

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, Д.В. Бірюков

**ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ 3.
НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА
ЕНЕРГІЇ**

**МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ
В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ RETScreen**

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів
спеціальності 144 «Теплоенергетика»*

Київ

КПІ ім. Ігоря Сікорського

2021

Рецензент: Закладний Олег Олександрович, канд. техн. наук, доцент.
Відповідальний Суходуб Ірина Олегівна, канд. техн. наук, доцент.
редактор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 8 від 24.06.2021 р.)
за поданням Вченої ради інституту Енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 12 від 31.05.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Дубровська Вікторія Василівна, канд. техн. наук, доц.,
Шкляр Віктор Іванович, канд. техн. наук, доц.,
Бірюков Дмитро Вікторович, асистент*

ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ 3. НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ RETScreen

Енергетичні системи та комплекси 3. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Моделювання фотоелектричних систем в програмному середовищі RETScreen. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, Д.В. Бірюков; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,9 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 24 с.

В навчальному посібнику наведено методику аналізу системи електропостачання об'єкту на базі фотоелектричних перетворювачів в програмному середовищі RETScreen. Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Видання включає індивідуальні завдання для виконання комп'ютерного практикуму.

© В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, Д.В. Бірюков, 2021
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ.....	6
2 ОПИС КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ.....	6
3 ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТУ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ	9
3.1 Проєкт електростанції	12
3.1.1 Оцінка ресурсів	13
3.1.2 Фотоелектричний перетворювач.....	14
3.1.3 Інвертор.....	17
3.1.4 Резюме.....	18
3.2 Аналіз викидів	21
3.3 Фінансовий аналіз	21
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	23
ДОДАТОК А.....	24

ВСТУП

RETScreen Clean Energy Management – це програмний інструмент для аналізу проєктів з використанням чистої енергії на базі електронних таблиць *Excel* і є у вільному доступі в інтернеті [1]. Він дозволяє визначити технічну і фінансову доцільність потенційних проєктів електростанцій на джерелах відновлюваної енергії та когенерації (спільного виробництва теплоти та електроенергії), а також їх енергетичну ефективність. Користувач також може змоделювати проєкт електростанції на традиційних джерелах енергії і порівняти його з альтернативними проєктами з використанням джерел чистої енергії. Аналіз проєкту відбувається в п'ять етапів, включаючи енергетичний аналіз, аналіз витрат, аналіз викидів, фінансовий аналіз, а також аналіз ризиків і чутливості системи.

RETScreen Plus – це додаток *Windows* для управління об'єктами енергетики. З його допомогою керівники проєктів можуть контролювати поточні енергетичні показники своїх об'єктів.

RETScreen Expert – це нова розширена і поточна версія програмного забезпечення, яка дозволяє провести вичерпний аналіз, визначити технічну і фінансову доцільність потенційних проєктів електростанцій на джерелах відновлюваної енергії, а також їх енергетичну ефективність; оцінювати інвестиції в ході всього життєвого циклу енергооб'єкта (включаючи порівняльний аналіз, техніко-економічне обґрунтування і аналіз експлуатаційних показників) в рамках повністю інтегрованого рішення на одній програмній платформі. Крім того, за допомогою *RETScreen Expert* можна провести вимірювання і контроль фактичної продуктивності підприємств і визначити можливості економії/виробництва енергії.

"Режим перегляду" в *RETScreen Expert* безкоштовний; в ньому можна отримати доступ до всіх функцій програмного забезпечення [2].

У цьому програмному забезпеченні інтегрований ряд баз даних, включаючи глобальну базу даних кліматичних умов, отриману з 6700 наземних станцій і супутників NASA; базу порівняльних даних; базу даних проєктів; базу гідрологічних даних і базу даних обладнання. Програмне забезпечення також містить нормативно-юридичні довідники по використанню джерел чистої енергії, а також безліч безкоштовних мультимедійних навчальних матеріалів на декількох мовах та електронний підручник.

RETScreen використовувався як навчальний і дослідницький інструмент в більш ніж 700 університетах і коледжах по всьому світу, і на це програмне забезпечення часто посилаються в академічній літературі.

RETScreen надає можливість професіоналам та особам, які приймають рішення, швидко визначати, оцінювати та оптимізувати технічну та фінансову життєздатність потенційних проєктів з чистої енергетики. Ця програмна платформа для прийняття рішень також дозволяє менеджерам легко вимірювати та перевіряти фактичну ефективність проєктних потужностей та допомагає знайти додаткові економії / можливості виробництва.

1 МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи – закріпити знання, отримані в процесі вивчення курсу, засвоїти методику визначення енергоефективності систем енергозабезпечення об'єктів за рахунок використання фотоелектричних перетворювачів у програмному середовищі *RETScreen*.

Основні завдання роботи:

1. Виконати розрахунки системи електрозабезпечення об'єкту в програмному середовищі *RETScreen* для визначення експлуатаційних, технічних, енергетичних, економічних та екологічних характеристик. Варіанти завдання наведено в додатку, таблиця А1.
2. Провести аналіз отриманих результатів розрахунків.

2 ОПИС КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ

Після встановлення *RETScreen Expert* на комп'ютер, вона відкривається подвійним натисканням на ярлик, який розташований на «Робочому столі». Для використання всіх можливостей *RETScreen* на комп'ютері повинна бути встановлена програмна технологія *Microsoft .NET Framework*.

Розрахунок у програмному середовищі складається з наступних етапів (кроків):

1. «Початок»
2. «Енергетична модель»
3. «Засоби»

«Початок» – включає інформацію про проєкт та вихідні умови місця знаходження (географічне розміщення, надходження сонячної радіації, кліматичні характеристики повітря та інше).

«Енергетична модель» – проводяться розрахунки енергетичних характеристик системи, зниження емісії парникових газів за рахунок використання поновлюваних джерел енергії та фінансовий аналіз впровадження системи з визначенням строку окупності проєкту.

«Засоби» – дозволяє користувачу вводити додаткові дані для розрахунків.

В залежності від обраної мови завантаження, при відкриванні програми на екрані, з'являється вікно з листом «Початок» українською або «Start» – англійською. Для зміни мови на українську активують комірку «Language» у правому верхньому куті інтерфейсу програми та у відкритому вікні обирають «Українська» (рис. 2.1).

