

Винахід відноситься до геліотехніки, а саме, до сонячних колекторів, призначеним для нагрівання теплоносія.

Відомий сонячний плоский колектор, у якому приймач випромінювання виконаний у виді штампозварочного радіатора (Харченко Н.В. «Індивідуальні сонячні установки», М, Енергоатоміздат, 1991)

До недоліку даного пристрою відноситься великий об'єм внутрішніх каналів для теплоносія. У цьому випадку при зниженні температури теплоносія - води нижче 0°C, штампозварочний приймач має значні руйнування.

Найбільш близьким по технічній сутності до пропонованого пристрою й обраним як прототип, є сонячний плоский колектор, що включає приймач випромінювання у вигляді листотрубних пластин із круглими трубами. (Р.Р.Авезов і ін. «Оптимізація ширини поглинаючої пластини листотрубного теплоприймача сонячних водонагрівачів», журнал «Геліотехніка» №3, 1987, С.51-53).

Обсяг внутрішньої порожнини трубоприймача в даному випадку невеликий і цілком заповнений теплоносієм - водою.

При температурі навколишнього середовища від 0°C и нижче, вода замерзає і її об'єм збільшується на 9% (загальновідомий факт, наприклад, Богородський В.В., Гаврилов В.П. Лід. Фізичні властивості., Сучасні методи гляціології, Л. Гідрометіоздат, 1980).

При цьому об'єм внутрішньої порожнини круглої труби збільшитися не може, тому лід, що замерзає в ній, поширюючись, руйнує її.

Для запобігання руйнування круглих труб приймача випромінювання при низьких температурах навколишнього середовища, застосовуються дорогі двоконтурні системи теплопостачання з використанням дорогих і небезпечних при експлуатації незамерзаючих теплоносіїв.

Найбільш близьким по технічній сутності до пропонованого пристрою і обраним як прототип є "Сонячний фокусуючий морозотривкий колектор" по патенті України №41762А, що містить корпус зі світлопрозорим покриттям, паралельно розташовані в ньому приймачі випромінювання виконані у вигляді листотрубних пластин, розміщених у порожнині відбивача таким чином, що їх площини симетрії збігаються з головною оптичною площиною відбивача, при цьому радіус відбивача дорівнює ширині приймача, а канал приймача випромінювання виконаний у вигляді ромба з гострим кутом, не перевищує 67°, із меншою діагональною площиною, що збігається з площиною симетрії пластин приймача, колекторний трубопровід виконаний у вигляді еліпса з площиною, що не перевищує 0,917 площини кола, яка має довжину окружності, рівну довжині контурної лінії еліпса.

Недоліком даного прототипу є його матеріалоемність за рахунок великої товщини корпусові колектора, яка обумовлена вертикальним розташуванням пластини теплоприймача.

В основу даного винаходу поставлена задача збільшення теплової ефективності роботи сонячного колектора, заповненого водою, без його руйнування при низьких температурах навколишнього середовища за рахунок зміни конструктивних форм каналу приймача випромінювання і колекторного трубопроводу, та забезпечення зниження матеріалоемності колектору при незмінній ефективності накопичення за рахунок зміни конструкції поверхні теплоносія і зміни розташування теплосприйнятих пластин.

Поставлена задача досягається тим, що сонячний плоский морозотривкий колектор, що містить корпус зі світлопрозорим покриттям, паралельно розташовані в ньому приймачі випромінювання, виконані у виді листотрубних пластин, що розміщені в одній площині, мають канал для води приймача випромінювання з поперечним перерізом у вигляді ромба з гострим внутрішнім кутом, що не перевищує 67 градусів і з великою діагональною площиною, що збігається з площиною симетрії пластин приймача, колекторний трубопровід виконаний у вигляді еліпса з площею, що не перевищує 0,917 площі кола, що має довжину кола рівну довжині контурної лінії еліпса, верхня робоча сторона пластини приймача випромінювання виконана з розвитою площею поверхні, що має квазісинусоїдальний профіль, а нижня сторона теплосприйнятих пластин виконана плоскою та гладкою. Геометричні розміри приймача випромінювання визначені наступним співвідношенням:

$$\frac{m}{F_1} = \rho \left[\frac{1}{2} (D_n \cdot D_b - d_n \cdot d_b) + (W - D_n) \Delta_0 \right] \times \\ \times \left[\frac{1}{D_n + (W - D_n) \cdot F} + \frac{U_1}{C_b} + \frac{U_1}{4a\alpha} \right]$$

