



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2005114210/11**, **11.05.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.05.2005

(43) Дата публикации заявки: **20.11.2006**

(45) Опубликовано: **20.04.2007** Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2241645 C2**, **10.12.2004**. **RU 2214554 C1**, **20.10.2003**. **SU 469027 A1**, **30.04.1975**. **JP 2003214598 A**, **30.07.2003**. **US 6151900 A**, **28.11.2000**. **US 3473343 A**, **21.10.1969**.

Адрес для переписки:

141070, Московская обл., г. Королев, ул.
Ленина, 4а, ОАО "РКК "Энергия" им. С.П.
Королева", отдел интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Лукьянова Эльвира Александровна (RU),
Сукачева Ольга Вячеславовна (RU),
Сыровец Михаил Николаевич (RU),
Федоров Валентин Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

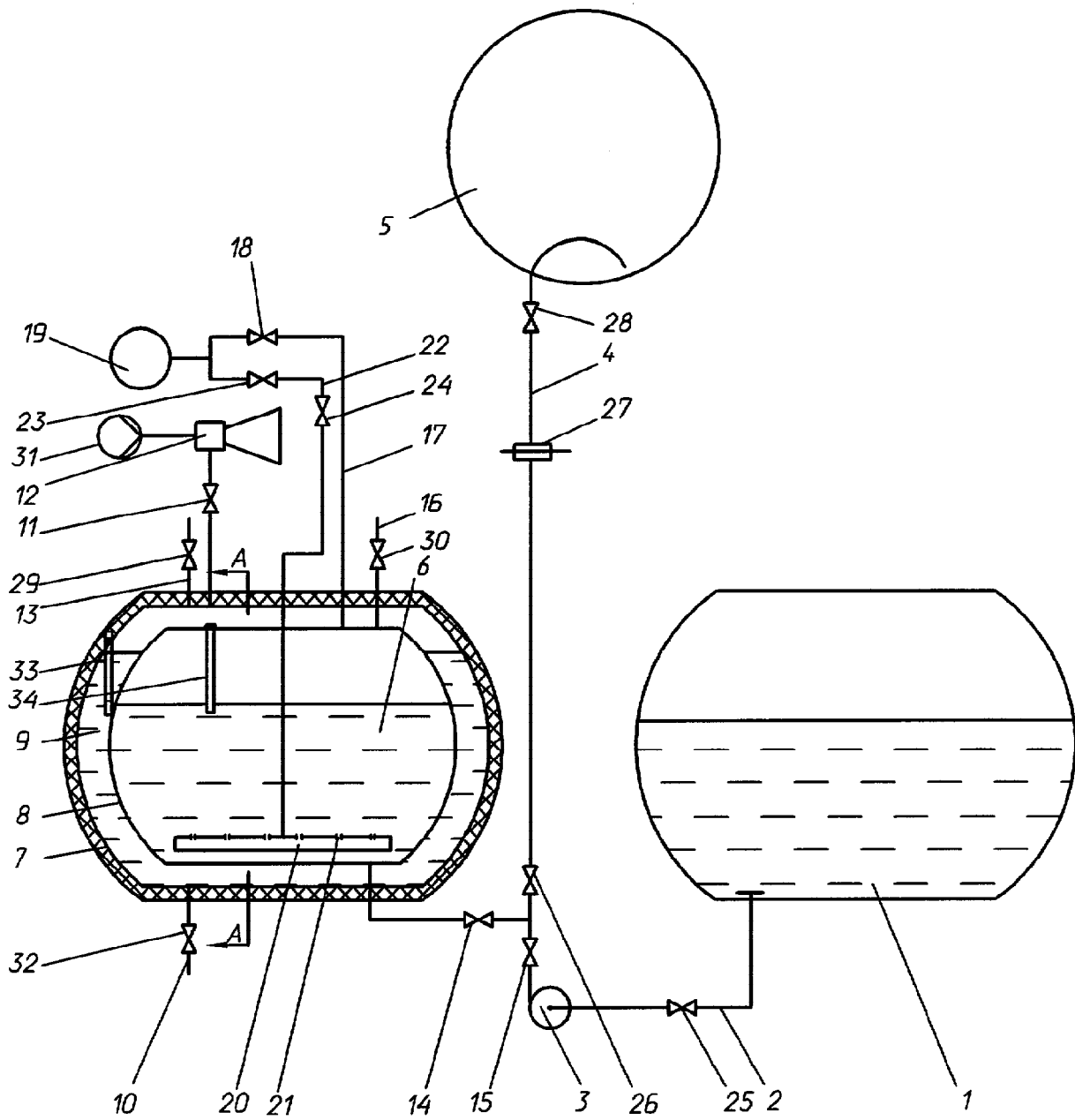
Открытое акционерное общество "Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королева" (RU)

