

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 124893

**СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ
ВИРОБІВ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України винаходів 08.12.2021.

Генеральний директор
Державного підприємства
«Український інститут
інтелектуальної власності»

А.В. Кудін



(11) **124893**

(19) **UA**

(51) МПК (2021.01)
G01N 25/00
G01K 17/00
G01N 25/72 (2006.01)

(21) Номер заявки: **а 2019 09007**

(22) Дата подання заявки: **29.07.2019**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **08.12.2021**

(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер Бюлетеня: **03.02.2021, Бюл. № 5**

(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: **08.12.2021, Бюл. № 49**

(72) Винахідники:
Будник Микола Миколайович, UA,
Шустакова Галина Володимирівна, UA,
Глущук Микола Іванович, UA,
Гордієнко Едуард Юрійович, UA,
Ляхно Валерій Юрійович, UA,
Турутанов Олег Георгійович, UA,
Фоменко Юлія Вікторівна, UA

(73) Володілець:
Будник Микола Миколайович,
вул. Миколи Юнкерова, 73, кв. 3, м. Київ, 04075, UA,
Шустакова Галина Володимирівна,
вул. Танкопія, 6, кв. 429, м. Харків, 61128, UA,
Глущук Микола Іванович,
просп. Науки, 19-б, кв. 22, м. Харків, 61166, UA,
Гордієнко Едуард Юрійович,
вул. 23 Серпня, 29-А, кв. 42, м. Харків, 61072, UA,
Ляхно Валерій Юрійович,
вул. Академіка Вальтера, 7, кв. 50, м. Харків, 61108, UA,
Турутанов Олег Георгійович,
вул. 23 Серпня, 51, кв. 17, м. Харків, 61103, UA,
Фоменко Юлія Вікторівна,
вул. Плеханівська, 73, кв. 48, м. Харків, 61001, UA

(54) Назва винаходу:

СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ВИРОБІВ

(57) Формула винаходу:

(11) 124893

Спосіб неруйнівного контролю теплоізоляції виробів, що працюють при низьких чи високих температурах та містять щонайменше зовнішню та внутрішню ємності, внутрішня ємність призначена для наповнення кріогенною рідиною (скраплений гелій, азот, кисень), зовнішня ємність призначена для вміщення засобів теплоізоляції (вакуумна порожнина, радіаційні екрани, екранно-вакуумна ізоляція чи інші засоби для зменшення припливу тепла у внутрішню ємність), проводять дистанційний контроль температури зовнішньої поверхні виробу та/чи його частин шляхом наповнення виробу чи окремих його частин чи пропусканням через них зазначеної рідини чи вміщенням всередину них джерел холоду, реєстрації температурних зображень за допомогою тепловізійного чи іншого пристрою, який реєструє теплове випромінювання, роблять рисунки, фотографії та креслення виробу, аналізують зазначені зображення та виявляють дефектні області зі зниженою температурою, де мають місце підвищені втрати холоду, який відрізняється тим, що реєструють референтні зображення виробу чи його частин в електронній формі не менш ніж з трьох сторін перед наповненням виробу чи його частин рідиною, наповнюють виріб чи його частини кріогенною рідиною, реєструють сигнальні зображення частин виробу чи його частин в електронній формі не менш ніж з трьох сторін після досягнення стаціонарної температури виробу чи його частин, по відповідних сигнальних зображеннях обчислюють середню температуру поверхні виробу чи його частин, обчислюють сумарні втрати холоду зі всієї поверхні виробу чи його частин із урахуванням температури навколишнього середовища, віднімають референтні зображення виробу чи його частин від відповідних сигнальних зображень виробу чи його частин, візуально на різницевих зображеннях визначають розташування (локалізацію) дефектних областей зі зниженою температурою, порівнюють зазначені різниці зображення з електронними кресленнями виробу і на цій основі визначають розташування та тип дефектів конструкції частин виробу, які спричиняють погіршення теплоізоляції, обчислюють мінімальну, середню та максимальну температуру зазначених дефектних областей на різницевих зображеннях виробу чи його частин, обчислюють питомі втрати холоду в кожній дефектній області виробу чи його частин, з урахуванням типу матеріалу, покриття, температури фону та інших факторів, які впливають на випромінювальну здатність поверхні, і у разі, якщо втрати холоду для виробу чи його частин перевищують нормативні значення, роблять висновок про необхідність ремонту, доопрацювання, технічного обслуговування чи вибраковування виробу чи його частин.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності».