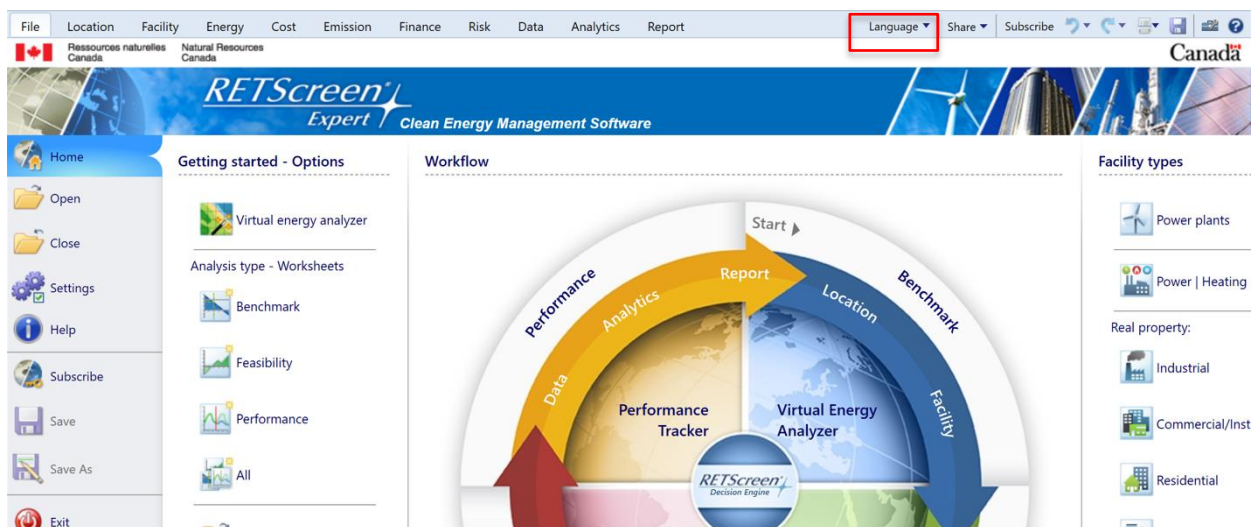


Рисунок 2.1 – Лист «Початок» у програмі RETScreen Expert

Розрахунок у програмному середовищі *RETScreen Expert* проводиться за допомогою ряду робочих листів (вкладки, розташовані у верхній частині вікна) та супровідних баз даних. Як правило, користувач працює зліва направо, заповнюючи спочатку лист Місцезнаходження (*Location*), а потім лист Обладнання (коректний переклад – Об'єкт, з англійської *Facility*) тощо. На кожному листі користувач повинен виконувати дії, зазначені на стрічці у верхній частині вікна програмного забезпечення, заповнюючи кожен лист зверху вниз.

Діаграма кодування вхідних та вихідних параметрів в комірках представлена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Кольорове кодування комірок

Білі	Результати моделювання – розраховуються програмою. Доступ до таких комірок для користувача закритий.
Жовті	Заповнюються користувачем. Необхідні для запуску моделі.
Голубі	Вводяться користувачем – необхідні для запуску моделі. Доступні онлайнові бази даних.
Сірі	Вводяться користувачем – тільки для довідкових цілей. Не потрібні для запуску моделі.

Комірки можуть заповнюватися як безпосереднім введенням даних, так і вибором припустимого значення зі списку, який з'являється при активації комірки.

До початку роботи необхідно перевірити відповідність обраних налаштувань, для цього переходимо до пункту «**Налаштування**» та обираємо одиниці виміру для аналізу (рис. 2.2).

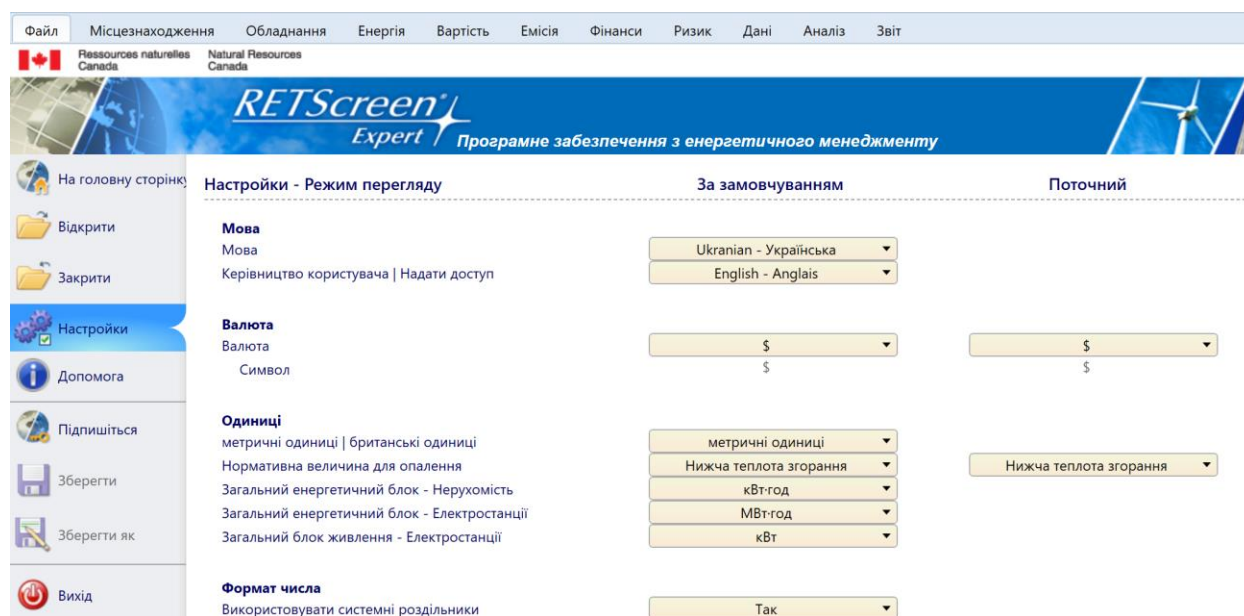


Рисунок 2.2 – Початкові налаштування

Наступним кроком є створення нового проєкту та заповнення необхідних комірок.

З ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТУ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Робота з програмою *RETScreen Expert* починається з заповнення вкладки «**Місцезнаходження**». Для швидкого переходу до налаштувань проєкту сонячної електростанції можна обрати пункт «**Електростанції**» (рис. 3.1).

