



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119582** (13) **C2**  
(51) МПК (2019.01)  
**B64G 1/48** (2006.01)  
**B64G 5/00**  
**G05D 23/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2017 07600</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>18.07.2017</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.07.2019</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>10.05.2018, Бюл.№ 9</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.07.2019, Бюл.№ 13</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Лагутін Анатолій Юхимович (UA), Гоголь Микола Іванович (UA), Дем'яненко Юрій Іванович (UA), Бабич Ігор Петрович (UA), Єланський Юрій Анатолійович (UA), Бігун Сергій Олександрович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2006142577 A, 10.06.2008 RU 2006142578 A, 10.06.2006 RU 2135910 C1, 27.08.1999 RU 2201384 C2, 27.03.2003 GB 2267338 A, 01.12.1993 US 5116759 A, 26.05.1992 US 3287924 A, 21.02.1966 А.И. Скоков, С.В. Каплун, Е.А. Богуцкая, М.С. Хорольский, С.А. Бигун, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ РУКАВОВ СТЫКОВКИ СИСТЕМ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ / А.И. Скоков, С.В. Каплун, Е.А. Богуцкая, М.С. Хорольский, С.А. Бигун // Космическая техника. Ракетное вооружение. 2015. Вып. 1 (108) С.А. Бигун, А.И. Скоков, РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ СТЫКОВКИ СИСТЕМ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ/ А.И. Скоков, С.А. Бигун // Космическая техника. Ракетное вооружение. 2015. Вып. 3 (110)</p>
--	--

**(54) СПОСІБ ТЕРМОСТАТУВАННЯ НИЗЬКОГО ТИСКУ РАКЕТИ-НОСІЯ І СИСТЕМА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до наземного технологічного обладнання космічних ракетних комплексів, ракетно-космічної техніки, зокрема до наземних засобів повітряного термостатування. Відповідно до способу, очищене повітря стискають до 0,35-0,45 МПа, основний потік повітря (70-80 %) охолоджують у кінцевому охолоджувачі гвинтового безмастильного повітряного компресора (ГБПК). Зволожено після регенерації адсорбенту повітря (20-30 %) охолоджують у регенераційному охолоджувачі повітря роторного адсорбційного осушувача повітря (РАОП).

UA 119582 C2

Виділену вологу відводять, що знижує температуру точки роси ( $t_p$ ) повітря до значення мінус 10 °С. Основний і допоміжний потоки змішують і осушують до  $t_p$ =мінус 30 °С у секції осушення повітря РАОП. Осушене повітря охолоджують, розширюють до 0,1-0,102 МПа, підігрівають, очищують і подають до відповідного відсіку ракети-носія.

Повітря охолоджують холодоносієм, що надходить від чилерів.

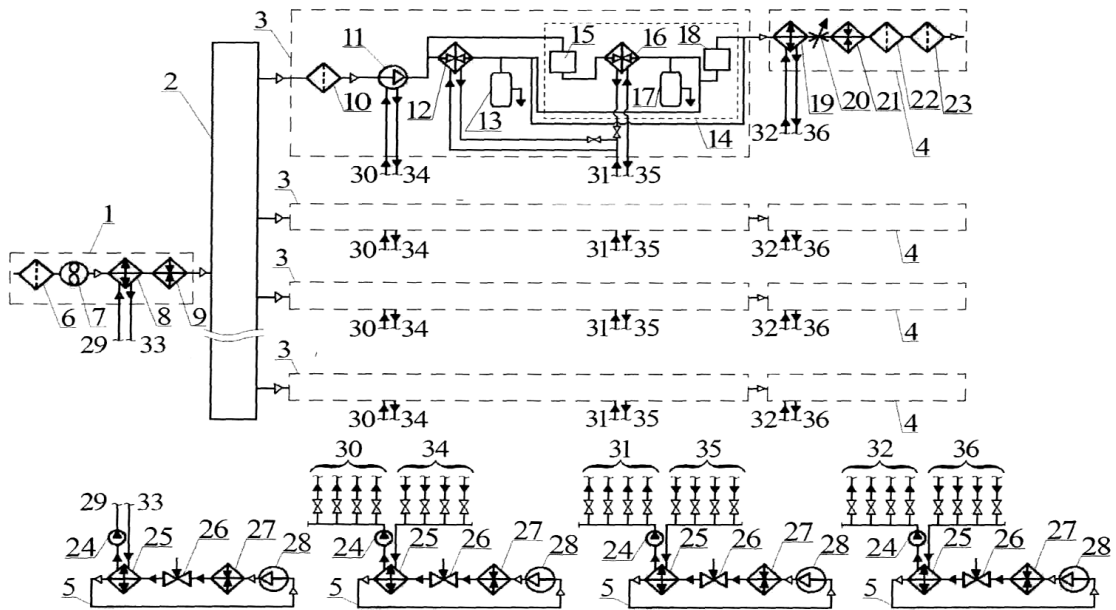
При виході параметрів зовнішнього повітря з робочого діапазону ГБПК, перед подачею до камери розподілу повітря (КР) його температуру доводять до необхідної у блоці попередньої обробки повітря.

Система містить сполучені між собою блок попередньої обробки повітря (БПО), КР, від чотирьох до дев'яти блоків компресії і осушення повітря (БКО), від чотирьох до дев'яти блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря (БДКП) та чотири фреонових чилери. Кожний БКО сполучений з відповідним БДКП. БПО обслуговується першим чилером, кожен з БКО 3 - другим і третім чилерами, кожен з БДКП - четвертим чилером.

Кожний БКО містить послідовно установлені повітряний фільтр грубого очищення, гвинтовий безмастільний повітряний компресор (ГБПК) з кінцевим охолоджувачем, сполученим з першим вологовіддільником, та роторний адсорбційний осушувач повітря (РАОП). РАОП містить секцію осушення повітря, секцію регенерації адсорбенту і регенеративний охолоджувач повітря, сполучений з другим вологовіддільником.

БПО і кожний з БДКП містять обладнання для забезпечення відповідності температурно-вологісних параметрів продукційного повітря вимогам технологічного регламенту.

