



(51) МПК

G06F 11/20 (2006.01)

G06N 10/40 (2022.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G06F 11/20 (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025117920, 28.06.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.06.2025

Дата регистрации:
16.10.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.06.2025

(45) Опубликовано: 16.10.2025 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн.тер.г. Муниципальный
округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.
1, ФГАОУ ВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана",
Амелина Ксения Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Ечестов Владимир Владимирович (RU),
Коробенко Игорь Сергеевич (RU),
Михалин Дмитрий Алексеевич (RU),
Набиева Зарина Зуфаровна (RU),
Родионов Илья Анатольевич (RU),
Сорокин Сергей Васильевич (RU),
Фокин Денис Александрович (RU),
Широков Денис Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2732199 C1, 14.09.2020. RU
2766188 C1, 09.02.2022. RU 2556283 C2,
10.07.2015. US 12352773 B2, 08.07.2025. US
4567847 A1, 04.02.1986.

(54) Модуль рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур

(57) Реферат:

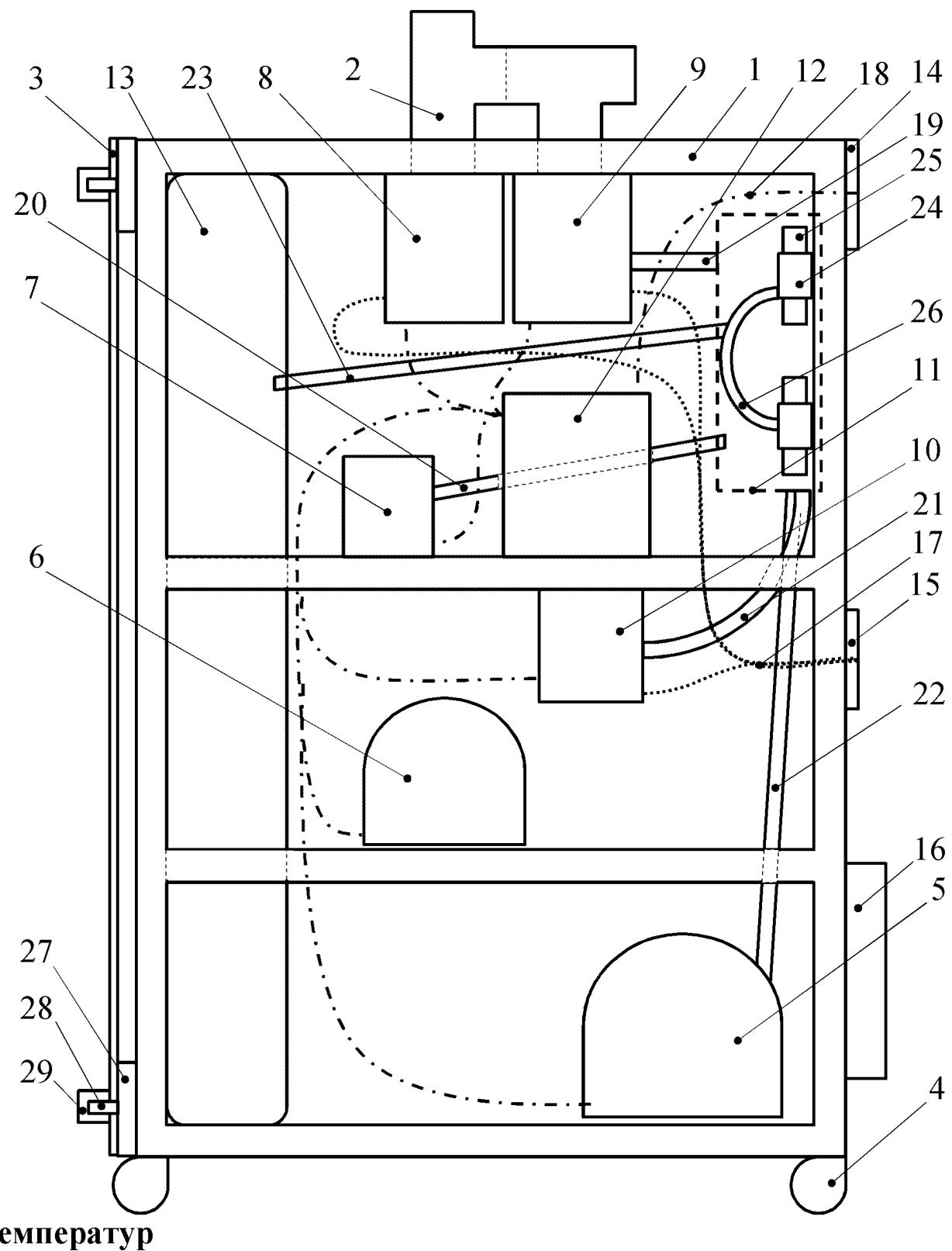
Полезная модель относится к области криогенно-вакуумной техники и может быть использована в составе криостатов сверхнизких температур. Сущность полезной модели заключается в том, что на внешней стороне рамы 1 расположены соединительная панель 14 с разъемами для подключения внешних интерфейсов и органами управления включением-выключением, панель водяного охлаждения 15, держатель азотной ловушки 16, ввод электропитания модуля выполнен через соединительную панель 14 с возможностью распределения электрическим щитком 12 по всем насосам, вакуумный фитинг 2 создает параллельное соединение входа первого