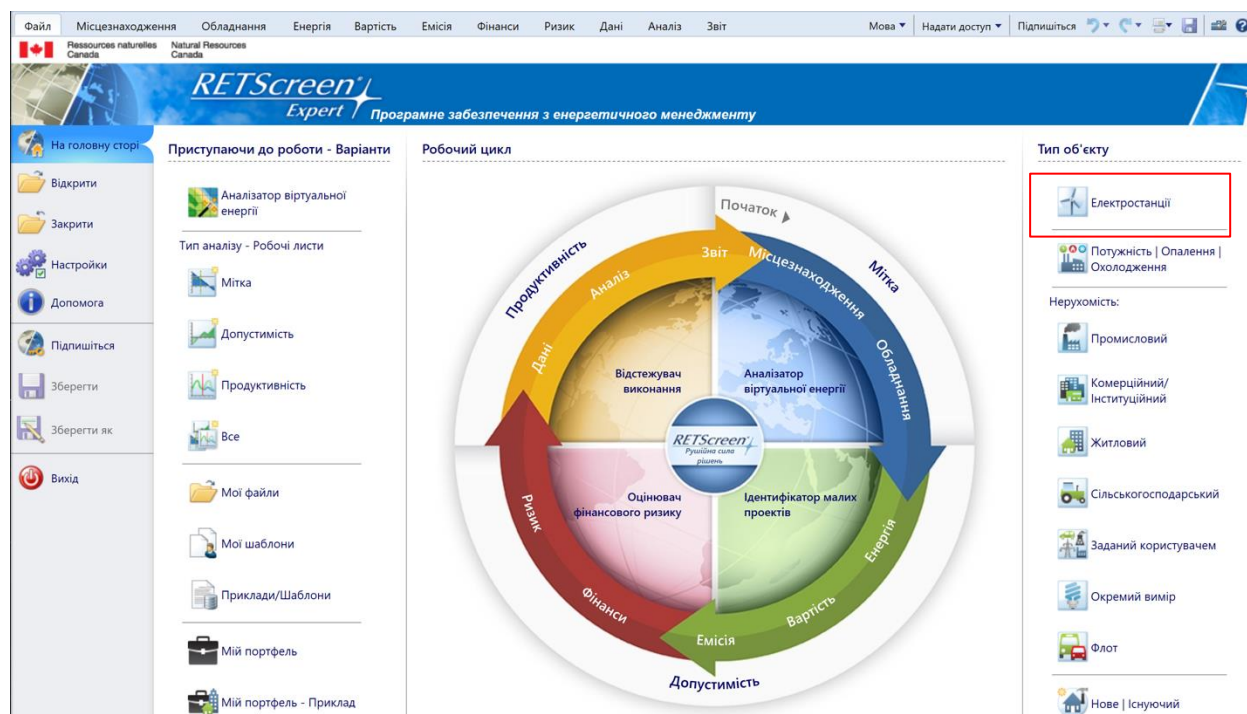


Рисунок 3.1 – Створення проєкту

При активації об'єкту «**Електростанції**» відкривається нове вікно (рис. 3.2), в якому необхідно вибрати країну та місто (рис. 3.2 поз.1-2) у відповідності до варіанту завдання. Введення цих даних у програму здійснюється за допомогою поля «**Пошук**» (рис. 3.3 поз.1). Для збереження налаштувань необхідно натиснути на кнопку «**Обрати**» (рис. 3.3 поз.2) та підтвердити (рис. 3.3 поз.3).

Наступним кроком є заповнення листа «Обладнання».

