо в будинки стала більш поширеною. Як і сьогодні у трубах була холодна вода. І незабаром люди захотіли більшого комфорту і почали думати, як їм зробити воду теплою або гарячою. Спочатку всі водонагрівачі працювали на вугіллі або дровах. У 1891 році Кларенс М. Кемп запатентував перший у світі комерційний сонячний водонагрівач під назвою «Climax». Це був пофарбований у чорний колір бак для води, встановлений в ізольованій коробці з однією стороною зі скла.

Climax[3] миттєво став популярним у Каліфорнії, де його можна було використовувати цілий рік. За короткий час було встановлено тисячі Climax і подібних систем. Усі вони належать до того, що ми зараз називаємо сонячними водонагрівачами «пакетного типу» - сонце нагріває воду безпосередньо в баку, а гаряча вода зберігається прямо в колекторному баку.

У 1909 році каліфорнійський інженер на ім’я Вільям Дж. Бейлі почав продавати нову систему, яку він назвав сонячним водонагрівачем «День і ніч». Він складався з сонячного колектора та окремого накопичувального резервуару, встановленого над колектором. Його резервуари були одними з перших, які були ізольовані для кращого збереження тепла, а його колектори складалися з трубної решітки, прикріпленої до плоскої пластини та укладеної в компактний, засклений та ізольований корпус. Холодна вода потрапляла в колектор, де її нагрівало сонце. Коли вода нагрівалася, вона піднімалася в ізольований резервуар для зберігання для подальшого використання. Сьогодні ми називаємо ці нагрівачі «плоскими» колекторами.

Вже сьогодні у нас є велика кількість технологій, щоб перетворити енергію сонця в різні форми енергії, але більшість людей не надто замислюються про споживання енергії. Ми не думаємо про енергію, яка використовується для створення суспільства, або енергію, необхідну для

виробництва продуктів, які ми споживаємо. Ми автоматично доставляємо паливо для опалення додому.

Наша електрична енергія надходить до нас через безшумні дроти, повсюди. Все дуже легко і безболісно. Звичайно, ми думаємо про наше споживання електроенергії, коли раз на місяць оплачуємо рахунки, або думаємо про це, коли заправляємо свої транспортні засоби на заправці, але в більшості випадків ми просто приймаємо ці витрати як неминучі. Наше суспільство споживає багато енергії; ми хочемо стільки, скільки можемо отримати; і ми хочемо, щоб це було дешево.

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є розробка та програмна реалізація веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів в приватних домоволодіннях, яка необхідна для розрахунку та визначення окупності вкладених інвестицій на впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях на території України.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- розглянуті можливі варіанти впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях;
- досліджено принцип роботи сонячних колекторів в приватних домоволодіннях;
- вивчено існуючі сонячні колектори на українському ринку для приватних домоволодінь
- вивчено веб-додатки на ринку для розрахунку окупності сонячних колекторів та визначено їх суттєві недоліки;
- проаналізовано окупність використання сонячних колекторів у приватних домоволодіннях;
- розроблено архітектуру проекту веб-додатоку;

- розроблено проект веб-додатоку;
- проведено тестування проекту веб-додатоку;

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ І ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У всі часи існування людей вони використовують різні джерела енергії і з кожним роком кількість споживаної енергії зростає і так само зростає кількість споживачів цієї енергії, зовсім нещодавно населення нашої планети стало більше 8 мільярдів людей і все завдяки цій енергії, яка полегшує наше життя.

Наприклад, як повідомляє компанія НЕК «Укренерго»[4], споживання електроенергії в Україні (нетто, без урахування втрат у мережах) за січень-вересень 2021 року становило 92,2 млрд кВт·г, що на 6,9% більше, ніж за аналогічний період 2020 року (86,2 млрд кВт·год).

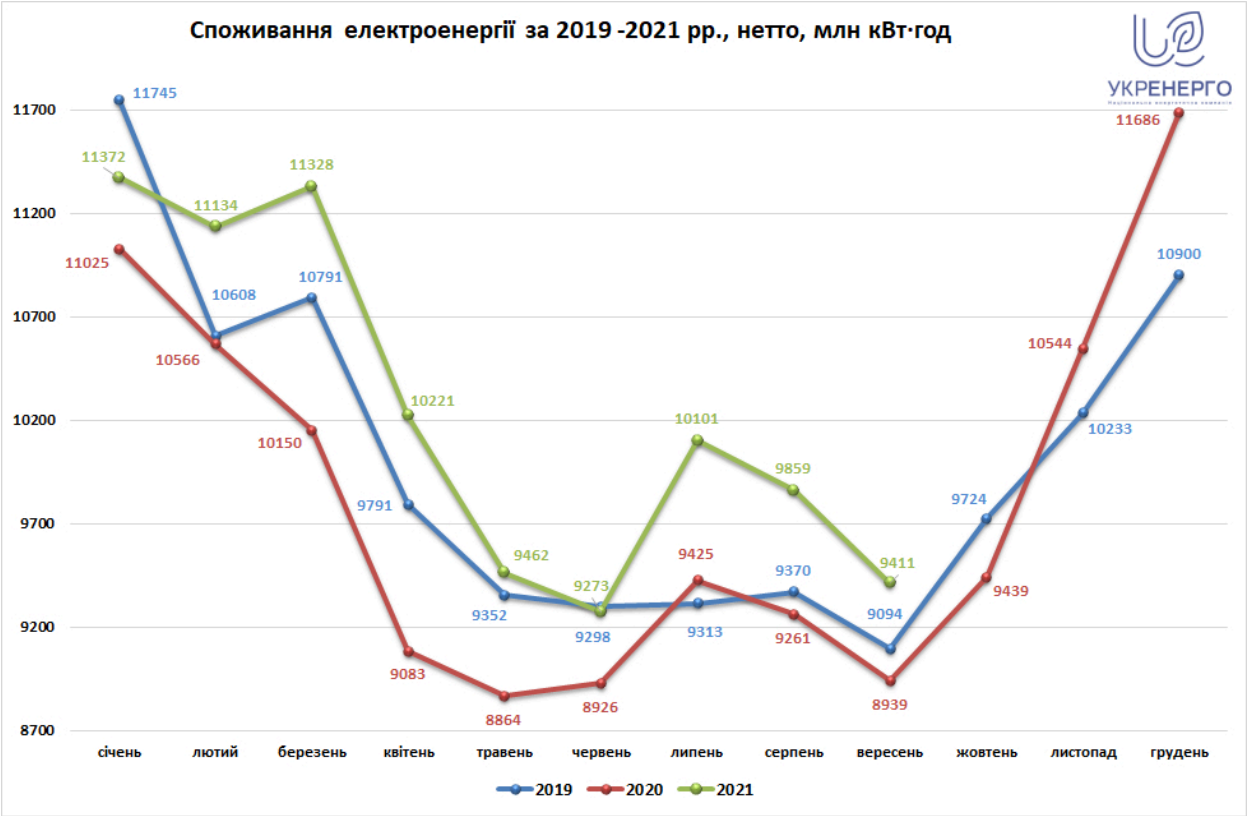


Рис.1.1. Споживання електроенергії за 2019-2021 рр., нетто, млн кВт-год

З цього ми можемо зрозуміти, якщо світова інфраструктура та інфраструктура України розвиватиметься, то в майбутньому ми

споживатимемо ще більше енергетики і тим самим ціни на енергоресурси збільшуватимуться.

Люди часто кажуть: “Чому я буду розглядати придбання сонячного водонагрівача за кілька тисяч доларів, коли я зможу придбати газовий чи електричний водонагрівач лише за тисячу доларів?”.Відповідь полягає в тому, що вони не думають про вартість життєвого циклу. Вартість життєвого циклу додає первісну вартість обладнання до його експлуатаційних витрат протягом усього періоду життя. Використання такого аналізу, як калькуляція вартості життєвого циклу, дає точний аналіз реальних загальних витрат на придбання та дозволяє робити точні та обґрунтовані порівняння. Ось чому важливо визначити рівень енергетичної інфляції. Ми знаємо, наприклад, що ціни на природний газ швидко зростатимуть.

При розрахунку окупність сонячних колекторів, нам необхідно враховувати відсоток інфляції на вид енергії з якою ми робимо порівняння. А виходячи з того, що сонячна енергія є безкоштовною і не завдає шкоди навколишньому середовищу. Так само в наших реаліях знищеної інфраструктури нам необхідно знизити на неї навантаження, так як основне навантаження відбувається вдень і люди використовують електрику для опалення так само і вдень, ми могли б використовувати для цього сонячні колектори які відмінно для цього підходять, тому що працюють саме в денний час.

Незважаючи на всі плюси використання сонячних колекторів у домашньому господарстві основною проблемою є ціна, яка є стримуючим фактом для використання сонячних колекторів і щоб показати наочний приклад ефективної окупності колекторів багато фірм розробляють різні калькулятори, щоб показати покупцю терміни повернення капіталовкладень з моменту встановлення сонячних колекторів. Але не завжди ці результати є правильними через вищеописані проблеми інфляції енергоносіїв.

І так нам необхідно порівняти існуючі калькулятори на ринку та визначити їх суттєві недоліки

1.2. Калькулятори які існують на ринку

При дослідженні ринку було визначено два найкращі за функціональністю калькулятори, перший "Sonnenkraft" і другий "online.tsol.de"

1.2.1. Sonnenkraft [5]



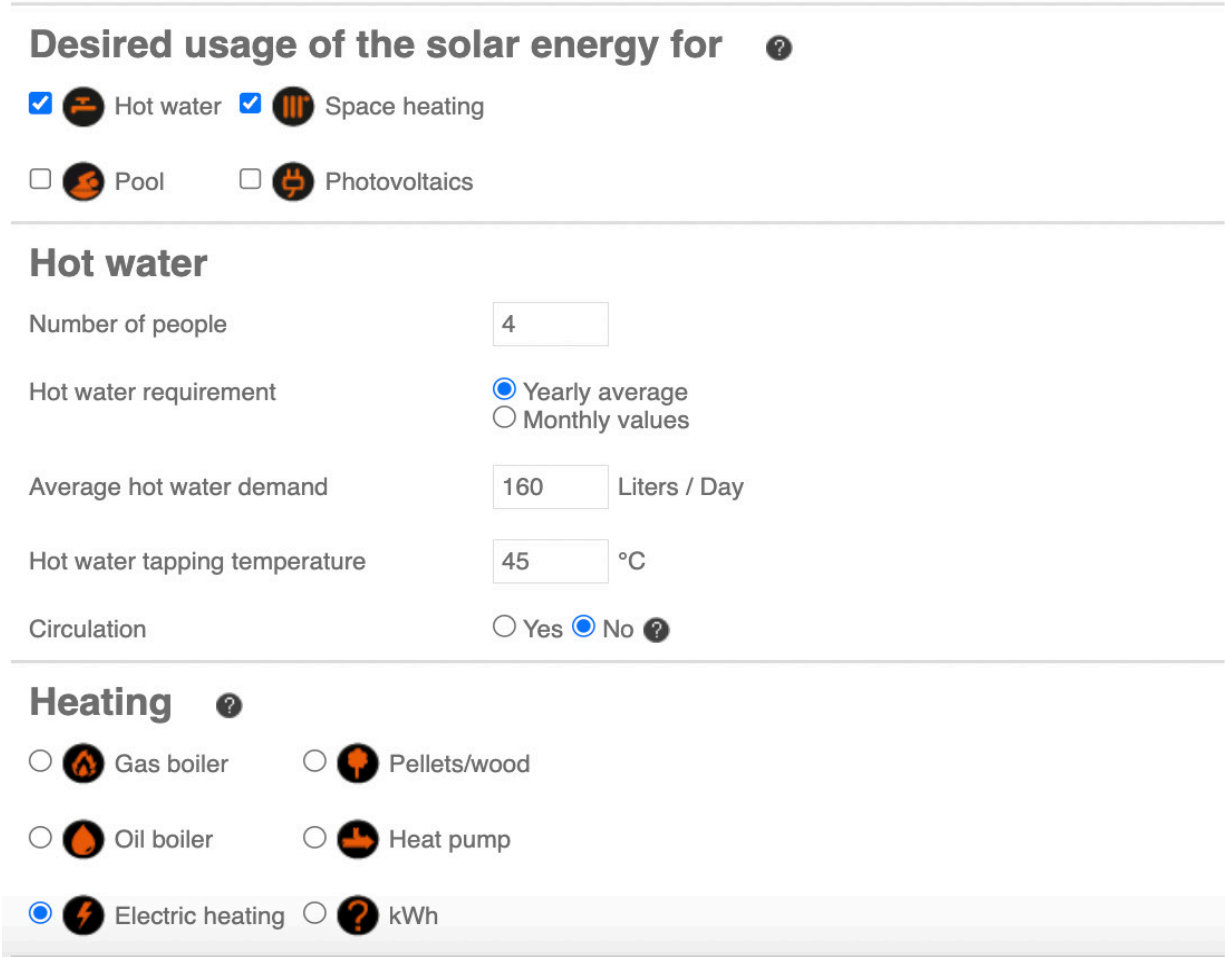


Рис.1.2. Калькулятор фірми «Sonnenkraft»

