

Завдання:

Вхідні положення.

Для вибору системи гарячого водопостачання (ГВП) порівняти витрати на обладнання та енергоносії для трьох варіантів, та на основі фінансового аналізу обрати доцільну.

Варіант 1 – використання плоского сонячного колектора сумісно з тепловим насосом (ТН), за допомогою сонячної системи ГВП, схема якої представлена на рисунку 1.1.

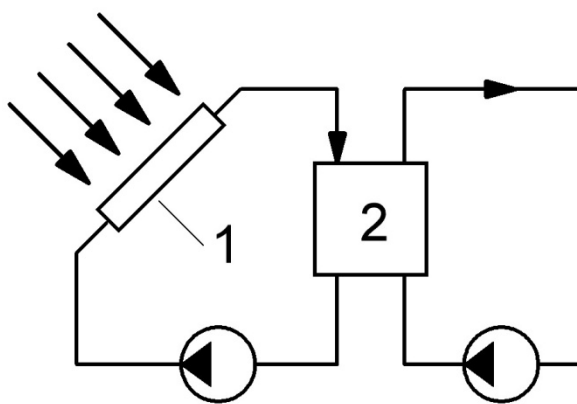


Рисунок 1.1 – Принципова схема системи сонячного ГВП з безпосереднім перемішуванням теплоносіїв у баці акумулятора, де: 1 – сонячний колектор; 2 – бак, акумулятор.

Варіант 2 – використання плоского сонячного колектора (ПСК), традиційного способу (за умови наявності єдиного джерела енергії – електричної енергії), рисунок 1.2.

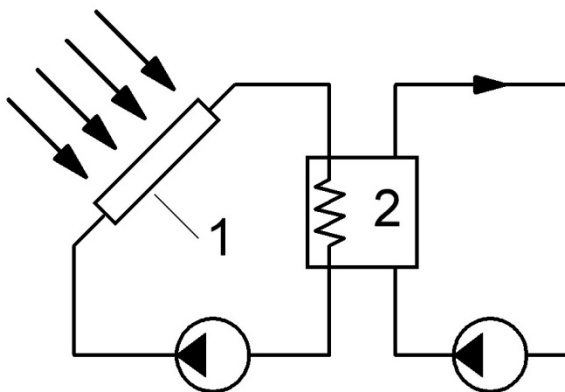


Рисунок 1.2 – Принципова схема системи ГВП з теплообмінником у баку акумулятора.

Варіант 3 – Використання електричного нагрівача, в системі ГВП.

Об’єкт – сезонна система ГВП бази відпочинку.

Термін роботи – квітень місяць. Газопостачання відсутнє.

Вихідні дані:

1. Місце розташування об’єкту ГВП – Тбілісі ($\varphi = 41,7^\circ$ п.ш.);
2. Навантаження ГВП – $Q_{\text{ГВП}} = 55$ ГДж/добу;
3. Параметри сонячного колектора:
 - $F_R(\tau\alpha)_n = 0,7$; (де τ – пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання; α – поглинальна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання; F_R – коефіцієнт відведення теплоти від колектора.);
 - $F_R U_L = 6,9$; (де U_L – повний коефіцієнт теплових втрат колектора, Вт/м² · К);
4. Ефективність колектора – $\eta_{\text{СК}}^{\text{TH}} = 0,67$;
5. Тип колектора – неселективний, вартість – 310 грн/м² ;
6. Температура холодної води – $T_{\text{х.в.}} = 15^\circ\text{C}$; температура гарячої води – $T_{\text{г.в.}} = 50^\circ\text{C}$;
7. Кут нахилу колектора до горизонту – $\beta = \varphi - 15 = 41,7 - 15 = 26,7^\circ$.
8. Середньомісячне добове надходження сумарної – H та дифузної $H_{\text{Д}}$ сонячної радіації, на горизонтальну поверхню (МДж/(м² · добу), коефіцієнт ясності атмосфери – $K_{\text{Я}}$, години сонячного сяяння – $\eta_{\text{міс}}^{\text{CC}}$ та температура зовнішнього повітря – $T_{\text{в}}$, °C наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Кліматичні дані.