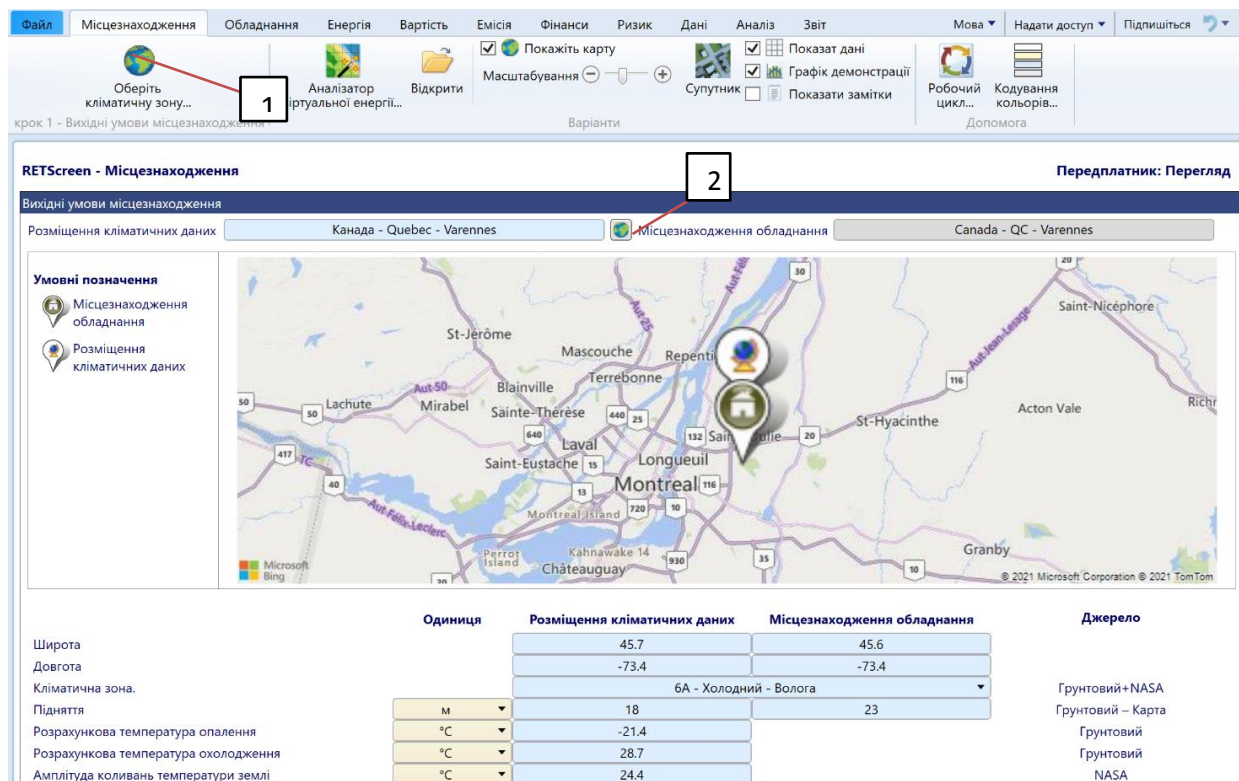


Рисунок 3.2 – Зміна кліматичної зони

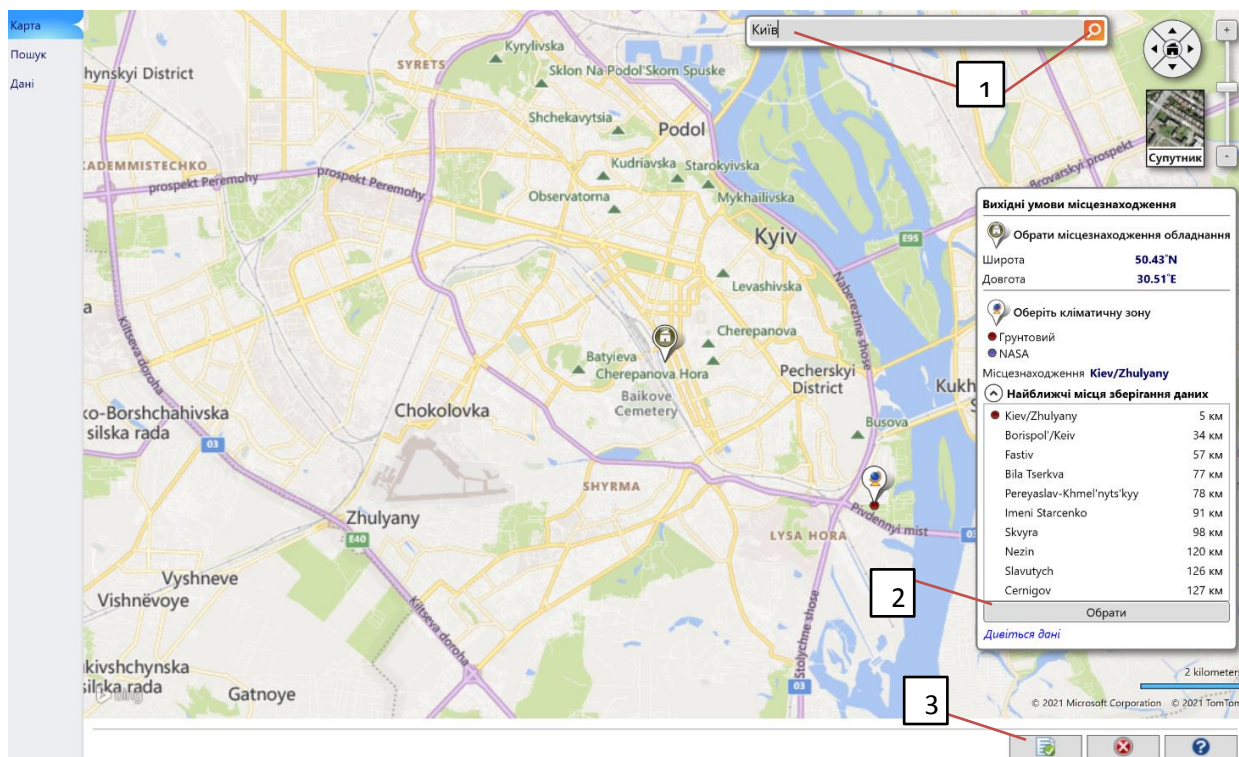


Рисунок 3.3 – Пошук та вибір кліматичної зони

Зі списків, що випадають у жовтих комірках, вибираємо позиції:

- «Тип об'єкту» – «Електростанція»;
- «Тип» – «Фотоелектричний»;
- «Країна» – «Україна».

Для створення повного звіту необхідно заповнити детальну інформацію про об'єкт у сірих комірках «Опис», «Підготовано для», «Підготовано» та ін. (рис. 3.4).

The screenshot shows the RETScreen software interface with the 'Обладнання' (Equipment) tab selected. The form is titled 'Інформація про об'єкт' (Object Information). It contains several fields for inputting data about the object, including type, description, preparation for, and location. A satellite map is visible on the right side of the form.

Field	Value
Тип об'єкту	Електростанція
Тип	Фотоелектричний
Опис	Сонячна електростанція
Підготовано для	КПІ ім. Ігоря Сікорського
Підготовано	ІЕЕ, ТЕ
Назва об'єкта	Корпус 22
Адреса	Борщагівська 115
Місто/Муніципалітет	Kyiv
Провінція/штат	Kyiv City
Країна	Україна

Рисунок 3.4 – Приклад заповнення листа «Обладнання»

Наступним кроком є заповнення листа «Енергетична модель», який складається з декількох розділів в залежності від обраного проєкту.

У вкладці «Енергія» необхідно обов'язково заповнити комірки жовтого кольору, комірки синього кольору заповнюються вручну за наявними даними або автоматично за допомогою існуючих баз даних програми.

У розділі «Паливо і графіки – Електрика та палива» необхідно обрати тип та ціну палива для аналізу (рис. 3.5 поз.1). Ціна на електричну енергію для побутових споживачів універсальних послуг становить 1,68 грн/кВт·год; ціна продажу електроенергії за «зеленим тарифом» складає 0,155 \$USD/кВт·год.

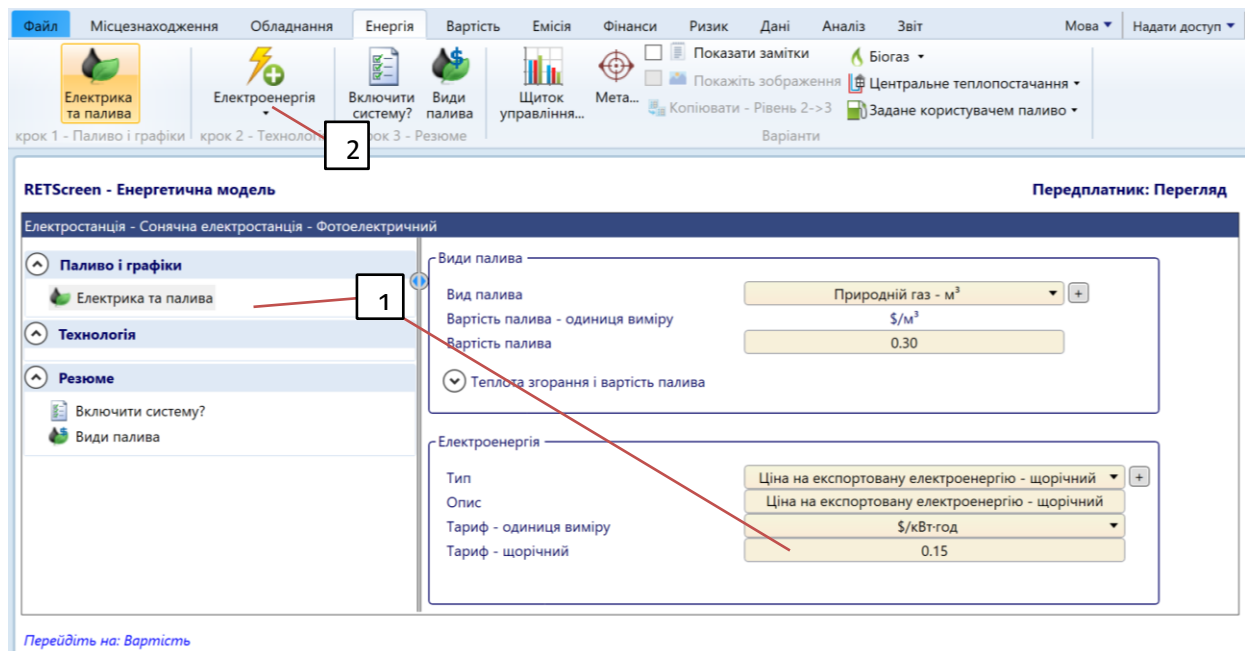


Рисунок 3.5 – Налаштування «Енергетичної моделі»

3.1 Проєкт електростанції

Наступним кроком необхідно створити «**Технологію**» для електроенергії: натиснути кнопку «**Електроенергія**» (рис 3.5 поз.2) та обрати зі списку – «**Фотоелектричний**».

Заповнення характеристик комірок сонячної електростанції можна проводити двома методами (рис 3.6 поз.1).