Даний калькулятор дозволяє розрахувати:

- Річну виробку кВт/год на рік;
- Зниження CO2 в кг на рік;
- Еквівалентність їзді автомобіля км на рік;
- Відсоток річної економії витрат;
- Відсоток річної потреби в гарячій воді;
- Відсоток річної потреби в опаленні;

Щоб зробити розрахунки у цьому калькуляторі потрібно було задати такі параметри:

- Обрати на карті розташування приватного домоволодіння, в якому встановлено сонячні колектори;
- Потужність сонячних колекторів;
- Площа приватного домоволодіння;
- Кут нахилу покрівлі;
- Потреба в опаленні в kWh/a;
- Орієнтація розташування приватного будинку;
- Вибір додаткового типу опалення;
- Кількість людей, які проживають у приватному домогосподарстві

До недоліків даного калькулятора можна віднести:

- Не розраховуються строки окупності сонячних колекторів;
- Немає порівняння вартості витрат на опалення з іншими видами енергії протягом кількох років.

1.2.2. online.tsol.de [6]

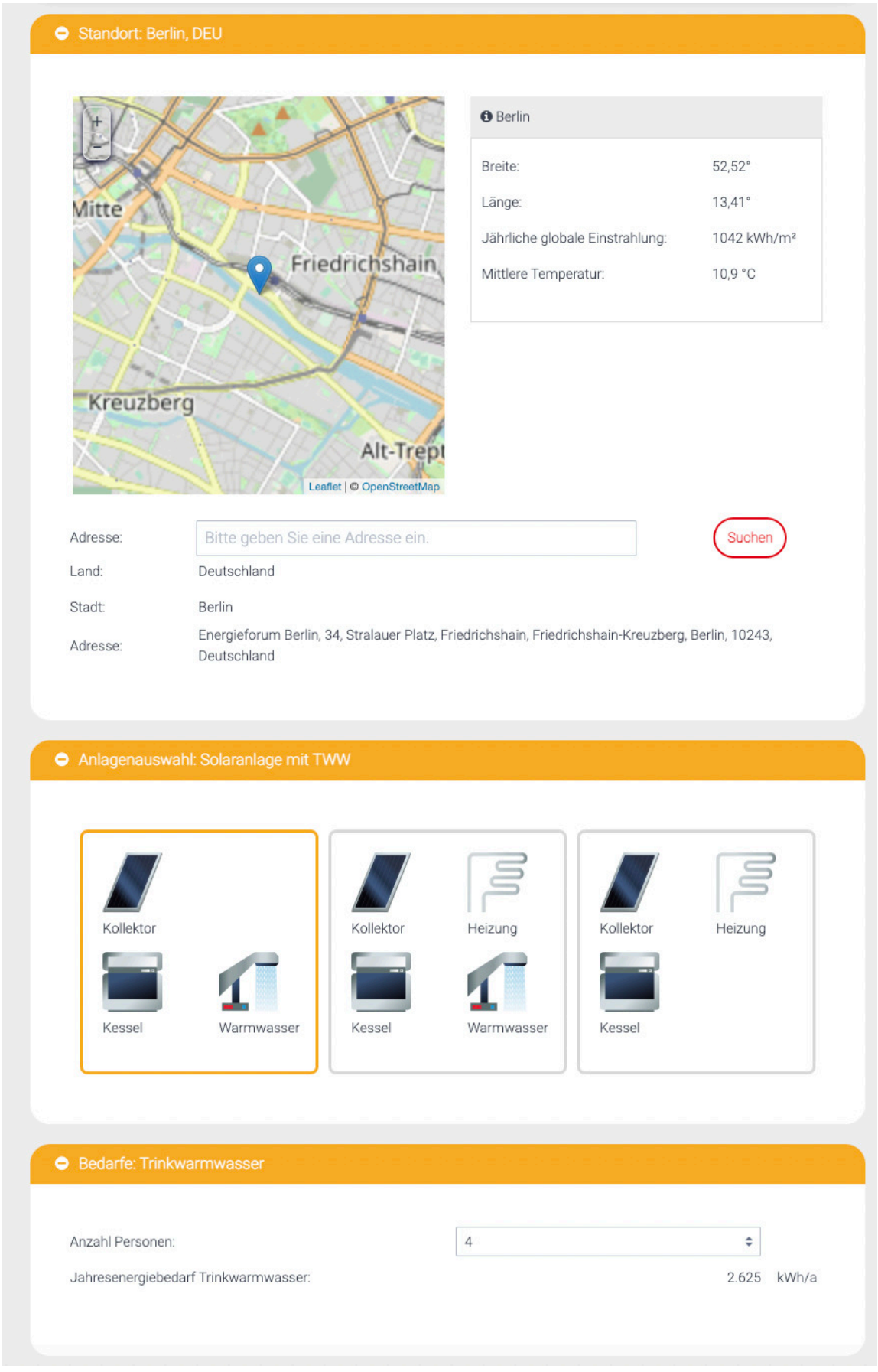


Рис.1.3. Калькулятор «online.tsol.de»

Даний калькулятор дозволяє розрахувати:

– Річну виробку кВт/год на рік сонячними колекторами;
– Відсоток річної економії витрат;
– Відсоток річної потреби в додатковому опаленні;

Щоб зробити розрахунки у цьому калькуляторі потрібно було задати такі параметри:

– Обрати на карті розташування приватного домоволодіння, в якому встановлено сонячні колектори;
– Потужність сонячних колекторів;
– Площа приватного домоволодіння;
– Кут нахилу покрівлі;
– Потреба в опаленні в kWh/a;
– Орієнтація розташування приватного будинку;
– Розмір баку для води в літрах;
– Кількість людей, які проживають у приватному домогосподарстві

До недоліків даного калькулятора можна віднести:

– Не розраховуються строки окупності сонячних колекторів;
– Немає порівняння вартості витрат на опалення з іншими видами енергії протягом кількох років.

На жаль на ринку не вдалося знайти калькулятора, який би підраховував окупність сонячних колекторів і порівнював вартість витрат на опалення з іншими видами енергії протягом кількох років.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДАНІ

2.1. Сонячне випромінювання

Наша планета отримує енергію від сонця у формі сонячного випромінювання. Воно має три складові: ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання. Є декілька факторів, які впливають на кількість сонячного випромінювання, серед них географічне положення, час доби, пора року, площа місце знаходження та погода регіону, на який потрапляють сонячні промені.

Сонячне випромінювання падає на Землю під різними кутами (від 0 ° до 90°), це обумовлено круглою формою нашої планети. Максимальний рівень енергії поверхня землі отримує, коли сонячні промені падають вертикально. Випромінювання Сонця називається прямим, коли промені досягають Землю без розсіювання (рис. 2.1.). [7]

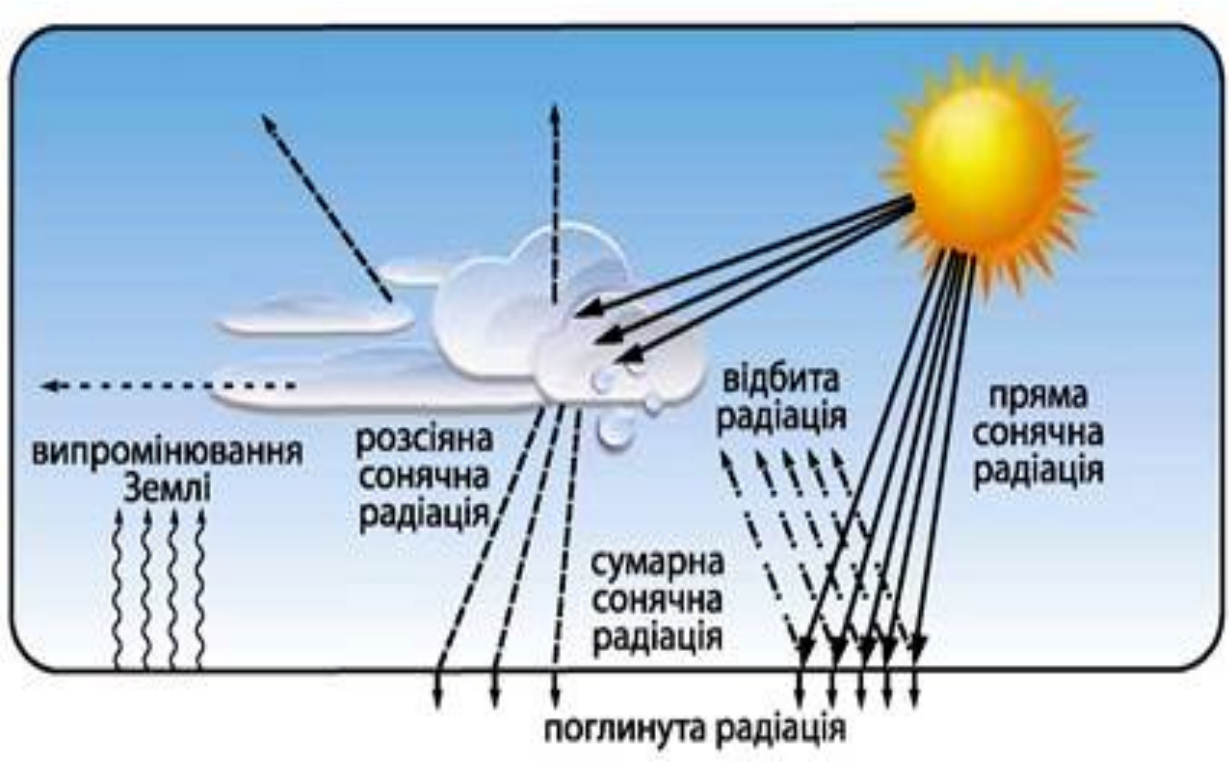


Рис. 2.1. Сонячне випромінювання

Певна частина сонячних променів поглинається і розсіюється, це відбувається при проходженні сонячних променів через атмосферу нашої планети. Такий вид випромінювання має назву розсіяного сонячного випромінювання. Також певна частина сонячних променів відбивається від різних поверхонь Землі, і має назву відбитого сонячного випромінювання.

