



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49244

(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) ДВОСЕКЦІЙНИЙ МІКРОХОЛОДИЛЬНИК

1

(21) 2001096399

(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) Двосекційний мікрохолодильник, що містить
стержень, на який навито багаторядний трубчатий
витий теплообмінник, який має секцію попере-
днього охолодження з дросельними отворами і
секцію зрідження, виведену транзитом з багаторя-

2

дного витого теплообмінника і кожуха мікрохоло-
дильника, входи трубок якого підключені до шту-
цера-колектора, а багаторядний витий теплообмін-
ник вміщено в кожух, який відрізняється тим, що
в трубах секції попереднього охолодження теп-
лообмінника площі дросельних отворів неоднакові
і збільшуються з довжиною трубки ряду теплооб-
мінника, а площа дросельного отвору в остан-
ньому неоребреному ряді секції попереднього
охолодження виконана меншою, ніж останній ряд
багаторядного теплообмінника

Запропонований винахід відноситься до сис-
тем охолодження, а конкретно до балонних дросель-
них систем (МКС), призначених для охолод-
ження до криотемператур приймачів променистої
енергії (ППЕ) оптико-електронних приладів (ОПЕ)

Відоме обладнання охолодження приймача
променистої енергії, яке включає періодичну пода-
чу стиснутого криоагента в однорядний трубчатий
теплообмінник, розташований у посудині Дюара,
яка служить корпусом (кожухом) мікрохолодильни-
ка (Романенко Н.Т., Рынковой Ф.Ф. Исследование
основных характеристик баллонной микрокрио-
генной системы с циклической подачей криоагента
Химическое и нефтяное машиностроение, 1981г,
№ 5, с. 19-21)

Недоліки, притаманні цьому обладнанню, мо-
жна звести до наступного

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

таким обладнанням неможливо охолоджувати
рухомі об'єкти, наприклад, об'єкти, які качаються
відносно поздовжньої осі ОЕП в деякій тілесній
куті

У мікрокриогенній техніці відомо мікрохолоди-
льник з паралельним дроселюванням криоагента,
який використовується для охолодження прийма-
чів променистої енергії і відноситься до групи
"бризкающих" мікрохолодильників Він найбільш

близький до запропонованого технічного рішення і
тому його вибрано за прототип (А с
№377591/СССР/ Микрохолодильник В.И. Живо-
товский, Л.Д. Корнеев и Ю.В. Шиганский Опубл
в Б.И., № 18, 1973)

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

Мікрохолодильник у складі балонної дросель-
ної мікрокриогенної системи працює таким чином.
Азот, стиснутий до робочого тиску 35МПа, накопи-
чується в балоні. В процесі роботи азот високого
тиску надходить в МХ. Внаслідок паралельного
рівнобіжного розширення азоту в МХ відбувається
теплообмін між потоками газу високого і низького
тиску. Газ низького тиску рухається по теплооб-
міннику у зворотному напрямку після дроселюван-
ня. Відбувається рекуперація холоду, що приво-
дить до зниження температури перед дросельни-
ми отворами. Попередньо охолоджений азот в
транзитній трубці виробляє паро-рідинну суміш,
яка охолоджує приймач променистої енергії. Рі-
динний 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

(13) A

(11) 49244

(19) UA

До основних недоліків двосекційного мікрохолодильника треба віднести те, що він не відповідає вимогам з габаритно-масових характеристик, а в теплообміннику неоднаково розподіляється теплове навантаження на ряди трубок теплообмінника секції попереднього охолодження. 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. Додаткові витрати криоагента на підвищення характеристик системи охолодження (СО) приводять до зменшення часу роботи СО від балона і збільшення кінцевого тиску. Також МХ не відповідає вимогам з довжини.

В основу винаходу поставлено завдання по створенню двосекційного мікрохолодильника з підвищеними характеристиками при менших його розмірах. Однаково розподілити теплове навантаження на ряди трубок теплообмінника секції попереднього охолодження і тим покращити теплообмін між секціями мікрохолодильника. Зменшити час виходу на режим ППЕ за допомогою збільшення вироблення рідинного криоагента секції зрідження МХ. Також поліпшити характеристики МХ за рахунок зменшення теплоприпливу до теплообмінної частини МХ.