Рівень 1

Вносимо попередньо розраховану потужність електростанції, її початкові та щорічні затрати на експлуатацію для базового варіанту.

Рівень 2

Заповнюємо комірки, в яких вказуємо проєктну потужність електростанції, тип та електричну потужність обраного модуля, його положення/розташування та вартість. Необхідно врахувати встановлення інвертора для перетворення постійного струму сонячних модулів у змінний.

На основі погодних даних та інформації, яка внесена користувачем, програма самостійно розраховує річну генерацію електричної енергії.

Рисунок 3.6 – Створення сонячної електростанції

3.1.1 Оцінка ресурсів

Режим слідкування за сонцем

Обираємо «Зафіксоване». Інші режими потребують додаткових капітальних затрат, але збільшують кількість сприйнятої сонячної радіації.

Нахил

В комірку «Нахил» вводимо значення кута нахилу сонячних модулів (СМ) до горизонтальної поверхні в градусах.

При встановленні панелей на плоский дах є можливість обирати кут нахилу для максимального вироблення електричної енергії в залежності від географічного розташування та пори року (взимку сонце знаходиться в середньому нижче, ніж влітку, а сонячні модулі повинні бути розташовані перпендикулярно сонцю).

Азимут

Азимут – кут між проекцією на горизонтальну поверхню нормалі до площини СМ і напрямом на південь (знак не має значення). Бажана орієнтація СМ – на південь, коли кут азимута – 0° у північній півкулі і 180° в південній півкулі.

3.1.2 Фотоелектричний перетворювач

Існують різні типи фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Найбільшого поширення в фотоелектричних установках наземного застосування отримали кремнієві ФЕП трьох видів: на основі монокристалічного, полікристалічного і тонкоплівкові з аморфного кремнію. Велика частина всіх модулів виробляється з використанням полі- і монокристалічного кремнію.

Основні типи ФЕП:

- монокристалічні кремнієві;
- полікристалічні (мультикристалічні) кремнієві;
- тонкоплівкові з гідрогенізованого аморфного кремнію та інших напівпровідникових матеріалів (телуриду/сульфату кадмію, арсеніду галію тощо);
- багатоперехідні сонячні елементи (гетерофотоелементи).

ККД ФЕП становить:

- багатоперехідних сонячних елементів – до 35% [3];
- з монокристалічного кремнію від 14-19 до 21,5%;
- з полікристалічного кремнію – 14-17%;

- з аморфного кремнію – близько 5-8%.

Для підвищення ефективності перетворення сонячної енергії використовують концентратори та двосторонні сонячні елементи.

Обирають тип і модель сонячних перетворювачів виходячи з їх наявності на ринку та ціни (максимальна ефективність та мінімальна вартість).

Доступні моделі для України з найвищими показниками – фотоелектричний перетворювач *Risen* або *ABi-Solar* з моноокису кремнію потужністю 320 Вт. У базі даних *RETScreen* є схожа модель *RSM60-6-280MDG/4BB* потужністю 280 Вт. Модель і виробника обираємо з каталогу обладнання за допомогою кнопки «Див. базу даних обладнання», що знаходиться в правій частині вікна (рис 3.6 поз.2).

Кількість встановлених одиниць розраховується виходячи з наявної площі для розміщення та фінансових можливостей для побудови станції. Якщо СМ встановлюються на стіні, то їх загальна площа не повинна перевищувати поверхні, доступної на стіні. Для систем на даху розмір не повинен перевищувати приблизно половину загальної площі даху через можливе затінення. Для наземних систем розмір обмежується лише наявною площею землі. Для більш точного розрахунку необхідно оцінювати рівень взаємного затінення панелей в обраний період року для даної місцевості.

Для кількісної оцінки можливості встановлення сонячних панелей необхідно заміряти наявну площу для розміщення. Це можна зробити вимірами на місці або за допомогою картографічних сервісів [4] (рис. 3.7).

Звичайна робоча температура модуля

Модель обчислює робочу температуру, °С, комірки (NOCT). Вона визначається як температура поверхні модуля під впливом сонячного випромінювання у 800 Вт/м^2 , швидкості вітру 1 м/с, температурі навколишнього середовища 20 °С і без навантаження.