Сума цих трьох видів випромінювання Q_α (прямого S_α, розсіяного D_α і відбитого R_α) є загальним сонячним випромінюванням або глобальною сонячною радіацією.

$$Q_\alpha = S_\alpha + D_\alpha + R_\alpha \qquad (2.1.)$$

Для правильного розрахунку кількості сонячного випромінювання, що поглинається на поверхні сонячного колектора, потрібно знати траєкторію руху Сонця навколо нашої планети. Також це необхідно для того, щоб запобігти затіненню сонячних колекторів. Для цього потрібно визначити сонячні кути і прорахувати справжній сонячний час. [8]

Відображена складова рівняння (2.1.) буде максимальною за своїми значеннями для поверхні або вертикальної стінки, цей показник залежить від Альбедо.

Альбедо характеризує відбивну здатність поверхні тіла. Оскільки альбедо стримується до одиниці для зимових умов, ми можемо зробити висновок, що взимку цей показник дозволяє отримати більше енергії [9].

Таблиця 2.1 Значення альбедо A_1 поверхні

Поверхня	Характеристика	Альбедо, %
Чорнозем	сухий, рівна поверхня свіжозораний, вологий	45

Жито, пшениця в період повної стиглості		22 – 25
Заплавний луг із соковитою зеленою травою		21-25
Ліс	ялиновий	9 – 12
сніг	сухий свіжий вологий чистий дрібнозернистий вологий просочений водою, сірий	85 – 95
лід	річковий блакитно-зелений	35 – 40
Піщана земля	жовта біла річковий пісок	34 – 40

Продовження таблиці 2.1 Значення альбедо A_1 поверхні

Це приклад розрахунку для ізотропного моделі:

$$D_{\text{ст}} = \frac{D}{2} \tag{2.2}$$

$$D_{\alpha} = \frac{D \cdot (1 + \cos \alpha)}{2}; \tag{2.3}$$

Це приклад розрахунку для анізотропної моделі:

$$(D + R)_{\text{ст.а}} = (D + R)_{\text{ст}} \cdot (0.25 + \cos h_n + 0.45) \cdot A_1; \tag{2.4}$$

Провівши розрахунки та звіривши з дійсними експериментальними даними, дані, отримані при обчисленні ізотропної моделі, відрізняються в гіршу сторону від анізотропної моделі, тому можна вважати що анізотропна модель дає найбільш точні результати, які можна порівняти з результатами експерименту насправді.

Виразимо формулу для обчислення сонячної радіації похилої поверхні, спрямованої на південь:

$$Q_\alpha = k_\alpha \cdot Q = S' \cdot k_s + (Q - S') \cdot \cos^2\frac{\alpha}{2} + A \cdot Q \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2}; \quad (2.5)$$

A - Альбедо для поверхні Землі. (Таблиця 2.1);

S_a - Сума прямої радіації під нахилом за добу;

S'- Сума прямої радіації для горизонтальної поверхні;

$$k_s = \frac{S_a}{S'} \quad (2.6)$$

Щоб розрахувати сонячну енергію потрібно використовувати істинний сонячний час AST. AST було засноване по видимому кутовому руху Сонця по небу. Час, у який Сонце перетинає меридіан спостерігача-називається місцевим сонячним полуднем. Як правило, істинний сонячний час не збігається рівно с 12:00 за місцевим часом. Щоб перетворити місцевий стандартний час LST в AST потрібно застосувати дві поправки- це рівень часу ET та корекція довготи.[10]

Орбітальна швидкість Землі змінюється протягом року, через фактори, що сприяють на обертання. Саме тому AST не сильно відрізняється від середнього часу, підтримуваного годинами, які працюють з однаковою швидкістю. Ці зміни описуються рівнянням часу ET.

Тривалість дня, тобто, проміжку часу, який потрібен Землі для здійснення одного обороту навколо своєї осі по відношенню до Сонця не є постійним протягом року, саме тому і виникає рівняння часу.

Середня тривалість дня протягом року дорівнює 24 годинам. Але ця цифра може варіюватись, і це залежить від ексцентриситету земної орбіти та нахилу земної осі від її нормальної площини. Орбіта Землі має епілептичну, тому найближче до сонця Земля знаходиться 3 січня, а найбільш далеко 4 липня.

Через це, з жовтня по березень, швидкість руху Землі по орбіті збільшується, в порівнянні з її середньою швидкістю протягом півроку.

А також з квітня по вересень, швидкість нижча за середню швидкість за половину року.[11]

З наступного рівняння можемо отримати значення ET як функції від дня року N:

$$ET = 9.87\sin\left(2B\right) - 7.53\cos\left(B\right) - 1.5\sin\left(B\right), \tag{2.7}$$

$$\text{де } B = \left(N - 81\right)\frac{360}{364} \tag{2.8}$$

Відраховуємо істинний час від обраного меридіану, який знаходиться біля центру часового поясу, або від Гринвіцького меридіана, який знаходиться на довготі.

Щоб перетнути довготи, Сонцю потрібно 4 хвилини, тому член корекції довготи дорівнює та повинен додаватись або відніматись від стандартного часового часу в даному населеному пункті.

Ця поправка є константою для певної довготи. Для вибору знаку необхідно дотримуватися певного правила. Поправка додається до вартового часу, якщо місце розташування знаходиться на сході від стандартного

меридіану за Гринвичем. Якщо ж локація розташовується на заході від стандартного меридіану, то вона віднімається.

В такому випадку рівняння для розрахунку AST виглядає так:

$$AST = LST + ET \pm 4\left(SL - LL\right) - DS\,, \tag{2.9}$$

де LST – місцевий стандартний час, ET – рівняння часу, SL – стандартна довгота, LL – місцева довгота, DS – літній час (0 або 60 хвилин)[12].

Часовий кут h- це кут, на який необхідно повернути землю, щоб площина меридіана була прямо під Сонцем

Оскільки 24 годинам у добі відповідає кут в, тоді і кожній годині відповідає кут в.

Часовий кут розраховується за формулою:

$$h = 15\left(AST - 12\right), \tag{2.10}$$

де AST – істинний сонячний час[13].

Кут піднесення α кут між сонячним променем, який падає на землю і проекцією променя на горизонтальну площину.

Зенітний кут Ф – кут між сонячним променем, який падає на землю і лінією, яка перпендикулярна до горизонтальної площини.

Кут піднесення і зенітний кут пов'язані наступним співвідношенням:

$$\Phi + \alpha = \frac{\pi}{2} = 90°. \tag{2.11}$$

Кут піднесення обчислюється за такою формулою [14]:

$$\sin\left(\alpha\right) = \cos\left(\Phi\right) = \sin\left(L\right)\sin\left(\delta\right) + \cos\left(L\right)\cos\left(\delta\right)\cos\left(h\right), \tag{2.12}$$

де L – місцева широта, яка визначається як кут, що утворений радіальної лінією, яка з'єднує місце розташування центру Землі з проекцією лінії на екваторіальну площину.

Широта відраховується від 0 ° до 90 ° по обидві сторони відносно екватора. Географічну широту точок, які лежать у північній півкулі, (північну широту) зазвичай прийнято вважати позитивною, а широту точок у південній півкулі прийнято вважати негативною: $-90° \le L \le 90°$.

Азимутальний кут Сонця Z – це кут між лінією, яка проходить черезпівдень, та проекцією сонячних променів на горизонтальну площину[15].

Коли азимутальний кут Сонця має відхилення від південного напрямку, сонячне випромінювання яке потрапляє на похилу поверхню буде меньше ніж на горизонтальній поверхні.[16]

Отже оскільки сонце рухається по небу протягом дня, важливо розташувати кожну панель так, щоб вона виробляла найбільше електроенергії, коли вам це потрібно. Якщо ви не вдома в середині дня, було б вигідно виробляти менше загальної електроенергії, повернувши панелі обличчям на захід або схід. Це може дозволити вам розподілити покоління між ранком і днем.

Згідно з виконаними розрахунками було складено картку з коефіцієнтами, які залежать від кута відхилення від півдня і тим самим ми можемо використовувати цей коефіцієнт для покращення точності розрахунків.

Даний коефіцієнт також залежить і від кута нахилу сонячних колекторів щодо горизонту, на Рис 2.2. ви можете наочно побачити які кути нахилу та орієнтації є найбільш ефективними, що в свою чергу дозволить збільшити результати ефективності в середньому на 10-20%, якщо панелі були розташовані неправильно.

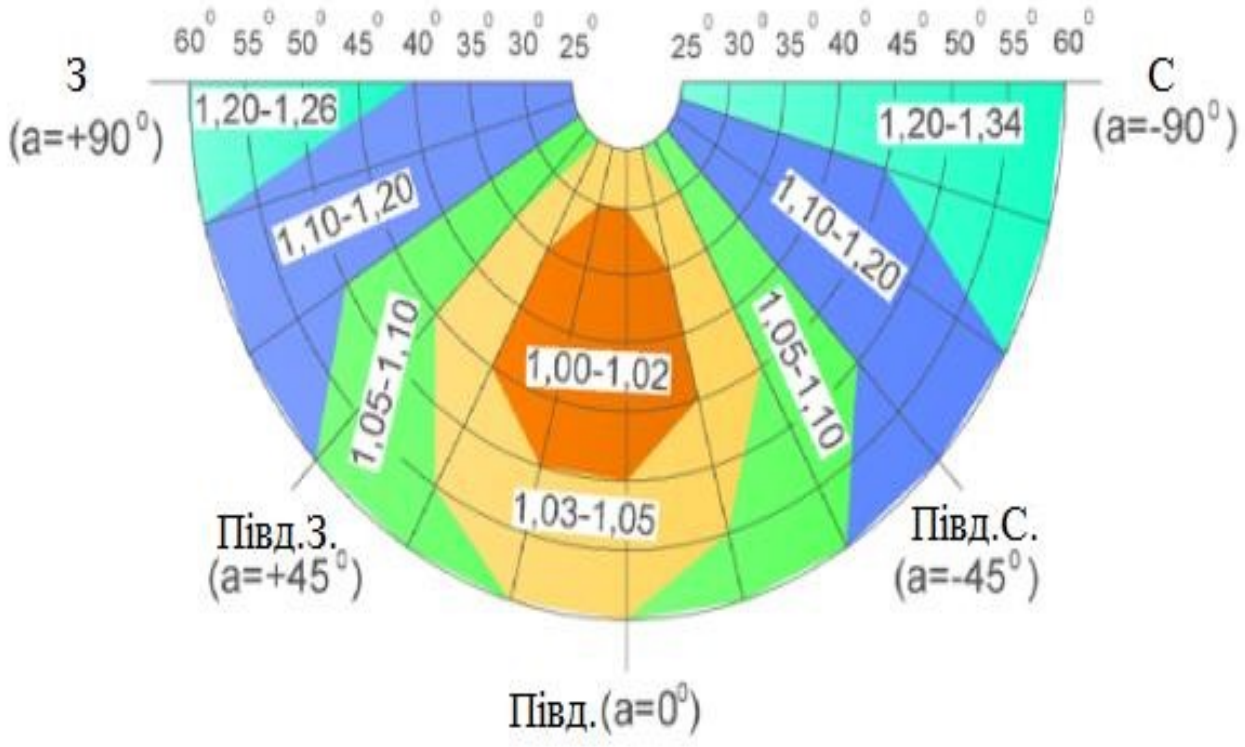


Рис 2.2. Коефіцієнт залежності від кута нахилу сонячних колекторів щодо горизонту та орієнтації відносно півдня.