**(54) СИСТЕМА ЗАПРАВКИ ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫМ КИСЛОРОДОМ БАКА ОКИСЛИТЕЛЯ
РАЗГОННОГО БЛОКА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к системам заправки жидкими криогенными компонентами топливных баков ракетных двигательных установок. Система заправки переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока содержит криогенную заправочную емкость с жидким кислородом, заправочную магистраль с насосом жидкого кислорода, подключенную к бортовому трубопроводу заправки бака окислителя разгонного блока, и теплообменник-охладитель. Теплообменник-охладитель выполнен в виде криогенной емкости, в которой размещен внутренний сосуд. Между внутренней поверхностью криогенной емкости и внешней поверхностью внутреннего сосуда образована герметичная полость с жидким криогенным хладагентом, верхняя часть которой сообщена через клапан с агрегатом откачки паров хладагента. Нижняя часть внутреннего сосуда через два запорных клапана, насос жидкого кислорода и третий клапан сообщена с криогенной заправочной емкостью с жидким кислородом, а

через первый и четвертый запорные клапаны, а также через разъемное соединение и бортовой заправочный клапан сообщена с баком окислителя разгонного блока. При этом верхняя часть внутреннего сосуда имеет дренажный патрубок с дренажно-предохранительным клапаном. Во внутреннем сосуде, вблизи его днища, по длине внутреннего сосуда в плоскости его симметрии размещен трубчатый коллектор подачи газообразного гелия. Упомянутый коллектор имеет по своей длине отверстия подачи газообразного гелия. При этом коллектор подключен через клапан, регулирующий расход гелия, и клапан подачи гелия к источнику гелия. К источнику гелия через клапан наддува подключен также трубопровод наддува внутреннего сосуда газообразным гелием. Изобретение позволяет сократить время переохлаждения жидкого кислорода, снизить тепловые остатки его незабора и тем самым повысить технологичность процессов подготовки и заправки переохлажденного жидкого кислорода. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
B64G 5/00 (2006.01)
F17C 6/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2005114210/11, 11.05.2005**

(24) Effective date for property rights: **11.05.2005**

(43) Application published: **20.11.2006**

(45) Date of publication: **20.04.2007 Bull. 11**

Mail address:
**141070, Moskovskaja obl., g. Korolev, ul.
Lenina, 4a, OAO "RKK "Ehnergija" im. S.P.
Koroleva", otdel intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):
**Luk'janova Ehl'vira Aleksandrovna (RU),
Sukacheva Ol'ga Vjacheslavovna (RU),
Syrovets Mikhail Nikolaevich (RU),
Fedorov Valentin Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Raketno-
kosmicheskaja korporatsija "Ehnergija" imeni
S.P. Koroleva" (RU)**

(54) **SYSTEM FOR FILLING THE UPPER STAGE OXIDIZER TANK WITH SUPERCOOLED OXYGEN**

(57) Abstract:

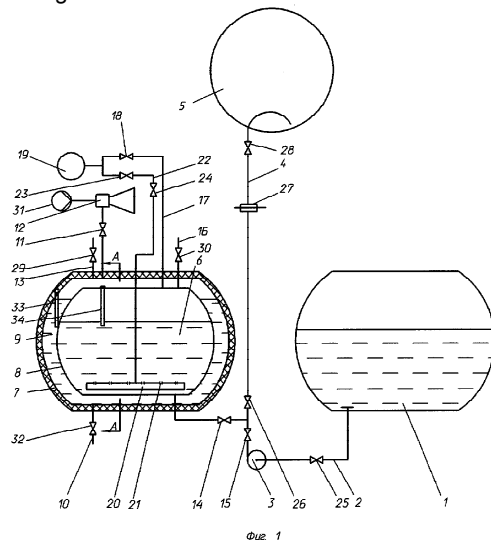
FIELD: systems for filling the propellant tanks of rocket engine plants with cryogenic components.

SUBSTANCE: proposed system for filling the upper stage oxidizer tank with supercooled oxygen includes cryogenic filling line with liquid oxygen pump connected to onboard filling line and heat exchanger-cooler which is made in form of cryogenic reservoir with inner vessel inside it. Formed in between inner surface of cryogenic reservoir and outer surface of inner vessel is hermetic cavity filled with liquid cryogenic agent whose upper part is brought in communication via valve with unit discharging the cooling agent vapor. Lower part of inner vessel is brought in communication with cryogenic liquid oxygen filling reservoir through two shutoff valves, liquid oxygen pump and third valve; it is also brought in communication with upper stage oxidizer tank through first and fourth shut-off valves, detachable joint and onboard filling valve. Upper part of inner vessel is provided with drainage branch pipe fitted with safety drainage valve. Tubular manifold for delivery of gaseous helium is laid in inner vessel near its bottom lengthwise in plane of symmetry. This manifold has holes along its length for delivery

of gaseous helium. Manifold is connected to helium source via control helium flow valve and helium supply valve. Pipe line for supercharging the inner vessel with gaseous helium is also connected to helium source via supercharging valve.

