

величину магнітного потоку при фіксованих зазорах. Далі пропонується ввести значення зазору, після чого програма розрахує для заданого переміщення та зазору величину магнітного потоку. Потім програма пропонує повторити ввід даних або завершити свою роботу.

Тестування програми проводилося на прикладі побудови полінома Лагранжа для функції $y = \sin(x)$. Тестові іспити показали, що при інтерполюванні функції поліномом (5.9) забезпечується точність до 6-го знака. У табл. 5.2 наведені результати розрахунків залежностей магнітного потоку для зазору $\delta_0 = 0,25$.

Таблиця 5.2

Залежність величини магнітного потоку від переміщення зубців для $\delta_0 = 0,25$

x_i , мм	0	5,2	7,8	15,0	20,0	25,4	30,0
y_i (експ.)	22,0000	–	–	20,0000	19,0000	–	17,0000
y_i (розрах.)	22,0000	21,5603	21,2233	20,0000	19,0000	17,8913	17,0000

Джерело: розрахунки авторів

Із даних табл. 5.2 видно, що розрахункові значення магнітного потоку y_i (розрах.) у вузлових точках $x_i = 0, 15, 20$ і 30 співпадають з експериментальними даними y_i (експ.), тому розроблений алгоритм може бути використаний при аналізі конструкції магнітної системи ІПЕВТ для вітрового теплогенератора.

Отримані результати можуть бути використані при побудові імітаційної моделі магнітопроводів та обґрунтуванні їхньої конструкції.

Методика розрахунку параметрів ІПЕВТ:

1. Вибір габаритних розмірів ІПЕВТ: товщини МП h_m , зовнішніх діаметрів D_3 і зазору δ між ними проводиться на основі теплотехнічних розрахунків, з урахуванням необхідної потужності і допустимої температури нагріву МП [15].

2. Вибір параметрів зубців. Оптимальна кількість зубців індуктора:

$$Z = (0,022 \dots 0,034) D_3 / \delta. \quad (5.11)$$

Відношення ширини паза b_n до кроку зубців t_z вибирають в межах:

$$b_n / t_z = 0,65 \dots 0,55. \quad (5.12)$$

А, знаючи крок зубців t_z , знаходять ширину паза:

$$b_n = (0,65 \dots 0,55) t_z. \quad (5.13)$$

Для дискових МП з радіальними зубцями крок зубців в градусах визначається за виразом:

$$t_z^\circ = 360 / Z. \quad (5.14)$$

Тоді ширина паза b_n в градусах буде:

$$b_n^\circ = (0,65 \dots 0,55) t_z, \quad (5.15)$$

а ширина зубця:

$$b_z^\circ = t_z^\circ - (0,65 \dots 0,55) t_z. \quad (5.16)$$

Глибину паза рекомендується брати із співвідношення:

$$h_n = (30 \dots 40) \delta. \quad (5.17)$$

3. Визначення оптимальних розмірів обмотки збудження. Економічно оптимальним співвідношенням між лінійними розмірами “міді” і “сталі” є $(0,37 \dots 0,4)$ [15]. Тоді оптимальна ширина кільцевої канавки для обмотки збудження:

$$b_k = (0,37 \dots 0,4) l_z, \quad (5.18)$$

де l_z – довжина радіального зубця.

Оптимальна глибина кільцевої канавки в МП:

$$A = (0,37 \dots 0,4) h_m, \quad (5.19)$$

для того, щоб магнітна індукція в зовнішніх і внутрішніх зубцях індуктора була однаковою, кільцева канавка повинна ділити зубці за площею навпіл:

$$S_1 = S_2 = S_z / 2. \quad (5.20)$$

5.2. Теплонасосна технологія

© **Жарков В. Я.**

к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

© **Жарков А. В.**

інженер, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

© **Галько С. В.**

к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна

У багатьох розвинених країнах використання ТН є одним з ефективних напрямів політики енергозбереження. Значне розповсюдження отримали ТН в локальних системах опалення: США – 600 тис., Канада – 136 тис., Швеція – 200 тис., Німеччина – 40 тис., Японія та інші країни. За прогнозом Світового енергетичного комітету до 2020 р. використання ТН для опалення і гарячого водопостачання складе 75 % [42].