№ місяця	H	$H_{\text{Д}}$	$K_{\text{Я}}$	$\eta_{\text{міс}}^{\text{CC}}$	$T_{\text{в}}$
IV	15,27	7,86	0,52	198	9,5

1. Розрахунок величини сумарного надходження сонячної радіації за місяцями робочого терміну.

Середні місячні значення величин денних надходжень сонячної радіації на горизонтальну поверхню відомі для багатьох географічних пунктів (Додаток А) [1, с.22], тоді як для похилої поверхні таких даних немає.

Середньомісячні денні надходження сумарної сонячної радіації на похилу поверхню визначаємо за формулою (1.1):

$$\overline{H}_T = \overline{R} \cdot \overline{H}; \quad (1.1)$$

де $\overline{H}$ – середньомісячна величина денного надходження сумарної радіації на горизонтальну поверхню, кДж/(м² · добу); $\overline{R}$ – відношення середньомісячних величин денного надходження сумарної радіації на похилу і горизонтальну поверхні.

1.1 Для літнього сезону оптимальним є кут нахилу колектора рівний – $\varphi - 15$. Тому величину $\overline{R}$ отримуємо з таблиці, Додаток Г [1, с. 25], за допомогою інтерполяції, для різних значень куту нахилу колектора і коефіцієнта хмарності.

Для квітня при $K_{\text{я}} = 0,52$, $\varphi = 41,7^\circ$, $\varphi - \beta = 15^\circ$:

$$-K_{\text{я}}^1 = 0,5$$

$$\varphi_1 = 40^\circ \rightarrow \overline{R}_1 = 1,04$$

$$\varphi_2 = 45^\circ \rightarrow \overline{R}_2 = 1,08$$

$$\overline{R}_{41,7^\circ}^1 = \overline{R}_1 \frac{\overline{R}_2 - \overline{R}_1}{\varphi_2 - \varphi_1} (\varphi_x - \varphi_1) = 1,04 + \frac{1,08 - 1,04}{45 - 40} (41,7 - 40) = 1,0563$$

$$-K_{\text{я}}^1 = 0,6$$

$$\varphi_1 = 40^\circ \rightarrow \overline{R}_1 = 1,07$$

$$\varphi_1 = 45^\circ \rightarrow \bar{R}_2 = 1,10$$

$$\bar{R}_{41,7}^2 = \bar{R}_1 \frac{\bar{R}_2 - \bar{R}_1}{\varphi_2 - \varphi_1} (\varphi_x - \varphi_1) = 1,07 + \frac{1,10 - 1,07}{45 - 40} (41,7 - 40) = 1,0802$$

1.2 Тоді середнє значення $\bar{R}$ дорівнює:

$$\bar{R}_{41,7} = \frac{\bar{R}_{41,7}^1 + \bar{R}_{41,7}^2}{2} = \frac{1,0563 + 1,0802}{2} = 1,0683$$

1.3 Визначаємо середньомісячне денне надходження сумарної сонячної радіації на похилу поверхню, (1.1):

$$\bar{H}_T = 15,27 \cdot 1,0683 = 16,313 \frac{\text{МДж}}{(\text{м}^2 \cdot \text{добу})};$$

1.4 Визначаємо сумарне надходження сонячної радіації в місяць, (1.2):

$$\bar{H}_T = \bar{H}_T \cdot n_{\text{міс}}^{\text{діб}}; \quad (1.2)$$

де $n_{\text{міс}}^{\text{діб}}$ кількість діб у квітні місяці (30 діб);

$$\bar{H}_T = 16,313 \cdot 30 = 489,39 \frac{\text{МДж}}{(\text{м}^2 \cdot \text{добу})};$$

2. Розрахунок густини потоку сонячної радіації за місяць.