Паперовий документ містить 3 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 0482071221 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Інституту



08.12.2021

І.Є. Матусевич



УКРАЇНА

(19) UA (11) 124893 (13) C2

(51) МПК (2021.01)

G01N 25/00

G01K 17/00

G01N 25/72 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

- (21) Номер заявки: а 2019 09007
(22) Дата подання заявки: 29.07.2019
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.12.2021
(41) Публікація відомостей про заявку: 03.02.2021, Бюл.№ 5
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.12.2021, Бюл.№ 49

- (72) Винахідник(и):
Будник Микола Миколайович (UA),
Шустакова Галина Володимирівна (UA),
Глушук Микола Іванович (UA),
Гордієнко Едуард Юрійович (UA),
Ляхно Валерій Юрійович (UA),
Турутанов Олег Георгійович (UA),
Фоменко Юлія Вікторівна (UA)

- (73) Володілець (володільці):
Будник Микола Миколайович,
вул. Миколи Юнкерова, 73, кв. 3, м. Київ,
04075 (UA),
Шустакова Галина Володимирівна,
вул. Танкопія, 6, кв. 429, м. Харків, 61128
(UA),
Глушук Микола Іванович,
просп. Науки, 19-б, кв. 22, м. Харків, 61166
(UA),
Гордієнко Едуард Юрійович,
вул. 23 Серпня, 29-А, кв. 42, м. Харків,
61072 (UA),
Ляхно Валерій Юрійович,
вул. Академіка Вальтера, 7, кв. 50, м.
Харків, 61108 (UA),
Турутанов Олег Георгійович,
вул. 23 Серпня, 51, кв. 17, м. Харків, 61103
(UA),
Фоменко Юлія Вікторівна,
вул. Плеханівська, 73, кв. 48, м. Харків,
61001 (UA)

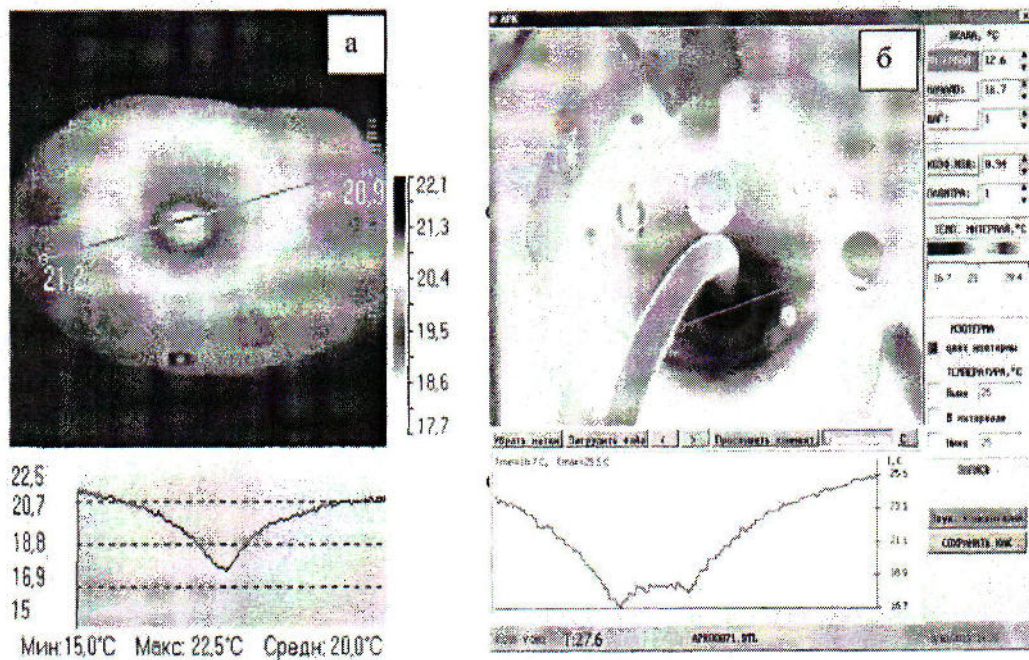
- (56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
UA 57934 А, 15.07.2003
US 2009016402 А1, 15.01.2009
US 2010118137 А1, 13.05.2010
RU 2296983 С1, 10.04.2007
RU 2243519 С2, 27.12.2004
UA 98981 С2, 10.07.2012

