



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109840** (13) **U**  
(51) МПК  
**F28D 15/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2016 02421</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Ніколаєнко Юрій Єгорович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>14.03.2016</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", просп. Перемоги, 37, Київ-56, 03056 (UA)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.09.2016</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.09.2016, Бюл.№ 17</b>	

**(54) ГРАВІТАЦІЙНА ТЕПЛОВА ТРУБА**

**(57) Реферат:**

Гравітаційна теплова труба містить каркас, порожнистий герметичний корпус з зонами щонайменше випаровування та конденсації, частково заповнений рідким теплоносієм, та шар капілярної структури на внутрішній поверхні корпусу, виконаний як одне ціле з корпусом. Шар капілярної структури виконано у вигляді виступів та западин, почергово розташованих по гвинтовій лінії на внутрішній поверхні корпусу в зоні випаровування. Виступи виконано з дрібним кроком, значення якого знаходиться в межах від 0,05 мм до 0,75 мм включно, а внутрішню поверхню корпусу в зоні конденсації виконано гладкою.

UA 109840 U



Fig. 3

Корисна модель належить до теплотехніки, зокрема до конструкцій теплопередавальних пристроїв випарно-конденсаційного типу - теплових труб, зона випаровування яких розташована нижче зони конденсації, призначених для експлуатації в умовах дії сили гравітації, переважно в системах охолодження світлодіодних освітлювальних приладів та приймально-передавальних модулів радіоелектронних систем.

Відома гравітаційна тепла труба (див. патент Російської Федерації на корисну модель № 149337 U1, МПК F28D15/02, опубл. 27.12.2014 р.), що містить частково заповнений рідким теплоносієм трубчастий корпус з зонами випаровування та конденсації, між якими розміщено транспортну зону. В транспортній зоні встановлено вставку з центральною трубкою та периферійними каналами для рознесення між собою зустрічних потоків рідкої та парової фаз теплоносія. На центральній трубці розташовано перфоровані пластини, що мають форму диска з вирізами по периферії. За допомогою центральної трубки та перфорованих пластин сконденсований теплоносій з зони конденсації спрямовується до зони випаровування, що забезпечує функціонування теплової труби при нахилі до 40 градусів.

Недоліком відомої гравітаційної теплової труби є складність конструкції та нестабільність температури в зоні випаровування внаслідок нестабільності процесу кипіння теплоносія.

Відомий теплопередавальний пристрій випарно-конденсаційного типу (див. статтю: В.И. Адамовский, В.В. Кобызев, В.И. Резников, М.М. Соколов. Опыт разработки термосифонного теплоотвода для PIN-диодов. - Вопросы радиоэлектроники. Серия ТРТО. - 1981. - Вып. 2. - С. 37-44, рис. 1 на с. 39), що містить частково заповнений рідким теплоносієм герметичний корпус з зонами теплопідводу, транспорту та конденсації, причому зона теплопідводу розташована нижче зони конденсації, а на внутрішній поверхні корпусу в зоні теплопідводу стопорним кільцем закріплено інтенсифікатор кипіння. Інтенсифікатор кипіння виготовлено у вигляді перфорованого ковпачка з фторопластової плівки. Така конструкція теплопередавального пристрою дозволяє стабілізувати та інтенсифікувати процес кипіння теплоносія в зоні теплопідводу.

Недоліком такого теплопередавального пристрою є значний тепловий опір, що обумовлено недосконалим тепловим контактом інтенсифікатора кипіння з корпусом пристрою в зоні теплопідводу та низьким коефіцієнтом теплопровідності матеріалу, з якого виготовлено інтенсифікатор кипіння.

Гравітаційна тепла труба, відома з патенту Російської Федерації № 108581 U1, МПК F28D15/00, опубл. 20.09.2011 р., містить герметичний корпус з зонами випаровування, конденсації та транспортування. Корпус в зоні випаровування виконано з металу, що легко деформується, та має форму спіралі, витки якої розташовано в горизонтальній площині або змійкою у вертикальній площині, що дозволяє використовувати таку гравітаційну теплову трубу для заморожування ґрунту.

Недоліком відомої гравітаційної теплової труби є недостатня інтенсивність процесів теплообміну при кипінні теплоносія в зоні випаровування внаслідок відсутності достатньої кількості центрів пароутворення на гладкій поверхні корпусу.