де:

D_n - овнішня велика діагональ ромба каналу приймача, м,

D_b - внутрішня велика діагональ ромба каналу приймача, м,

d_n - зовнішня менша діагональ ромба каналу приймача, м,

d_b - внутрішня менша діагональ ромба каналу приймача, м,

a - внутрішня сторона ромба каналу приймача, м,

W - ширина приймача, м,

Δ_0 - товщина листа приймача, м,

λ - коефіцієнт теплопроводності від стінки каналу до рідини, Вт / м²°C

m_1 - питома маса приймача, кг/м

F^1 - ефективність колектора,

ρ - щільність матеріалу приймача, кг/м³,

F - ефективність приймача, визначається вираженням:

$$F = \frac{thz}{z}, \quad \text{де} \quad z = \left(\frac{W - D_H}{2} \right) \times \sqrt{\frac{U_1}{\Delta_0 \cdot \lambda}}$$

U_1 - загальний коефіцієнт теплових втрат, Ут / м²°C

C_B - теплова провідність з'єднання листа з трубою, обумовлена вираженням:

$$C_B = \frac{\lambda L}{\Delta_0} \quad \text{Ут / м}^2 \text{°C}$$

L - довжина з'єднання листа з трубою, м;

λ - коефіцієнт теплопроводності матеріалу листа приймача, Ут / м²°C ;

З метою зниження рівня непродуктивного теплового випромінювання, тобто радіаційних втрат нижня (тильна) сторона теплосприйнятих пластин виконуються плоскою та гладкою (слабополірованою), без нанесення теплопоглинального покриття, з коефіцієнтом випромінювання $\varepsilon < 0,08 \dots 0 \dots 0,1$

Геометричні розміри утворюючого профілю верхньої поверхні теплопоглинальної пластини визначаються, виходячи з наступних співвідношень : $h(x) = \Delta_0 + h_{\text{проф}}(x)$, де:

$h(x)$ - сумарна товщина теплопоглинальної пластини, мм

x - поточна координата ширини теплопоглинальної пластини, мм

Δ_0 - середня товщина теплопоглинальної пластини, мм

$h_{\text{проф}}(x)$ - поточне значення промодульованої товщини теплопоглинальної пластини, мм

$$h_{\text{проф}}(x) = h_m \sin \Omega x = h_m \sin(2\pi / T)$$

де:

Ω, T - відповідно просторова частота і період модуляції профілю лицевої поверхні теплопоглинальної пластини,

$$T \approx h_m \operatorname{tg} \Theta / 2$$

де:

Θ - секторіальний (в азимутальній площині) кут ефективного поглинання сонячного випромінювання,

h_m - максимальна амплітуда зміни (модуляції) товщини теплопоглинальної пластини, мм,

$$\pi = 3,14159$$

$$\Delta_0 \approx 1 \dots 2 \dots 2,5 \text{ мм}$$

$$h_m \sim 0,2 \dots 1 \dots 1,2 \text{ мм}$$

Для алюмінієвих
пластин

На фігурі 1 показаний колектор - вид зверху.

На фігурі 2 - перетин А-А на фігурі 1.

На фігурі 3 - перетин Б-Б на фігурі 2.

На фігурі 4 - поперечний перетин листотрубного приймача випромінювання.

Сонячний фокусуючий морозотривкий колектор містить герметичний корпус 1 з тепловою ізоляцією 2, світлопрозорим покриттям 3 і паралельно розташовані в ньому приймачі 4, виконані у виді листотрубних пластин, що розміщені в одній площині.

Канали для води 5 (виконані у вигляді ромба) приймача випромінювання 4 приєднані паралельно через колекторні трубопроводи 6 і 7, які приєднанні до патрубків 8 і 9.

Колекторні трубопроводи 6 і 7 виконані у вигляді еліпса.

1. Приклад розрахунку умови не руйнування ромбовидного каналу приймача випромінювання при замерзанні в ньому води.