турбомолекулярного насоса 8 с входом второго турбомолекулярного насоса 9, блок вакуумных клапанов 11 соединён со вторым турбомолекулярным насосом 9 посредством первого сильфона 19, со спиральным насосом-компрессором 7 посредством второго сильфона 20, с третьим турбомолекулярным насосом 10 посредством третьего сильфона 21, с первым спиральным форвакуумным насосом 5 посредством четвертого сильфона 22, с газовым ресивером 13 посредством пятого сильфона 23. Технический результат полезной модели заключается в повышенной ремонтопригодности, надежности и безопасности устройства. 5 з.п. ф-лы. 2 ил.

1
2
3
8
0
0
8
0
0
2
3
8
0
U
R

R
U
2
3
8
0
0
8
U
1

R U 238008 U 1



Фиг. 1

Полезная модель относится к области криогенно-вакуумной техники и модуль рециркуляции гелия (МРГ) может быть использован в составе криостатов сверхнизких температур.

Известен модуль рециркуляции гелия производства компании Ice Oxford [https://www.iceoxford.com/files/image/files/ICE%20Cube%20Brochure_smaller.pdf], состоящий из

корпуса, на котором снаружи расположены порты для подключения гелиевых и вакуумных линий, разъемы подключения манометров, порты электропитания, внутри установлены клапаны для управления потоками газов, соединенные вакуумными фитингами.

Его недостаток заключается в том, что он не является автономным модулем и требует для работы дополнительного подключения внешних турбомолекулярных и форвакуумных насосов, а также не содержит линий и насосов вакуумной откачки.

Известен также модуль рециркуляции гелия, который является неотъемлемой частью полностью интегрированного квантового компьютера WO 2023/168516 A1, 14.09.2023

и состоит из рамы, вакуумных насосов, вакуумных фитингов, вакуумных клапанов, газового ресивера и сильфонов, и подключается к криостату сверхнизких температур, который также является составной частью квантового компьютера.

Недостатком этого устройства является узкая специализация его применения и невозможность перемещения модуля, как отдельной единицы оборудования.

Известен также модуль рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур, включающий в себя раму, снаружи которой установлены вакуумный фитинг, четыре внешние вертикальные лицевые панели, на нижнюю плоскость рамы установлены четыре колеса, внутри рамы установлены первый спиральный форвакуумный насос, второй спиральный форвакуумный насос, один спиральный насос-компрессор, первый турбомолекулярный насос, второй турбомолекулярный насос, третий турбомолекулярный насос, блок вакуумных клапанов, электрический щиток и газовый ресивер [https://lmu.web.psi.ch/docu/manuals/bulk_manuals/BlueFors/Manual_H400_v1.3.2.pdf].

Это устройство выбрано в качестве прототипа предложенного решения.

Первый недостаток этого модуля заключается в том, что он обладает низкой ремонтопригодностью. Это связано с наличием дорогих высокоточных деталей, изготовленных на заказ, при выходе из строя таких деталей возможны длительные простоя в работе всего криогенного комплекса, связанные с необходимостью изготовления оригинальных запасных частей на заказ или длительным и дорогостоящим их ремонтом. При этом рама сварена из стальной квадратной трубы, и, таким образом, рама является неразборной, что затрудняет замену отдельных компонентов и требует использования только компонентов, предусмотренных производителем модуля, что ограничивает пользователя при выборе компонентов на замену вышедшим из строя и увеличивает сроки возможного простоя из-за неисправности. Это также связано с использованием тяжелых лицевых панелей, для демонтажа и монтажа которых требуется применение инструментов и предполагается выполнение работ силами не менее двух человек.