Запропонований винахід забезпечує працездатність системи термостатування при будь-яких значеннях температури та відносній вологості зовнішнього повітря, зменшення масогабаритних характеристик системи, зниження енерговитрат та підвищення безпеки при її роботі.



Винахід належить до наземного технологічного обладнання космічних ракетних комплексів, ракетно-космічної техніки, зокрема до наземних засобів повітряного термостатування, і призначений для забезпечення та автоматичної підтримки необхідних температурно-вологісних режимів у відсіках ракет-носіїв при стаціонарному розміщенні на пусковій платформі.

5 Відомий спосіб термостатування космічних об'єктів і відсіків ракетноносіїв (див. патент РФ на винахід № 2395435 "Способ и устройство для термостатирования космических объектов и отсеков ракетоносителей", опубл. 27.07.2010 р., бюл. № 21), за яким до початку заправки ракетноносія (РН) рідким воднем в космічний об'єкт, саме у відсіки РН, подають стиснене повітря навколишнього середовища, осушене до необхідної температури точки роси ( $t_p$ ), нагріте або охолоджене до необхідної температури, а з моменту початку заправки РН рідким воднем і до 10 моменту пуску у космічний об'єкт і відсіки РН подають газоподібний азот, який отримують шляхом розділення повітря навколишнього середовища, стисненого до 1,2-1,6 МПа, на газоподібний азот, тиск якого в процесі розділення повітря знижують до необхідної величини на вході у космічний об'єкт і відсіки РН, і газоподібний кисень, який скидають в навколишнє середовище, або стискають і подають на заповнення ресиверів.

15 Спосіб реалізують так. Очищене у фільтрі повітря стискають в компресорі, охолоджують до 12 °С з відділенням крапельної вологи у першому охолоджувачі повітря (ОП) за допомогою холодоносія (води) з температурою 5-7 °С. Для охолодження води використовують градирню або холодильну машину (ХМ), або послідовно установлені градирню та ХМ. Далі повітря охолоджують у другому ОП до 2,5 °С з відділенням крапельної вологи за допомогою холодоносія (антифризу) з температурою мінус 1...мінус 3 °С, для охолодження якого використовують ХМ. В результаті отримують повітря при температурі плюс 2,5 °С з  $t_p$ =мінус 20 25 °С. Підігрів повітря здійснюють у електронагрівачі повітря, і подають його у космічний об'єкт та у відсіки РН.

25 Перед початком заправки РН рідким воднем починають підготовку до подачі газоподібного азоту. Компресор налаштовують на видачу повітря тиском 1,2-1,6 МПа, при цьому тиск повітря на вході в космічний об'єкт і відсіки РН підтримують в необхідному діапазоні за допомогою регульованого дроселя. Стиснене повітря надходить до установки розділення повітря (УРП), де розділяється на газоподібний азот і газоподібний кисень. Газоподібний азот нагрівають в електронагрівачі азоту. Після виходу лінії подачі азоту (ЛПА) на необхідний режим роботи 30 газоподібний азот з температурою і витратою за вимогами технологічного регламенту, надходить в космічний об'єкт і у відсіки РН, створюючи в них нейтральне середовище, що перешкоджає можливості виникнення пожежі в разі витоку рідкого водню, який випаровується і разом з газоподібним азотом видаляється у навколишнє середовище, забезпечуючи всередині космічного об'єкта і відсіків РН температурний режим, необхідний для надійного і безпечного функціонування апаратів і приладів, розміщених в них. Газоподібний кисень з УРП виводиться назовні. Зокрема, його можна стискати і подавати в ресивер для зберігання.

40 Спосіб, що розглядається, потребує використання УРП, ХМ та градирні (градирен) з контуром оборотного водопостачання. Наявність складного обладнання призводить до зниження безпеки способу та зросту енерговитрат.

Відомий спосіб термостатування космічного ракетного комплексу на базі фреонових ХМ (див. Горбенко Г. А. Стартовая система термостатирования космического ракетного комплекса на базе фреоновых холодильных машин [Текст]/ Г.А. Горбенко, Д.В. Чайка, Н.И. Иваненко // Сб. научн. трудов "Вестник НТУ "ХПИ"". Тематический выпуск: "Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование" - № 6.

45 Харьков: НТУ "ХПИ". - 2008. - № 6. - С. 173-177, відповідно до якого повітря стискають у пристрої для стиснення повітря (компресорі або нагнітачі) до тиску за вимогами технології та охолоджують у охолоджувачі повітря (ОП) холодоносієм від випарника фреонової ХМ. Охолоджене і осушене (за рахунок конденсації) повітря подають до вологовіддільника, де сконденсовану вологу відділяють і видаляють з системи, потім повітря дроселюють у підпірному дроселі (для зниження тиску до заданого значення), за необхідності, нагрівають у повітрянагрівачі, і подають до об'єкта термостатування. Холодоносієм за допомогою насоса циркулює по контуру, що включає у себе ОП, буферний бак, допоміжний теплообмінник (ДТ) та випарник фреонової ХМ. З буферного бака холодоносієм надходить в ДТ, де його температура стабілізується на необхідному рівні, а потім надходить до ОП. Підігрітий холодоносієм через регулюючий кран, керований регулятором по сигналу датчика температури, знову надходить у ДТ, де він внаслідок своєї більш високої температури підігріває холодоносієм, що контактує з повітрям.

60 Процес осушення повітря шляхом конденсації вологи на холодній поверхні теплообмінника в енергетичному відношенні є найбільш вигідним тільки на визначеному інтервалі температур

точки роси (тобто, для вирішення задачі осушення повітря до  $t_p$  вище мінус 10 °С), для досягнення температур точки роси нижче мінус 10 °С він малоефективний. Також недоліком даного способу є неможливість забезпечення безперервності осушення повітря через необхідність періодичного відтаювання випарника.