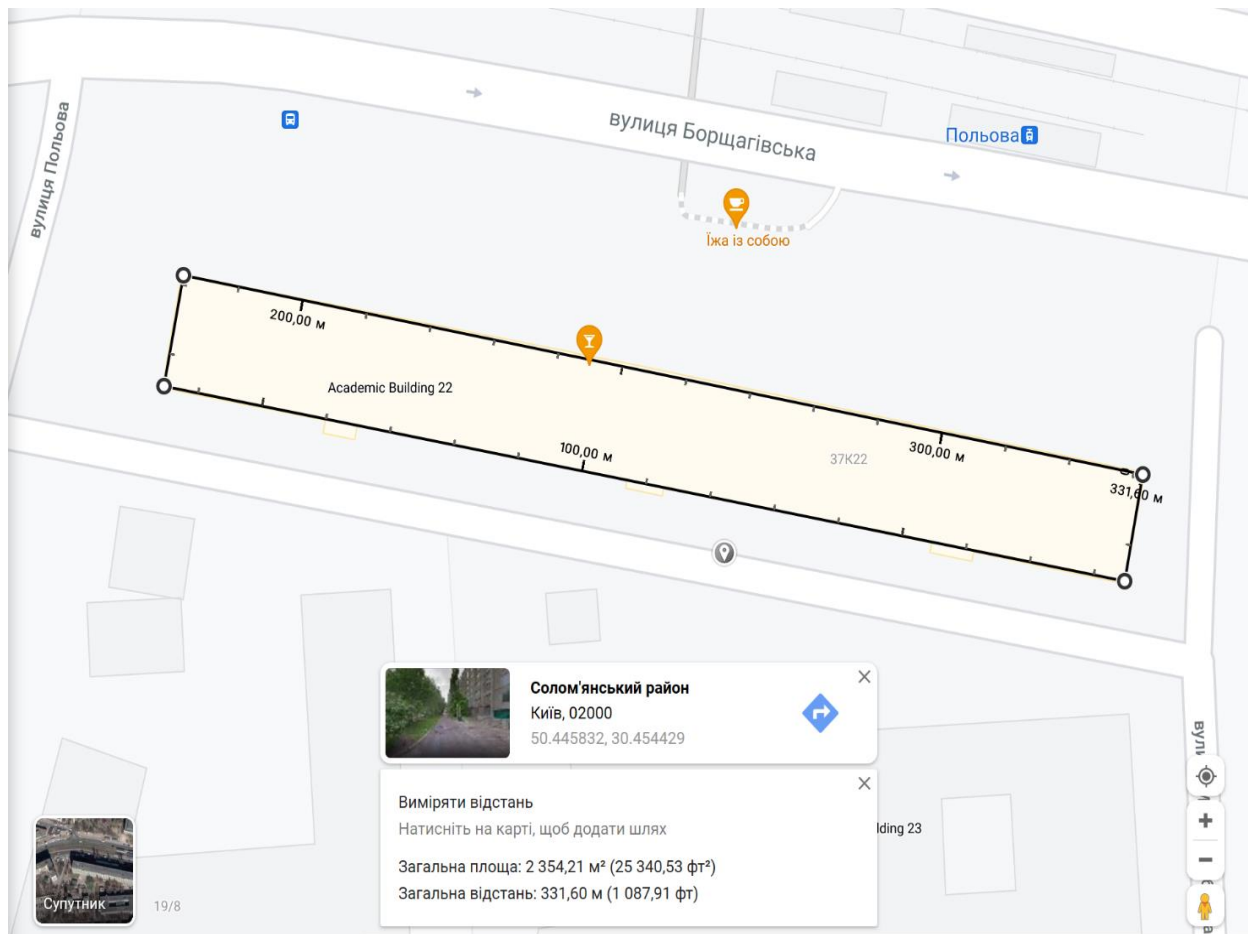


Рисунок 3.7 – Розрахунок наявної площі

Температурний коефіцієнт

Для оцінки ефективності панелі програма обчислює температурний коефіцієнт μ фотовольтаїчного модуля. Ефективність фотоелементів змінюється залежно від температури. Більшість типів комірок демонструють зниження ефективності в міру підвищення температури.

ККД СМ з урахуванням температурного коефіцієнта μ , $\%/^{\circ}\text{C}$, визначається як:

$$\eta_{\text{CM}} = \eta_{\text{ref}} \cdot (100 - \mu(T - T_{\text{ref}})),$$

де:

η_{CM} – ККД сонячного модуля при температурі T ,

η_{ref} – ККД сонячного елемента при температурі T_{ref} ,

T – температура модуля,

T_{ref} – стандартна температура сонячного елемента (зазвичай, 25°C).

Значення μ залежить, насамперед, від типу комірки. Часто досить важко знайти це значення в таблицях даних виробника, тому, за відсутності цієї інформації, можуть використовуватися значення за замовчуванням, знайдені в таблиці номінальної ефективності СМ.

Інші втрати

Користувач має можливість вводити втрати у СМ, %, з різних джерел, які не враховані в інших місцях моделі: втрати через наявність на модулях бруду або снігу, або невідповідність та втрати у мережі. Типові значення коливаються від декількох відсотків до 15%. У деяких виняткових обставинах це значення може досягати 20%.

3.1.3 Інвертор

Інвертор перетворює електричний струм постійної напруги в електричний струм змінної напруги, що використовується на власні потреби (живить навантаження), або надходить до електричної мережі (рис. 3.8).

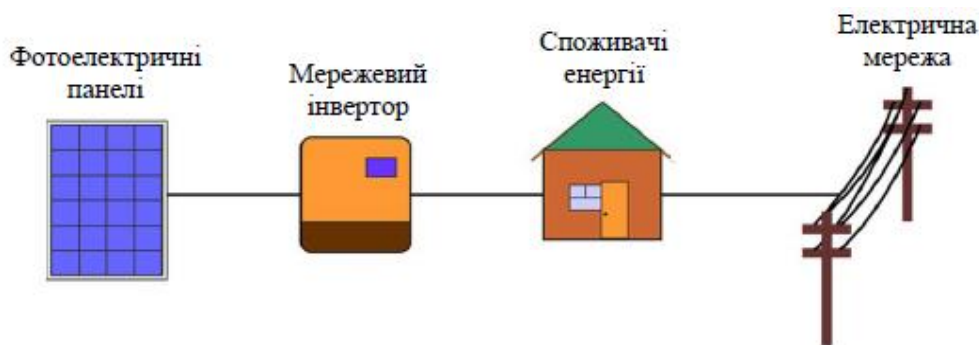


Рисунок 3.8 – Схема підключення сонячної електростанції до мережі

Ефективність

Користувач вводить ефективність, %, електронних пристроїв (наприклад інвертора або іншого обладнання). Значення 95-98% – типові для більшості перетворювачів потужністю більше 1 кВт. Програмою рекомендовано обрати значення 97%. Більш точно визначити ефективність інвертора можна з паспортних даних обраного пристрою.

Потужність

Користувач вводить номінальну потужність інвертора у кВт змінного струму. Це значення базується на потужності та ефективності сонячної системи. Як правило, потужність інвертора повинна відповідати потужності сонячної системи.

Інколи виробники допускають більшу кількість сонячних панелей з співвідношенням до 1,6. Збільшення потужності сонячної системи по відношенню до потужності інвертора може бути виправдане в разі підключення панелей з різною орієнтацією відносно півдня, наявністю ділянок затінення, запилення і/або в регіонах з низькою сонячною інтенсивністю, оскільки СМ не зможуть виробляти номінальну потужність через вищезазначені фактори.

Інші втрати

Користувач вводить втрати, %, не враховані в інших місцях. Наприклад, це може включати втрати у перетворювачах постійного струму або в підвищувальних трансформаторах. У більшості випадків це значення буде нульовим.

3.1.4 Резюме

Коефіцієнт потужності

Користувач отримує коефіцієнт потужності, дорівнює відношенню середньорічної потужності, виробленої електростанцією, до її номінальної потужності.

Початкові витрати

Користувач вводить початкові витрати для запропонованого випадку. Ця вартість включає купівлю обладнання (сонячні модулі та інвертори).

Для України вартість інвертора та панелей складає близько 500 \$/кВт. Для країн Європи цей показник зберігається на рівні 1000 €/кВт.

Затрати на експлуатацію й обслуговування

Користувач вводить витрати на технічне обслуговування всіх елементів запропонованої енергетичної системи. Витрати на експлуатацію фотоелектричних систем включають щорічні амортизаційні відрахування на ремонт або заміну інвертора та СМ.

Після заповнення листа «Електростанція» можна побачити, скільки енергії вироблятиме створена станція в залежності від географічних і погодних умов та обраного обладнання (рис. 3.9).

Електростанція - Сонячна електростанція - Фотоелектричний

Паливо і графіки
Електрика та палива

Технологія
Електроенергія
Фотоелектричний

Резюме
Включити систему?
Види палива

Фотоелектричний - Рівень 2

Оцінка ресурсів
Режим слідування за сонцем
Нахил
Азимут

Зафіксоване
34
0

Показат дані

Фотоелектричний

Тип
Електрична потужність
Виробник
Модель
Кількість одиниць
ККД
Звичайна робоча температура елемента
Температурний коефіцієнт
Площа сонячного колектора
Інші втрати

монооксид кремнію
196
gisen
монооксид кремнію - RSM60-6-280MDG/48B
700
17.02%
45
0.4%
1.152
1.5%

Інвертор

ККД
Потужність
Інші втрати

95%
210
%

Резюме

Коефіцієнт потужності
Початкові затрати
Затрати на експлуатацію й обслуговування (економія)
Ціна на експортовану електроенергію
Електроенергія, що передається в мережу
Прибуток від експорту електроенергії

12.5%
\$/кВт
98,000
\$/кВт-рік
23
4508
Ціна на експортовану електроенергію - u
\$/кВт-год
0.155
МВт-год
214
33,210

[Перейдіть на: Вартість](#)

Рисунок 3.9 – Вікно створення сонячної електростанції

Наступним кроком є заповнення листа «Аналіз затрат», який складається з декількох розділів в залежності від обраного проєкту.