Второй недостаток этого модуля заключается в отсутствии возможности расширения по количеству турбомолекулярных насосов, что делает модуль не универсальным, а также невозможным его использование с другими криогенно-вакуумными блоками большего объема и большей холодильной мощности.

Третий недостаток заключается в сниженной надежности модуля из-за расположения в панели подключения на малом расстоянии друг от друга вводов силовых электрических кабелей и воды для охлаждения турбомолекулярных насосов.

Четвертый недостаток заключается в сниженной безопасности в силу отсутствия возможности аварийного отключения питания.

Технический результат полезной модели заключается в повышенной ремонтопригодности, возможности расширения по количеству турбомолекулярных насосов для работы модуля с различными моделями криогенно-вакуумных блоков, отличающимися друг от друга значениями холодопроизводительности, возможности замены компонентов на аналогичные иного производителя, улучшенных надежности и безопасности.

Сущность полезной модели заключается в том, что в модуле рециркуляции гелия

- 10 для криостата сверхнизких температур, включающем в себя раму, снаружи которой установлены вакуумный фитинг, четыре внешние вертикальные лицевые панели, на нижнюю плоскость рамы установлены четыре колеса, внутри рамы установлены первый спиральный форвакуумный насос, второй спиральный форвакуумный насос, один спиральный насос-компрессор, первый турбомолекулярный насос, второй
- 15 турбомолекулярный насос, третий турбомолекулярный насос, блок вакуумных клапанов, электрический щиток и газовый ресивер, на внешней стороне рамы расположены соединительная панель с разъемами для подключения внешних интерфейсов и органами управления включением-выключением, панель водяного охлаждения, держатель азотной ловушки, ввод электропитания модуля выполнен через соединительную панель с
- 20 возможностью распределения электрическим щитком по всем насосам, вакуумный фитинг создает параллельное соединение входа первого турбомолекулярного насоса с входом второго турбомолекулярного насоса, блок вакуумных клапанов соединён со вторым турбомолекулярным насосом посредством первого сильфона, со спиральным насосом-компрессором посредством второго сильфона, с третьим турбомолекулярным
- 25 насосом посредством третьего сильфона, с первым спиральным форвакуумным насосом посредством четвертого сильфона, с газовым ресивером посредством пятого сильфона.

Существует вариант, в котором рама выполнена из стандартного экструдированного алюминиевого профиля, скрепленного стандартными крепежными элементами.

Существует также вариант, в котором вакуумный фитинг выполнен из набора

- 30 стандартных вакуумных фитингов, расположенных с возможностью наращивания их количества.

Существует также вариант, в котором блок вакуумных клапанов выполнен из набора стандартных вакуумных фитингов, закрепленных на раме, соединенных со стандартными вакуумными клапанами и шестым сильфоном.

- 35 Существует также вариант, в котором колеса выполнены самоустанавливающимися.

Существует также вариант, в котором четыре вертикальные лицевые панели установлены на раму посредством пластин с резьбовыми шпильками и гаек.

На фиг. 1 изображена компоновочная схема модуля рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур.

- 40 На фиг. 2 изображена схема подключения модуля рециркуляции гелия к криогенно-вакуумному блоку.

Модуль рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур включает в себя раму 1, снаружи которой установлены вакуумный фитинг 2 и четыре внешние вертикальные лицевые панели 3. На нижней плоскости рамы 1 закреплены четыре

- 45 колеса 4. Внутри рамы 1 установлены первый спиральный форвакуумный насос 5, второй спиральный форвакуумный насос 6, один спиральный насос-компрессор 7, первый турбомолекулярный насос 8, второй турбомолекулярный насос 9, третий турбомолекулярный насос 10, блок вакуумных клапанов 11, электрический щиток 12