5 Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб термостатування ракети-носія (прототип - див. Барабанов, В.Н. Системы термостатирования универсального стартового  
комплекса ракет-носителей [Текст] / В.Н. Барабанов, А.М. Домашенко, Ю.В. Козлов //  
Технические газы. - 2014. - № 3. - С. 68-71), який реалізують так. Очищене у вхідному фільтрі  
10 повітря подають до нагнітального патрубку турбокомпресору (ТКМ), де стискають до 0,9 МПа. Стиснене повітря охолоджують з відведенням крапельної вологи у кінцевому холодильнику (сполученому з вологовіддільником) ТКМ приблизно до 35 °С, а потім послідовно подають до першого і другого повітряних теплообмінників (ПТО) блока підготовки повітря (БПП), де охолоджують зворотним потоком до 3-5 °С, та осушують із зниженням  $t_p$  до значення мінус 10 °С за рахунок відведення і видалення сконденсованої з повітря вологи через два  
15 вологовіддільники, кожен з яких сполучений з одним із вищезазначених повітряних теплообмінників.

До початку заправки ракети-носія компонентами палива використовують конденсаційне осушення повітря до температури точки роси мінус 10 °С. Осушення повітря в адсорбері до  $t_p$  нижче мінус 30 °С здійснюють з моменту початку заправки ракети-носія компонентами палива.

20 В режимі видачі повітря з  $t_p = -10$  °С його подають до першого ПТО - для охолодження повітря, що надходить від компресорів.

В режимі видачі повітря з  $t_p$  нижче мінус 30 °С його подають до адсорбційного осушувача повітря (АОП) з адсорберами, що перемикаються, де осушують шляхом пропускання крізь шар адсорбенту, а потім - до першого ПТО для охолодження повітря, що надходить від ТКМ.

25 Далі в обох режимах повітря подають через детандерний фільтр до турбодетандера (ТД), де розширюють із зниженням температури до мінус 7... мінус 10 °С. Охолоджене повітря через третій ПТО надходить до четвертого ПТО, де підігрівається до температури не нижче мінус 3 °С, а потім - до другого ПТО для охолодження повітря, що надходить від першого ПТО. Одну частину підігрітого у другому ПТО повітря з температурою 10...15 °С подають до  
30 електронагрівачів вузла розподілу повітря (ВРП), а другу частину - до четвертого ПТО, де охолоджують до 8 °С зворотним потоком, і також подають до електронагрівачів ВРП. Підігріте в електронагрівачах до температури за вимогами технології повітря очищують у фільтрах тонкого очищення і подають у відповідні відсіки ракети-носія.

Даний спосіб має такі недоліки.

35 Наявність великої кількості енерговитратного обладнання із значними масогабаритними характеристиками (система оборотного водопостачання, адсорбери, що перемикаються, ТД, теплообмінники "повітря-повітря") знижує енергетичну ефективність способу та надійність функціонування системи автоматизації та контрольно-вимірвальних приладів, необхідну для  
40 забезпечення вимог техніки безпеки при його реалізації. Використання теплообмінників "повітря-повітря" призводить до збільшення маси і габаритів установки, додаткових витрат напору потоком повітря. Як адсорбент використовують цеоліт марки NaX, який дає  $t_p =$  мінус 70 °С, тоді як достатньо мати  $t_p =$  мінус 30 °С; цеоліт має схильність до стирання, тому установлюють додаткові фільтри після вузла сорбції, та вимагає високої температури десорбції (215-260 °С) і значної потужності для здійснення регенерації. При роботі системи оборотного водопостачання втрати на випарування води в умовах її дефіциту вимагають додаткових  
45 витрат.

Відомий пристрій для термостатування космічних об'єктів і відсіків ракетноносіїв, що заправляються рідким воднем (див. патент РФ на винахід № 2395435 "Способ и устройство для термостатирования космических объектов и отсеков ракетноносителей", опубл. 27.07.2010 р.,  
50 бюл. № 21), що містить лінію подачі повітря (ЛПП), на якій послідовно встановлені: забірний пристрій, фільтр, компресор, повітряна заслінка, два охолоджувачі повітря і пов'язані з ними рідинними магістралями з запірною-регулюючою арматурою ємності охолодженої рідини, насоси, джерела холоду (градирня або ХМ, або градирня і встановлена після неї ХМ), електронагрівач повітря (ЕП), і лінію подачі азоту, на якій встановлені азотна заслінка і електронагрівач азоту  
55 (ЕА), з'єднану з ЛПП з одного боку - між компресором і повітряною заслінкою, з іншого боку - через заслінку після ЕП, і через третю заслінку з'єднану з навколишнім середовищем. Пристрій забезпечений регульованим дроселем, встановленим на ЛПП перед першим ОП, і установкою розділення повітря на газоподібний азот і газоподібний кисень, встановленою на ЛПА перед ЕА. Лінія подачі газоподібного кисню з УРП з'єднана з навколишнім середовищем, або на ній

встановлений кисневий компресор, з'єднаний з ресивером для зберігання запасу стисненого кисню.

5 Пристрій за патентом РФ № 2395435 має такі недоліки. УРП збільшує енергоємність та вартість системи, зменшує її надійність. Наявність градирні (градирен) з контуром оборотного водопостачання, ХМ, УРП призводить до збільшення масогабаритних характеристик системи. При роботі пристрою, крім газоподібного азоту, одержують газоподібний кисень, який накопичується в ресивері. Як далі його використовують, невідомо.

10 Відома система термостатування космічного ракетного комплексу на базі фреонових ХМ (див. Горбенко Г.А. Стартовая система термостатирования космического ракетного комплекса на базе фреоновых холодильных машин [Текст] / Г.А. Горбенко, Д.В. Чайка, Н.И. Иваненко // Сб. научн. трудов "Вестник НТУ "ХПИ"". Тематический выпуск: "Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование" - № 6 Харьков: НТУ "ХПИ". - 2008. - № 6. - С. 173-177), яка містить пристрій для стиснення повітря (компресор або нагнітач), охолоджувач повітря, вологовіддільник (ВВ), підпірний дросель (ПД), повітрянагрівач, систему охолодження

15 холодоносія, запірно-регулюючу арматуру і контрольно-вимірювальні прилади та автоматику (в тому числі, регулюючий кран, керований регулятором по сигналу датчика температури). Система охолодження холодоносія містить фреонову ХМ, насос для холодоносія, буферний бак та допоміжний теплообмінник для підтримання температури холодоносія.