Побудова СЕС передбачає початкові витрати та періодичні. До початкових затрат увійдуть:

- створення проекту підключення станції;
- купівля сонячних модулів та інверторів;
- купівля або виробництво конструкції;
- роботи з встановлення на запуску обладнання.

Для плаского даху конструкція під СМ повинна забезпечувати заданий кут нахилу сонячної панелі до горизонту та мати необхідні міцнісні характеристики, бути захищеною від корозії і достатньо важкою, щоб протистояти поривам вітру, та не повинна псувати дах.

Проект підключення, окрім всіх необхідних для цього розрахунків, передбачає купівлю додаткової потужності від енергопостачальної компанії у випадку продажу надлишкової електричної енергії у мережу. Інші дані заповнюються з прайс-листів матеріалів та послуг в Україні.

Приклад заповненої вкладки «**Вартість**» показано на рисунку 3.10.

Для обслуговування великої електричної станції необхідно мінімум два працівника.

Початкові затрати (кредити)	Одиниця	Кількість	Ціна за одиницю	Сума
Початкова вартість				\$ 98,000
Показати дані				
PVE+inverter	варт.		\$	-
Конструкція	варт.	700	\$ 18	12,600
Проект	варт.	1	\$ 5,000	5,000
Пусконаладжувальні роботи	варт.	700	\$ 16	11,200
Загальні початкові затрати				\$ 126,800
Щорічні затрати (кредити)	Одиниця	Кількість	Ціна за одиницю	Сума
Затрати на експлуатацію й обслуговування (економія)	проект		\$	4,508
Показати дані				
Оренда/обслуговування даху	варт.	1,152	\$ 9.60	11,059
Страхування	варт.	1	\$ 400	400
Утримання підприємства	варт.	2	\$ 4,000	8,000
Сумарні щорічні затрати				\$ 23,967
Щорічна економія	Одиниця	Кількість	Ціна за одиницю	Сума
Заданий користувачем	варт.		\$	-
Загальнорічна економія				\$ -

Рисунок 3.10 – Аналіз затрат

Наступним кроком є заповнення листа «**Аналіз викидів**».

3.2 Аналіз викидів

Даний пункт розрахунків показує, наскільки зменшуються викиди шкідливих речовин в атмосферу від запропонованої енергоустановки в порівнянні з базовою.

Також можна порахувати додаткові прибутки за рахунок зменшення викидів парникових газів, для цього необхідно заповнити комірки жовтого кольору, де вказується ставка, строк та темп зростання ставки кредиту на зменшення парникових газів (дані беруться відповідно до умов кредитування).

3.3 Фінансовий аналіз

Фінансовий аналіз призначений для визначення економічної доцільності впровадження нової енергоустановки. Програма розраховує **простий термін окупності** та **повернення капіталу** (дисконтований термін окупності), де враховується темп інфляції, і будує графік, на якому зображено сукупний потік грошових коштів. Точка перетину графіка з горизонтальною віссю показує період, коли всі вкладені кошти повернуться до власника і скільки коштів він зможе економити на енергоресурсах в подальшому.

Для коректності графіка необхідно вказати строк реалізації проєкту, а також темп інфляції для розрахунку повернення капіталу (рис. 3.11).

На цьому етапі можна визначити доцільність обраного проєкту та шукати способи підвищення його рентабельності (наприклад, шукати приватного інвестора замість банку зі ставкою за кредитом на рівні 7%).

За допомогою інструменту генерації звіту – «**Звіт**» можна сформувати та зберегти техніко-економічне обґрунтування доцільності побудови сонячної електростанції (див. рис 3.12).