Відомо, що при замерзанні води об'єм збільшується на 9%, отже:

$$\frac{V^1_{\text{лід}} - V^1_{\text{вода}}}{V^1_{\text{вода}}} = 0,09 \quad (1)$$

де:

$V_{\text{вода}}^1, V_{\text{лід}}^1$ - об'єм рідкої і відповідно замерзлої води, м^3 .

З формули (1) випливає, щоб при замерзанні води ромбовидний канал приймача випромінювання не руйнувався, необхідне виконання наступного співвідношення:

$$\frac{V_{\text{лід}}^1 - V_{\text{вода}}^1}{V_{\text{ввод}}} > 0,09 \quad (2)$$

де:

V - об'єм каналу для води приймача випромінювання, м^3 .

З формули (2) випливає гранична умова не руйнування ромбовидного каналу:

$$\frac{S_{\text{квадрат}} - S_{\text{ромб}}}{S_{\text{ромб}} - S_{\text{вода}}} > 0,09 \quad (3)$$

де: S - площа перетину каналу приймача випромінювання, м^2 . Формулі (3) відповідає наступна додаткова умова:

$$S_{\text{квадрат}} = S_{\text{макс.ромба}} \quad (4)$$

при рівності один одному периметрів квадрата і ромба.

У цьому випадку ромбовидний канал при збільшенні внутрішнього об'єму і дотриманні умови (3), зазнає пружну деформацію зрушення, не руйнуючись.

З формули (3) випливає, що

$$S_{\text{ромб}} - S_{\text{вода}} < 0,917 S_{\text{квадрат}} - S_{\text{лід}} \quad (4)$$

Відомо, що

$$S_{\text{ромба}} = a^2 \sin \alpha \quad (5)$$

$$S_{\text{квадрата}} = a^2 \quad (6)$$

де:

α - гострий внутрішній кут ромба

a - сторона ромба.

Підставляємо (5) і (6), одержуємо:

$$\sin \alpha < 0,917 \quad (7)$$

$$\text{або } \alpha < 67^\circ$$

При невиконанні умови (7), відбувається руйнування ромбовидного каналу при замерзанні в ньому води.

Приклад:

Гострий внутрішній кут ромба дорівнює 90° , тобто не виконується умова (7).

У цьому випадку ромб має максимальну площу, рівну площі квадрата, при рівності друг до друга їхніх периметрів.

При розширенні замерзаючої води, площа перетину каналу приймача, у вигляді квадрата, збільшиться не може, отже, внутрішній об'єм каналу збільшиться також не може і тоді стінки каналу, під дією непружної деформації з боку води, що розширюється, руйнуються.

Приклад:

Проводили лабораторні випробовування по визначенню стійкості до руйнування ромбовидних каналів приймача випромінювання при замерзанні, що розширюється в них води, у діапазоні температур від 0°C до мінус 25°C на іспитовому стенді.

На фігурі 5 зображений поперечний переріз дюралюмінієвого каналу приймача випромінювання.

При температурі теплоносія - води вище 0°C поперечний переріз недеформованого каналу у вигляді ромба ABCD має наступні розраховані оптимальні геометричні розміри:

$$\begin{aligned} \angle BAD = 52^\circ, & \text{ (умова (7) виконується), } S_{ABCD} = 78,5 \text{ мм}^2, \quad BD = 8,8 \text{ мм}^2, \\ AC = 18,8 \text{ мм}, & \quad AB = 10,0 \text{ мм}, \quad \Delta_k = 3,0 \text{ мм} \text{ де:} \end{aligned}$$

Δ_k - товщина стінки каналу, мм.

При низьких температурах від 0°C до мінус - 25°C , вода замерзає і її об'єм збільшується на 9%, що супроводжується деформуванням каналу, поперечний переріз якого має вигляд ромба A'B'C'D' (фіг.5).