Сонячна стала - це кількість сонячного випромінювання на середній відстані Землі від сонця, яка падає на одиницю площі поверхні, яка перпендикулярна напрямку поширення випромінювання, за одиницю часу, за межами земної атмосфери.

$$G_{SC} = 1366.1 \text{ Вт/м}^2., \qquad (2.12)$$

У час, коли Сонце знаходиться найближче до Землі (3 січня) , випромінювання Сонця на зовнішній межі складає близько 1400 Вт / м2;

А коли Сонце знаходиться якнайдалі від Землі, тобто 4 липня ця величина сягає приблизно 1330 Вт / м2.

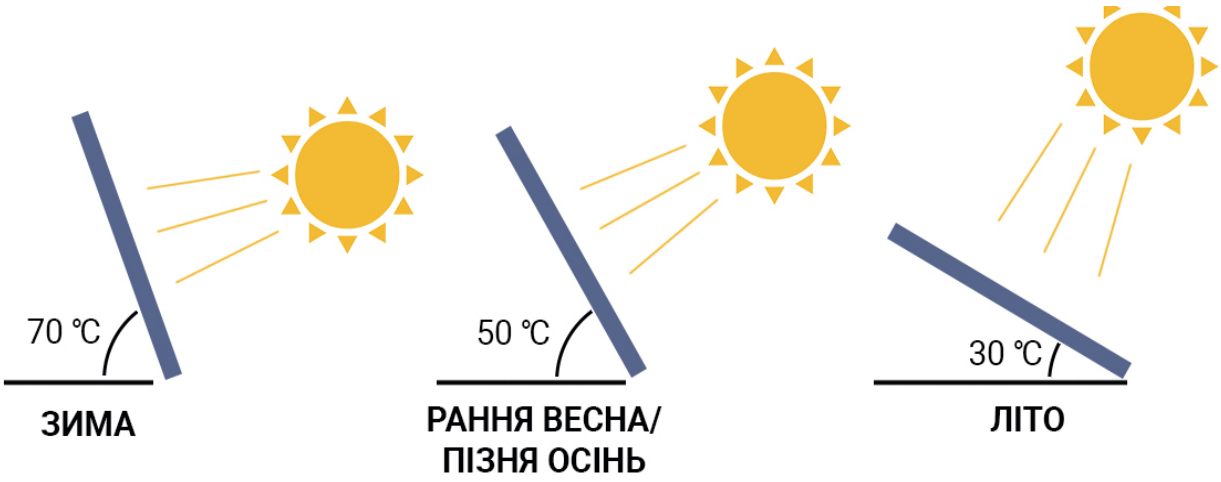


Рис 2.3. Кут нахилу сонячних колекторів в залежності від пори року.

Розрахунок оптимального кута сонячної панелі:

Як правило, сонячні батареї повинні бути більш вертикальними взимку, щоб отримати більшу частину низького зимового сонця, і більш нахиленими влітку, щоб максимізувати вихід. Ось два простих методу для розрахунку приблизного кута сонячної панелі відповідно до вашої широти.

Спосіб розрахунку перший:

Оптимальний кут нахилу обчислюється шляхом додавання 15 градусів до вашої широти взимку та віднімання 15 градусів від вашої широти влітку. Наприклад, якщо ваша широта становить 34°, оптимальний кут нахилу сонячних панелей взимку становитиме 34 + 15 = 49°.

З іншого боку, оптимальний літній кут нахилу становитиме

34 – 15 = 19°.

Спосіб розрахунку другий:

Це вдосконалення загального методу, яке дає кращі результати. У цьому методі оптимальний кут нахилу сонячних панелей взимку розраховується шляхом множення широти на 0,9 і додавання 29°. У наведеному вище прикладі широти 34° кут нахилу становитиме (34 * 0,9) +

29 = 59,6°. Цей кут на 10° крутіший, ніж у звичайному методі, але дуже ефективний для відчуттів полуденного сонця, яке є найспекотнішим у короткі зимові дні. Для літа кут нахилу розраховується шляхом множення широти на 0,9 і віднімання 23,5°. У наведеному вище прикладі цей кут дорівнюватиме (34 * 0,9) – 23,5 = 7,1°. Для оптимальних кутів нахилу навесні та восени від широти віднімається 2,5°.[17]

Атмосферне ослаблення сонячного випромінювання

Велика частина сонячного випромінювання, яке досягає земної поверхні відбивається назад у космос, частина поглинається атмосферою, ще частина розсіюється, тому кількість випромінювання, яке отримала планета завжди нижча за кількість, яка потрапила на Землю первісно.

Після взаємодії атмосфери із сонячним випромінюванням, частина променів розсіюється. Але частина цього випромінювання все ж таки досягає поверхні землі. Таке випромінювання має назву- розсіяне випромінювання.

А те випромінювання. Що проходить саме через атмосферу, має назву- пряме випромінювання.

Таким чином, інсоляція, яку отримує Земля є сумою розсіяного випромінювання і нормальної складової прямого випромінювання.

Фактори, від яких залежить кількість сонячного випромінювання в будь-якій точці нашої планети[18]:

1.Товщина озонового шару;

2.Відстані, яку пройшло випромінювання через атмосферу до цієї місцевості;

3.Кількості туману в повітрі;

4.Ступінь хмарності.

Атмосфера Землі містить різні газоподібні компоненти, такі як: хмари, зважений пил та інші дрібні частинки.

На значній висоті,оли сонячні промені починають проходити атмосферу Землі , найкоротші із них, такі як рентгенівські та гамма-промені, поглинаються ще в іоносфері.

Через це і значно знижується кількість випромінювання, що проходить через атмосферу під час наближення до Землі. Тому є справедливим, що зменшення інтенсивності випромінювання зі збільшенням зенітного кута Сонця прямопропорційне збільшенню повітряної маси.

Випромінювання, що проходить через земну атмосферу, ослаблюється в залежності від довжини пройдено шляху та характеристик середовища, через яке воно проходить[19].

РОЗДІЛ 3. ДЕМОНСТРАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОГО ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОКУПНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

3.1 Мета розробки та принцип роботи

«Веб-додаток для розрахунку окупності використання сонячних колекторів» - це програма у вигляді веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів в приватних домоволодіннях, вона необхідна необхідна для не складного розрахунку та визначення окупності вкладених інвестицій на впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях на території України будь якою людиною.

Витративши невелику кількість часу людина може оцінити для себе економічну вигоду, а так само визначити чи здатна обрана система у веб-додатку покрити необхідності домогосподарства без додаткових систем для обігріву або нагрівання води, яка використовується для опалення або нагрівання води для потреб членів сім'ї, а в у разі неможливості самостійно обігріти домогосподарство обраною системою продемонструвати різницю в енергії, яку необхідно витратити на досягнення введених параметрів нагрівання води. З цієї причини було розроблено цей веб-додаток, але для його реалізації необхідно врахувати безліч факторів, що впливають на похибку вимірювання, існує декілька складових сонячного випромінювання, тому саме їх і треба враховувати для розрахунку, а саме прямого, розсіяного і відбитого випромінювання Сонця. І надзвичайно важливим є врахування:

1)Кута нахилу даху

2) Орієнтація колекторів відносно півдня

3) Ослаблення випромінювання при проходженні через атмосферу Землі

Коли сонячний колектор перетворює енергію та передає її , передбачаються певні втрати енергії, цей коефіцієнт ми також враховуємо.

Коли ми зібрали дані від користувача, ми можемо зробити розрахунки в ці розрахунки входить підрахунок виробленої енергії сонячними колекторами в сумі за рік, так само продемонстровані графіки та схеми в яких можна оцінити вироблення енергії сонячними колекторами за кожен місяць протягом року, так само графік на якому показано яку кількість додаткової енергії необхідно для досягнення введених параметрів користувачем по місяцях протягом року.

Розраховувати економічну складову ми будемо дотримуватися певної системи. Необхідно враховувати актуальну ціну на енергію, витрату енергії за рік споживання, і підвищення цін на енергію.

Так як термін експлуатації сонячних колекторів в середньому становить 25 років, ми проведемо розрахунок окупності колекторів, які використовуються в системі і дізнаємося вартість вироблення одного кіловата тепла.

На останньому етапі ми розраховуємо період, за який наша система окупиться. Робота системи дозволяє розраховувати цю величину з приблизною точністю до року. Для розрахунків будемо використовувати схему, представлену на Рис. 3.1, де розташовані

1. Сонячний колектор.
2. Буферний бак.
3. Гаряча вода.
4. Холодна вода.
5. Контролер.
6. Теплообмінник.
7. Помпа.
8. Гарячий потік.
9. Холодний потік.

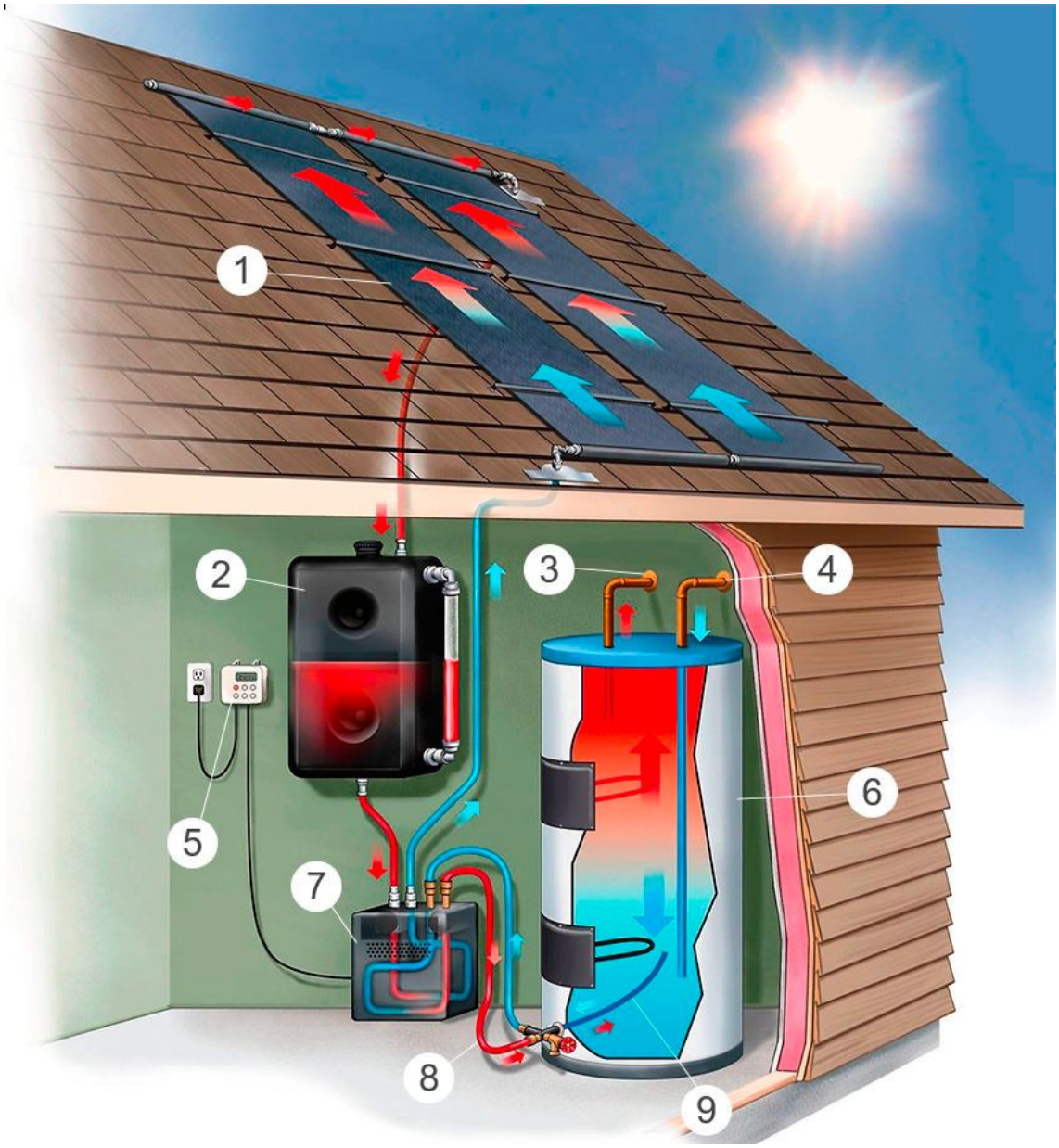


Рис. 3.1. Принцип роботи сонячного колектора

3.2 Опис доступних функцій через інтерфейс веб-додатку

Для реалізації веб-додатку був використаний веб-сервер - Nginx, безкоштовний веб-фреймворк з відкритим кодом мовою PHP, призначений для розробки з використанням архітектурної моделі MVC - Laravel, база даних - MySQL та JavaScript-фреймворк з відкритим кодом, який використовується для створення інтерфейсів - Vue.js



Рис. 3.2. Блок-схема для демонстрації алгоритму роботи веб-додатку.