и газовый ресивер 13. В качестве первого спирального форвакуумного насоса 5 можно использовать вакуумный спиральный безмасляный насос с производительностью 35 м³/ч (насос производства компании Edwards модели XDS35i), в качестве второго спирального форвакуумного насоса 6 можно использовать вакуумный спиральный безмасляный насос с производительностью 11,4 м³/ч (насос производства компании Edwards модели nXDS10i), в качестве одного спирального насоса-компрессора 7 можно использовать вакуумный спиральный насос с производительностью 3 м³/ч (насос производства компании Agilent модели IDP-3), в качестве первого 8 и второго 9 турбомолекулярных насосов можно использовать турбомолекулярный насос с производительностью по гелию 1692 м³/ч (470 литров в секунду) и степенью сжатия по гелию 3x107 (насос производства компании Pfeiffer модели HiPace 400), в качестве третьего турбомолекулярного насоса 10 можно использовать турбомолекулярный насос с производительностью по азоту 1080 м³/ч (300 литров в секунду) и степенью сжатия по азоту 1x1011 (насос производства компании Edwards модели nEXT300D). На внешней стороне рамы 1 расположены соединительная панель 14 с разъемами для подключения внешних интерфейсов и органами управления включением-выключением, панель водяного охлаждения 15, держатель азотной ловушки 16. Соединительная панель 14 прикреплена к раме 1 снаружи и представляет собой плоскую деталь из листового материала с различными отверстиями, в которые монтируются информационные разъемы, разъем питания, переключатель включения-выключения и кнопка аварийного выключения (условно не показано). Панель водяного охлаждения 15 также присоединена к раме 1 снаружи и представляет собой плоскую деталь из листового материала с отверстиями, в которые монтируются фитинги для подключения трубок 17, по которым подается вода на все турбомолекулярные насосы (условно не показано). Держатель азотной ловушки 16 крепится к раме 1 и выполнен из листового металла, который согнут таким образом, чтобы можно было помещать и удерживать в вертикальном положении продолговатый цилиндрический корпус азотной ловушки (условно не показано). Ввод электропитания модуля выполнен через соединительную панель 14 с возможностью распределения электрическим щитком 12 по всем насосам. Электропитание модуля подключается через стандартный разъем, установленный в соединительную панель 14, от него электрические кабели 18 заходят в электрический щиток 12 и распределяются по электрическим автоматам защиты (условно не показано), затем от автоматов защиты электрические кабели 18 присоединяются к потребителям. Вакуумный фитинг 2 создает параллельное соединение входа первого турбомолекулярного насоса 8 со входом второго турбомолекулярного насоса 9. Блок вакуумных клапанов 11 соединён со вторым турбомолекулярным насосом 9 посредством первого сильфона 19, со спиральным насосом-компрессором 7 посредством второго сильфона 20, с третьим турбомолекулярным насосом 10 посредством третьего сильфона 21, с первым спиральным форвакуумным насосом 5 посредством четвертого сильфона 22 и с газовым ресивером 13 посредством пятого сильфона 23. Вакуумный фитинг 2 собирается из двух Т-образных стандартных вакуумных фитингов таким образом, что 2 свободных конца направлены вниз, один свободный конец - вбок, и другой свободный конец направлен вверх. Первый турбомолекулярный насос 8 и второй турбомолекулярный насос 9 соединены с двумя направленными вниз свободными концами вакуумного фитинга 2 с помощью компонентов стандартных разъемных вакуумных соединений. Насосы, сильфоны и блок вакуумных клапанов имеют стандартные фланцы, которые соединяют стандартными компонентами разъемных

вакуумных соединений.

Существует вариант, в котором рама 1 выполнена из стандартного экструдированного алюминиевого профиля, скрепленного стандартными крепежными элементами. Подробно такие крепежные элементы описаны на сайте поставщика (<https://www.soberizavod.ru/>).

Существует также вариант, в котором вакуумный фитинг 2 выполнен из набора стандартных вакуумных фитингов, расположенных с возможностью наращивания их количества. Стандартные фитинги имеют стандартные вакуумные фланцы, обеспечивающее разъемные вакуумные соединения. Таким образом, имеется

10 возможность рассоединять и добавлять стандартные фитинги с различным количеством фланцев, наращивая таким образом количество свободных фланцев, к которым можно присоединять дополнительные насосы. Это необходимо в случае, когда МРГ используется с криогенно-вакуумным блоком, рассчитанным на повышенную холодильную мощность.

15 Существует также вариант, в котором блок вакуумных клапанов 11 выполнен из набора стандартных вакуумных фитингов 24, закрепленных на раме 1, соединенных со стандартными вакуумными клапанами 25 и шестым сильфоном 26. Вакуумные клапаны, сильфоны и фитинги являются стандартизованными компонентами и соединяются друг с другом стандартными фланцами, посредством элементов разъемных

20 вакуумных соединений.

Существует также вариант, в котором колеса 4 выполнены самоустанавливающимися. Подробно такие колеса описаны на сайте поставщика (https://www.soberizavod.ru/catalog/kolyesa/samoustanavlivayushchesya_koleso_s_tormozom_63_m12x40_a697/).