Теплонасосна система тепло-холодопостачання, що працює з використанням теплоти ґрунту, є однією з найбільш енергетично ефективних технологій. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують у теплонасосних установках потужністю 10 – 20 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки [42]. В умовах України це можуть бути садибні будинки міст та сіл. Перспективним є застосування ТН в локальних системах в комплексі з іншими технологіями використання ВДЕ (сонячні, вітрові, біоенергетичні). Переваги теплонасосних установок порівняно з традиційними системами пов'язані не тільки зі значними скороченнями витрат первинної енергії, але і з їх екологічною чистотою, з можливістю підвищення ступеня автономності систем життєзабезпечення будівель.

В основу корисної моделі за пат. 107616 [19] поставлена задача збільшити коефіцієнт використання енергії вітру за рахунок ТН. На рис. 5.7 подана конструктивна схема присадибної вітро теплонасосної установки ВТНУ [1]. Як вежа 6 використана нижня частина опори ЛЕП-154 кВ. В якості горизонтального вала 3 використана піввісь заднього мосту автомобіля ГАЗ-53Б, з жорстко закріпленою на кінці півосі маточиною. Поворотний круг взятий від двохосного автотракторного причепа 2ПТС-6. Т-подібний редуктор з двома співвісними вихідними валами взятий від мобільного кормороздавача РММ-5,0.

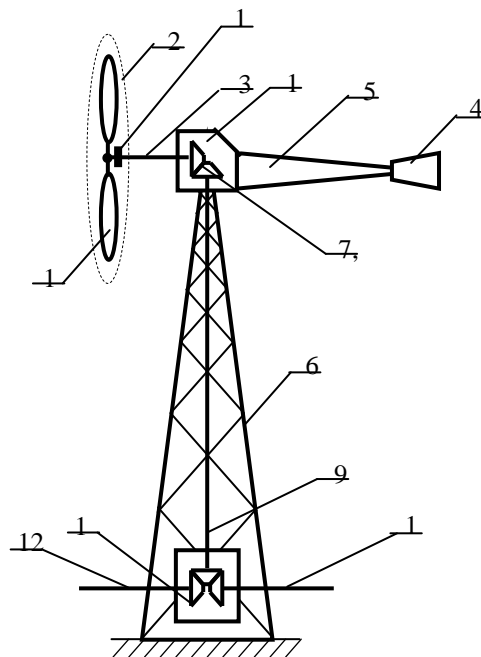


Рис. 5.7. Присадибна вітро теплонасосна установка ВТНУ, пат. 107616

Джерело: авторська розробка

Перетворювач енергії [19] виконаний у вигляді ТН 15 (рис. 5.8) із послідовно з'єднаних випарника 16, компресора 17, конденсатора 18, дроселя 19, об'єднаних в циркуляційний контур, заповнений холодоагентом, функціонально зв'язаний з зовнішнім циркуляційним контуром 20, з рідким незамерзаючим теплоносієм, і з ТО 21 [19], розташованим в землі, і циркуляційного насоса 22, кінематично зв'язаного з вихідним редуктором 10. Зверху труби 23, 24 закриті спільною кришкою 26 і обладнані патрубками 27, 28 для приєднання до випарника 16.

ТН (рис. 5.8) здійснює трансформацію НПТ на більш високий потенціал, необхідний споживачу і вимагає витрати механічної роботи W для отримання теплоти Q_L за низької температури T_L і віддачі теплоти Q_H за вищої температури T_H [19].

Теплообмінник 21 (рис. 5.9) зовнішнього циркуляційного контуру виконаний у вигляді двох труб 23, 24 різного діаметра із антикорозійного матеріалу, коаксіально розташованих в земляній свердловині.

Відношення Q_H/W називається коефіцієнтом перетворення (КОП) ТН, який визначають за наступним виразом [1]:

$$\text{КОП} = \frac{T_L}{T_H - T_L} + 1 = \frac{T_H}{T_H - T_L}, \quad (5.21)$$

де T_L – низька температура;
 T_H – висока температура.