(54) СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ВИРОБІВ**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі неруйнівного контролю та технічної діагностики.
Згідно з винаходом реєструють референтні та сигнальні зображення виробу в електронній формі не менш ніж з трьох сторін, обчислюють середню температуру поверхні та сумарні

UA 124893 C2

втрати холоду, роблять висновок про придатність виробу до подальшої експлуатації. Потім отримують різниці зображення шляхом віднімання референтних зображень від відповідних сигнальних, візуально визначають аномальні теплові області, порівнюють отримані різниці зображення з іншими зображеннями виробу, аналізують креслення на виріб і на цій основі попередньо ідентифікують дефекти конструкції виробу. В результаті локалізують аномальні теплові області, обчислюють їх мінімальну, середню та максимальну температуру, питомі втрати холоду в кожній аномальній області, роблять висновок про придатність виробу до подальшої експлуатації, необхідність його ремонту, доопрацювання чи технічного обслуговування на основі порівняння питомих втрат холоду для даної аномальної області з нормативними значеннями.



Фиг. 1

Винахід належить до галузі неруйнівного контролю та технічної діагностики, в першу чергу, для контролю якості криогенних посудин, що мають внутрішню і зовнішню ємності (криостатів, посудин Дьюара, сховищ біопродуктів, криоцистерн для перевезення і зберігання скраплених газів та ін.).

- 5 Такі посудини широко використовуються для вирішення різних завдань, в т. ч. для зберігання і перевезення скраплених газів і біопродуктів (дьюари, термостати, криогенні цистерни і сховища), для охолодження надчутливих СКВІД-датчиків магнітного поля, наприклад, в магнітокардіографії, магнітоенцефалографії і магнітогастрографії (склопластикові криостати), для охолодження приймачів інфрачервоного випромінювання в медичних термографах (металеві та скляні криостати), для створення криогенних температур в спеціальних
- 10 нейрохірургічних і гінекологічних хірургічних інструментах і т. д.

- Відмінною рисою криогенних посудин є наявність внутрішньої (для заливки криогенної рідини - холодоагенту) і зовнішньої ємності (для зберігання вакууму і розміщення засобів термоізоляції). Погіршення вакууму або якості теплової ізоляції є серйозною і частою
- 15 проблемою, яка призводить до погіршення параметрів всього приладу або виходу його з ладу.

- Одним із відомих методик їх контролю є тепловізійна методика, яка використовує дистанційну реєстрацію теплових зображень. Так, в Розділі 3 авторів М.М. Пеньков, А.В. Клепов, І.В. Наумчик викладено метод тепловізійного контролю теплоізоляції криогенних баків, ємностей і трубопроводів, заснований на запатентованому способі створення температурного
- 20 перепаду між внутрішньою порожниною і зовнішньою поверхнею ізоляції за рахунок наддуву внутрішньої порожнини газом до оптимального тиску, що забезпечує максимально можливе адіабатне підвищення температури газу [див. Розділ 3. Тепловізійний метод контролю теплоізоляції криогенних баків, ємностей і трубопроводів на основі штучної теплової стимуляції, в монографії Актуальні проблеми неруйнівного контролю якості космічної техніки: / Ю.М. Макаров, А.А. Лухвіч, В.Г. Шіпша і ін; під заг. ред. Ю.Н. Макарова, В.Є. Прохоровича, А.І. Птушкіна; авт. вст. ст. А.Н. Пермінов, А.К. Гурвич. - СПб.: Альтеор, 2008. - 333 с.]
- 25 Відомий "Способ тепловизионного контроля теплоизоляции сосудов и трубопроводов" [RU 2296983 (2007.04.10), Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Клепов А.В., Ковалева О.П., Пеньков М.М., Наумчик И.В., Софьин А.П., Шевченко В.И., Ведерников М.В., Жиганов Е.Б., Шатов С.В., Миронов Е.А.], который позволяет обеспечить проведение тепловизионного контроля неразборных сосудов и протяженных трубопроводов и снизить энергетические затраты на проведение контроля.

