



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49243

(13) A

(51) 6 F25B9/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) МІКРОХОЛОДИЛЬНИК

1

2

(21) 2001096398

(22) 18 09 2001

(24) 16 09 2002

(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р

(72) Ринковий Федір Федорович

(73) КАЗЕННЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЦЕНТРАЛЬНЕ  
КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "АРСЕНАЛ"

(57) 1 Мікрохолодильник, що містить стержень, на який навито багаторядний трубчатий витий теплообмінник, входи його трубок підключені до штуцера-колектора, теплообмінник вміщено в кожух мікрохолодильника, з холодного кінця якого виведена транзитна трубка теплообмінника, який відрізня-

ється тим, що багаторядний трубчатий витий теплообмінник виконано п'ятирядним, транзитна трубка є середнім рядом теплообмінника, останній ряд трубки теплообмінника виконаний неоребренним, на нього навито ущільнювальний матеріал з малим коефіцієнтом теплопровідності

2 Мікрохолодильник за п. 1, який відрізняється тим, що перший витий ряд трубки багаторядного теплообмінника навитий на порожнистий стержень біфілярно спільно з теплоізолювальною ниткою, а діаметр стержня дорівнює 2,5 - 5 діаметрам трубки теплообмінника

Запропонований винахід відноситься до систем охолодження, а конкретно до балонних дросельних систем (МКС), призначених для охолодження до криотемператур приймачів променистої енергії (ППЕ) оптико-електронних приладів (ОПЕ)

Відоме обладнання охолодження приймача променистої енергії, яке включає періодичну подачу стиснутого криоагента в однорядний трубчатий теплообмінник, розташований у посудині Дюара, яка служить корпусом (кожухом) мікрохолодильника [Романенко Н. Т., Рынской Ф. Ф. Исследование основных характеристик баллонной микрокриогенной системы с циклической подачей криоагента - Химическое и нефтяное машиностроение - 1981 г, № 5, С. 19 - 21]

Недоліки, притаманні цьому обладнанню, можна звести до наступного

- нестабільна температура охолодження ППЕ тому, що внаслідок зміни тиску в холодній зоні мікрохолодильника при регулюванні витрат криоагента відбувається підвищення температури охолодження об'єкта,

- таким обладнанням неможливо охолоджувати рухомі об'єкти, наприклад, об'єкти, які прокатуються уздовж поздовжньої осі ОЕП в деяких тілесних кути

У книзі ["Микрокриогенная техника", Грезин А. К., Зиновьев В. С., Москва, «Машиностроение», 1997 г, с. 58 и в кн. «Устройство для охлаждения приемников излучения», Антонов Е. И., Ильин В.

Е и др - Л. Машиностроение, 1969 - с. 106] наведено інформацію про мікрохолодильники, які мають такі недоліки

- збільшена довжина теплообмінників,
- великий теплопривід до мікрохолодильників,
- недостатня швидкість виходу на режим мікрохолодильників

У мікрокриогенній техніці відомо мікрохолодильник з паралельним дроселюванням криоагента, який використовується для охолодження приймачів променистої енергії і відноситься до групи "бризкаючих" мікрохолодильників. Він найбільш близький до запропонованого технічного рішення і тому його вибрано за прототип [А. с. № 377591, СССР Микрохолодильник В. И. Животовский, Л. Д. Корнеев и Ю. В. Шиганский. Опубл. в Б. И., № 18, 1973]

Мікрохолодильник має стержень, на якому змонтовано багаторядний трубчатий витий теплообмінник, вхідні кінці трубок якого підключені до штуцера-колектора. Теплообмінник вміщено в кожусі, з холодного кінця теплообмінника виходить транзитна трубка.