Существует также вариант, в котором четыре вертикальные лицевые панели 3 установлены на раму 1 посредством пластин 27 с резьбовыми шпильками 28 и гаек 29. Вертикальные лицевые панели 3 представляют собой плоские детали, выполненные из листового материала, и содержат отверстия, через которые будут проходить резьбовые шпильки 28. Пластины 27 крепятся на раму снаружи и представляют собой плоские детали, выполненные из листового материала. Резьбовая шпилька 28 выходит из пластины 27 под прямым углом в сторону от рамы 1. При монтаже вертикальных лицевых панелей 3 сначала их надевают на резьбовые шпильки 28 и упирают в пластины 27, а затем фиксируют гайками 29.

30 При эксплуатации криостата сверхнизких температур требуется подключение МРГ 30 (фиг.2) к криогенно-вакуумному блоку 31 посредством вакуумной линии 32, линии 35 подачи гелия 33 и линии откачки гелия 34. А также для некоторых режимов работы МРГ 30 требуется подключение азотной ловушки 35 посредством гибких сильфонов 36, при этом азотная ловушка 35 должна находиться в сосуде Дьюара 37, заполненном жидким азотом.

40 Модуль рециркуляции гелия 30 для криостата сверхнизких температур работает следующим образом:

Для обеспечения тепловой изоляции криогенно-вакуумного блока 31 необходимо провести его откачку через вакуумную линию 32. Для этого клапаны МРГ открываются таким образом, чтобы вход третьего турбомолекулярного насоса 10 был соединен с вакуумным портом криогенно-вакуумного блока 31. После этого включают второй 45 спиральный форвакуумный насос 6 для обеспечения остаточного давления на уровне, достаточном для запуска третьего турбомолекулярного насоса 10. Затем происходит включение третьего турбомолекулярного насоса 10 для обеспечения достаточного уровня остаточного давления газа в криогенно-вакуумном блоке 31.

Для циркуляции газовой смеси в гелиевом контуре сначала напускают смесь из газового ресивера 13, который расположен внутри рамы 1. Клапаны МРГ открывают и закрывают таким образом, чтобы обеспечить замкнутый контур для обращения гелиевой смеси в МРГ и подключенном к нему криогенно-вакуумном блоке 31. После

5 этого включают первый спиральный форвакуумный насос 5. Затем одновременно включают первый турбомолекулярный насос 8 и второй турбомолекулярный насос 9, подключенные по параллельной схеме. Поступление гелиевой смеси происходит по линии подачи гелия 33, а её откачка - по линии откачки гелия 34. Таким образом обеспечивается течение газа по замкнутому контуру. В некоторых режимах работы

10 криостата необходимо обеспечить повышение потока газа на входе в криогенно-вакуумный блок 31. Для этого в МРГ установлен спиральный насос-компрессор 7, который включают по мере необходимости. Для обеспечения чистоты гелиевой смеси и предотвращения засорения внутренних элементов МРГ 30 и криогенно-вакуумного блока 31 к МРГ может быть подключена азотная ловушка 35, посредством гибких

15 сильфонов 36. Причем во время очистки смеси азотная ловушка 35 становится частью гелиевого контура и должна быть погружена в сосуд Дьюара 37, заполненный жидким азотом. Использование азотной ловушки 35 не является обязательным условием работы криостата, и когда она не используется, ее размещают в держателе азотной ловушки 16.

20 Электропитание всех насосов в МРГ осуществляется с помощью электрического щитка 12, питанного через соединительную панель 14. Управляющие кабели также заводятся через соединительную панель 14. При работе турбомолекулярных насосов их температура повышается, при этом их бесперебойная работа возможна только в определенном диапазоне температур. Поэтому для обеспечения рабочей температуры 25 первого турбомолекулярного насоса 8, второго турбомолекулярного насоса 9 и третьего турбомолекулярного насоса 10 необходимо обеспечить их охлаждение. В МРГ охлаждение организовано с помощью оборотной воды, которая подается от внешнего источника в магистраль через панель водяного охлаждения 15.

В результате предварительных испытаний изготовленного опытного образца 30 криостата сверхнизких температур, в состав которого входят МРГ 30 и криогенно-вакуумный блок 31, были получены следующие данные, характеризующие работоспособность МРГ: остаточное давление в вакуумной камере на уровне $1,7 \times 10^{-6}$ мбар за счет второго спирального форвакуумного насоса 6 и третьего турбомолекулярного насоса 10, время достижения минимальной температуры составило 35 48 часов, а минимальная рабочая температура достигла 18 мК за счет работы всех компонентов модуля.