- Також відомий "Способ тепловизионного контроля теплоизоляции посудин и трубопроводов" [RU 2296983 (2007), Клепов А.В., Ковальова О.П., Пеньков М.М., Наумчик И.В., Софьин А.П., Шевченко В.И., Ведерников М.В., Жиганов Е.Б., Шатов С.В., Миронов Е.А.], який дозволяє забезпечити проведення тепловізійного контролю нерозбірних судин і протяжних трубопроводів і знизити енергетичні витрати на проведення контролю. Цей спосіб полягає у внесенні всередину циліндричних зразків нагрівального елемента з відомим тепловим потоком.
- 35 Установка для дослідження теплопровідності теплоізоляційних матеріалів дозволяє проводити експериментальні дослідження теплофізичних властивостей теплоізоляційних матеріалів в температурному діапазоні 78-1073 К. Перспективне застосування теплоізоляційних матеріалів з низькою теплопровідністю та стійкістю до руйнування як при криогенних, так і при високих температурах.
- 40 Згідно з RU 2243519 "Тепловий спосіб діагностики технічного стану посудин, що працюють під надлишковим внутрішнім тиском" перед подачею в контрольований посудину речовини під тиском вимірюють температуру поверхні посудини, речовину нагрівають до температури, що перевищує температуру поверхні посудини на величину не менше температурної роздільної здатності тепловізійної апаратури, або охолоджують до температури, нижче температури його поверхні на величину не менше температурної роздільної здатності тепловізійної апаратури.

- Після навантаження посудини внутрішнім надлишковим тиском здійснюють реєстрацію температурного поля його поверхні за допомогою тепловізійної апаратури і проводять аналіз температурного поля. За наявності аномалій температурного поля роблять висновок про наявність дефектів і необхідності ремонту, а при їх відсутності - висновок про задовільний технічний стан судини.
- 50

- Відомий UA98981 (2012) "Способ контролю та оцінки технічного стану тепловиделяющих об'єктів" що містять однотипні вузли, термографічним методом, що включає безконтактну реєстрацію температурного поля контрольованого об'єкта і формування термограм його поверхні, обробку термограм з отриманням термографічної інформаційної функції (ТІФ), порівняння цієї ТІФ з її еталонним значенням за встановленим критерієм дефектності, який відрізняється тим, що використовуються три види ТІФ, перша з яких характеризує форму
- 55

- 60

гістограми, отриманої з термограми, друга - вміст фону в термограмі, третя - положення гістограми на осі температур, за результатами порівняння яких з еталонним значенням визначаються три коефіцієнти дефектності, сума квадратів стандартизованих значень котрих використовується як інтегральний критерій дефектності для оцінки технічного стану

5 контрольованого об'єкта.
За прототип вибрано "Спосіб тепловізійного контролю технічного стану елементів конструкції електричних машин та апаратів" [UA 57934 A G01R 31/00, H02K 15/00, 2003], наприклад турбогенераторів, що включає безперервну теплову індикацію за допомогою термочутливого датчика, який пересуває у осьовому напрямку по гвинтовій лінії, фіксацію

10 значення теплового поля у вигляді масштабної теплової карти і визначення форми і координат зон підвищеного нагріву по контрастних полях цих карт, який відрізняється тим, що термочутливий датчик у тепловізійному апаратно-програмному комплексі розміщують стаціонарно за межами об'єкта, що досліджують.

Переваги прототипу - скорочує час контролю технічного стану об'єкта, забезпечує отримання картин температурного поля всієї поверхні, провадиться дистанційно, тепловізійні картини об'єкта на кожному етапі контролю запам'ятовуються і використовуються для аналізу наступних обстежень, що підвищує якість та достовірність результатів обстежень.

Недоліки прототипу - дослідження здійснюють лише при нестационарних процесах, існують обмеження щодо відстані датчик-об'єкт, термочутливі датчики розміщують лише з 2-х сторін, зображення накладають та співставляють, а не віднімають, також не розкрито, яким чином зображення співставляють та як програмне забезпечення виключає вплив неоднорідностей на випромінювальну здатність об'єкта.

В основу винаходу поставлено задачу розробки тепловізійної методики оцінки якості кріогенних посудин, яка ґрунтується на аналізі теплових полів на поверхні посудини в початковому та робочому стані (із залитим холодоагентом) з метою виявлення аномальних (гіпотермічна) зон.