Із наведеного виразу видно, що КОП суттєво залежить від різниці ($T_H - T_L$), чим вона менша, тим КОП більший. КОП ідеального циклу Карно може становити 11,3, але практично КОП становить близько 3.

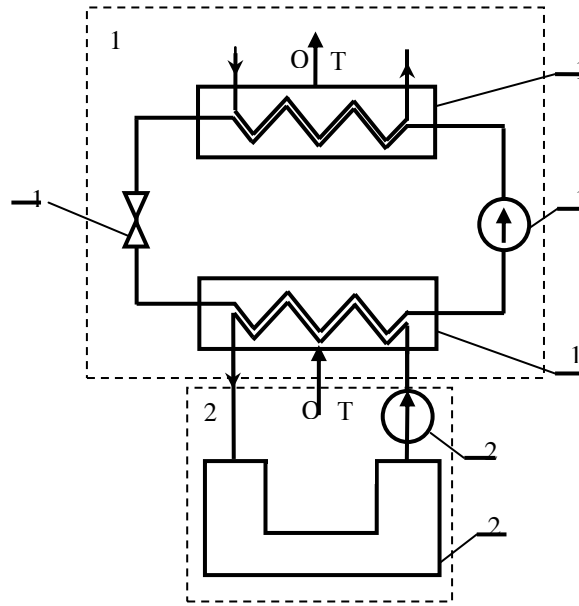


Рис. 5.8. Принципова схема ТН, пат. 107616

Джерело: авторська розробка

ВТНУ працює наступним чином [1; 19]. Від вітрового потоку ВК 2 зі своїми лопатями 13, закріпленими на маточині 14, разом з горизонтальним валом 3 обертається, і передає обертовий момент через кінематично з'єднані конічну пару шестерень 7, 8, вертикальний вал 9 і Т-подібний редуктор 10 з вихідними співвісними валами 11, 12, компресору 17 ТН 15 і циркуляційному насосу 22.

При зміні напрямку вітру хвіст 4 разом з хвостовою фермою 5 повертає голівку 1, закріплену на поворотному колі, чим установлює вітроколесо 2 на вітер. Горизонтальний вал 3 в вигляді півосі заднього моста автомобіля ГАЗ-53Б з маточиною 14 на кінці, вільно обертається в підшипниках заднього моста автомобіля ГАЗ-53Б, закріпленому на поворотному колі. Компресор 17 відкачує пару холодоагента із випарника 16, знижуючи тиск у ньому до точки кипіння холодоагента. При цьому холодоагент закипає, інтенсивно випаровується і відбирає теплоту Q_L від стінок випарника 16. Газоподібний холодоагент [43] під тиском поступає в конденсатор 17, що призводить до його конденсації, з віддачею теплоти конденсації Q_H , яка відводиться в опалювальний простір. Дросель 19 забезпечує величину тиску в конденсаторі 17, необхідну для конденсації холодоагенту. З конденсатора 17 рідкий холодоагент проходить через дросель 19 і повертається у випарник 16, де його температура після випаровування знижується. Із випарника 16 компресор 17 знову відкачує холодоагент, який закипає і при випаровуванні змінює свій агрегатний стан з рідини на газ (пару). В якості холодоагенту використовують екологічнобезпечний фреон-R134 [43].

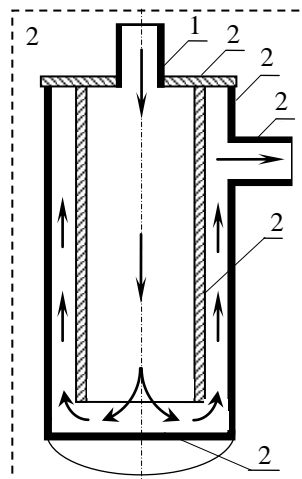


Рис. 5.9. Теплообмінник, пат. 107616

Джерело: авторська розробка

Температура землі на глибині близько 100 метрів є постійною протягом року, не залежить від пори року, і становить у середньому $+8^{\circ}\text{C}$. Для перетворення цього температурного потенціалу з метою опалювання та гарячого водопостачання і використовується ТН. В якості теплоносія у зовнішньому циркуляційному контурі використана рідина з низькою температурою замерзання, наприклад гліколі – двоатомні спирти, що містять дві гідроксильні групи із загальною формулою $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2$, температура замерзання яких змінюється від $-4,3^{\circ}\text{C}$ для триетилєнгликолю, $-10,4^{\circ}\text{C}$ для діетилєнгликолю, -13°C для етиленгликолю ($\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$) до -77°C для бутиленгликолю [1].