20 Перелічені вузли системи сполучені між собою так. Вихід нагнітача (або компресора) сполучений з входом повітряної порожнини ОП, вихід якої сполучений з входом ВВ, який сполучений з ПД, сполученим з входом повітрянагрівача, вихід якого сполучений з трубопроводом подачі продукційного потоку повітря до об'єкта термостатування. Вихід порожнини холодоносія випарника фреонової ХМ сполучений через буферний бак (за допомогою насоса для холодоносія) з першим входом ДТ, перший вихід якого сполучений із

25 входом порожнини холодоносія ОП, вихід якої сполучений через регулюючий кран із входом порожнини холодоносія випарника фреонової ХМ, а також - з другим входом ДТ, другий вхід якого також сполучений з входом порожнини холодоносія випарника фреонової ХМ.

Недоліками системи є низька ефективність її роботи при необхідності досягнення температури точки роси нижче мінус 10 °С; для забезпечення безперервності процесу осушення повітря необхідно в схемі установки мати два випарники, які будуть по черзі працювати в режимі відтаювання; для відділення води, що утворилася, або льоду з осушеного повітря необхідно застосовувати додаткові сепаратори, інакше кінцевий вологовміст повітря може виявитися вище заданого.

30 Найбільш близькою до системи, що заявляється, є система термостатування ракети-носія космічного призначення 11Г369 (прототип - див. Барабанов, В.Н., Системы термостатирования универсального стартового комплекса ракет-носителей [Текст] / В.Н. Барабанов, А.М. Домашенко, Ю.В. Козлов // Техническое газы. - 2014. - № 3. - С. 68-71), до складу якої входять вхідний фільтр, відділення компресора, блок підготовки повітря, вузол розподілу повітря та вузол термостатування палива (ВТП).

40 Відділення компресора містить турбокомпресор з кінцевим холодильником, сполученим з вологовіддільником (ВВ). Блок підготовки повітря містить чотири повітряних теплообмінники, перший і другий з яких обладнані вологовіддільниками, адсорбційний осушувач повітря з адсорберами, що перемикаються, детандерний фільтр, встановлений на вході турбодетандера та турбодетандер (ТД). ВРП містить електронагрівачі та фільтри тонкого очищення повітря. ВТП

45 містить теплообмінники, сполучені з третім повітряним теплообмінником БПП, встановленим після АОП, та з турбодетандером. Контур охолодження повітря (в тому числі, кінцевий холодильник ТКМ, сполучений з вологовіддільником) і контур охолодження робочих елементів ТКМ сполучені з системою оборотного водопостачання.

50 Вузли системи 11Г369 пов'язані між собою так. Повітряний фільтр сполучений зі всмоктувальним патрубком ТКМ, на лінії нагнітання якого встановлений кінцевий холодильник. Вихід кінцевого холодильника через ВВ сполучений з першим входом першого повітряного теплообмінника БПП, перший вихід якого сполучений з входом встановленого після нього вологовіддільника, вихід якого сполучений з першим входом другого ПТО, перший вихід якого

55 сполучений з входом встановленого після нього ВВ, вихід якого сполучений з входом АОП з адсорберами, що перемикаються, а також з другим входом першого ПТО. Вихід АОП сполучений із першим входом третього ПТО, перший вихід якого сполучений з другим входом першого ПТО, другий вихід якого сполучений через детандерний фільтр з входом турбодетандера, вихід якого сполучений з першим входом четвертого ПТО, перший вихід якого

60 сполучений з другим входом другого ПТО, другий вихід якого сполучений з другим входом четвертого ПТО. Другі виходи четвертого та другого ПТО сполучені з повітряними порожнинами

електронагрівачів ВРП, які сполучені через фільтри тонкого очищення з відсіками ракети-носія. Вихід ТД також сполучений з входами теплообмінників ВТП, виходи якого сполучений з другим входом третього ПТО, другий вихід якого сполучений з першим входом четвертого ПТО.

Система за прототипом має такі недоліки:

- 5 - відведення теплоти стиснення повітря за допомогою системи оборотного водопостачання потребує додаткового обладнання (градирня, насос, вентилятор);
- наявність адсорберів, що перемикаються, збільшує масогабаритні характеристики вузла сорбції, а також енергоспоживання системи; кожен з адсорберів розрахований на роботу протягом 30 годин, після чого потрібна регенерація адсорбенту; повітря нагрівають в електронагрівачі вузла регенерації адсорбера до температури 215-260 °С і подають у відключений адсорбер; здійснення регенерації потребує значної потужності (в системі використовують електронагрівачі потужністю 50 кВт);
- 10 - турбодетандер - машина з унікальними характеристиками, яка проектується і виготовляється за індивідуальним проектом; таке рішення вимагає додаткових капітальних витрат; у даній системі застосування ТД виправдано тим, що його використовують як джерело холоду (на рівні мінус 60...мінус 70 °С) для термостатування палива і повітря;
- 15 - в системі використані теплообмінники "повітря-повітря", що призводить до збільшення її масогабаритних характеристик і додаткових втрат напору потоком повітря;
- система 11Г369 є досить складним набором енерговитратних агрегатів, поєднаних між собою системою трубопроводів і байпасів, в якій використовують як прямі, так і зворотні потоки повітря; для розміщення системи на стартовій платформі потрібна значна площа, через те, що агрегати мають великі габарити, і, відповідно, велику масу;
- 20 - система за прототипом потребує використання унікального обладнання, що створювалося в умовах суворої секретності і відсутності на ринку необхідного промислового устаткування для стиснення, охолодження і осушення повітря; більшість її агрегатів і вузлів є енерговитратними - під час проектування і створення даної системи проблеми дефіциту енергії не існувало.

В основу винаходу способу термостатування низького тиску ракети-носія поставлено задачу удосконалення процесу термостатування ракети-носія за рахунок стиснення повітря до низького тиску, попередньої обробки (нагрівання чи охолодження) повітря перед стисненням та використання роторного АОП.