ВХІДНІ ДАНІ.

Вхідними даними є інформація, яку вводить користувач у поля введення або використання графічних повзунків.

ВИХІДНІ ДАНІ.

Вихідними даними є графіки, схеми, поля виведення інформації обчислень.

На Рис. 3.2. продемонстрована блок-схема, яка демонструє алгоритм роботи веб-додатку.

При відкритті веб-додатоку, користувач відразу бачить зображення заставки, яку бачимо на Рис. 3.3., саме вона і повідомляє нам про завантаження веб-сторінки.



Рис. 3.3. Зображення заставки веб-сторінки

Нижче ми бачимо карту України, яку бачимо на Рис. 3.4., де необхідно обрати область в якій будуть знаходитися сонячні колектори та домогосподарство.

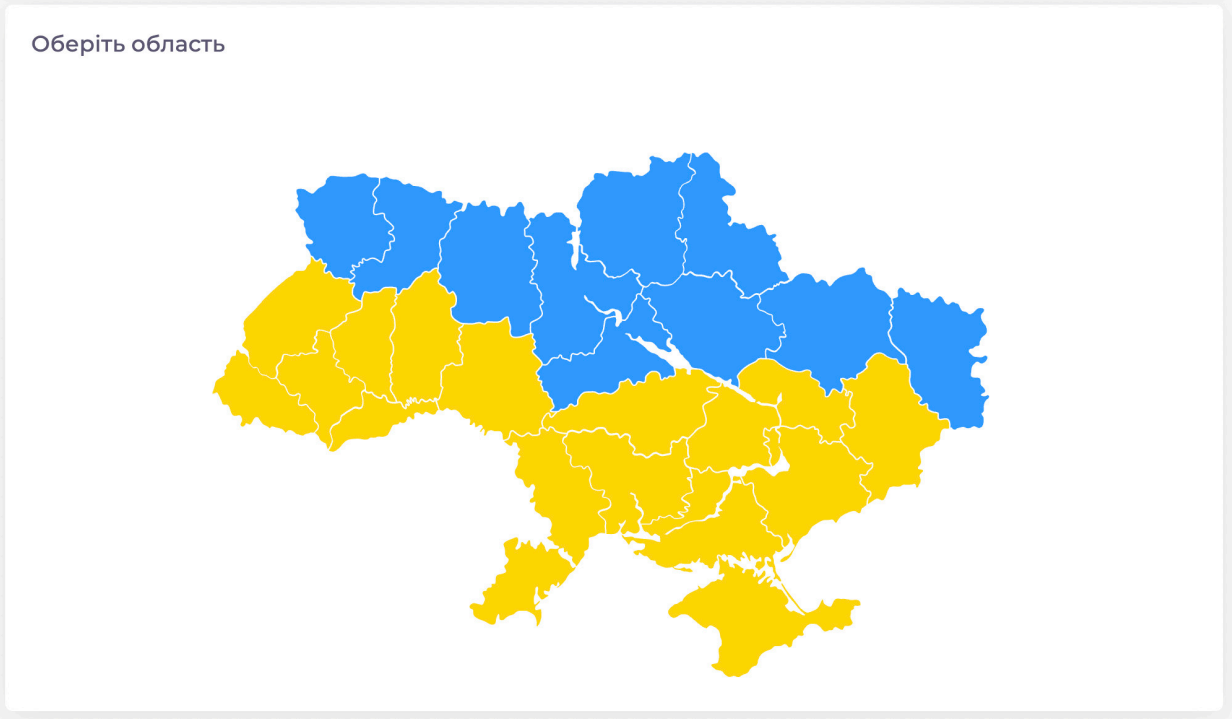


Рис. 3.4. Карта для вибору області

Розроблена система має в своєму складі 7 вложень, які розташовуються один за одним. Перехід від одного вложення до іншого відбувається за рахунок прокручування веб сторінки.

На блок-схемі Рис. 3.2. бачимо «Вибір області України»

Це вложення контролює вибір області, в якій буде розміщуватися наша станція.

Щоб продовжити роботу з веб-додатком необхідно обрати область для якої необхідно зробити розрахунки, без цього вибору подальші розрахунки не можливі. Щоб обрати область необхідно наведіть курсором на область, яку ви хочете обрати та натиснути лівою клавішею миші.

Далі область, яку ви обрали має забарвитися у червоний колір (Рис. 3.5.) і таким чином ми вже можемо перейти на наступне вложення (Рис. 3.6.) використовуючи прокручування коліщатка мишки вниз.



Рис. 3.5. Карта з активною областю вибору області

Наступне вложення

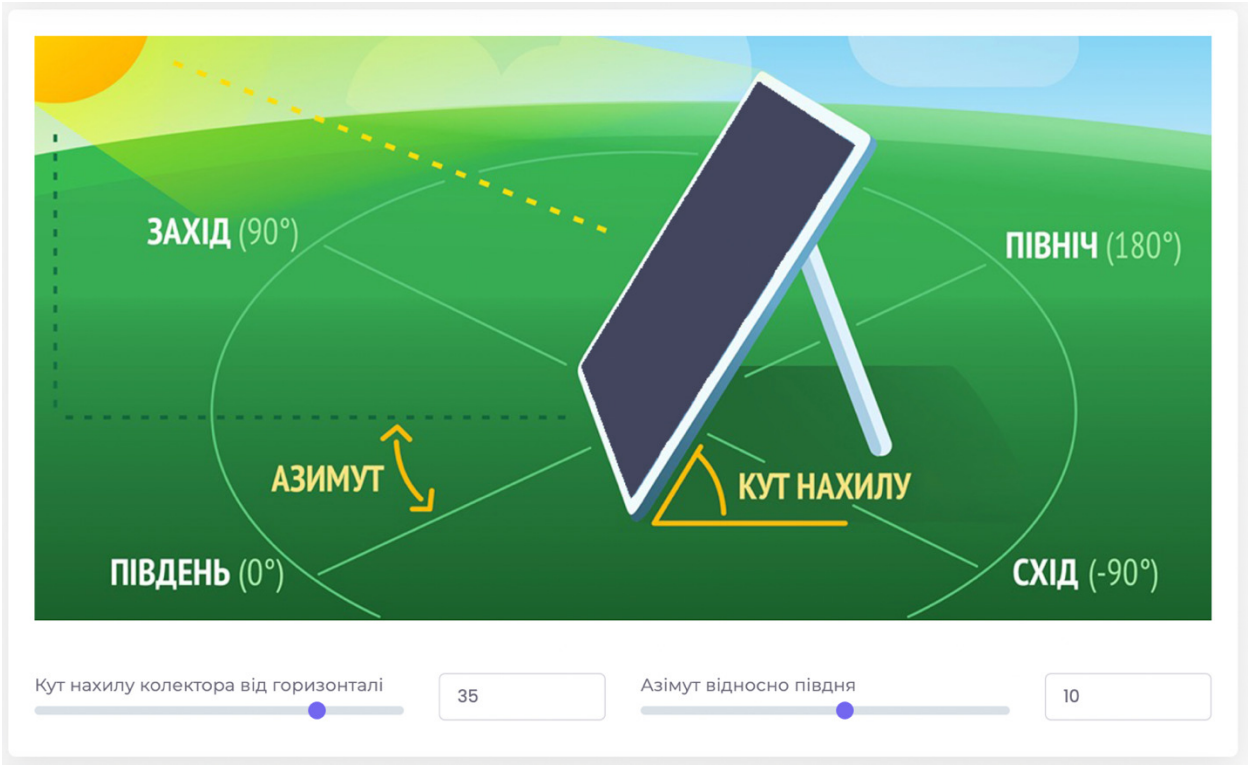


Рис. 3.6. Вибір розташування щодо сонця

Вложення «Вибір розташування щодо сонця» дає можливість обрати положення кута нахилу сонячних колекторів від горизонталі та азимут відносно півдня.

Користувач може змінити дані за допомогою слайдера або ввести їх через клавіатуру в полі введення, яке знаходиться праворуч від слайдера.

Це дозволяє зменшити похибку обчислень.

На Рис. 3.7. ми бачимо наступне вложення, на якому ми бачимо площу поглинання сонячних променів та ккд сонячного колектора, так само ми бачимо середню ціну в доларах на ринку України, цей параметр можна змінити залежно від актуальної ціни на ринку. Також нам необхідно вибрати кількість колекторів, які ми хочемо використовувати для нашого домоволодіння.

Судячи з того, які розміри та інші параметри у нашого даху можна порахувати скільки максимально сонячних колекторів можемо розташуватися на покрівлі.