40 То, что в модуле рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур, включающем в себя раму 1, снаружи которой установлены вакуумный фитинг 2, четыре внешние вертикальные лицевые панели 3, на нижнюю плоскость рамы 1 установлены четыре колеса 4, внутри рамы 1 установлены первый спиральный форвакуумный насос 5, второй спиральный форвакуумный насос 6, один спиральный насос-компрессор 7, первый турбомолекулярный насос 8, второй турбомолекулярный насос 9, третий турбомолекулярный насос 10, блок вакуумных клапанов 11, электрический щиток 12 и газовый ресивер 13, на внешней стороне рамы 1 расположены соединительная панель 45 14 с разъемами для подключения внешних интерфейсов и органами управления включением-выключением, панель водяного охлаждения 15, держатель азотной ловушки 16, ввод электропитания модуля выполнен через соединительную панель 14 с возможностью распределения электрическим щитком 12 по всем насосам, вакуумный

фитинг 2 создает параллельное соединение входа первого турбомолекулярного насоса 8 с входом второго турбомолекулярного насоса 9, блок вакуумных клапанов 11 соединён со вторым турбомолекулярным насосом 9 посредством первого сильфона 19, со спиральным насосом-компрессором 7 посредством второго сильфона 20, с третьим 5 турбомолекулярным насосом 10 посредством третьего сильфона 21, с первым спиральным форвакуумным насосом 5 посредством четвертого сильфона 22, с газовым ресивером 13 посредством пятого сильфона 23, приводит к повышению ремонтопригодности, возможности расширения по количеству турбомолекулярных насосов для работы модуля с различными моделями криогенно-вакуумных блоков, 10 отличающимися друг от друга значениями холодопроизводительности, возможности замены компонентов на аналогичные иного производителя, увеличению надежности и безопасности.

То, что рама 1 выполнена из стандартного экструдированного алюминиевого профиля, скрепленного стандартными крепежными элементами, приводит к 15 возможности изменять местоположение элементов рамы для использования комплектующих различных производителей с аналогичным функционалом, для повышения эффективности работы криогенного комплекса в целом. Геометрия этого алюминиевого профиля позволяет крепить к каждой его стороне большую номенклатуру различных стандартных элементов для поддержки кабелей, петель, регулируемых опор, 20 колёс, ручек и т.д., а также устанавливать дополнительное оборудование на стандартных крепежных элементах.

То, что вакуумный фитинг 2 выполнен из набора стандартных вакуумных фитингов, расположенных с возможностью наращивания их количества, приводит к возможности 25 увеличения подключаемых турбомолекулярных насосов без внесения конструктивных изменений в раму 1. Это позволяет увеличивать количество прокачиваемой гелиевой смеси, что необходимо при работе с криостатами с увеличенной хладопроизводительностью. Таким образом, МРГ является универсальным модулем, совместимым с различными моделями криогенно-вакуумных блоков.

То, что блок вакуумных клапанов 11 выполнен из набора стандартных вакуумных 30 фитингов 24, закрепленных на раме 1, соединенных со стандартными вакуумными клапанами 25 и шестым сильфоном 26, приводит к повышению ремонтопригодности и сокращению сроков, требуемых для ремонта в силу использования стандартных покупных компонентов. В случае нарушения герметичности упрощается диагностика 35 и поиск течи в силу использования отдельных простых компонентов вместо одного сложного блока.

То, что колеса 4 выполнены самоустанавливающимися, приводит к возможности одновременно точно регулировать высоту над уровнем пола и положение модуля 40 относительно криогенно-вакуумного блока 31 за счет выдвигающихся опор, установленных с колесами в одном корпусе. Такая регулировка необходима при присоединении МРГ 30 к криогенно-вакуумному блоку 31 для обеспечения герметичного соединения вакуумных и гелиевых линий.

То, что четыре вертикальные лицевые панели 3 установлены на раму 1 посредством пластин 27 с резьбовыми шпильками 28 и гаек 29, приводит к возможности быстрого снятия панелей без использования инструментов и не влечет за собой отсоединения 45 кабелей, сильфонов и других компонентов модуля, что приводит к необходимости остановки и перезапуска работы криогенного комплекса в целом и является дорогостоящей и длительной процедурой, которая крайне нежелательна во время его использования.