Інша відома тепла труба (див. патент України № 18281 U1, МПК F28D15/02, опубл. 25.12.1997 р.) містить випарник та конденсатор у вигляді трубки з зовнішнім оребренням, що розміщений вище випарника. Корпус випарника має циліндричну форму, в основі якого виконано гніздо під корпус охолоджуваного елемента, при цьому стінку гнізда виконано гофрованою. Внутрішня поверхня стінки корпусу випарника і гнізда вкриті шаром спеченої металоволокневої капілярно-пористої структури, насиченим рідким теплоносієм, що створює додаткові центри пароутворення при роботі пристрою, стабілізує процес теплообміну і підвищує тепловий потік, що передається тепловою трубою.

Недоліком відомої теплової труби є складність технологічного процесу її виготовлення, що обумовлено, насамперед, необхідністю реалізації високотемпературного процесу спікання шару металоволокнистої капілярно-пористої структури в вакуумному або захисному середовищі.

Як найближчий аналог вибрано гравітаційну теплову трубу, що містить порожнистий герметичний корпус, частково заповнений рідким теплоносієм, та шар капілярної структури у вигляді поздовжніх капілярних канавок  $\Omega$ -подібної форми, виконаних на внутрішній поверхні корпусу теплової труби як одне ціле з тілом корпусу (див. статтю: Ю.Е. Николаенко. Аппаратное построение высокопроизводительных вычислительных систем с повышенной эффективностью теплоотвода. - Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - 2005. - № 5. - С. 31-34, рис. 2 и рис. 3 на с. 33). Відома гравітаційна тепла труба має герметичний корпус U-подібної форми з алюмінієвого профілю АС-КРА 7,5-Р2, що являє собою трубу з зовнішнім діаметром 14 мм, зовнішня поверхня якої оснащена двома поздовжніми полицями, та шар капілярної структури на внутрішній поверхні труби. Шар капілярної структури виконано у вигляді

19 поздовжніх канавок, що мають в перерізі  $\Omega$ -подібну форму з діаметром круглої частини 1,1 мм. Порожнини поздовжніх канавок сполучені з порожниною парового простору теплової труби щільними каналами. Горизонтальна частина теплової труби U-подібної форми є зоною випаровування, а вертикальні частини - зонами конденсації, що розміщені вище зони випаровування. Гравітаційна тепла труба частково заповнений рідким теплоносієм (аміаком або ацетоном).

Алюмінієвий профіль АС-КРА 7,5-Р2 було розроблено для виготовлення теплових труб космічного призначення (див. статтю: Рассамакін Б.М., Хайрнасов С.М., Заріпов В.К. Профільні теплові труби з алюмінію і стільникові панелі у космічній техніці. - Наукові вісті НТУУ "КПІ". - 2006. - № 6. - С. 23-29), що працюють в умовах відсутності дії сили гравітації при довільній орієнтації теплової труби в просторі. Складність конструкції шару капілярної структури обґрунтована необхідністю забезпечення необхідного капілярного тиску для повернення рідкого теплоносія з зони конденсації в зону випаровування теплової труби в умовах відсутності дії сили гравітації. Шар капілярної структури у вигляді поздовжніх капілярних канавок  $\Omega$ -подібної форми формують методом екструзії, що потребує високотемпературного процесу його отримання та складного технологічного обладнання. Виготовлення металевого профілю з такою капілярною структурою можливе лише в умовах спеціалізованого підприємства, що ускладнює та здорожує виготовлення теплової труби в умовах традиційного малого або середнього підприємства машинобудівної або приладобудівної галузі. Тому недоліком найближчого аналога є складність конструкції та технології виготовлення теплової труби в умовах традиційного підприємства машинобудівної або приладобудівної галузі.

В основу корисної моделі поставлена задача спрощення конструкції гравітаційної теплової труби, шар капілярної структури якої виконано як одне ціле з корпусом теплової труби, та підвищення технологічності виготовлення в умовах традиційного малого або середнього підприємства машинобудівної або приладобудівної галузі.

Поставлена задача вирішується тим, що в гравітаційній тепловій трубі, що містить порожнистий герметичний корпус з зонами щонайменше випаровування та конденсації, частково заповнений рідким теплоносієм, та шар капілярної структури на внутрішній поверхні корпусу, виконаний як одне ціле з корпусом, новим є те, що шар капілярної структури виконано у вигляді виступів та западин, по чергово розташованих по гвинтовій лінії на внутрішній поверхні корпусу в зоні випаровування, при цьому виступи розташовано з дрібним кроком, значення якого знаходиться в межах від 0,05 мм до 0,75 мм включно, а внутрішню поверхню корпусу в зоні конденсації виконано гладкою. Новим також є те, що виступи та западини мають трикутний профіль в перерізі з кутом при вершині виступу переважно 60 градусів, а крок між виступами становить переважно 0,50 мм.