Поставлена задача вирішена використанням відомих суттєвих ознак: атмосферне повітря очищують, стискають, потім охолоджують та осушують із зниженням температури точки роси до значення мінус 10 °С шляхом відведення і видалення сконденсованої вологи у вологовіддільниках, осушують у адсорбційному осушувачі повітря з подальшим зниженням температури точки роси, доводять до температури і тиску за вимогами технології, підігрівають, очищують та подають до відповідного відсіку ракети-носія, та використанням нових суттєвих ознак: осушення повітря до температури точки роси мінус 30 °С здійснюють у роторному адсорбційному осушувачі повітря, при цьому з блока попередньої обробки повітря очищене повітря вентилятором подають до камери розподілу повітря, звідти, через повітряні фільтри грубого очищення, - до гвинтового безмастильного повітряного компресора кожного з блоків компресії і осушення повітря, стиснене до 0,35-0,45 МПа повітря розділяють на два потоки, основний з яких (70...80 %) охолоджують у кінцевому охолоджувачі гвинтового безмастильного повітряного компресора холодоносієм від сполученого з ним чилера, видалену з повітря вологу видаляють і відводять у сполученому з кінцевим охолоджувачем першому вологовіддільнику, що знижує температуру точки роси повітря до значення мінус 10 °С, допоміжний потік повітря (20...30 %) подають до секції регенерації адсорбенту, де повітря контактує з насиченим адсорбентом, зволожене повітря подають до регенераційного охолоджувача повітря, де охолоджують холодоносієм від сполученого з ним чилера, виділену вологу видаляють і відводять у сполученому з регенераційним охолоджувачем повітря другому вологовіддільнику, що знижує температуру точки роси повітря до значення мінус 10 °С, потім основний і допоміжний потоки повітря змішують і подають до секції осушення повітря, де повітря контактує з сухим адсорбентом, осушене до температури точки роси мінус 30 °С повітря охолоджують у повітроохолоджувачі кожного з блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря холодоносієм від сполученого з ним чилера, розширюють до тиску 0,1-0,102 МПа у дросельному вентилі, підігріте у електронагрівачі повітря подають повітряного фільтра грубого очищення та повітряного фільтра тонкого очищення.

При виході параметрів зовнішнього повітря з робочого діапазону експлуатації гвинтових повітряних компресорів його температуру доводять до значень робочого діапазону обладнання у блоці попередньої обробки повітря, перед подачею до камери розподілу повітря.

Технічний результат - забезпечення можливості здійснення заявленого способу при виході параметрів зовнішнього повітря з робочого діапазону експлуатації гвинтових повітряних компресорів за рахунок попередньої обробки повітря перед всмоктуванням і стисненням, а також зниження енерговитрат та підвищення безпеки даного способу при його реалізації.

5 Використання сукупності відомих та нових суттєвих ознак реалізовувати заявлений спосіб при будь-яких значеннях температур зовнішнього повітря та його відносної вологості 20-100 %.

10 Осушення повітря до температури точки роси мінус 30 °С у роторному адсорбційному осушувачі повітря дозволяє виключити втрати повітря на регенерацію адсорбенту, значно зменшити опір АОП (до 200 Па замість 20000 Па) та забезпечити безперервність адсорбції та десорбції.

Попередня обробка повітря перед всмоктуванням і стисненням, коли параметри зовнішнього повітря виходять за межі робочого діапазону повітряного гвинтового компресору (підігрів до температури вище 5 °С, або охолодження до 35 °С і нижче) дозволяє здійснювати спосіб при будь-яких значеннях параметрів зовнішнього повітря навколишнього середовища.

15 В основу винаходу системи термостатування ракети-носія низького тиску ракети-носія поставлено задачу удосконалення системи термостатування ракети-носія низького тиску за рахунок введення блока попередньої обробки повітря та застосування роторних адсорбційних осушувачів повітря.

20 Поставлена задача вирішена використанням відомих суттєвих ознак: система термостатування низького тиску ракети-носія містить сполучені між собою повітряний фільтр, установлений на вході повітряного безмастильного повітряного компресора, безмастильний повітряний компресор, обладнаний контуром охолодження повітря з кінцевим охолоджувачем, сполученим з вологовіддільником, і контуром охолодження робочих елементів компресора, вологовіддільники, адсорбційний осушувач повітря, блок доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, який містить електронагрівач та повітряний фільтр тонкого очищення, та використанням нових суттєвих ознак: система додатково містить блок

25 попередньої обробки повітря, утворений сполученими між собою вхідним повітряним фільтром грубого очищення, вентилятором, повітроохолоджувачем та електронагрівачем, камеру розподілу повітря, блоки компресії і осушення повітря, кожен з яких утворений сполученими між собою повітряним фільтром грубого очищення, установленим на вході повітряного гвинтового

30 безмастильного компресору, повітряним гвинтовим безмастильним компресором з кінцевим охолоджувачем, першим і другим вологовіддільниками та роторним адсорбційним осушувачем повітря, який містить секцію регенерації адсорбенту, секцію осушення повітря та регенераційний охолоджувач повітря, сполучений з другим вологовіддільником, блоки доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, кожен з яких додатково містять

35 повітроохолоджувач, дросельний клапан та повітряний фільтр грубого очищення, і чотири фреонових чилери з повітряним охолодженням конденсаторів для охолодження холодоносія, при цьому кожний блок компресії і осушення повітря сполучений з відповідним блоком доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, блок попередньої обробки повітря підключений до першого чилера, блоки компресії і осушення повітря - до другого та третього

40 чилерів, а блоки доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря - до четвертого чилера, при цьому вхід вентилятора блока попередньої обробки повітря сполучений з вхідним повітряним фільтром грубого очищення, а вихід - з входом повітряної порожнини повітроохолоджувача блока попередньої обробки повітря, порожнина холодоносія якого через перший насос холодоносія сполучена з випарником першого чилера, а вихід повітряної

45 порожнини сполучений з входом повітряної порожнини електронагрівача блока попередньої обробки повітря, вихід якої сполучений з камерою розподілу повітря, яка сполучена з повітряними фільтрами грубого очищення кожного з блоків компресії і осушення повітря, вихід повітряного фільтра грубого очищення кожного з блоків компресії і осушення повітря сполучений зі всмоктувальним патрубком гвинтового повітряного безмастильного компресора,