Поставлена задача вирішується шляхом поєднання наступних дій:

- 1) реєструють референтні теплові зображення виробу в електронній формі не менш ніж з трьох сторін перед наповненням виробу рідиною,
- 2) наповнюють виріб кріогенною рідиною чи іншою рідиною з низькою температурою,
- 3) реєструють сигнальні теплові зображення виробу в електронній формі не менш ніж з трьох сторін після досягнення стаціонарного теплового режиму виробу,
- 4) по відповідних сигнальних теплових зображеннях обчислюють середню температуру поверхні із застосуванням комп'ютерної програми,
- 5) обчислюють сумарні втрати холоду зі всієї поверхні виробу із застосуванням комп'ютерної програми та урахуванням температури навколишнього середовища,
- 6) роблять висновок про придатність виробу до подальшої експлуатації на основі порівняння сумарних втрат холоду з нормативними значеннями,
- 7) віднімають референтні зображення від відповідних сигнальних із застосуванням комп'ютерної програми,
- 8) візуально на різницевих теплових зображеннях визначають аномальні теплові області зі зниженою температурою,
- 9) порівнюють отримані різниці теплові зображення з іншими зображеннями виробу, наприклад рисунками, фото-, кіно-, відео- чи іншими зображеннями,
- 10) аналізують креслення та іншу технічну документацію на виріб, і на цій основі
- 11) попередньо ідентифікують дефекти конструкції виробу, які спричиняють погіршення теплоізоляції,
- 12) локалізують аномальні теплові області на різницевих зображеннях виробу, обчислюють їх мінімальну, середню та максимальну температуру,
- 13) обчислюють питомі втрати холоду в кожній аномальній області,
- 14) роблять висновок про придатність виробу до подальшої експлуатації, необхідність його ремонту, доопрацювання чи технічного обслуговування на основі порівняння питомих втрат холоду для даної аномальної області з нормативними значеннями,
- 15) суміщають зазначені різниці теплові зображення із електронними кресленнями виробу, наприклад конструкторською електронною моделлю, яка включає крім тривимірного зовнішнього вигляду також проекції та розрізи виробу,
- 16) роблять висновок про наявність та характер дефектів у конструкції виробу, які погіршують його теплоізоляцію.
- 17) перед виготовленням виробу з метою покращення теплоізоляції частин виробу попередньо контролюють теплопровідність матеріалів,

- 18) порівнюють різні матеріали чи подібні матеріали різних виробників,
 19) відбирають матеріали з найнижчою теплопровідністю, які забезпечують найкращу теплоізоляцію,
 20) реєструють теплові зображення частин виробу, щонайменше окремо теплові зображення його внутрішньої та зовнішньої ємностей,
 21) контролюють якість теплоізоляції частин виробу.
 22) протягом процесу охолодження реєструють послідовність теплових зображень чи відеофільм, які відображують швидкість охолодження виробу у часі,
 23) визначають найбільш економний режим охолодження виробу, який забезпечує мінімальні сумарні втрати холоду, шляхом зміни швидкості наповнення чи пропускання рідини чи іншої речовини, її температури, чи шляхом зміни потужності джерела холоду.
 Новизна пропонованого винаходу полягає у:
 1) реєстрації референтних та сигнальних теплових зображень виробу в електронній формі не менш ніж з трьох сторін,
 2) обчисленні сумарних втрат холоду з урахуванням покриття поверхні виробу та урахуванням температури навколишнього середовища,
 3) порівнянні сумарних втрат холоду з нормативними значеннями,
 4) застосуванні різницевих зображень шляхом віднімання референтних зображень від сигнальних,
 5) суміщенні різницевих зображень з конструкторською електронною моделлю, яка включає 3-вимірний зовнішній вигляду, проєкції та розрізи виробу,
 6) реєстрації зображень частин виробу, щонайменше окремо його внутрішньої та зовнішньої ємностей,
 7) реєстрації послідовності теплових зображень протягом процесу охолодження, які відображують швидкість охолодження виробу у часі,
 8) визначенні найбільш економного режиму охолодження виробу, який забезпечує мінімальні сумарні втрати холоду.
 Технічний результат полягає у тому, щоб покращити швидкість та точність виявлення дефектів конструкції криогенних виробів, підвищити їх ресурс та безпечність експлуатації, зменшити втрати криогенної рідини, виключити хибні теплові області на поверхні посудини, спричинені теплом, відбитим приміщенням, неоднорідністю фарбування поверхні та ін.
 Короткий опис ілюстрацій:
 Таблиця. Основні параметри застосованих тепловізорів.
 Фіг. 1 - Теплові зображення фрагментів склопластикових кріостатів: а) робоча термограма дна азотного кріостата; б) головна сторінка інтерфейсу багатоелементного тепловізора з динамічної термограмою гелієвого кріостата. Під кожною термограмою наведені відповідні теплові перерізи.
 Фіг. 2 - Термографування кріопосудин в польових умовах: а) процес термографування; б) робоча термограма сховища рідкого етилену з виявленим дефектом (провисла ізоляція) на бічній поверхні і надмірними втратами холоду через всю поверхню даху; в) фрагмент поверхні даху.
 Для реєстрації теплових зображень у ФТІНТ НАН України (м. Харків) створено дві моделі тепловізорів:
 1) зі скануванням на основі одноелементного приймача азотного рівня охолодження для термографування кріопосудин в сталих режимах роботи,
 2) на основі неохолоджуваної мікроболометричної матриці великого формату для аналізу динаміки теплових полів в процесі охолодження посудин.
 Основні параметри тепловізорів наведені в Табл. 1. Оригінальне багатофункціональне програмне забезпечення обох моделей дозволяє проводити термографування в реальному часі (зйомка термографічного фільму), виявляти аномальні теплові ділянки в автоматичному режимі, вимірювати абсолютну температуру в будь-якій точці, обчислювати питомі і загальні втрати холоду та ін.
 В основній реалізації розроблена методика передбачає проведення термографування кріопосудини з 5-ти сторін: реєстрація теплового зображення поверхонь дна і кришки посудини, а також бічної поверхні не менше ніж з трьох сторін (для циліндричної форми). Так як при проведенні тепловізійного обстеження зазвичай використовують один тепловізор, для одночасної реєстрації всіх термограм можна використати попередньо прокалібровані інфрачервоні дзеркала. Виконання дій включає:
 реєстрацію теплових зображень криогенної посудини до заливки холодоагенту (отримання і запис фонових термограм);