Мікрохолодильник у складі балонної дросельної мікрокриогенної системи працює таким чином. Азот, стиснутий до робочого тиску 35 МПа, накопичується в балоні. В процесі роботи азот високого тиску надходить в МХ. Внаслідок паралельного рівнобіжного розширення азоту в МХ відбувається

(13) A

(11) 49243

(19) UA

теплообмін між потоками газу високого і низького тиску. Газ низького тиску рухається по теплообміннику у зворотному напрямку після дроселювання. Відбувається рекуперация холоду, що приводить до зниження температури перед дросельними отворами. Попередньо охолоджений азот в транзитній трубці виробляє паро-рідинну суміш, яка охолоджує приймач променистої енергії. Рідинний азот накопичується в порожнині корпусу ППЕ до початку автономного режиму. У період автономного режиму робочий рівень температури ППЕ забезпечується за рахунок випаровування рідинної фази азоту, який накопичується в корпусі ППЕ.

До основних недоліків мікрохолодильника треба віднести те, що він не відповідає вимогам з габаритно-масових характеристик. Це приводить до додаткових втрат криоагента на охолодження деталей МХ, до збільшення часу виходу на режим і зменшення кількості виробленого рідинного криоагента, особливо у пусковому періоді. Також довжина МХ не відповідає вимогам.

У основу винаходу поставлено завдання по створенню мікрохолодильника з меншою довжиною, який можливо установлювати а оптико-електронний прилад з підвищеними характеристиками, а також поліпшити характеристики МХ за рахунок зменшення теплоприпливу до теплообмінної частини МХ і на даній довжині та діаметрі під МХ збільшити поверхню багаторядного теплообмінника.

Для вирішення поставленої задачі у мікрохолодильнику, що містить стержень, на який навито багаторядний трубчатий витий теплообмінник, входи трубок якого підключені до штуцера-колектора, теплообмінник вміщено в кожух мікрохолодильника, а з холодного кінця виведена транзитна трубка теплообмінника.

У мікрохолодильнику були зроблені зміни, які дозволили покращити характеристики МХ і вирішити поставлену задачу. Це досягли за рахунок того, що багаторядний трубчатий витий теплообмінник виконано п'ятирядним, транзитна трубка є середнім рядом трубчатого витого теплообмінника, причому останній ряд трубки теплообмінника неоребрований і на нього навито ущільнюючий матеріал з малим коефіцієнтом теплопровідності. Крім того, перший витий ряд трубки багаторядного теплообмінника навито на порожній стержень біфільаром разом з теплоізолювальною ниткою, а діаметр стержня виконано у співвідношенні 2,5 : 5,0 діаметра трубки теплообмінника.

Автор провів комплекс досліджень для зменшення довжини і габаритів мікрохолодильника у порівнянні з прототипом (серійний МХ), при цьому запровадив такі технічні рішення і зміни в конструкції мікрохолодильника, а саме:

- виконав діаметр стержня у співвідношенні 2,5 : 5,0 діаметра трубки теплообмінника,
- у секції попереднього охолодження додав один ряд неореброваної трубки і виконав її останньою,
- транзитний ряд трубки виконав середнім рядом багаторядного витого теплообмінника,
- зменшив отвір локального дросельного органа в трубках секції попереднього охолодження і,

тим самим, зменшив витрати криоагента в локальному дроселі,

- перший ряд трубки теплообмінника навив біфільаром разом з теплоізоляційною ниткою.

Використання вищевикладених технічних рішень дозволяє:

- поліпшити теплообмін між секціями зрідження і попереднього охолодження за рахунок скерованого на транзитну трубку руху криоагента у зворотному напрямку після дроселювання, що приводить до збільшення вироблення мікрохолодильником рідинного криоагента (збільшується коефіцієнт зрідження) на меншій довжині теплообмінника,

- поліпшити теплообмін між рядами теплообмінника за рахунок зменшення витрат криоагента в трубках теплообмінника і перерозподілити витрати криоагента в додатковий ряд, що зменшує температуру недорекупераци відпрацьованого криоагента на виході з мікрохолодильника,

- зменшити теплоприплив до мікрохолодильника за рахунок скорочування його габаритів, а також знизити теплообмін між тонкостінним кожухом мікрохолодильника і багаторядним теплообмінником тому, що останній ряд теплообмінника виконано неореброваним,

- виключити проникнення криоагента у зворотному напрямку між тонкостінним кожухом і теплообмінником за рахунок більш щільної посадки порожнини кожуха зовнішнього ряду секції попереднього охолодження, що сприяє кращому теплообміну між секціями.