2.1 Для розрахунку потрібно знати величину $\bar{H}_T$, розрахунок якої був в попередньому пункті, та число годин сяяння $n_{\text{міс}}^{\text{сс}}$ за місяць. Величина густини потоку сонячної радіації розраховуємо за формулою (2.1):

$$I_a = \frac{\bar{H}_T}{n_{\text{міс}}^{\text{сс}} \cdot 3600} \cdot 10^6; \quad (2.1)$$

$$I_a = \frac{489,39}{198 \cdot 3600} \cdot 10^6 = 686,574 \text{ Вт/м}^2;$$

3. Розрахунок площі колектора в системі без ТН.

3.1 Теплова потужність сонячної системи гарячого водопостачання, розраховуємо за формулою (3.1):

$$Q'_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}} \cdot n_{\text{міс}}^{\text{діб}} \cdot 10^9}{n_{\text{міс}}^{\text{ср}} \cdot 3600}; \quad (3.1)$$

$$Q'_{\text{ГВП}} = \frac{55 \cdot 30 \cdot 10^9}{198 \cdot 3600} = 2314814,815 \text{ Вт};$$

3.2 Ефективність СК залежить від температури рідини на його вході T_i і середньомісячної температури зовнішнього повітря T_a , а також від сумарної сонячної радіації I_a і визначається за формулою (3.2):

$$\eta_{\text{СК}} = F_R(\tau\alpha)_n - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_a}; \quad (3.2)$$

$$\eta_{\text{СК}} = 0,7 - \frac{6,9 \cdot (35 - 9,5)}{686,574} = 0,443;$$

де T_i – температура рідини на вході колектору, приймаємо – 35°C ;

3.3 Визначаємо необхідну площу колекторів, звичайної ССТ (без теплового насоса), за формулою (3.3):

$$F_{\text{СК}} = \frac{Q'_{\text{ГВП}}}{I_a \cdot \eta_{\text{СК}}}; \quad (3.3)$$

$$F_{\text{СК}} = \frac{2314814,815}{686,574 \cdot 0,443} = 7610,71 \text{ м}^2;$$

Таким чином розраховали площу колекторів, необхідну для використання, для квітня місяця.

4. Розрахунок температур води на вході в колектор комбінованої системи і температури випарника ТН.

В даній комбінованій системі температура рідини в СК близька до температури навколишнього середовища, і тому колектор працює при ефективності, близькій до максимальної. Найбільша ефективність ССТ з ТН для даного типа СК забезпечується при ефективності СК 0,7 – 0,74.

4.1 Температура рідини на вході в СК, (4.1):

$$T_i = T_b - \frac{\eta_{СК}^{ТН} - F_R(\tau\alpha)_n}{F_R U_L} \cdot I_a; \quad (4.1)$$

$$T_i = 9,5 - \frac{0,67 - 0,7}{6,9} \cdot 686,574 = 12,5^{\circ}\text{C};$$

4.2 Розраховуємо температуру випаровування холодоагенту у випарнику ТН, за формулою (4.2):

$$T_0 = T_i - 5 = 12,5 - 5 = 7,5^{\circ}\text{C}; \quad (4.2)$$

4.3 Визначаємо температуру конденсації, (4.3):

$$T_K = T_{Г.В.} + 5 = 50 + 5 = 55^{\circ}\text{C}; \quad (4.3)$$

4.4 Температура холодоносія на вході у випарник, (4.4):

$$T_X = T_i + 2 = 12,5 + 2 = 14,5^{\circ}\text{C}; \quad (4.4)$$

4.5 Розраховуємо коефіцієнт перетворення (КОП), для квітня місяця. За допомогою програмного забезпечення – Cool Pack, прийнявши перегрів пари на вході у компресор 10°C , будуємо цикл ТН на p–h діаграмі (рисунок 4.1), та визначаємо КОП.