(57) Формула полезной модели

1. Модуль рециркуляции гелия для криостата сверхнизких температур, включающий раму, снаружи которой установлены вакуумный фитинг, четыре внешние вертикальные 5 лицевые панели, на нижнюю плоскость рамы установлены четыре колеса, внутри рамы установлены первый спиральный форвакуумный насос, второй спиральный форвакуумный насос, один спиральный насос-компрессор, первый турбомолекулярный насос, второй турбомолекулярный насос, третий турбомолекулярный насос, блок 10 вакуумных клапанов, электрический щиток и газовый ресивер, отличающийся тем, что на внешней стороне рамы расположены соединительная панель с разъемами для подключения внешних интерфейсов и органами управления включением-выключением, 15 панель водяного охлаждения, держатель азотной ловушки, ввод электропитания модуля выполнен через соединительную панель с возможностью распределения электрическим щитком по всем насосам, вакуумный фитинг создает параллельное соединение входа 20 первого турбомолекулярного насоса с входом второго турбомолекулярного насоса, блок вакуумных клапанов соединен со вторым турбомолекулярным насосом посредством первого сильфона, со спиральным насосом-компрессором посредством второго сильфона, с третьим турбомолекулярным насосом посредством третьего сильфона, с первым спиральным форвакуумным насосом посредством четвертого сильфона, с газовым ресивером посредством пятого сильфона.

2. Модуль по п.1, отличающийся тем, что рама выполнена из стандартного экструдированного алюминиевого профиля, скрепленного стандартными крепежными элементами.

3. Модуль по п.1, отличающийся тем, что вакуумный фитинг выполнен из набора 25 стандартных вакуумных фитингов, расположенных с возможностью наращивания их количества.

4. Модуль по п.1, отличающийся тем, что блок вакуумных клапанов выполнен из набора стандартных вакуумных фитингов, закрепленных на раме, соединенных со стандартными вакуумными клапанами и шестым сильфоном.

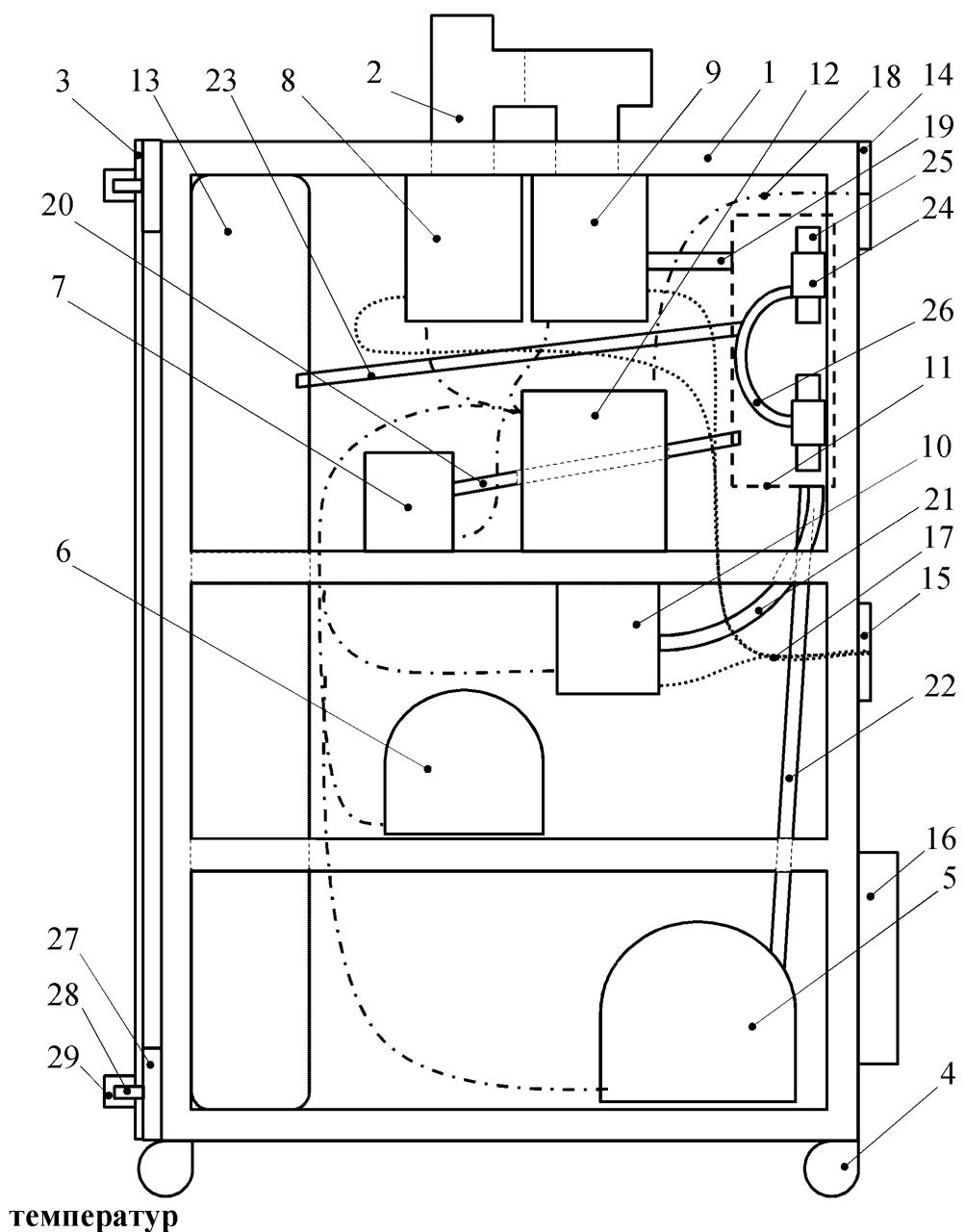
30 5. Модуль по п.1, отличающийся тем, что колеса выполнены самоустанавливающимися.