Сутність винаходу пояснюється кресленнями (див. фіг 1, 2).

На фіг 1 зображена блок-схема мікрокриогенної системи охолодження приймача променистої енергії, де пусковий пристрій 1, установлений на балоні 2, який заправлений робочим тілом (азот) до тиску 35МПа, пусковий пристрій з'єднаний послідовно трубопроводом 3 з пневмороз'єднувачем 4 та двоохсекційним мікрохолодильником 5, який має секцію зрідження 6 і секцію попереднього охолодження 7, корпус накопичує криоагента 8, на якому установлено приймач променистої енергії 9.

На фіг 2 показано загальний вигляд мікрохолодильника, де секція зрідження МХ 6, секція попереднього охолодження 7, стержень 10, нитка 11, штуцер-колектор 12, металокерамічний фільтр 13, тонкостінний кожух 14, днище кожуха 15, неоребрований зовнішній (останній) ряд 16 секції попереднього охолодження 7, нитка (фторопластова плівка) 17, вихідний канал 18.

Теплообмінник складається із секції зрідження 6 і секції попереднього охолодження 7 і має п'ять рядів трубок, які навиті на порожнистий стержень 10. Теплообмінник міститься у тонкостінному циліндричному сталевому кожусі 14 і має дві секції: секцію зрідження 6, утворену третім (середнім) витим рядом, який проходить транзитом через весь теплообмінник, а потім виводиться з днища 15 кожуха 14 МХ. Інші чотири ряди витих капілярних трубок утворюють секцію попереднього охолодження 7. Вхідні кінці трубок теплообмінника впаяні у штуцер-колектор 12. У штуцері 12 установлено металокерамічний фільтр 13, який забезпечує очищення криоагента від механічних часток.

розміром понад 7мм. Внутрішня порожнина штуцера 12 є колектором з якого криоагент надходить до капілярних трубок теплообмінника. Секція попереднього охолодження 7 зібрана з трубок діаметром 0,45мм, товщина стінок яких 0,05мм (1, 2 і 4 ряди теплообмінника). Ці трубки оребровані мідним дротом діаметром 0,12мм з кроком 0,3мм, а п'ятий ряд теплообмінника, який входить до цієї секції, зроблено з неореброваної трубки такого ж діаметра. Вихідні кінці трубок секції попереднього охолодження (1, 2, 4 і 5 ряди) загерметизовано пайкою. На останніх витках кожної трубки виконано локальний дросельний орган, який являє собою отвір діаметром, приблизно, 0,2мм.

Трубка секції зрідження 6 виконує функцію розподіленого дроселя (в якому газ розширюється і одночасно охолоджується), який має сталий переріз по усій довжині, включаючи вихідний канал цієї трубки. Ущільнення зовнішнього ряду теплообмінника і внутрішньої порожнини кожуха 14 виконується укладкою бандажу з ниток 17 (або намотуванням тонкої фторопластової плівки). Канали 18 на фланці тонкостінного кожуха 14 використовуються для виходу відробленого криоагента з теплообмінника.

Балонна система охолодження приймача променистої енергії оптико-електронного приладу працює таким чином.

При розкритті пускового пристрою 1 азот високого тиску (35МПа) з балону 2, проходячи послідовно трубопроводи 3 і пневмороз'єднувач 4, надходить у мікроохолодильник 5. У мікроохолодильнику 5 азот високого тиску дроселюється у секціях попереднього охолодження 7 і зрідження 6 (див. фіг. 1, 2). Крім того, в секціях 6, 7 відбувається теплообмін між потоками газу високого і низького тиску. Газ низького тиску рухається по теплообміннику у зворотному напрямку після дроселювання. Відбувається рекуперація холоду, що приводить до зниження температури перед дросельними отворами обох секцій 6 і 7. Виходячи з трубки секції зрідження 6, охолоджений азот у вигляді паро-рідинної суміші подається в корпус накопичувача криоагента 8 приймача променистої енергії 9. Охолодження ППЕ 9 забезпечується завдяки теплу пароутворення рідинної фази та накопиченням скловолокна (пориста структура) рідинного азоту в порожнині корпусу накопичувача 8 та ППЕ 9.