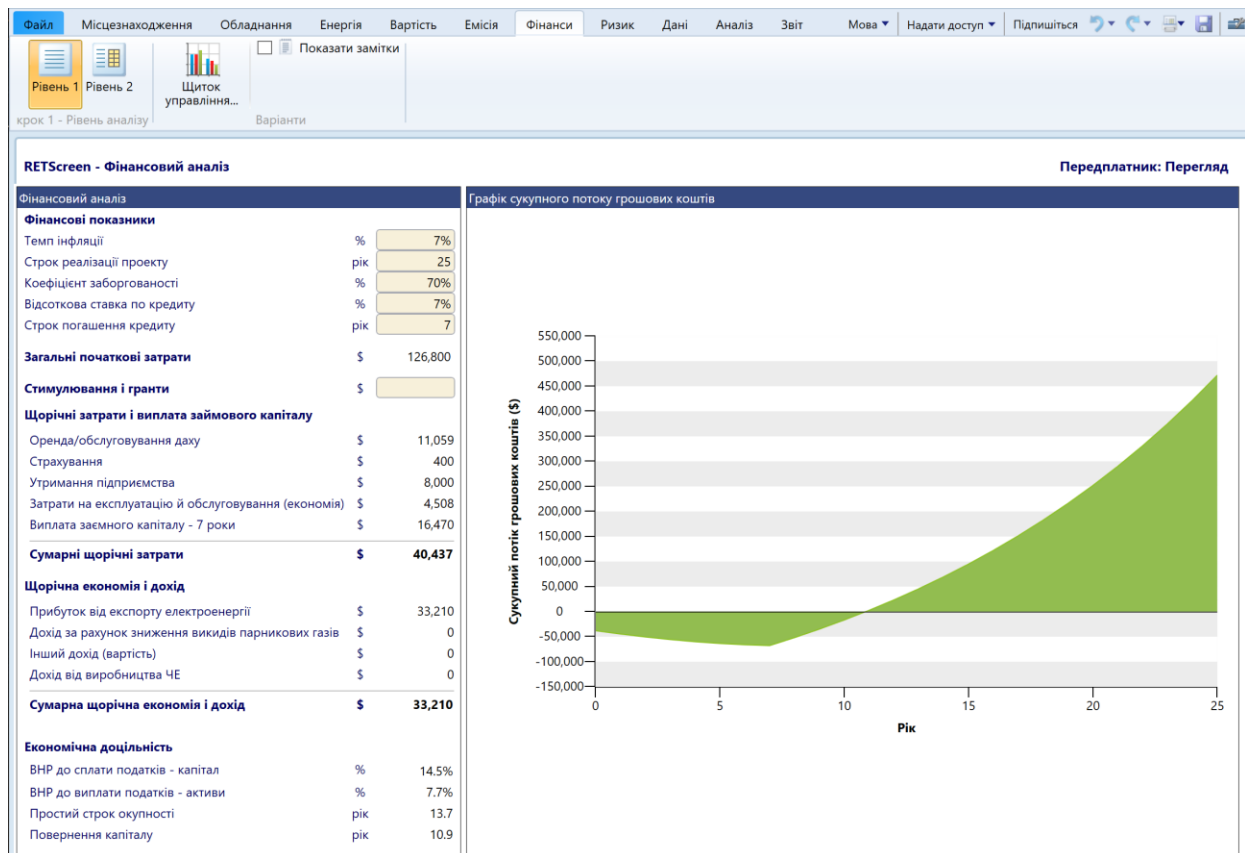


Рисунок 3.11 – Фінансовий аналіз

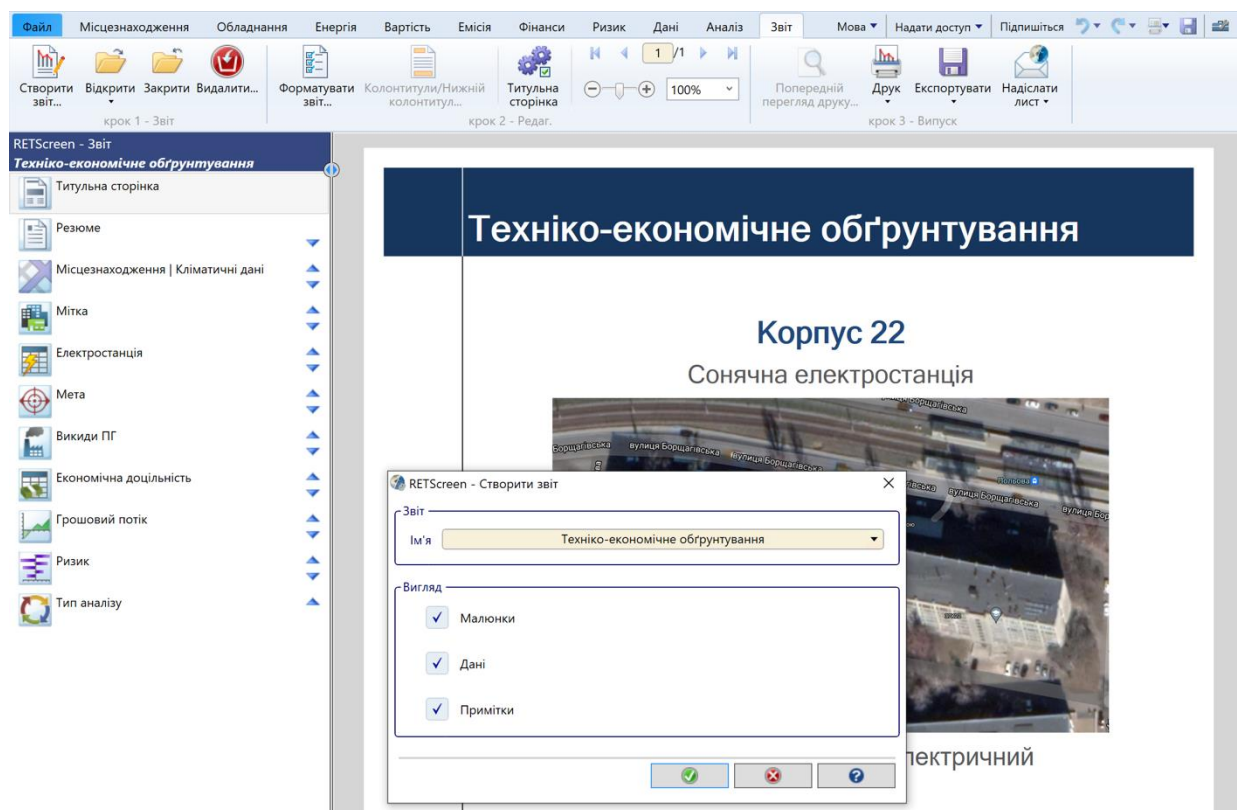


Рисунок 3.12 – Формування звіту

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Natural Resources Canada: RETScreen® International. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.etscreen.net>. 24.01.2016.
2. Minister of Natural Resources Canada: RETScreen. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/etscreen/7465>. 07.11.2020.
3. Essig, Stephanie; Allebé, Christophe; Remo, Timothy; Geisz, John F.; Steiner, Myles A.; Horowitz, Kelsey; Barraud, Loris; Ward, J. Scott; Schnabel, Manuel (September 2017). "Raising the one-sun conversion efficiency of III–V/Si solar cells to 32.8% for two junctions and 35.9% for three junctions". Nature Energy. 2 (9): 17144.
4. Карти Google. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/maps/>. 07.11.2020.

ДОДАТОК А

ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ

Таблиця А1 – Вихідні дані

Варіант	Місто	Тип даху	Площа даху, м ²	Кут нахилу даху, градуси	Орієнтація
1	Донецьк	Односкатний	1000	54	ПН
2	Житомир	Двоскатний	2500	47	ПН-ПД
3	Запоріжжя	Плаский	1800	3	ПН
4	Івано- Франківськ	Односкатний	1100	20	ПД
5	Тернопіль	Двоскатний	2300	45	СХ-ЗХ
6	Ужгород	Плаский	1200	1	ПД
7	Харків	Односкатний	300	22	СХ
8	Херсон	Двоскатний	1600	35	ПН-ПД
9	Хмельницький	Плаский	2200	2	СХ
10	Черкаси	Односкатний	2100	67	ЗХ
11	Чернігів	Двоскатний	600	22	СХ-ЗХ
12	Одеса	Плаский	100	0	ЗХ
13	Полтава	Односкатний	2400	54	ПН
14	Рівне	Двоскатний	800	29	ПН-ПД
15	Севастополь	Плаский	1500	1	ПН
16	Сімферополь	Односкатний	1900	74	ПД
17	Суми	Двоскатний	2700	37	СХ-ЗХ
18	Чернівці	Плаский	2000	3	ПД
19	Ялта	Односкатний	400	38	СХ
20	Бердянськ	Двоскатний	500	28	ПН-ПД
21	Вінниця	Плаский	1700	2	СХ
22	Ізмаїл	Односкатний	2900	12	ЗХ
23	Керч	Двоскатний	700	28	СХ-ЗХ
24	Феодосія	Плаский	3000	0	ЗХ
25	Кіровоград	Односкатний	1400	31	ПН
26	Луганськ	Двоскатний	2600	32	ПН-ПД
27	Луцьк	Плаский	1300	3	ПН
28	Львів	Односкатний	900	22	ПД
29	Маріуполь	Двоскатний	200	47	СХ-ЗХ
30	Київ	Плаский	2800	2	ПД