Основні геометричні розміри деформованого ромба A'B'C'D' мають наступні значення:

$$\angle B'AD' = 60^\circ \text{ (умова (7) виконується)}$$

$$S_{A'B'C'D'} = 86,3 \text{ мм}^2 = 86,3 \text{ мм}^2$$

$$B'D' = 10 \text{ мм}, \quad A'C' = 17,2 \text{ мм}, \quad A'B' = 10 \text{ мм}, \quad \Delta = 3,0 \text{ мм}.$$

Зміни геометричних розмірів ромба при його деформації наступні:

$$B'D' = BD = 1,2 \text{ мм}$$

$$AC - A'C' = 0,8 \text{ мм}$$

З отриманих експериментальних і розрахункових даних випливає, що при фазових перетвореннях вода-лід-вода канал приймача випромінювання в результаті деформації змінює свій внутрішній об'єм на 9%. При цьому стінки каналу зазнають малу деформацію зрушення, не руйнуючись, і канал поводить себе як пружне тіло, тобто з деформованого стану $A'B'C'D'$ повертається в первісне $ABCD$ при перетворенні льоду у воду.

Другий приклад розрахунку умови не руйнування еліпсоїдного колекторного трубопроводу при замерзанні в ньому води.

З формули (1) випливає, щоб при замерзанні води колекторний трубопровід не зруйнувався, необхідне виконання наступного співвідношення:

$$\frac{V_{\text{лід}} - V_{\text{вода}}}{V_{\text{вода}}} > 0,09 \quad (8)$$

де: V - об'єм каналу еліпсоїдного колекторного трубопроводу, м^3

З формули (8) випливає гранична умова не руйнування ромбовидного каналу:

$$\frac{S_{\text{круг}} - S_{\text{еліпс}}}{S_{\text{еліпс}}} > 0,09 \quad (9)$$

де: S - площа поперечного перерізу каналу колекторного трубопроводу, м^2 .

Формулі (9) відповідає наступна додаткова умова:

$$S_{\text{круга}} = S_{\text{макс.еліпса}} \quad (10)$$

При рівності один одному довжини окружності довжині контурної лінії еліпса, тому що стінки трубопроводу при зміні внутрішнього об'єму зазнають пружну деформацію зрушення, не руйнуючи.

З формули (9) випливає, що

$$S_{\text{еліпсу}} < 0,917 S_{\text{круга}} \quad (11)$$

При невиконанні умови (11) відбувається руйнування еліпсоїдного колекторного трубопроводу в процесі замерзання в ньому води.

Приклад:

Колекторний трубопровід має поперечний переріз у виді кола:

$$S_{\text{еліпсу}} = 1 S_{\text{круга}}$$

тобто не виконується умова (11)

У даному випадку колекторний круглий трубопровід у перетині має геометричну фігуру, що характеризується максимальною площею при постійній довжині кола. Отже, при низькій температурі навколишнього середовища стінки трубопроводу руйнуються під впливом зростаючого об'єму замерзаючої води, тому що при цьому об'єм трубопроводу збільшитися не може.

Приклад:

Проводили лабораторні випробовування по визначенню стійкості до руйнування еліпсоїдного колекторного трубопроводу при замерзанні в ньому води в діапазоні температур від 0°C до мінус -25°C на іспитовому стенді.

На фігурі 6 зображено поперечний переріз дюралюмінієвого колекторного трубопроводу.

При температурі теплоносія - води вище 0°C поперечний переріз недеформованого трубопроводу у вигляді еліпса $ABCD$ має наступні розраховані оптимальні геометричні розміри:

$BD = 28,6 \text{ мм}$, $AC = 14 \text{ мм}$, $S_{ABCD} = 314 \text{ мм}^2$ (умова (11) виконується, тому що величина $0,917 S_{\text{круга}} = 330 \text{ мм}^2$)

При низьких температурах від 0°C до мінус -25°C , вода замерзає і її об'єм збільшується на 9%, що супроводжується деформуванням каналу, поперечний переріз якого має вигляд еліпса $A'B'C'D'$ (фіг.6).

Основні геометричні розміри деформованого еліпса $A'B'C'D'$ мають наступні значення:

$$B'D' = 27,6 \text{ мм}, A'C' = 15,1 \text{ мм}$$

$$S_{A'B'C'D'} = 327 \text{ мм}^2 \text{ (умова (11) виконується).}$$

Зміни геометричних розмірів еліпса при його деформації наступні:

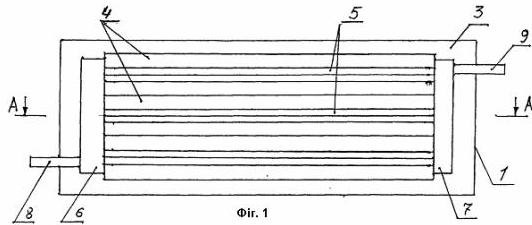
$$BD = B'D' = 1 \text{ мм}$$

$$A'C' - AC = 1,1 \text{ мм}$$

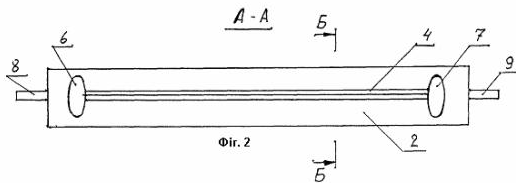
З отриманих експериментальних і розрахункових даних випливає, що при фазових перетвореннях вода-лід-вода канал колекторного трубопроводу в результаті деформації змінює свій внутрішній об'єм на 9%. При цьому стінки каналу зазнають малу деформацію

зрушення не руйнуючись і канал поводить ся як пружне тіло, тобто з деформованого стану $A'B'C'D'$ повертається в первісне - $ABCD$, при перетворенні льоду у воду.

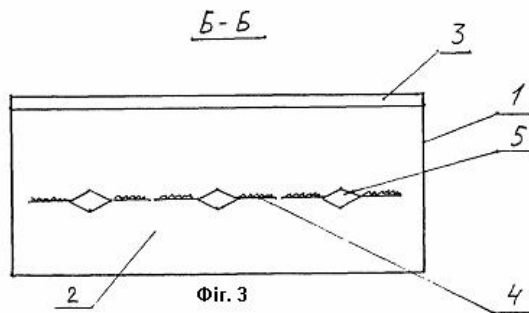
Таким чином, описані конструктивні особливості сонячного морозотривкого колектора обумовлюють його мінімальну матеріалоемність при максимальній ефективності, запобігають його руйнуванню при низьких температурах навколишнього середовища. Це дозволяє збільшити тривалість експлуатації колектора з 6 до 12 місяців у році і надійно експлуатувати протягом року, застосовуючи екологічно чистий і дешевий теплоносії - воду і, використовуючи недорогу, надійну і високоефективну одноконтурну систему теплопостачання.



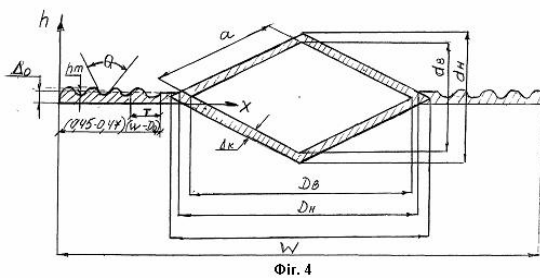
Фиг. 1



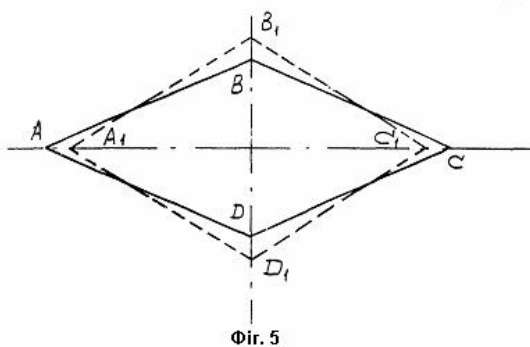
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

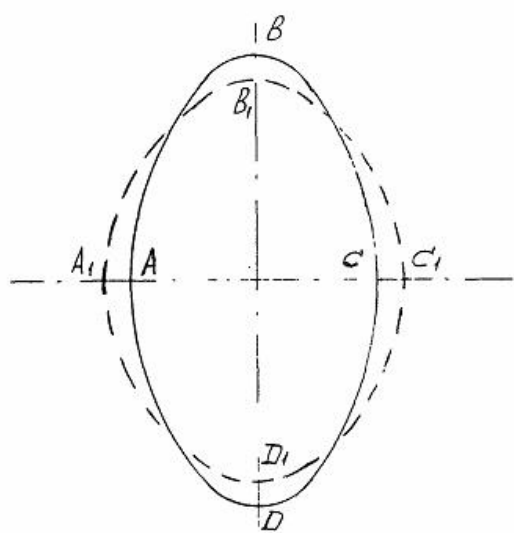


Fig. 6