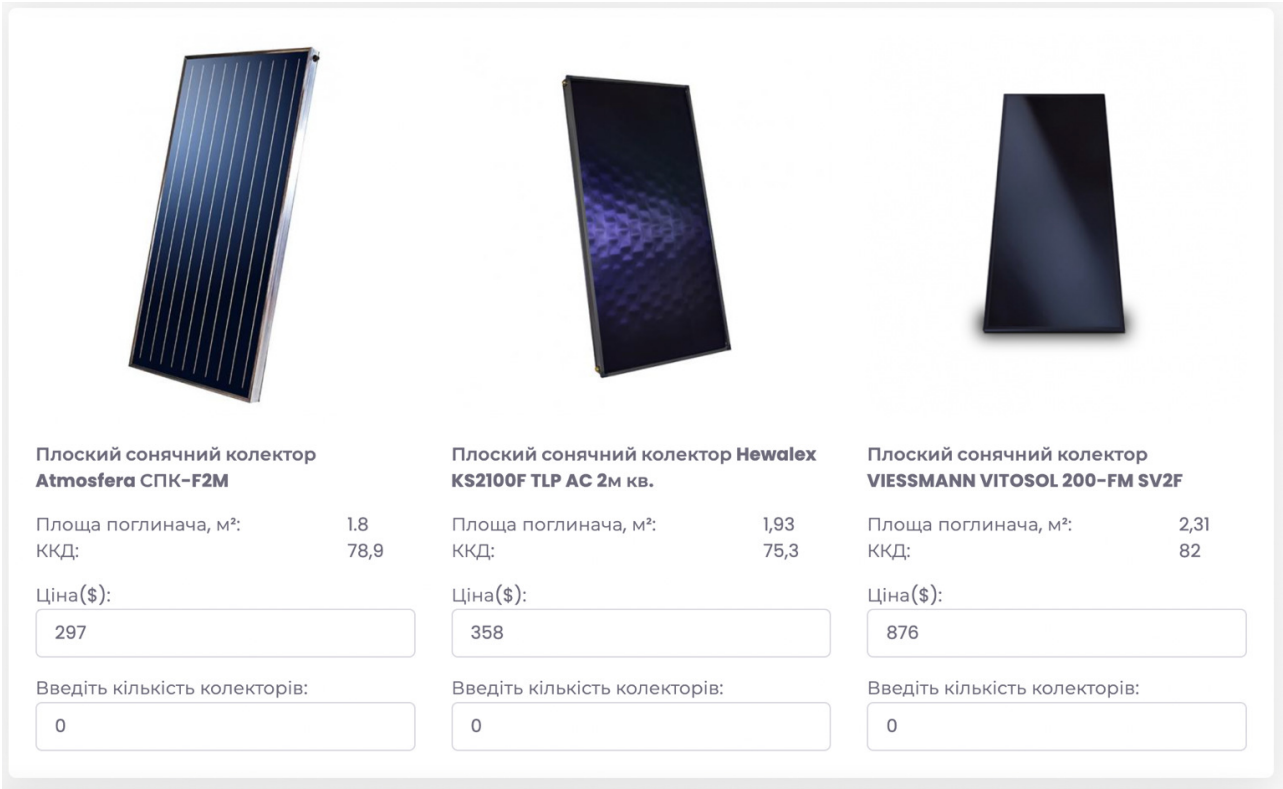


Рис. 3.7. Вибір потужності та кількості сонячних колекторів

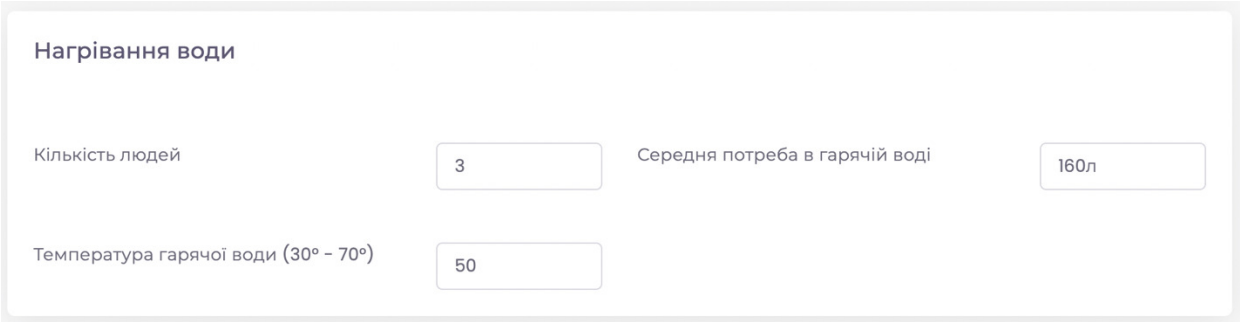


Рис. 3.8. Вибір кількості рідини, що нагрівається, і температури

Наступне вложення, яке продемонстровано на Рис. 3.8. необхідно для розрахунку споживання води мешканцями домоволодіння. Кількість мешканців домоволодіння є важливим для розрахунку. Від цього залежить кількість споживаної теплої води, в середньому ми беремо 40л води на одну людину на день, виходить якщо у нас 3 дорослі людини, то вони споживають 120л води на день, але це ще не все майже завжди в домоволодіннях є побутові прилади та миття посуду, це в середньому ще 40л води, ґрунтуючи на цих даних наша програма виводить кількість рекомендованих літрів на всю систему без огляду на опалення, оскільки цей параметр ми використовуємо в наступних вкладеннях.

Також користувачеві необхідно ввести максимальну температуру води, рекомендована температура 60 градусів, тому що тільки в цьому випадку у воді гинуть небезпечні бактерії, зокрема, легіонели.

Вложення «Вибір характеристик для опалення домоволодіння»(Рис. 3.9.) вимагає від користувача ввести площу опалювальної будівлі в поле для введення, так само ввести необхідну температуру в приміщенні, а також максимальну температуру для теплоносія.

Також при використанні сонячних колекторів для опалення рекомендується використовувати систему теплої підлоги яка ідеально підходить для сонячних колекторів, оскільки рекомендована максимальна температура теплої підлоги це 60 градусів, як і у сонячних колекторів.

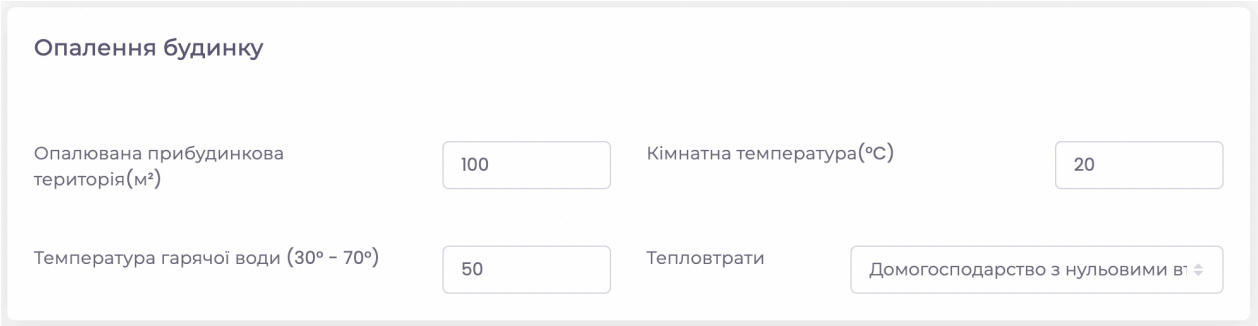


Рис. 3.9. Вибір характеристик для опалення домоволодіння

Так само з списку, що випадає і представлений на Рис. 3.10., потрібно вибрати тепловтрати в домогосподарстві. Якщо людина не знає тепловтрати свого будинку для полегшення вибору, було додано опис до параметрів тепловтрат:

- Домогосподарство з нульовими втратами - 0.015 kWh/m²
- Домогосподарство з мінімальним споживанням - 0.030 kWh/m²
- Домогосподарство з низьким енергоспоживанням - 0.045 kWh/m²
- Домогосподарство з підвищеним енергоспоживанням - 0.075 kWh/m²
- Домогосподарство з великими втратами - 0.150 kWh/m²

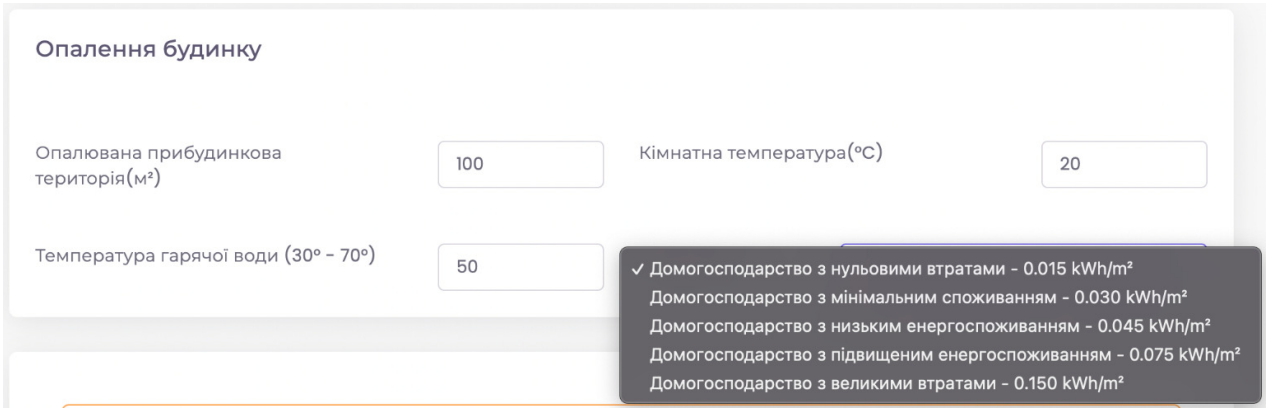


Рис. 3.10. Вибір параметрів тепловтрат для опалення домоволодіння

Розглянемо наступне вложення у нашому веб-додатку де користувач бачить вложення з малюнку Рис. 3.11.

Далі для проведення розрахунків окупності нам необхідно отримати від користувача вартість електроенергії за один кіловат і річне збільшення ціни на електроенергію у відсотках, а також курс долара.

Користувач має можливість просто оновити дані в даному вкладенні і він відразу побачить оновлені фінальні графіки окупності.

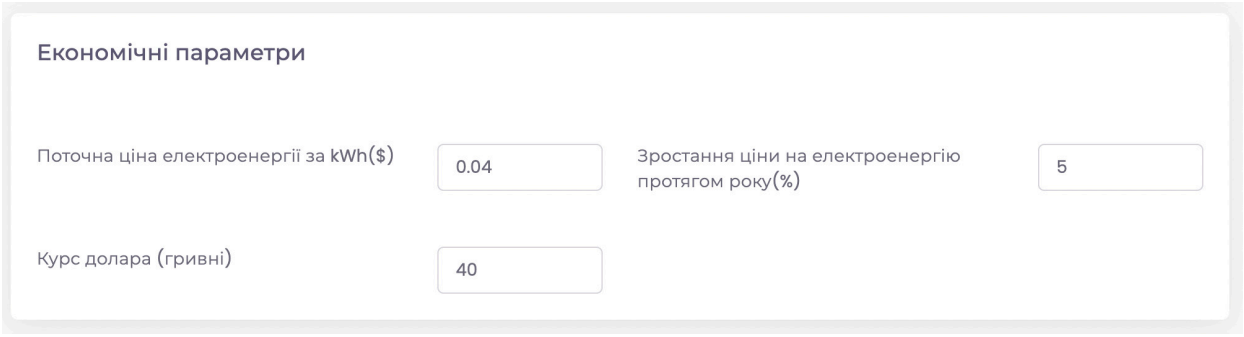


Рис. 3.11. Вибір економічних параметрів

Після того, як усі дані були введені, далі можна побачити наступне вложення . це кнопка(Рис. 3.12.) по натисканню на яку будуть здійснені розрахунки та малювання графіків.

Буде відображено графіки необхідної річної кількості енергії для нагрівання води та опалення, графік окупності сонячних колекторів, графік виробленої кількості енергії колекторами ці розрахунки будуть виконані згідно з введеними параметрами.



Рис. 3.12. Кнопка розрахунок окупності

У наступному блоці ми бачимо намальований графік(Рис. 3.13.), в якому вказані витрати на нагрівання води та опалення в кожному місяці року у кіловатах за годину, завдяки цьому графіку ми можемо оцінити наші тепловтрати. Так само в цьому ж блоки користувач може ознайомитися з витратами на обігрів при опаленні електричним котлом без використання сонячних колекторів, а також може побачити сумарні втрати на опалення за один рік.