У момент відключення системи охолодження

розмикається пневмороз'єднувач 4 і припиняється подача азоту у мікроохолодильник 3. При автономній роботі оптико-електронного приладу робоча температура приймача променистої енергії 9 підтримується за рахунок випаровування рідинного азоту, накопиченого у корпусі накопичувача 8 ППЕ 9.

Використання запропонованого винаходу мікроохолодильника для охолодження приймача променистої енергії оптико-електронного приладу при порівнянні з прототипом дозволяє:

- зменшити час виходу на робочий режим за рахунок кращого теплообміну у мікроохолодильнику,

- зменшити габарити і масу МХ,

- збільшити поверхню теплообміну за рахунок зменшення діаметра стержня і введення додаткової неореброваної трубки в секцію попереднього охолодження теплообмінника,

- збільшити вихід рідинної фази криоагента за рахунок скерованого руху криоагента після дроселювання у зворотному напрямку на транзитну трубку,

- зменшити температуру недорекуперації відпрацьованого криоагента на виході з мікроохолодильника за рахунок поліпшення теплообміну між рядами теплообмінника,

- зменшити габарити мікроохолодильника приблизно на 25-30%. Ефективність запропонованого технічного рішення була підтверджена дослідженнями 80 мікроохолодильників у складі приймачів променистої енергії, установлених в тепловий імітатор.

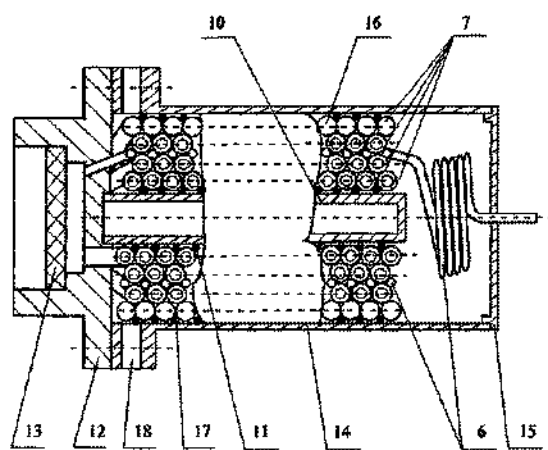
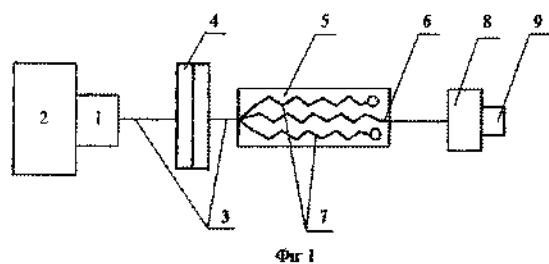
Дослідження довели, що запропонований мікроохолодильник забезпечує підвищення теплофізичних параметрів приймачів променистої енергії порівняно з серійними мікроохолодильниками також класу, а саме:

- зменшує час виходу на режим приблизно на 0,5-1,0с,

- збільшує витрату криоагента з балона за рахунок зменшення кінцевого тиску на 1-2МПа,

- збільшує час підтримування робочої температури приймача променистої енергії в автономному режимі (приблизно на 2-7с) завдяки більшому виробленню кількості рідинної фази.

Крім того, запропонований мікроохолодильник дозволяє збільшити тривалість роботи системи від балона на 5-10%.



ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Симі Хохлових 15 м. Київ 04119 Україна  
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема 77 м. Київ 04050 Україна  
(044) 216 – 32 – 71