50 контур охолодження робочих елементів якого через другий насос холодоносія сполучений з випарником другого чилера, нагнітальний патрубок сполучений з входом повітряної порожнини його кінцевого охолоджувача та з входом секції регенерації адсорбенту, вихід якої сполучений з входом повітряної порожнини регенераційного охолоджувача повітря, вихід якого через другий вологовіддільник сполучений з входом секції осушення повітря, вихід повітряної порожнини

55 кінцевого охолоджувача сполучений через перший вологовіддільник з входом секції осушення повітря, при цьому порожнини холодоносія кінцевого охолоджувача та регенераційного охолоджувача повітря через третій насос холодоносія сполучені з випарником третього чилера, вихід секції осушення повітря сполучений з входом повітряної порожнини повітроохолоджувача відповідного блока доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, вихід якої

60 сполучений з входом дросельного клапана, а порожнина холодоносія цього

повітроохолоджувача сполучена через четвертий насос холодоносія з випарником четвертого чилера, вихід дросельного вентиля сполучений з повітряною порожниною електронагрівача даного блока доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, яка через повітряний фільтр грубого очищення та повітряний фільтр тонкого очищення сполучена з відсіками ракети-носія.

Система містить від чотирьох до дев'яти блоків компресії і осушення повітря, та, відповідно, від чотирьох до дев'яти блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, при цьому кількість блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря дорівнює кількості блоків компресії і осушення повітря.

Технічний результат - забезпечення працездатності заявленої системи при виході параметрів зовнішнього повітря з робочого діапазону експлуатації гвинтових повітряних компресорів, зменшення масогабаритних характеристик та зниження енерговитрат при її роботі.

Використання сукупності відомих та нових суттєвих ознак дозволяє забезпечити працездатність заявленої системи при будь-яких значеннях температур та відносної вологості зовнішнього повітря. Використання роторних адсорбційних осушувачів повітря і фреонових чилерів з повітряним охолодженням конденсаторів дозволяє зменшити кількість встановленого обладнання і, відповідно, габарити системи термостатування.

Винахід, що заявляється, пояснюється кресленням.

Спосіб термостатування низького тиску ракети-носія здійснюють у системі термостатування низького тиску ракети-носія, що містить сполучені між собою блок попередньої обробки повітря (БПО) 1, камеру розподілу повітря (КР) 2, блоки компресії і осушення повітря (БКО) 3, блоки доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря (БДКП) 4, при цьому кожний блок компресії і осушення повітря 3 сполучений з відповідним блоком доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря 4, та фреонові чилери 5 з повітряним охолодженням конденсаторів для охолодження холодоносія.

Система може містити від чотирьох до дев'яти БКО 3, та, відповідно, від чотирьох до дев'яти БДКП 4. Кількість блоків компресії і осушення повітря 3 дорівнює кількості блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря 4, при цьому кожна пара БКО 3-БДКП 4 обслуговує окремий відповідний відсік ракети-носія.

Блок попередньої обробки повітря (БПО) 3 містить сполучені між собою вхідний повітряний фільтр грубого очищення (ПФГО) 6, вентилятор 7, повітроохолоджувач (ПО) 8 та електронагрівач 9.

Кожен блок компресії і осушення повітря (БКО) 3 включає сполучені між собою повітряний фільтр грубого очищення 10, гвинтовий безмастильний повітряний компресор (ГБПК) 11 з кінцевим охолоджувачем (КО) 12, сполученим з першим вологовіддільником (ВВ) 13, обладнаний контуром охолодження повітря і контуром охолодження робочих елементів, та роторний адсорбційний осушувач повітря (РАОП) 14, що містить секцію осушення повітря 18, секцію регенерації адсорбенту 15 і регенеративний охолоджувач повітря (РО) 16, сполучений з другим ВВ 17.

Кожен блок доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря (БДКП) 4 містить повітроохолоджувач 19, дросельний вентиль (ДВ) 20, електронагрівач 21, повітряний фільтр грубого очищення 22 та повітряний фільтр тонкого очищення (ПФТО) 23.

Кожен чилер 5 складається з компресора 28, конденсатора 27 з повітряним охолодженням, терморегулюючого вентиля 26 та випарника 25.

Перелічені вузли і елементи системи сполучені між собою таким чином.

Вхід вентилятора 7 блока попередньої обробки повітря 1 сполучений з вхідним повітряним фільтром грубого очищення 6, а вихід з входом повітряної порожнини ПО 8 БПО 1, порожнина теплоносія якого через перший насос холодоносія (НХ) 24 сполучена технологічними трубопроводами (ТТ) 29, 33 з випарником першого чилера 5, вихід повітряної порожнини ПО 8 сполучений з входом повітряної порожнини електронагрівача 9, вихід якої сполучений з КР 2. Камера розподілу повітря 2 сполучена з повітряними фільтрами грубого очищення 10 кожного БКО 3. Вихід ПФГО 10 кожного з блоків компресії і осушення повітря 3 сполучений зі всмоктувальним патрубком ГБПК 11, контур охолодження робочих елементів якого сполучений через другий НХ 24 технологічними трубопроводами 30, 34 з випарником 25 другого чилера 5. Нагнітальний патрубок ГБПК 11 сполучений з входом повітряної порожнини КО 12, та з входом секції регенерації адсорбенту 15 РАОП 14. Вихід секції регенерації адсорбенту 15 РАОП 14 сполучений з входом повітряної порожнини регенераційного охолоджувача повітря 16 РАОП 14, вихід якої через другий ВВ 17 сполучений з входом секції осушення повітря 18 РАОП 14. Вихід повітряної порожнини КО 12 сполучений через перший ВВ 13 з входом секції осушення повітря 18 РАОП 14. При цьому порожнини теплоносія кінцевого охолоджувача 12 та РО 16 РАОП 14

через третій НХ 24 за допомогою ТТ 31, 35 сполучені з випарником 25 третього чилера 5. Вихід секції осушення повітря 18 РАОП 14 сполучений з входом повітряної порожнини ПО 19 відповідного БДКП 4, вихід якої сполучений з входом ДВ 20. Порожнина теплоносія ПО 19 сполучена через четвертий НХ 24 за допомогою ТТ 32, 36 з випарником 25 четвертого чилера 5.