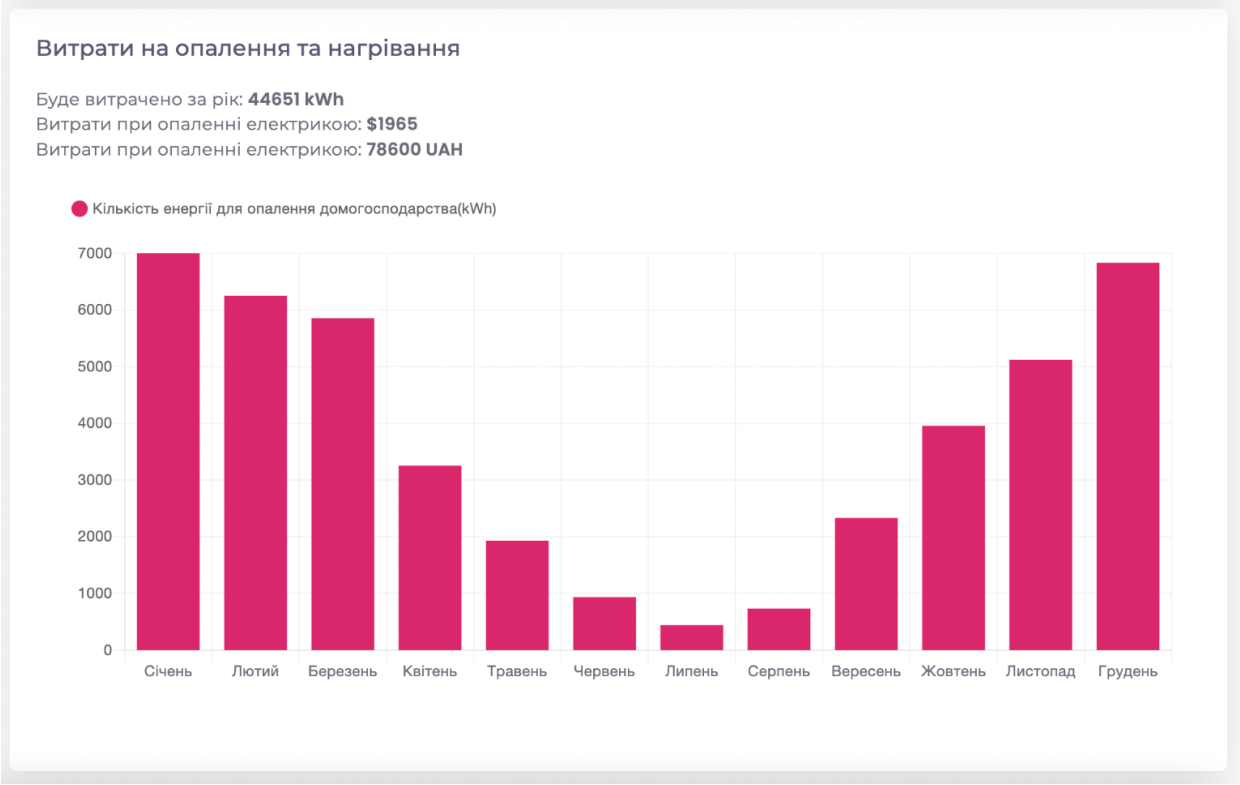


Рис. 3.13. Витрати на опалення та нагрівання

Щоб побачити дані за конкретний місяць нам потрібно навести на цікавий стовпчик курсор миші і почекати і ми побачимо спливаюче віконце з необхідною нам інформацією.

Цю демонстрацію показано на Рис. 3.14.

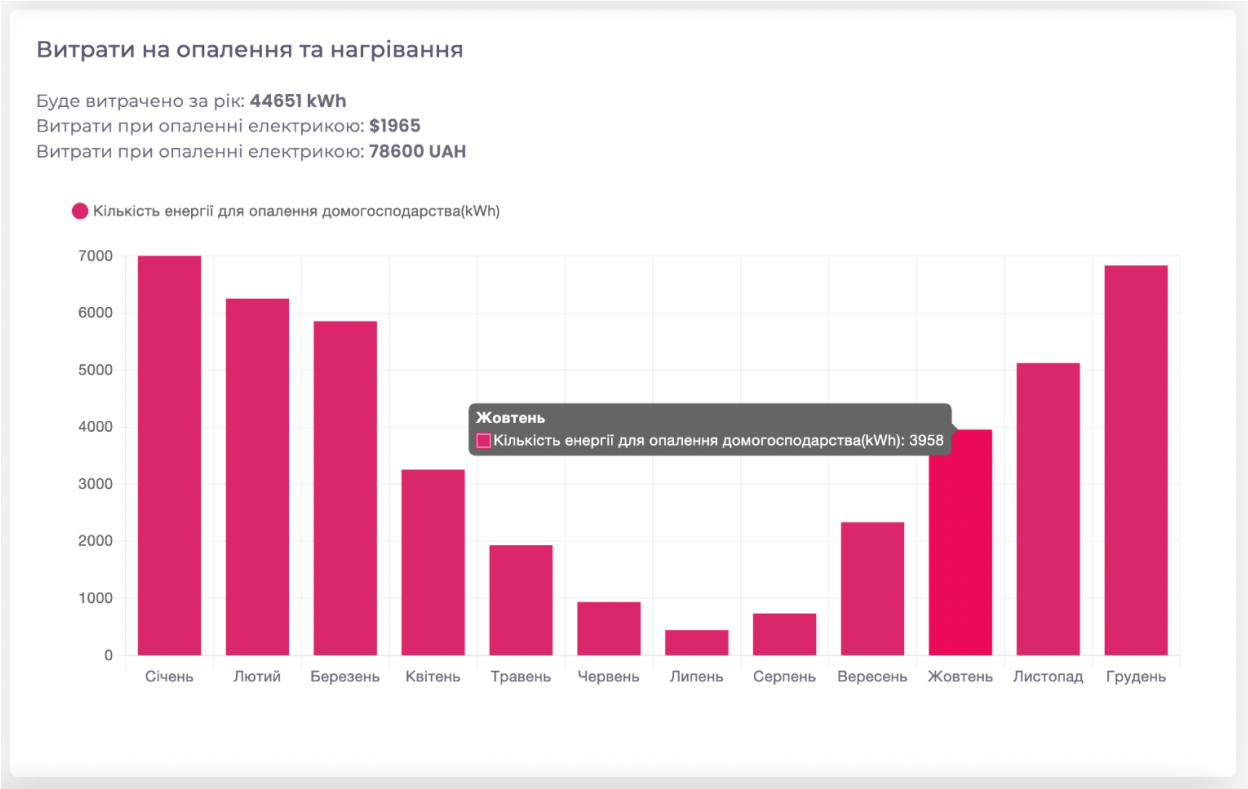


Рис. 3.14. Витрати на опалення та нагрівання з модальним вікном

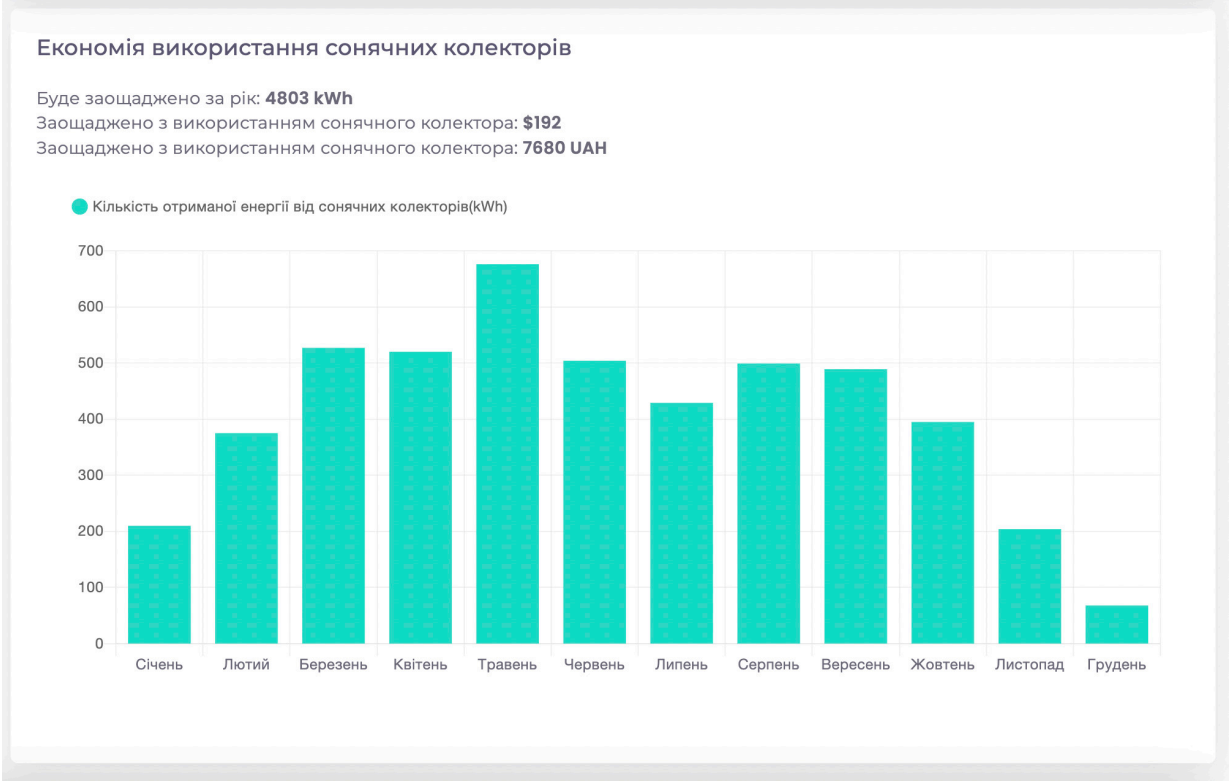


Рис. 3.15. Економія використання сонячних колекторів

Далі бачимо намальований графік(Рис. 3.15.), в якому зазначено яку кількість енергії вдалося зберегти за кожен окремий місяць, використовуючи сонячні колектори із заданими параметрами, так само демонструються суми, які вдасться заощадити за рік користування сонячними колекторами.



Рис. 3.16. Економія використання сонячних колекторів

Так само в цьому ж блоці користувач може побачити загальну кількість заощаджених кіловат за один рік.

Для того щоб отримати детальну інформацію про кожен місяць користувачеві необхідно, навести мишку на місяць, що цікавить, і почекати, далі перед користувачем спливе блок з детальною інформацією отриманих кіловат з сонячних панелей за один конкретний місяць.

На наступній вкладці представлений розрахунок окупності сонячних колекторів за 25 років, на Рис. 3.17. видно графік за яким ми можемо оцінити суму економії за роками протягом 25 років, оскільки це середній час служби сонячних колекторів.