Новим є й те, що в інших варіантах виконання виступи та западини можуть мати прямокутний або трапецієвидний профіль в перерізі.

Суть корисної моделі пояснюють креслення:

На Фіг. 1 представлено загальний вигляд гравітаційної теплової труби, суміщений з поздовжнім перерізом.

На Фіг. 2 - фрагмент шару капілярної структури в перерізі у збільшеному масштабі.

На Фіг. 3 - зовнішній вигляд шару капілярної структури, виконаного як одне ціле з корпусом теплової труби, у збільшеному масштабі.

Гравітаційна тепла труба містить порожнистий герметичний корпус 1 щонайменше з зоною випаровування 2 та зоною конденсації 3. На Фіг. 1 межі зони випаровування 2 та зони конденсації 3 умовно позначено горизонтальними пунктирними лініями. Як одне ціле з тілом корпусу 1 на його внутрішній поверхні в зоні випаровування 2 виконано шар капілярної структури 4. Шар капілярної структури 4 виконано у вигляді виступів 5 та западин 6 (див. Фіг. 2), по чергово розташованих по гвинтовій лінії на внутрішній поверхні корпусу 1 в зоні випаровування 2. Виступи 5 розташовано з дрібним кроком  $S$ , значення якого знаходиться в межах від 0,05 мм до 0,75 мм включно. При товщині стінки корпусу 1 не менше 1 мм крок  $S$  між виступами 5 складає переважно 0,50 мм. Внутрішню поверхню корпусу 1 в зоні конденсації 3 виконано гладкою. Виступи 5 та западини 6 шару капілярної структури 4 в зоні випаровування 2 мають трикутний профіль в перерізі з кутом  $\phi$  при вершині виступу, значення якого складає переважно 60 градусів. Вершини виступів 5 та западин 6 можуть мати як загострену, так і закруглену або зрізану форму. Оскільки виступи і западини на внутрішній поверхні корпусу 1 в зоні випаровування 2 розташовано по гвинтовій лінії, то вони можуть бути виконані, наприклад, за допомогою стандартного машинно-ручного мітчика для виготовлення метричної нарізі з дрібним кроком, наприклад, 0,50 мм. Корпус 1 гравітаційної теплової труби частково заповнено рідким теплоносієм 7, наприклад, гліцеролом 141b.

В межах формули даної корисної моделі можливі й інші варіанти виконання гравітаційної теплової труби. Наприклад, в інших варіантах виконання між зоною випаровування та зоною конденсації може бути виконана зона транспортування. Виступи та западини в шарі капілярної структури в інших варіантах виконання можуть мати прямокутний або трапецієвидний профіль в перерізі. Діаметр, товщина стінки, довжина гравітаційної теплової труби можуть знаходитися в широких межах, залежно від конкретної конструкції теплової труби та вимог до неї. Корпус гравітаційної теплової труби може бути виконаний з різних металів, наприклад з алюмінію або його сплавів, міді, нікелю, титану тощо. Як теплоносії можуть застосовуватись рідини, що корозійно сумісні з матеріалом корпусу, наприклад аміак, хладони, н-пентан, ізобутан, спирти, дистильована вода, ацетон тощо. Гравітаційна тепла труба може мати один або декілька вигинів в одній або декількох площинах.

Робота запропонованої гравітаційної теплової труби здійснюється наступним чином.