Робочий режим ТН підбирають індивідуально в залежності від температури T_L джерела НПТ і потреб в температурі T_H споживача високопотенційного тепла. Занадто високі температури конденсації вибирати не слід, так як, по мірі приближення температури до критичної, схована теплота пароутворення швидко зменшується, теплоту віддає тільки перегрітий пар, але при суттєвому зменшенні КОП [19].

Запатентований пат. 108003, компресійний ТН для охолодження напоїв являє собою металевий корпус коробчастого типу з роз'ємними стінками і знімною кришкою (на схемі не показані) [21]. У середині розташований компресійний ТН (рис. 5.10), складовими частинами якого є: компресор 1, вентилятор 2, повітряний конденсатор 3, фільтр-осушувач 4, випарник 6, теплообмінник 7 для безпосереднього охолодження напою, насос-мішалка 8 для заповнення ванни 5, терморегулятор 9 з термодатчиком, дросель, мідні трубки для з'єднання елементів ТН між собою пайкою в замкнену герметичну систему, заповнену холоди́льним агентом фреон-R 134 [43], продуктопровід для подачі напою через теплообмінник 7 до споживача.

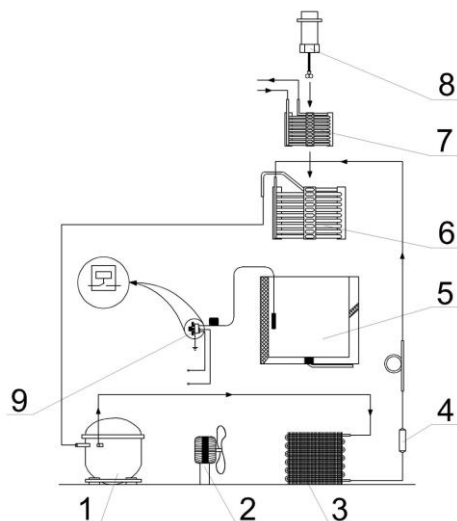


Рис. 5.10. Схема компресійного ТН для охолодження напоїв, пат. 108003

Джерело: авторська розробка

Компресійний ТН для охолодження напоїв працює за теплонасосною технологією наступним чином [21]. Після увімкнення компресор 1 відкачує пари холодоагенту із випарника 6 і нагнітає в конденсатор 3. В конденсаторі 3 пари холодоагенту охолоджуються і конденсуються. Далі рідкий холодоагент через фільтр-осушувач 4 і дросель у вигляді капілярної трубки попадає до випарника 6, розміщеного всередині ванни 5, виконаної з ударостійкого пластику, і теплоізований зовні пінополіуретаном. На вході до випарника 6 тиск падає від величини тиску конденсації до тиску кипіння (іде дроселювання). При цьому відбувається закипання холодоагенту, поступаючи в канали випарника 6 холодоагент кипить, енергія необхідна для кипіння у вигляді теплоти, забирається від поверхні випарника, охолоджуючи воду у ванні 5, і вода на трубках випарника 6 перетворюється в лід. Пройшовши через випарник 6 рідкий холодоагент перетворюється в пару, яка відкачується компресором 1, віддає свою теплоту повітряному конденсатору 3 і докільню вентилятора 2 при її конденсації після стискання компресором 1, далі процес повторюється. Робота вентилятора 2 сприяє інтенсивному охолодженню конденсатора 3. Товщина крижаного поля контролюється термодатчиком (капіляром) в середині ванни 5, і регулюється поворотом ручки терморегулятора 9 [5].

Корисна модель може застосовуватися для охолодження коктейлів, соків, пива, при їх продажу. Як варіант, для підігріву води для миття використаного посуду, у бак-акумулятор з водою можна установити рідинний конденсатор з теплообмінником. Якщо ж забезпечити живлення ТН від ВДЕ, то отримаємо когенераційний ТН з генерацією як холоду, так і теплоти.