5 Вихід ДВ 20 сполучений з повітряною порожниною електронагрівача 21, яка через ПФГО 22 та ПФТО 23 сполучена з відсіками ракети-носія.

Спосіб, що заявляється, реалізують наступним чином.

10 Атмосферне повітря подають до вхідного ПФГО 6 блока попередньої обробки 1, звідки очищене повітря вентилятором 7 подають до КР 2. З КР 2 повітря через ПФГО 10 кожного з БКО 3 подають до ГБПК 11, де стискають до 0,35-0,45 МПа. Стиснене повітря розділяють на два потоки, основний з яких (70-80 %) охолоджують у кінцевому охолоджувачі 12 ГБПК 11 холодоносієм, що надходить від випарника 25 третього чилера 5, виділену з повітря вологу видаляють і відводять у сполученому з КО 12 першому ВВ 13, що забезпечує температуру точки

15 адсорбенту 15 роторного адсорбційного осушувача повітря 14, де повітря контактує з насиченим адсорбентом, звідти зволене повітря подають до регенераційного охолоджувача повітря 16 РАОП 14, де охолоджують холодоносієм, що надходить від випарника 25 третього чилера 5, виділену вологу видаляють і відводять у сполученому з РО 16 РАОП 14 другому ВВ 17, що забезпечує  $t_p$ =мінус 10 °С. Далі основний і допоміжний потоки повітря змішують і

20 подають до секції осушення повітря 18 РАОП 14, де осушують до  $t_p$ =мінус 30 °С шляхом контакту повітря з сухим адсорбентом. Осушене до  $t_p$ =мінус 30 °С повітря подають до ПО 19 відповідного БДКП 4, де охолоджують холодоносієм, що надходить від випарника 25 четвертого чилера 5, розширюють до 0,1-0,102 МПа у ДВ 20, та подають до повітряної порожнини електронагрівача 21. Підігріте повітря очищують у ПФГО 22 і ПФТО 23, після чого подають до

25 відповідного відсіку ракети-носія.

Якщо температура атмосферного повітря вища за 35 °С, очищене у вхідному ПФГО 6 БПО 1 повітря вентилятором 7 подають до повітроохолоджувача 8, де охолоджують холодоносієм, що надходить від випарника 25 першого чилера 5, а потім - до камери розподілу повітря 2.

30 Якщо температура атмосферного повітря нижча за 5 °С, очищене у вхідному ПФГО 6 блока попередньої обробки 1 повітря вентилятором 7 підігрівають у електронагрівачі 9, а потім подають до КР 2.

Охолодження повітря на кожному етапі його обробки здійснюють холодоносієм (технічною водою), що надходить від чилерів 5, з температурою за вимогами технології. При цьому БПО 1 обслуговується першим чилером 5, кожен з БКО 3 - другим і третім чилерами 5, кожен з БДКП 4

35 - четвертим чилером 5.

Осушення повітря до температури точки роси мінус 30 °С у РАОП 14 здійснюють з моменту початку заправки ракети-носія компонентами палива.

40 До початку заправки ракети-носія компонентами палива використовують лише конденсаційне осушення повітря до  $t_p$ =мінус 10 °С - у кінцевому охолоджувачі 12 ГБПК 11. Виділену з повітря вологу видаляють і відводять у сполученому з КО 12 першому ВВ 13. Далі охолоджене і осушене повітря подають до відповідного БДКП 4. В такому режимі роботи системи РАОП 14 відключений.

45 Запропоноване технічне рішення забезпечує працездатність системи термостатування при будь-яких значеннях температури та відносній вологості зовнішнього повітря, зменшення масогабаритних характеристик системи, зниження енерговитрат та підвищення безпеки при її роботі.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

50 1. Спосіб термостатування низького тиску ракети-носія, відповідно до якого атмосферне повітря очищують, стискають, потім охолоджують та осушують із зниженням температури точки роси до значення мінус 10 °С шляхом відведення і видалення сконденсованої вологи у вологовіддільниках, осушують у адсорбційному осушувачі повітря з подальшим зниженням

55 температури точки роси, доводять до температури і тиску за вимогами технології, підігрівають, очищують та подають до відповідного відсіку ракети-носія, який **відрізняється** тим, що осушення повітря до температури точки роси мінус 30 °С здійснюють у роторному адсорбційному осушувачі повітря, при цьому з блока попередньої обробки повітря очищене

60 повітря вентилятором подають до камери розподілу повітря, звідти, через повітряні фільтри грубого очищення - до гвинтового безмастильного повітряного компресора кожного з блоків компресії і осушення повітря, стиснене до 0,35-0,45 МПа повітря розділяють на два потоки,

основний з яких (70-80 %) охолоджують у кінцевому охолоджувачі гвинтового безмастильного повітряного компресора холодоносієм від сполученого з ним чилера, вологу видаляють і відводять у сполученому з кінцевим охолоджувачем першому вологовіддільнику, що знижує температуру точки роси повітря до значення мінус 10 °С, допоміжний потік повітря (20-30 %) подають до секції регенерації адсорбенту, де повітря контактує з насиченим адсорбентом, зволожене повітря подають до регенераційного охолоджувача повітря, де охолоджують холодоносієм від сполученого з ним чилера, виділену вологу видаляють і відводять у сполученому з регенераційним охолоджувачем повітря другому вологовіддільнику, що знижує температуру точки роси повітря до значення мінус 10 °С, потім основний і допоміжний потоки повітря змішують і подають до секції осушення повітря, де повітря контактує з сухим адсорбентом, осушене до температури точки роси мінус 30 °С повітря охолоджують у повітроохолоджувачі кожного з блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря холодоносієм від сполученого з ним чилера, розширюють до 0,1-0,102 МПа у дросельному вентилі, підігріте у електронагрівачі повітря подають до повітряного фільтра грубого очищення та повітряного фільтра тонкого очищення.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що перед подачею повітря до камери розподілу повітря його температуру доводять до значень робочого діапазону обладнання у блоці попередньої обробки повітря.