По діаграмі знаходимо значення ентальпій в точках 1–4:

$$h_1 = 405,13 \text{ кДж/кг}; \quad h_2 = 456,57 \text{ кДж/кг};$$

$$h_3 = 457,27 \text{ кДж/кг}; \quad h_4 = 295,64 \text{ кДж/кг};$$

Значення ентальпії, для показника h_3 , вказано з урахуванням ізоентропічного ККД компресора, який дорівнює – 0,7.

Знаходимо значення КОП за формулою, (4.5):

$$\text{КОП} = \frac{h_{3(C)} - h_{4(D)}}{h_{3(C)} - h_{1(A)}}, \quad (4.5)$$

$$\text{КОП} = \frac{457,27 - 295,64}{457,27 - 405,13} = 3,1;$$

Визначаємо значення КОП, з урахуванням механічного $\eta_{\text{мех}} = 0,95$:

$$\text{КОП} = 3,1 \cdot \eta_{\text{мех}} = 2,945;$$

Знайшовши значення КОП, ми маємо всі дані для вибору устаткування комбінованої системи і визначення споживання електроенергії компресором ТН.

5. Розрахунок холодопродуктивності і затрат енергії компресором, вибір устаткування.

5.1 Розрахована у (3.1) теплова потужність сонячного гарячого водопостачання $Q'_{\text{ГВП}}$ дорівнює теплопродуктивності ТН. Розділимо цю величину на КОП для квітня місяця, ми знайдемо роботу виконану компресором, (5.1):

$$P_{\text{к}} = \frac{Q'_{\text{ГВП}}}{\text{КОП}}; \quad (5.1)$$

$$P_{\text{к}} = \frac{2314814,815}{2,945} = 786015,217 \text{ Вт};$$

5.2 Холодопродуктивність (навантаження випарника ТН) рівна різниці, (5.2):

$$Q_B = Q'_{ГВП} - P_K ; \quad (5.2)$$

$$Q_B = 2314814,815 - 786015,217 = 1528799,598 \text{ Вт};$$

5.3 Площа колектора в системі з ТН визначаємо, за формулою (5.3):

$$F_{СК}^{ТН} = \frac{Q_B}{I_a \cdot \eta_{СК}^{ТН}} ; \quad (5.3)$$

$$F_{СК}^{ТН} = \frac{1528799,598}{686,574 \cdot 0,67} = 3323,444 \text{ м}^2 ;$$

5.4 Електрична потужність на привод компресора, (5.4):

$$N_K = \frac{P_K}{\eta_{із} \cdot \eta_{МЕХ}} ; \quad (5.4)$$

$$N_K = \frac{786015,217}{0,7 \cdot 0,95} = 1181977,77 \text{ Вт};$$

де $\eta_{МЕХ}$ – механічний ККД компресора, приймаємо рівним 0,95.

Значення потужності компресора, для квітня місяця, є вихідною інформацією для вибору ТН, а значення $F_{СК}^{ТН}$ – для цього ж місяця визначає площу СК в системі з ТН.

6. Розрахунок затрат і порівняння альтернативних систем гарячого водопостачання (ГВП).

6.1 Затрати на сонячну систему без теплового насосу (ТН).

Капітальні затрати на сонячну систему без теплового насосу визначаються виходячи з площі сонячного колектора, для квітня місяця:

Тоді для геліоустановки, виконаної повністю на основі вітчизняного устаткування (неселективний колектор):

Параметри колектора:

$$F_R(\tau\alpha)_n = 0,7; F_R U_L = 6,9;$$

1. Вартість колектора (з ПДВ) – 310 грн./м².
2. Вартість бака-акумулятора – 336 грн./м³.
3. Вартість системи автоматичного контролю і управління – 1120 грн.
4. Насосна група – 1500 грн.
5. Трубне обв'язування і теплоізоляція – 1000 грн.
6. Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3%
7. Монтажні і пусконаладжувальні роботи
(% від вартості устаткування) – 20%.