Для вирішення поставленої задачі у двосекційному мікрохолодильнику, що містить стержень, на який навито багаторядний трубчатий витий теплообмінник, що має секцію попереднього охолодження з дросельними отворами та секцію зрідження, виведену транзитом з багаторядного витого теплообмінника і кожуха мікрохолодильника, входи трубок якого підключені до штуцер-колектора, а багаторядний витий теплообмінник вміщено в кожух, в трубках теплообмінника секції попереднього охолодження площі дросельних отворів неоднакові і збільшуються з довжиною трубки ряду теплообмінника, а площа дросельного отвору в останньому неореброваному ряді секції попереднього охолодження виконано меншою у порівнянні з останнім рядом багаторядного теплообмінника. Вищезгадані зміни дозволили покращити характеристики МХ і вирішити поставлену задачу.

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 площу дросельних отворів неоднаковими, а таким чином, щоб отвір збільшувався з довжиною трубки ряду теплообмінника,

розподілив витрати криоагента при дроселюванні в теплому стані таким чином, щоб витрати були пропорційні зовнішнім поверхням трубок теплообмінника,

в секції попереднього охолодження додав один ряд неореброваної трубки і виконав її останньою,

в неореброваному ряді теплообмінника секції попереднього охолодження площу дросельного отвору виконав таким чином, щоб при дроселюванні криоагента в теплому стані були не більше, ніж в останньому ряді багаторядного теплообмін-

ника,

багаторядний теплообмінник виконав п'ятирядним,

виконав діаметр стержня у співвідношенні 2,5 : 5,0 діаметра трубки теплообмінника,

транзитний ряд трубки виконав середнім рядом багаторядного витого теплообмінника,

зменшив отвір локального дроселя в трубках секції попереднього охолодження і, тим самим, зменшив витрати криоагента в локальному дроселі, перший ряд трубки теплообмінника навив біфільром разом з теплоізоляційною ниткою.

Використання вищевикладених технічних рішень дозволяє:

покращити теплообмін між рядами теплообмінника і зменшити довжину мікрохолодильника (теплообмінника) за рахунок неоднакового розподілення витрат криоагента при дроселюванні в теплому стані були пропорційні зовнішнім поверхням ореброваних трубок теплообмінника. Вказані зміни зменшують температуру недорекуперації відпрацьованого криоагента на виході із мікрохолодильника,

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,

уникнути проникнення криоагента в 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 35 МПа, пусковий пристрій з'єднаний послідовно трубопроводом 3 з пневмороз'єднувачем 4 та двосекційним мікрохолодильником 5, який має секцію зрідження 6 і секцію попереднього охолодження 7, корпус накопичувача криоагента 8, на якому встановлено 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, метапокерамічний 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 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 охо-

подження 7. Вхідні кінці трубок теплообмінника впаєні у штуцер-колектор 12. У штуцері 12 встановлено металокерамічний фільтр 13, який забезпечує очищення кріоагента від механічних часток розміром понад 7 мкм. Внутрішня порожнина штуцера 12 є колектором, з якого кріоагент надходить до капілярних трубок теплообмінника. Секція попереднього охолодження 7 зібрана з трубок діаметром 0,45 мм, товщина стінок яких 0,05 мм (1, 2 і 4 ряди теплообмінника). Ці трубки оребровані мідним дріотом діаметром 0,12 мм з кроком 0,3 мм, а п'ятий ряд теплообмінника, який входить до цієї секції, зроблено з неореброваної трубки також діаметра. Вихідні кінці трубок секції попереднього охолодження 7 (1, 2, 4 і 5 ряди) загерметизовано пайкою. На останніх витках кожної трубки виконано локальний дросельний отвір, який являє собою отвір діаметром, приблизно, 0,2 мм.

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 кріоагента з теплообмінника.

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

При розкритті пускового пристрою 1 азот високого тиску (35 МПа) з балону 2, проходячи послідовно трубопроводи 3 і пневмороз'єднувач 4, надходить у двосекційний мікрохолодильник 5. У мікрохолодильнику 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 кріоагента 8 приймача променистої енергії 9. Охолодження ППЕ 9 забезпечується завдяки теплу пароутворення рідинної фази та накопиченням скловолокном (пориста структура) рі-

динного азоту в порожнині корпусу накопичувача 8 та ППЕ 9.