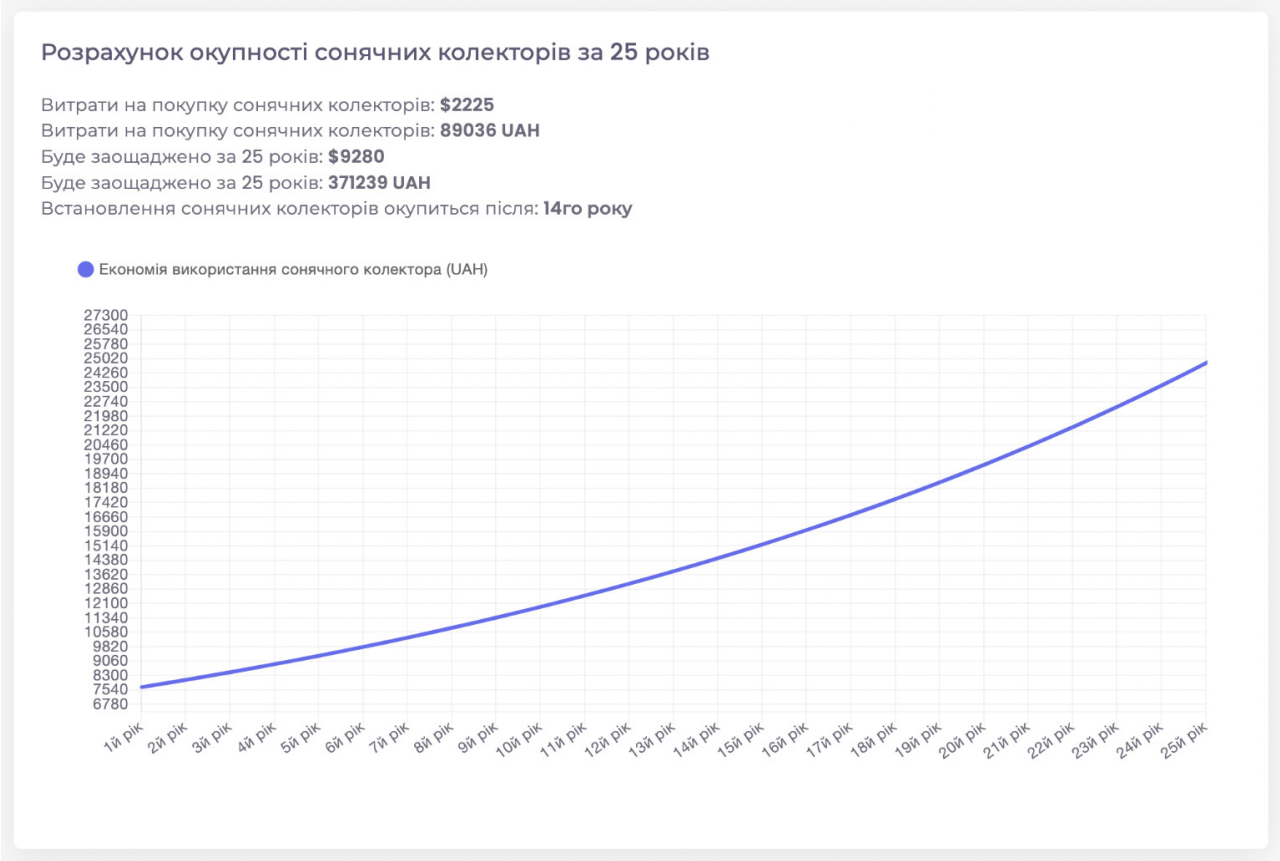


Рис. 3.17. Розрахунок окупності колекторів

Також ми можемо побачити суму, яку ми витратили на встановлення сонячних колекторів і порівняти її з сумою, яку вдалося заощадити за весь час експлуатації сонячних колекторів.

Користувач також може ознайомитися з даними за кожен конкретний рік, для цього необхідно затримати мишку на точці графіка з потрібним роком і відобразиться модальне вікно, як на Рис. 3.18.

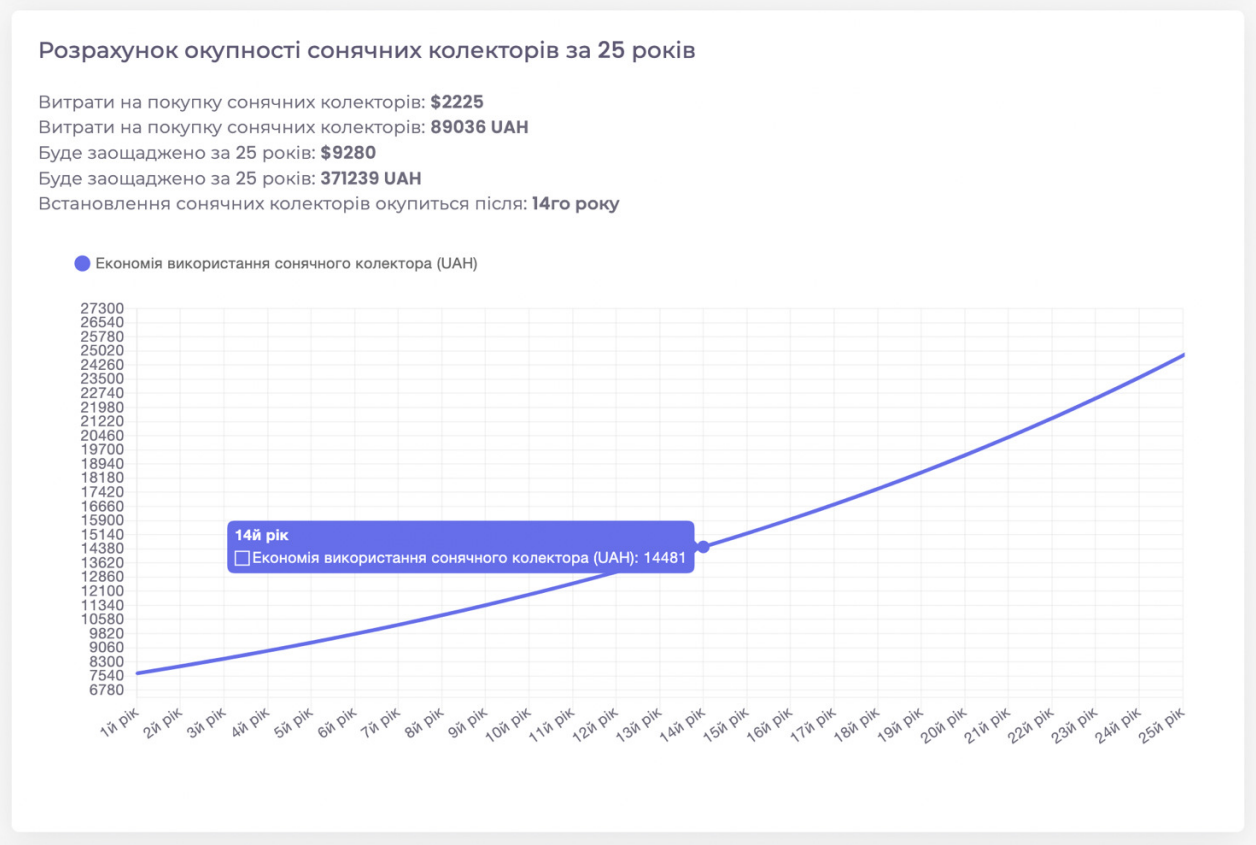


Рис. 3.18. Розрахунок окупності колекторів за один рік

3.3 Результати розробки веб-додатку для розрахунку окупності сонячних колекторів

У процесі виконання даної дипломної роботи було досягнуто таких результатів: розробка та програмна реалізація веб-додатку для розрахунку окупності використання сонячних колекторів у приватних домоволодіннях, яка потрібна для розрахунку та визначення окупності вкладених інвестицій на впровадження сонячних колекторів у приватних домоволодіннях на території України.

Для розрахунку окупності та характеристик сонячних панелей були враховані такі параметри, а саме пряме, розсіяне і відбите сонячне випромінювання з урахуванням атмосферного ослаблення, і також були враховані кута нахилу даху та орієнтація колекторів відносно півдня.

Коли сонячний колектор перетворює енергію та передає її , передбачаються певні втрати енергії, цей коефіцієнт ми також врахували.

Ми отримали веб-додаток, який здатний виконувати розрахунки окупності сонячних колекторів, визначати період окупності з похибкою в один рік, так само у нас є можливість отримати дані про місячне споживання енергії для нагріву води в домогосподарстві, а також загально річне споживання енергії, ми також отримали можливість дізнатися кількість виробленої енергії сонячними колекторами за один місяць.

При розрахунку економічної складової, системою враховується річне споживання електроенергії, поточна ціна на електроенергію, ціна за «Зеленим тарифом», а також річне зростання цін на електроенергію.

Щоб зробити економічні розрахунки були враховані вартість сонячних колекторів, вартість одного кіловата електроенергії яка використовується в розрахунках, так само для розрахунку окупності за 25 років використовується фактор збільшення ціни на електроенергію щороку на певний відсоток, це дозволяє враховувати інфляцію в наших обчисленнях, тим самим збільшити точність розрахунків.

Коли система робить обчислення окупності за 25 років, обчислення виробітку енергії за роком, місяцями, а також використання користувачем енергії для нагрівання теплоносія за місяць або рік, вона виводить інформативні графіки, які дозволяють зробити візуальну оцінку та аналіз отриманих даних.

ВИСНОВКИ

Мета та задачі, поставлені в дипломній роботі, були виконані. А саме:

1. Було досліджено принцип роботи сонячних колекторів;
2. Розглянуті можливі варіанти впровадження сонячних колекторів в приватних домоволодіннях;
3. Вивчено веб-додатки на ринку для розрахунку окупності сонячних колекторів та визначено їх суттєві недоліки;
4. Проаналізовано окупність використання сонячних колекторів у приватних домоволодіннях;
5. Було розроблено архітектуру проекту веб-додатоку;
6. Було розроблено проект веб-додатоку;
7. Було проведено тестування проекту веб-додатоку;

Всі ці завдання, які були виконані, дозволяють скористатися веб-додатком для розрахунку окупності сонячних панелей і зрозуміти головне, чи є необхідною в сонячних колекторах і економічна вигода для конкретного домогосподарства встановити дану систему сонячних колекторів.

Розроблений калькулятор має велику кількість параметрів, які в свою чергу дозволяють отримати більш точні результати, а також продемонструвати наочні приклади окупності у вигляді графіків і схем.

Результати які вдалося отримати за допомогою веб-додатку для підрахунку окупності сонячних панелей, а так само графічне уявлення окупності за 25 років, збігаються і можу вважатися вірними і точними, в порівнянні з лідируючими професійними компаніями, які займаються розробкою подібних продуктів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Alireza Khaligh, Omer C. Onar. «Energy Harvesting: Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems», 2010. P. 19
2. Muhammad Iqbal «An Introduction To Solar Radiation», 2012. P. 6-12
3. Bob Ramlow and Benjamin Nusz « Solar Water Heating--Revised & Expanded Edition a Comprehensive Guide to Solar Water and Space Heating Systems», 2010. P. 5
4. Електронний ресурс «За 9 місяців 2021 року споживання електроенергії в Україні зросло на майже 7%»: https://ua.energy/zagalni-novyny/za-9-misyatsiv-2021-roku-spozhyvannya-elektroenergiyi-v-ukrayini-zroslo-na-majzhe-7
5. Електронний ресурс «Solar calculator - SONNENKRAFT»: https://www.sonnenkraft.com/en/solar-calculator.html
6. Електронний ресурс «Solar calculator - online.tsol.de»: https://online.tsol.de/
7. D. Yogi Goswami «S Principles of Solar Engineering, Fourth Edition», 2022. P. 29-31
8. Michael E. Mackay « Solar Energy: An Introduction», 2016. P. 27-29
9. D. Yogi Goswami « Solar Energy: Principles and Applications», 2016. P. 39-57
10. Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 135.
11. Carslaw, K. S.; Carslaw, K.S.; Harrison, R. G.; Kirkby, J. Cosmic Rays, Clouds, and Climate (англ.) // Science : journal. — 2002. — Vol. 298. — P. 1732—1737. — doi:10.1126/science.1076964
12. Goswami D. Y. - Principles of solar engineering. - Third Edition. / CRC Press. 2015. p. 822-840

13. Jeffrey R.S. Brownson, in Solar Energy Conversion Systems, 2014 - section Sun-Earth Geometry
14. David Thorpe- Solar Energy Pocket Reference - Solar incidence angles – 2018. p. 25
15. Soteris A. K. Solar Energy Engineering, 2nd Edition. / Academic Press, Elsevier. 2013. – p. 820-846
16. Stott, Peter A.; Stott, Peter A.; Jones, Gareth S.; Mitchell, John F. B. Do Models Underestimate the Solar Contribution to Recent Climate Change Journal of Climate : journal. — 2003. — Vol. 16, no. 24. — P. 4079—4093.
17. M.K. Mazumder, ... O. Sadder, in Developments in Surface Contamination and Cleaning: Methods for Removal of Particle Contaminants, 2011
18. Hay J.E., Davies J.A. Calculation of the Solar Radiation Incident on an Inclined Surface. / Proceedings of the 1st Canadian Solar Radiation Data Workshop. 1980. – Toronto, Canada. – P. 55-87.
19. Solar Influences on Global Change, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., p. 36, 1994