багаторазову (через встановлений часовий інтервал) реєстрацію теплових зображень кріопосудини у процесі заливки холодоагенту і подальшого охолодження (отримання і запис динамічних термограм);

5 реєстрацію теплових зображень кріопосудини після виходу на робочий режим термодинамічної рівноваги з навколишнім середовищем (отримання і запис робочих термограм);

віднімання засобами програмного забезпечення від кожного робочого зображення відповідного референтного з метою збільшення точності контролю шляхом виключення з аналізу помилкових теплових областей;

10 поєднання (у разі наявності аномальних теплових зон) отриманих різницевих термограм з відповідними кресленнями посудини, у тому числі електронними, для точного визначення координат і розмірів аномальних зон;

ідентифікацію дефекту, який викликав цю теплову аномалію,

15 вимірювання (враховуючи коефіцієнт випромінювання покриття поверхні посудини) на робочих термограмах температури будь-якої точки поверхні судини, середньої температури аномальної зони та всієї поверхні;

обчислення питомих втрат холоду в аномальних зонах та сумарних втрат із поверхні всієї посудини;

порівняння результатів з нормативними значеннями.

20 В результаті тепловізійного дослідження кріопосудини згідно з запропонованою методикою можна зробити висновок про її якість (переваги і недоліки конструкції чи технології виготовлення, наявності дефектів, часу виходу на робочий режим та ін.).

На Фіг. 1а приведена робоча термограма (сталий режим) днища азотного склопластикового кріостата з аномальною гіпотермічною зоною в області, яка прилягає до охолодженого до азотної температури датчика магнітного поля. Внизу - тепловий переріз уздовж зазначеного на зображенні відрізка. Зображення отримане на одноелементному тепловізорі за допомогою каліброваного дзеркала, встановленого під кутом 45 градусів до днища кріостата.

25 На Фіг. 1б наведена головна сторінка програмного інтерфейсу "швидкого" багатоелементного тепловізора з однією з динамічних термограм, отриманих в процесі заливки рідкого гелію в склопластиковий кріостат для магнітокардіографа. Під термограмою кришки кріостата наведено тепловий переріз, що проходить через фрагмент кришки і штуцер для виходу газоподібного гелію.

Розроблена методика також може бути використана при тепловізійному обстеженні, наприклад, великих сховищ скраплених газів, але при цьому необхідно враховувати особливості польових умов, які відрізняються від лабораторних. У цьому випадку неможливо створити оптимальні для термографування зовнішні умови, скористатися методом різницевих термограм (сховища постійно заповнені холодоагентом), використовувати інфрачервоні дзеркала та інші допоміжні засоби. Тому подібне тепловізійне обстеження має проводитися при погодних умовах і часу доби, коли паразитні теплові поля мінімальні.