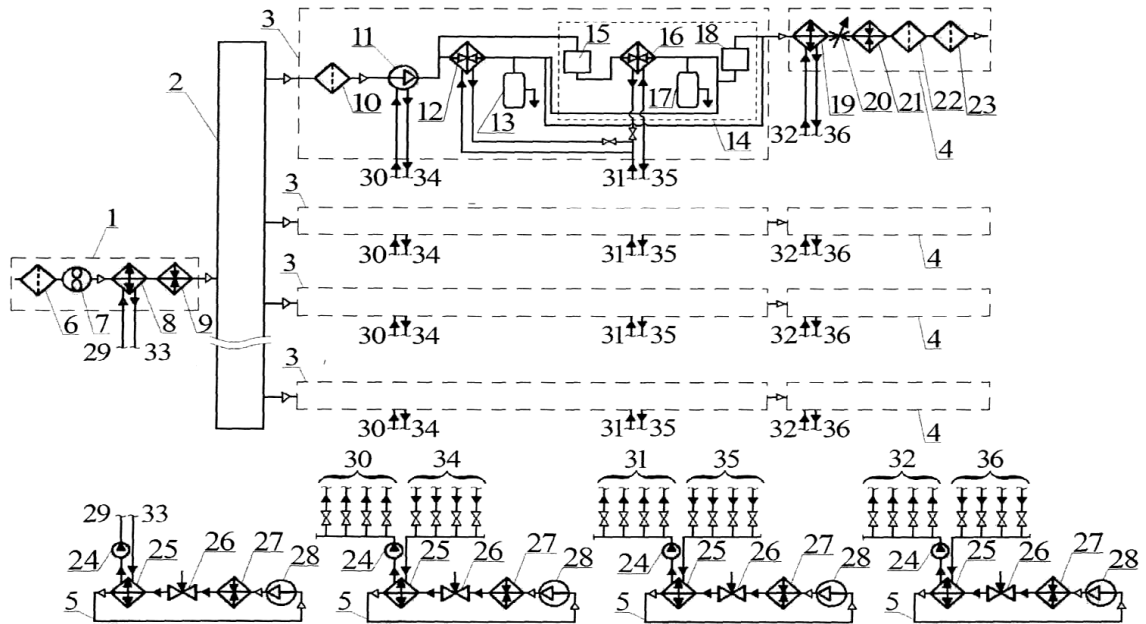
3. Система термостатування низького тиску ракети-носія, що містить сполучені між собою повітряний фільтр, установлений на вході повітряного безмастильного повітряного компресора, безмастильний повітряний компресор, обладнаний контуром охолодження повітря з кінцевим охолоджувачем, сполученим з вологовіддільником, і контуром охолодження робочих елементів компресора, вологовіддільники, адсорбційний осушувач повітря, блок доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, який містить електронагрівач та повітряний фільтр тонкого очищення, яка **відрізняється** тим, що вона додатково містить блок попередньої обробки повітря, утворений сполученими між собою вхідним повітряним фільтром грубого очищення, вентилятором, повітроохолоджувачем та електронагрівачем, камеру розподілу повітря, блоки компресії і осушення повітря, кожен з яких утворений сполученими між собою повітряним фільтром грубого очищення, установленим на вході повітряного гвинтового безмастильного компресора, повітряним гвинтовим безмастильним компресором з кінцевим охолоджувачем, першим і другим вологовіддільниками та роторним адсорбційним осушувачем повітря, який містить секцію регенерації адсорбенту, секцію осушення повітря та регенераційний охолоджувач повітря, сполучений з другим вологовіддільником, блоки доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, кожен з яких додатково містить повітроохолоджувач, дросельний ventиль та повітряний фільтр грубого очищення, і чотири фреонових чилери з повітряним охолодженням конденсаторів для охолодження холодоносія, при цьому кожний блок компресії і осушення повітря сполучений з відповідним блоком доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, блок попередньої обробки повітря підключений до першого чилера, блоки компресії і осушення повітря - до другого та третього чилерів, а блоки доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря - до четвертого чилера, при цьому вхід вентилятора блока попередньої обробки повітря сполучений з вхідним повітряним фільтром грубого очищення, а вихід - з входом повітряної порожнини повітроохолоджувача блока попередньої обробки повітря, порожнина холодоносія якого через перший насос холодоносія сполучена з випарником першого чилера, а вихід повітряної порожнини сполучений з входом повітряної порожнини електронагрівача блока попередньої обробки повітря, вихід якої сполучений з камерою розподілу повітря, яка сполучена з повітряними фільтрами грубого очищення кожного з блоків компресії і осушення повітря, вихід повітряного фільтра грубого очищення кожного з блоків компресії і осушення повітря сполучений з всмоктувальним патрубком гвинтового повітряного безмастильного компресора, контур охолодження робочих елементів якого через другий насос холодоносія сполучений з випарником другого чилера, нагнітальний патрубок сполучений з входом повітряної порожнини його кінцевого охолоджувача та з входом секції регенерації адсорбенту, вихід якої сполучений з входом повітряної порожнини регенераційного охолоджувача повітря, вихід якого через другий вологовіддільник сполучений з входом секції осушення повітря, вихід повітряної порожнини кінцевого охолоджувача сполучений через перший вологовіддільник з входом секції осушення повітря, при цьому порожнини холодоносія кінцевого охолоджувача та регенераційного охолоджувача повітря через третій насос холодоносія сполучені з випарником третього чилера, вихід секції осушення повітря сполучений з входом повітряної порожнини повітроохолоджувача відповідного блока доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, вихід якої сполучений з входом дросельного вентиля, а порожнина холодоносія цього

повітроохолоджувача сполучена через четвертий насос холодоносія з випарником четвертого чилера, вихід дросельного вентиля сполучений і повітряною порожниною електронагрівача даного блока доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, яка через повітряний фільтр грубого очищення та повітряний фільтр тонкого очищення сполучена з відсіками ракетноносія.

5

4. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що містить від чотирьох до дев'яти блоків компресії і осушення повітря, та, відповідно, від чотирьох до дев'яти блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря, при цьому кількість блоків доводки і контролю параметрів продукційного потоку повітря дорівнює кількості блоків компресії і осушення повітря.

10



Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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