Таким чином, враховуючи, що об'єм бака-акумулятора рівний – 0,075 м³ на 1 м² площі колектора, можемо записати вартість системи сонячного гарячого водопостачання, де площа колектора $A = F_{CK} = 7610,71 \text{ м}^2$, (6.1):

$$KZ_1 = ((310 \cdot A) + (336 \cdot 0,075 \cdot A) + (1120 + 1500 + 1000)) \cdot 1,03 \cdot 1,2 ; \quad (6.1)$$

$$KZ_1 = ((310 \cdot 7610,71) + (336 \cdot 0,075 \cdot 7610,71) + (1120 + 1500 + 1000)) \cdot 1,03 \cdot 1,2 = 3157646,27 \text{ грн} ;$$

Вартість електроенергії в цьому випадку рівна нулю, оскільки витратами електроенергії на електронасос в контурі гарячого водопостачання можна нехтувати (система може працювати і без електронасоса під тиском водопровідної мережі, тобто – $z_1 = 0$).

6.2 Капітальні затрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН.

Дані отримані в пункті 5, дозволяють визначити капітальні затрати на комбіновану систему і поточні затрати на роботу компресора ТН.

6.2.1 Поточні затрати на роботу компресора, в кВтні (6.2):

$$W_2 = N_K \cdot n_{\text{mic}}^{CC} \cdot 10^{-3}; \quad (6.2)$$

$$W_2 = 1181977,77 \cdot 198 \cdot 10^{-3} = 234031,599 \text{ кВт} \cdot \text{год.};$$

6.2.2 Вартість електроенергії, що витрачається на роботу компресора, формула (6.3):

$$z_2 = z_{ee} \cdot W_2; \quad (6.3)$$

$$z_2 = 0,789 \cdot 234031,599 = 184650,93 \text{ грн.};$$

Витратами на роботу насоса можна нехтувати, так як вони малі в порівнянні з витратами на роботу компресора.

6.2.3 Визначаємо капітальні витрати на тепловий насос (6.4), включаючи проектні роботи та роботи по впровадженню системи, можна прийняти рівним 450 у.о. на 1 кВт електричної потужності:

$$S_{TH} = 450 \cdot \$ \cdot N_K \cdot 10^{-3}; \quad (6.4)$$

$$S_{TH} = 450 \cdot 23 \cdot 1181977,77 \cdot 10^{-3} = 12233469,92 \text{ грн.};$$

6.2.4 При розрахунку вартості геліо-системи, при використанні комбінованої системи, треба врахувати, що наявність теплового насосу виключає необхідність дублюючого нагрівача. Комбінована схема також не передбачає теплообмінник у баку-акумуляторі. Виходячи з цього, вартість баку-акумулятора буде значно меншою, її можна прийняти рівною 25% від вартості баку-акумулятора в системі без теплового насосу.

1. Капітальні витрати на тепловий насос, включаючи проектні роботи, та роботи по впровадженню системи – 450 у.о. на 1 кВт;

2. Вартість колектора (з ПДВ) – 310 грн./м².
3. Вартість бака-акумулятора – 0,25 · 336 грн./м³.
4. Вартість системи автоматичного контролю і управління – 1120 грн.
5. Насосна група – 1500 грн.
6. Трубне обв'язування і теплоізоляція – 1000 грн.
7. Вартість проекту (% від вартості устаткування) – 3%
8. Монтажні і пусконаладжувальні роботи
(% від вартості устаткування) – 20%.

Вартість системи сонячного гарячого водопостачання, де площа колектора $A = F_{CK}^{TH} = 3323.444 \text{ м}^2$, (6.5):

$$K3_2 = \left((310 \cdot F_{CK}^{TH}) + (336 \cdot 0,075 \cdot F_{CK}^{TH}) + (1120 + 1500 + 1000) \right) \cdot 1,03 \cdot 1,2 + S_{TH}; \quad (6.5)$$

$$K3_2 = \left((310 \cdot 3323,444) + ((0,25 \cdot 336) \cdot 0,075 \cdot 3323,444) + (1120 + 1500 + 1000) \right) \cdot 1,03 \cdot 1,2 + 12233469,92 = 13532759,72 \text{ грн};$$

6.3 Розрахунок затрат на роботу традиційної системи з електричним котлом – базовий варіант.