6. Модуль по п.1, отличающийся тем, что четыре вертикальные лицевые панели установлены на раму посредством пластин с резьбовыми шпильками и гаек.

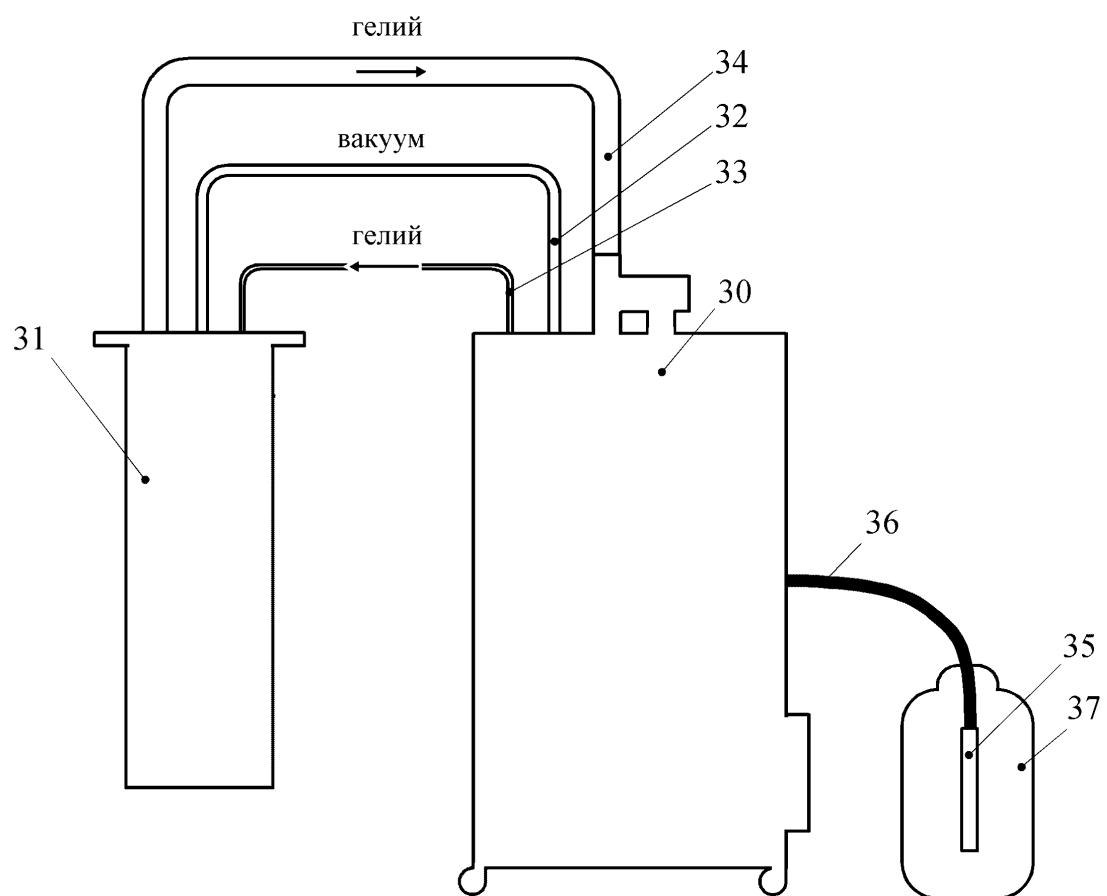
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2