40 На Фіг. 2б наведена термограма бічної поверхні сховища рідкого етилену, обстеженого одноелементним тепловізором перед світанком (Фіг. 2а) після повного охолодження поверхонь, розігрітих вдень. На термограмі видно, що основний витік холоду відбувається через дах сховища; крім того, на бічній поверхні виявлена область провислої ізоляції (вказана стрілкою). На термограмі Фіг. 2в наведено фрагмент даху з надлишковими втратами холоду. За результатами термографування були визначені координати дефектних ділянок теплоізоляції шляхом поєднання термограм з кресленнями.

50 Також з урахуванням параметрів зовнішнього середовища (температури повітря і швидкості вітру на даній висоті) і коефіцієнтів випромінювання фарб, що покривають поверхні, були розраховані питомі і загальні втрати холоду з усіх поверхонь сховищ (включаючи днища і даху), проведено порівняння з нормативними даними і зроблені висновки про продовження експлуатації сховища, необхідності ремонту або демонтажу.

55 Спосіб промислово придатний, так як застосовує як відомі технологічні рішення для виготовлення тепловізорів в інфрачервоному діапазоні, так і ноу-хау розробників. Вони розроблені у ФТІНТ НАН України (м. Харків) та застосовуються у наукових дослідженнях більш ніж 10 років. Програмне забезпечення створено з використанням відомих мов програмування та забезпечує отримання температурного зображення, обчислення різних показників (профілю температур вздовж заданого відрізка на зображенні мінімальної, максимальної, середньої температури та ін.), потрібних для оцінки втрат холоду у виробках, в першу чергу, - виробках кріогенної техніки, а також контролю теплоізоляції та дефектоскопії в інших галузях.

Спосіб може ефективно використовуватися для оцінки якості криогенних посудин, виготовлених із матеріалів з високим коефіцієнтом випромінювання або які мають відповідне покриття. Некоректно проводити тепловізійне обстеження, якщо коефіцієнт випромінювання поверхні менше 0,7, наприклад нефарбованих металевих кріостатів.

- 5 Розроблений тепловізійний спосіб може бути використано на приймальних випробуваннях виготовлених криогенних посудин для оцінки їх відповідності стандартам та іншим нормативам, а також у процесі експлуатації для виявлення причини погіршення теплофізичних характеристик посудин (виявлення та локалізація дефектів тріщин та ін.).

Конкретна реалізація способу у винаході детально описана лише з метою ілюстрації.

- 10 Зрозуміло, що на практиці люди, досвідчені в тепловізійній та криогенній техніці, можуть внести деякі зміни і модифікації у пропонований спосіб. Проте, ми вважаємо, що зазначені зміни і модифікації у разі, якщо вони виконані без суттєвих відхилень від даного винаходу, підпадають під його дію.

Таблиця

Спосіб неруйнівного контролю теплоізоляції виробів

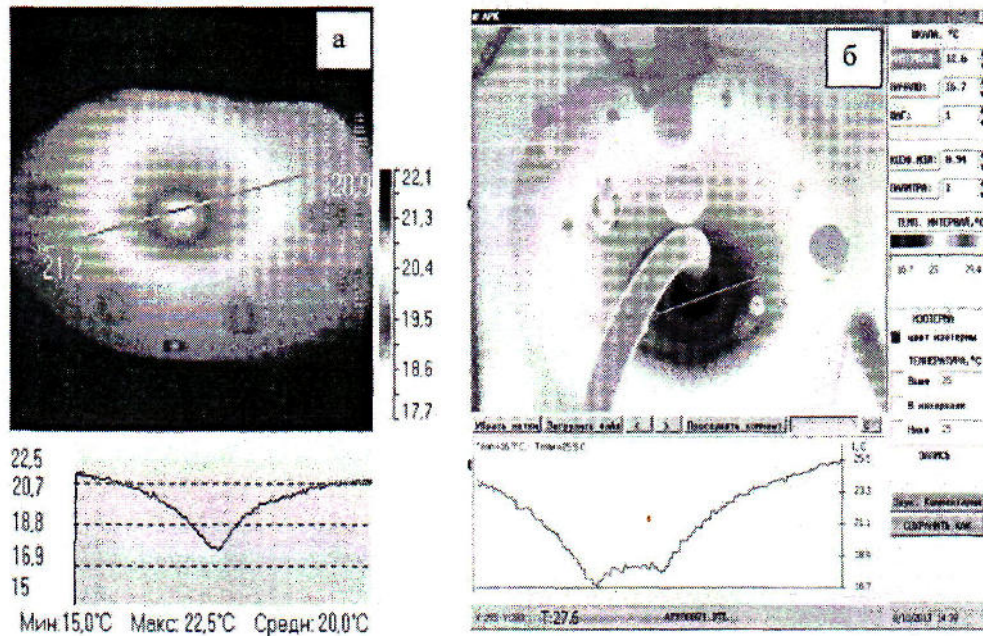
Параметр	Тепловізор	
	Одноелементний	Матричний
Кількість елементів приймача	1	384x288
Робоча температура приймача, С	-196	+20
Спектральний діапазон, мкм	8-14	8-14
Температурна чутливість при 30°C, С	0,1	0,07
Просторова роздільна здатність, мрад.	1,5	1,0
Поле зору, град.	25x25	22x17
Частота кадрів, Гц	1	15