У момент відключення системи охолодження розмикається пневмороз'єднувач 4 і припиняється подача азоту у мікрохолодильник 5. 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 мікрохолодильника для охолодження приймача променистої енергії оптико-електронного приладу при порівнянні з прототипом дозволяє

зменшити габарити і масу МХ, а також зменшити час виходу на робочий режим ППЕ за рахунок кращого теплообміну у мікрохолодильнику,

збільшити тривалість роботи системи охолодження (МХ) від балона,

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

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

зменшити температуру недорекуперації відробленого кріоагента на виході з мікрохолодильника за рахунок поліпшення теплообміну між рядами теплообмінника,

Ефективність запропонованого технічного рішення була підтверджена дослідженнями 80 мікрохолодильників у складі приймачів променистої енергії, установлених в тепловий імпульсатор.

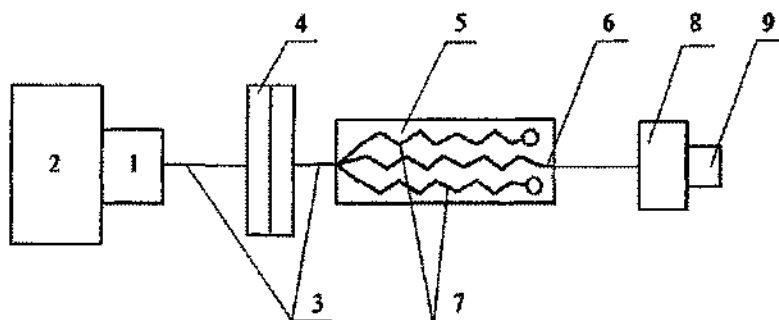
Дослідження довели, що запропонований мікрохолодильник забезпечує підвищення теплофізичних параметрів приймачів променистої енергії порівняно з серійними мікрохолодильниками також класу, а саме

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

збільшує витрату кріоагента з балона за рахунок зменшення кінцевого тиску на 1–2 МПа,

збільшує час підтримування робочої температури приймача променистої енергії в автономному режимі (приблизно на 5–8 с) завдяки більшому виробленню кількості рідинної фази.

Крім того, запропонований двосекційний мікрохолодильник дозволяє збільшити тривалість роботи системи від балона на 7–10%.



Фиг. 1

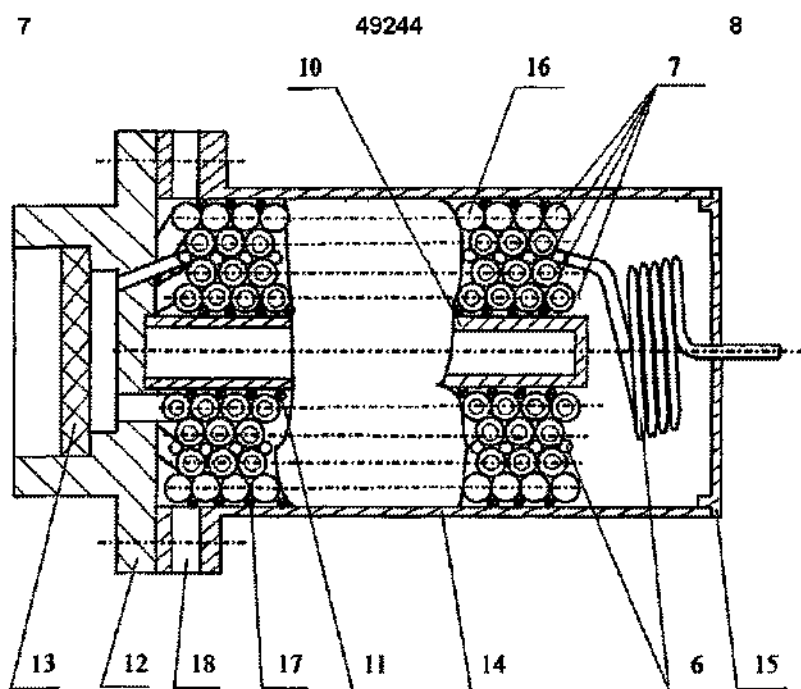


Fig. 2