При підведенні теплового потоку до зони випаровування 2 (підведення та відведення теплового потоку на Фіг. 1 показано стрілками) рідкий теплоносії 7, що знаходиться в шарі капілярної структури 4 на внутрішній поверхні корпусу 1 теплової труби в зоні випаровування 2, починає випаровуватися або кипіти (залежно від густини теплового потоку), інтенсивно поглинаючи при цьому підведену теплоту. Центри пароутворення 8 з'являються між виступами 5, переважно в западинах 6 шару капілярної структури (див. Фіг. 2), оскільки в цій області теплоносії є найбільш перегрітим завдяки теплоті, що підводиться до нього від стінки корпусу 1 в зоні випаровування 2 та виступів 5 шару капілярної структури (парові бульбашки на Фіг. 2 умовно позначено пунктирними лініями). Оскільки крок  $S$  між сусідніми виступами є дрібним (0,05-0,75 мм), кількість западин 6 в межах зони випаровування 2 є значною, що сприяє збільшенню кількості центрів пароутворення, а отже - інтенсифікації процесу теплообміну при кипінні теплоносія та зниженню термічного опору теплової труби. Пара теплоносія рухається в зону конденсації 3, де конденсується на її внутрішній гладкій поверхні, віддаючи при цьому теплоту пароутворення корпусу 1 гравітаційної теплової труби, а від нього - теплота розсіюється в оточуюче середовище. Тонка плівка конденсату теплоносія завдяки дії сили гравітації стікає по гладкій поверхні стінки корпусу до зони випаровування 2 і цикл випаровування-конденсації повторюється. Крім спрощення конструкції і технології виготовлення запропонованої теплової труби, зменшується товщина плівки теплоносія в зоні конденсації, що зменшує термічний опір теплової труби.

Порівняно з найближчим аналогом конструкція гравітаційної теплової труби є більш простою та більш технологічною у виготовленні, що дозволяє налагодити виробництво таких теплових труб в умовах малого або середнього підприємства машинобудівної або приладобудівної галузі. Завдяки застосуванню для виготовлення гравітаційної теплової труби лише найбільш поширених технологічних операцій (механічна обробка, заповнення теплоносієм, зварювання тощо) забезпечується здешевлення виготовлення гравітаційної теплової труби, що дозволить підвищити її конкурентоспроможність та конкурентоспроможність виробів, до яких вона може входити складовою частиною як тепло передавальний елемент, наприклад, потужних світлодіодних освітлювальних приладів або приймально-передавальних модулів радіоелектронних систем.

Було виготовлено діючий макет запропонованої гравітаційної теплової труби. Загальна довжина теплової труби становила 830 мм. Теплоносії - хладон 141b. Довжина зони випаровування - 50 мм. Зовнішній діаметр корпусу гравітаційної теплової труби - 12 мм, внутрішній діаметр (по гладкій поверхні в зоні конденсації) - 10 мм. Товщина стінки в зоні конденсації - 1 мм. Виступи мають трикутний профіль в перерізі з кутом при вершині 60 градусів. Крок між виступами (а також - між западинами) - 0,50 мм. Кут при вершині виступів 60 градусів. Виступи і западини на внутрішній поверхні корпусу в зоні випаровування виконано за допомогою стандартного машинно-ручного мітчика для виготовлення метричної нарізи діаметром 11 мм з дрібним кроком - 0,50 мм. При цьому внутрішній діаметр корпусу в зоні випаровування в шарі капілярної структури по западинах становив 11 мм. Зовнішній вигляд корпусу гравітаційної теплової труби з виконаним на його внутрішній поверхні в зоні випаровування шаром капілярної структури наведено у збільшеному масштабі на фотографії (див. Фіг. 3).

Експериментально встановлено, що термічний опір виготовленої гравітаційної теплової труби при тепловому потоці 20 Вт, що підводився до зони випаровування, становив 0,24 °C/Вт, що цілком прийнятно для практичного застосування таких теплових труб в системах охолодження.