15

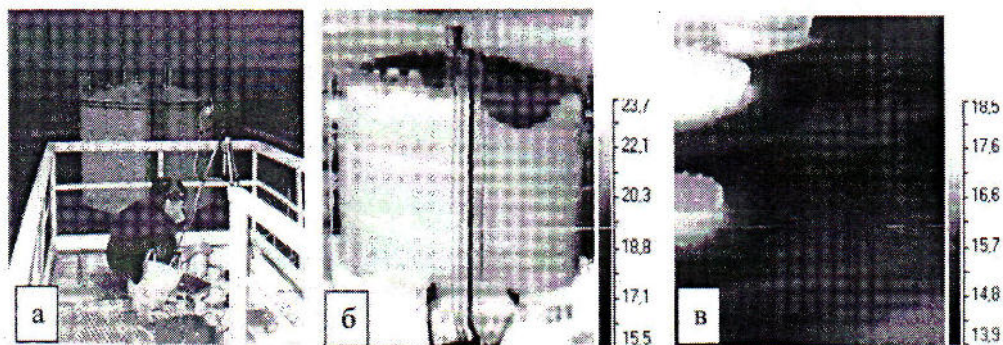
ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

- Спосіб неруйнівного контролю теплоізоляції виробів, що працюють при низьких чи високих температурах та містять щонайменше зовнішню та внутрішню ємності, внутрішня ємність призначена для наповнення криогенною рідиною (скраплений гелій, азот, кисень), зовнішня ємність призначена для вміщення засобів теплоізоляції (вакуумна порожнина, радіаційні екрани, екранно-вакуумна ізоляція чи інші засоби для зменшення припливу тепла у внутрішню ємність), проводять дистанційний контроль температури зовнішньої поверхні виробу та/чи його частин шляхом наповнення виробу чи окремих його частин чи пропусканням через них зазначеної рідини чи вміщенням всередину них джерел холоду, реєстрації температурних зображень за допомогою тепловізійного чи іншого пристрою, який реєструє теплове випромінювання, роблять рисунки, фотографії та креслення виробу, аналізують зазначені зображення та виявляють дефектні області зі зниженою температурою, де мають місце підвищені втрати холоду, який відрізняється тим, що реєструють референтні зображення виробу чи його частин в електронній формі не менш ніж з трьох сторін перед наповненням виробу чи його частин рідиною, наповнюють виріб чи його частини криогенною рідиною, реєструють сигнальні зображення частин виробу чи його частин в електронній формі не менш ніж з трьох сторін після досягнення стаціонарної температури виробу чи його частин, по відповідних сигнальних зображеннях обчислюють середню температуру поверхні виробу чи його частин, обчислюють сумарні втрати холоду зі всієї поверхні виробу чи його частин із урахуванням температури навколишнього середовища, віднімають референтні зображення виробу чи його частин від відповідних сигнальних зображень виробу чи його частин, візуально на різницевих зображеннях визначають розташування (локалізацію) дефектних областей зі зниженою температурою, порівнюють зазначені різниці зображення з електронними кресленнями виробу і на цій основі визначають розташування та тип дефектів конструкції частин виробу, які спричиняють погіршення теплоізоляції, обчислюють мінімальну, середню та максимальну температуру зазначених дефектних областей на різницевих зображеннях виробу чи його частин, обчислюють питомі втрати холоду в кожній дефектній області виробу чи його частин, з урахуванням типу матеріалу, покриття, температури фону та інших факторів, які впливають на випромінювальну здатність поверхні, і у разі, якщо втрати холоду для виробу чи його частин

перевищують нормативні значення, роблять висновок про необхідність ремонту, доопрацювання, технічного обслуговування чи вибраковування виробу чи його частин.



Фіг.1



Фіг.2