В даному випадку приймаємо, що використання нічного тарифу неможливе, враховуючи обмеження на використання електроенергії, що часто трапляється в курортній зоні. Вартість проточно-ємнісного електричного котла приймаємо $z_{п.е.ел.} = 100 \text{ грн/кВт}$, включаючи затрати на впровадження.

$$\text{З вихідних даних добове навантаження} - Q_{ГВП} = 55 \frac{\text{ГДж}}{\text{добу}}.$$

6.3.1 Розраховуємо потужність електричного котла, враховуючи коефіцієнт нерівномірності добового використання гарячої води, (6.6):

$$P_{\text{ел.к.}} = Q_{\text{ГВП}} \cdot k_H; \quad (6.6)$$

$$P_{\text{ел.к.}} = \frac{55 \cdot 10^9}{24 \cdot 3600 \cdot 10^3} \cdot 1,5 = 954.861 \text{ кВт};$$

де k_H – поправочний коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження на ГВП протягом доби.

6.3.2 Капітальні затрати на установку котла, знаходимо за формулою (6.7):

$$KЗ_{\text{ел.к.}} = P_{\text{ел.к.}} \cdot z_{\text{ел.к.}}; \quad (6.7)$$

$$KЗ_{\text{ел.к.}} = 954.861 \cdot 100 = 95486.111 \text{ грн.};$$

де $z_{\text{ел.к.}}$ – вартість поточно-ємнісного електричного котла, включаючи затрати на впровадження.

6.3.3 Затрати на експлуатацію котла – кількість електроенергії, споживаної електричним котлом за весь період, (6.8):

$$W_{\text{ел.к.}} = Q_{\text{ГВП}} \cdot n_d; \quad (6.8)$$

$$W_{\text{ел.к.}} = \frac{55 \cdot 10^9}{24 \cdot 3600 \cdot 10^3} \cdot 198 \cdot 24 = 3020247,648 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год.}}{\text{міс.}};$$

де n_d – кількість годин роботи, за період.

6.3.4 Затрати на роботу системи, за формулою (6.9):

$$z_{\text{ел.к.}} = z_{\text{ел.к.}}^{\text{ел.ен.}} \cdot W_{\text{ел.к.}}; \quad (6.9)$$

$$z_{\text{ел.к.}} = 0,789 \cdot 3020247,648 = 2382975,394 \text{ грн.};$$

7. Фінансовий аналіз і вибір найефективнішої системи.

Порівняємо два види сонячних систем (з ТН і без ТН) з традиційною системою з електричним котлом, розрахуємо термін окупності, чисту приведену вартість (ЧПВ), внутрішню норму прибутку (ВНП), і на підставі цих розрахунків зробимо вибір найефективнішої системи з фінансової точки зору.

Термін окупності – це відношення капітальних витрат до річної економії. Метод, в якому враховується тимчасова вартість грошей, є розрахунком чистої приведеної вартості (ЧПВ). В такому методі оцінювання враховуються вигоди від проекту на всьому протязі його дії. Він дозволяє приводити майбутні вигоди до поточної вартості грошей (тобто перераховувати їх на теперішній момент).

7.1 Розрахунок для моменту внеску коштів в проект геліосистеми без ТН.

7.1.1 Капітальні витрати системи ГВП без теплового насоса приймаємо рівними різниці між капітальними витратами на придбання і установку сонячної системи і електричного котла, (7.1):

$$KB_1 = KZ_1 - KZ_{\text{ел.к.}}; \quad (7.1)$$

$$KB_1 = 3157646,27 - 95486,111 = 3062160,159 \text{ грн.};$$

Економія:

- для нульового року: $E = 0$
- для першого: $E_1 = z_{\text{ел.к.}} - z_1 = 2382975,394 - 0 = 2382975,394 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$