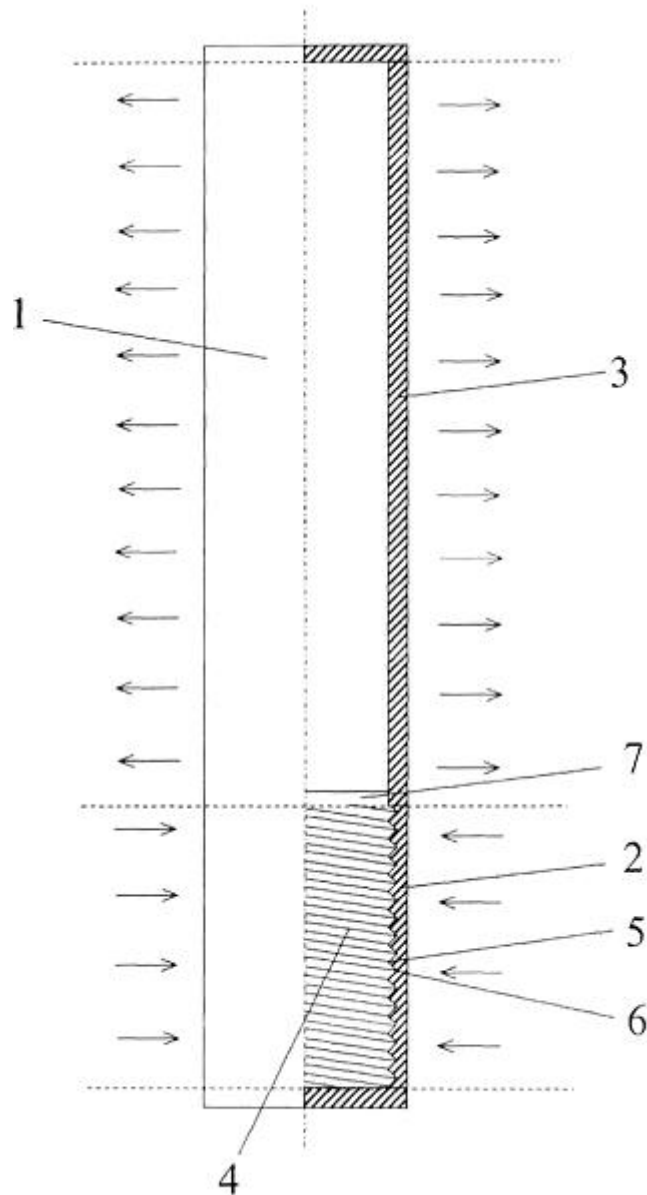
Таким чином, запропонована гравітаційна тепла труба є новим і промислово придатним технічним рішенням, яке дозволить, порівняно з найближчим аналогом, спростити конструкцію

гравітаційної теплової труби та підвищити технологічність її виготовлення, що забезпечить можливість налагодження виробництва таких теплових труб в умовах малих та середніх підприємств машинобудівної або приладобудівної галузей.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Гравітаційна тепла труба, що містить каркас, порожнистий герметичний корпус з зонами щонайменше випаровування та конденсації, частково заповнений рідким теплоносієм, та шар капілярної структури на внутрішній поверхні корпусу, виконаний як одне ціле з корпусом, яка **відрізняється** тим, що шар капілярної структури виконано у вигляді виступів та западин, по чергово розташованих по гвинтовій лінії на внутрішній поверхні корпусу в зоні випаровування, при цьому виступи виконано з дрібним кроком, значення якого знаходиться в межах від 0,05 мм до 0,75 мм включно, а внутрішню поверхню корпусу в зоні конденсації виконано гладкою.
- 10
2. Гравітаційна тепла труба за п. 1, яка **відрізняється** тим, що виступи та западини мають трикутний профіль в перерізі з кутом при вершині виступу переважно 60 градусів, а крок між виступами становить переважно 0,50 мм.
- 15
3. Гравітаційна тепла труба за п. 1, яка **відрізняється** тим, що виступи та западини мають прямокутний профіль або трапецієвидний профіль в перерізі.



Фиг. 1

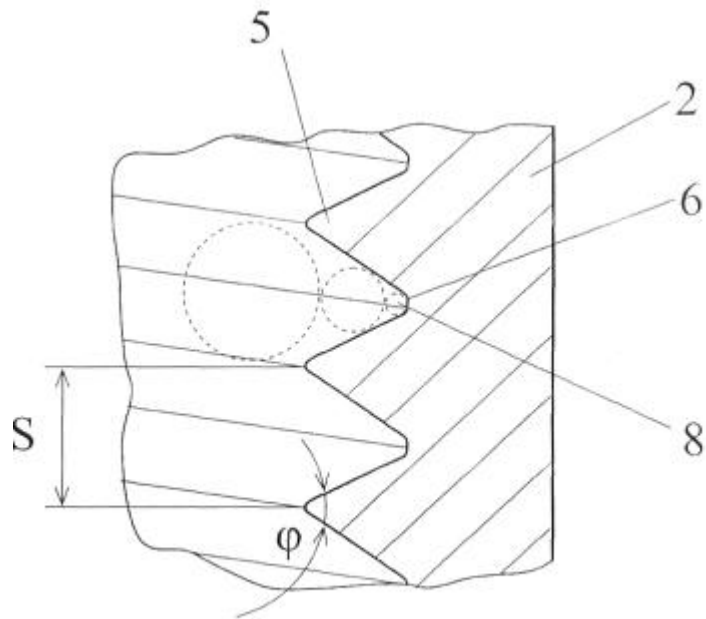


Fig. 2



Fig. 3

---

Комп'ютерна верстка М. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601