7.1.2 Термін окупності, за формулою (7.2):

$$T_{\text{ок1}} = \frac{KB_1}{E_1}; \quad (7.1)$$

$$T_{\text{ок1}} = \frac{3062160,159}{2382975,394} = 1,3 \text{ роки};$$

7.1.3 Потік коштів, за формулою (7.2):

$$\text{ПК} = E - \text{KB}_1; \quad (7.2)$$

$$\text{ПК} = 0 - 3062160,159 = -3062160,159 \text{ грн.};$$

Коефіцієнт дисконтування:

7.1.4 Термін придатності установки – 12 років, тому коефіцієнт дисконтування розраховується для 12 років, дисконтна ставка –20%, (7.3):

$$K_0 = \frac{1}{(1+k)^n}; \quad (7.3)$$

$$K_0 = \frac{1}{(1 + 0.2)^0} = 1;$$

7.1.5 Приведений потік коштів, (7.4):

$$\text{ППК} = \text{ПК} \cdot K_j; \quad (7.4)$$

$$\text{ППК} = -3062160,159 \cdot 1 = -3062160,159 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

7.1.6 Приведена вартість вигод, (7.5):

$$\text{ПВВ}_1 = \sum_{j=1}^{12} (E_1 \cdot K_j); \quad (7.5)$$

$$\begin{aligned} \text{ПВВ}_1 &= 2382975,394 \cdot \\ &\cdot (0,833 + 0,694 + 0,579 + 0,482 + 0,402 + 0,335 \\ &+ 0,279 + 0,233 + 0,194 + 0,162 + 0,135 + 0,112) \\ &= 10580410,75 \text{ грн.}; \end{aligned}$$

7.1.7 Чиста дисконтова на вартість, (7.6):

$$\text{ЧДВ}_1 = \text{ПВВ}_1 - \text{КВ}_1; \quad (7.6)$$

$$\text{ЧДВ}_1 = 10580410,75 - 3062160,159 = 7518250,59 \text{ грн.};$$

Знаходимо величину дисконтної ставки при ЧДВ=0. Внутрішня норма прибутку (ВНП) склала – 94%.

7.2 Розрахунок для моменту внеску коштів в проект геліо-системи з ТН.

7.2.1 Капітальні витрати системи ГВП з тепловим насосом, (7.7):

$$\text{КВ}_2 = \text{КЗ}_2 - \text{КЗ}_{\text{ел.к.}}; \quad (7.7)$$

$$\text{КВ}_2 = 13532759,72 - 95486,111 = 13437273,61 \text{ грн.};$$

При фінансовій оцінці сонячної системи ГВС з тепловим насосом як капітальні витрати виступає різниця між капітальними витратами на придбання і установку комбінованої системи і електричного котла.

7.2.2 Поточна річна економія на електроенергію для випадку системи ГВП з тепловим насосом, (7.8):

$$\text{Е}_2 = \text{z}_{\text{ел.к.}} - \text{z}_2; \quad (7.8)$$

$$\text{Е}_2 = 2382975,394 - 184650,93 = 2198324,464 \text{ грн.};$$

7.2.3 Термін окупності визначаємо як відношення капітальних витрат до річної економії, формула (7.9):

$$\text{T}_{\text{ок2}} = \frac{\text{КВ}_2}{\text{Е}_2}; \quad (7.9)$$

$$\text{T}_{\text{ок2}} = \frac{13437273,61}{2198324,464} = 6,11 \text{ років};$$

Аналогічно виконуємо розрахунки вищезазначених величин для 12 років. Дані розрахунків зведені до таблиці 7.1. – 7.2.

Таблиця 7.1 – Фінансова оцінка СС без ТН.

№ року	Капітальні витрати, грн.	Економія, грн.	Потік готівки, грн.	Кд, %	Приведений потік готівки, грн.	Кд	Приведений потік коштів, грн.
				20		94	
0	3 062 160,16		-3 062 160,16	1,000	-3 062 160,16	1,0000	-3 062 160,16
1	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,833	1 985 812,83	0,5155	1 228 337,83
2	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,694	1 654 844,02	0,2657	633 163,83
3	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,579	1 379 036,69	0,1370	326 373,11
4	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,482	1 149 197,24	0,0706	168 233,56
5	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,402	957 664,37	0,0364	86 718,33
6	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,335	798 053,64	0,0188	44 700,17
7	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,279	665 044,70	0,0097	23 041,32
8	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,233	554 203,92	0,0050	11 876,97
9	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,194	461 836,60	0,0026	6 122,15
10	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,162	384 863,83	0,0013	3 155,75
11	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,135	320 719,86	0,0007	1 626,67
12	0	2 382 975,39	2 382 975,39	0,112	267 266,55	0,0004	838,49
					7 516 384,07		-527 971,97

Таблиця 7.2 – Фінансова оцінка комбінованої системи.

№ року	Капітальні витрати, грн.			Економія, грн.	Потік готівки, грн.	Кд, %	Приведений потік готівки, грн.	Кд	Приведений потік коштів, грн.
	Система	Електрична енергія	Всього			20		75	
0	13 437 273	0,00	13 437 273,61	0,00	-13 437 273	1,000	-13 437 273,6	1,000	-13 437 273
1		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,833	-697 422,85	0,571	-478 232,81
2		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,694	-581 185,71	0,327	-273 275,89
3		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,579	-484 321,43	0,187	-156 157,65
4		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,482	-403 601,19	0,107	-89 232,94
5		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,402	-336 334,32	0,061	-50 990,25
6		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,335	-280 278,60	0,035	-29 137,29
7		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,279	-233 565,50	0,020	-16 649,88
8		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,233	-194 637,92	0,011	-9 514,22
9		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,194	-162 198,27	0,006	-5 436,70
10		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,162	-135 165,22	0,004	-3 106,68
11		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,135	-112 637,68	0,002	-1 775,25
12		1 361 417,04	1 361 417,04	2 198 324,46	-836 907,42	0,112	-93 864,74	0,001	-1 014,43
							-17 152 487		-14 551 797

Висновки: В практичній роботі порівняли два види сонячних систем (з ТН і без ТН) з традиційною системою з електричним котлом, проведена оцінка двох різних пропозицій, розраховали термін окупності, чисту приведену вартість (ЧПВ), внутрішню норму прибутку (ВНП).

Термін окупності комбінованої системи більший, ніж геліо-системи без ТН (6,11 та 1,3 років відповідно).

Чиста приведена вартість при впровадженні геліо-системи без ТН становить 7516384,07 грн., комбінованої системи -17152487,04 грн. відповідно

$$\Delta\text{ЧПВ} = \text{ЧПВ}_1 - \text{ЧПВ}_2 = 7516384,07 - (-17152487,04) = 24668871,11 \text{ грн.};$$

Внутрішня норма прибутку в першому випадку менша, ніж в другому (для геліо-системи без ТН – 0,891%, для комбінованої системи – 5,08%).

Виходячи із отриманих результатів розрахунків можна зробити висновок, що впровадження геліо-системи без ТН є найбільш ефективним з фінансової точки зору.

Перелік посилань:

1. Відновлювані джерела енергії: підручник / В.М. Яковенко, В.В. Лапшин, О.В. Кривенко: Київ: Асоціація енергоаудиторів України, 2022.
2. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Курс лекцій/ С.О. Кудря, В.І. Будько. – К.: НТУУ «КПІ», 2018. – 387 с.
3. Енергетика України: сучасний стан та перспективи розвитку / Д.В. Свірідов: Київ: Асоціація енергоаудиторів України, 2022.
4. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії: навч. посібник / О.В. Кривенко, В.В. Лапшин: Київ: Асоціація енергоаудиторів України, 2022.
5. Коваленко В. Л. Алгоритм визначення ефективності використання біогазових сумішей в промислових пічних установках. Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. Науковий журнал. 2019. № 17. С. 47–55.