EFFECT: reduction of time required for supercooling of liquid oxygen; reduction of thermal residue; facilitated procedure of preparation and charging of supercooled oxygen.

2 dwg



RU 2 297 373 C2

RU 2 297 373 C2

Изобретение относится к ракетно-космической технике и может быть использовано при заправке жидким переохлажденным кислородом топливных баков ракетных двигательных установок, в частности бака окислителя космического разгонного блока (РБ), используемого в качестве последней ступени ракетно-космической системы,

5 осуществляющей вывод полезного груза на заданную космическую орбиту.

Известна система заправки переохлажденным кислородом бака окислителя космического разгонного блока для системы заправки, содержащей заправочную емкость с жидким кислородом, насос жидкого кислорода и теплообменник-охладитель, подключенные заправочной магистралью к бортовому трубопроводу заправки РБ, при этом

10 теплообменник-охладитель выполнен в виде криогенной емкости с жидким криогенным хладагентом - азотом, внутри которой размещен змеевик с жидким кислородом, подаваемым на заправку бака окислителя, а газовая часть криогенной емкости сообщена со всасывающим патрубком газового эжектора (пат. РФ № 2155147, кл. В 64 G 5/00, F 17 C 6/00, 1999). Известная система обеспечивает переохладение жидкого кислорода в змеевике теплообменника-охладителя непосредственно в процессе заправки им бака окислителя РБ, что ограничивает возможную степень переохладения кислорода, а также усложняет регулирование температуры переохладения кислорода при изменениях его расхода через теплообменник-охладитель. Это увеличивает погрешность получения требуемой температуры кислорода и ведет к ухудшению эксплуатационных характеристик РБ. Кроме того, большое суммарное гидросопротивление заправочной магистрали и теплообменника-охладителя в известной системе заправки требует использования насоса жидкого кислорода повышенной мощности, что связано с повышенными энергозатратами.

Наиболее близкой к предложенной является система заправки переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока, содержащая заправочную емкость с жидким кислородом, насос жидкого кислорода и теплообменник-охладитель, подключенные заправочной магистралью к заправочной емкости и бортовому трубопроводу заправки бака окислителя. Теплообменник-охладитель выполнен в виде криогенной емкости, в которой размещен с зазором внутренний сосуд, образуя в ней герметичную полость для жидкого криогенного хладагента, например азота, верхняя часть которой сообщена со

30 всасывающим патрубком вакуумного насоса или эжектора, при этом нижняя часть внутреннего сосуда через запорные клапаны, установленные в заправочной магистрали, сообщена с криогенной заправочной емкостью и с бортовым трубопроводом заправки, а верхняя часть внутреннего сосуда имеет дренажный патрубок и подключена к источнику подачи газа наддува - баллону со сжатым гелием (пат. РФ № 2241645, кл. В 64 G 5/00, F 17 C 6/00, 2003). Данная система заправки дает возможность размещать в теплообменнике-охладителе полное количество заправляемого в бак окислителя РБ жидкого кислорода, предварительно переохлаждать его в течение заданного расчетного времени и затем выдавать его с заданной температурой переохладения в бак окислителя. Это позволяет повысить уровень переохладения заправляемого жидкого кислорода и увеличить точность получения требуемой температуры переохладения. Повышается также технологичность процесса заправки, уменьшаются потребная мощность и габариты насоса жидкого кислорода.

Недостатки данной системы заправки связаны с относительно невысокой интенсивностью теплопередачи между жидким кислородом и криогенным хладагентом в теплообменнике-охладителе, поскольку охлаждение жидкого кислорода во внутреннем сосуде происходит за счет естественной конвекции жидкого кислорода вдоль стенки сосуда при небольшой разности их температур, величина которой ограничена степенью вакуумирования паров криогенного хладагента в криогенной емкости. Это обуславливает значительную продолжительность процесса переохладения жидкого кислорода, а также большие затраты электроэнергии на обеспечение вакуумирования холодных паров хладагента из криогенной емкости и подогрев их перед эжектором. Кроме того, в процессе переохладения жидкого кислорода конвективное движение его у стенки во внутреннем сосуде вызывает температурное расслоение кислорода по высоте внутреннего

сосуда, что дополнительно ухудшает условия теплообмена, снижает точность получения требуемой температуры переохлаждения кислорода и увеличивает погрешность определения массы заправленного в бак РБ кислорода. Поскольку для выдачи переохлажденного кислорода из теплообменника-охладителя, для поддержания в нем
5 рабочего давления, используется гелий с температурой окружающей среды, имеет также место существенный прогрев верхнего слоя жидкого кислорода, что приводит к увеличению количества незабираемого из внутреннего сосуда жидкого кислорода и непроизводительной затрате средств на его переохлаждение, а также к дополнительной погрешности заправляемой массы кислорода в баке окислителя РБ. Указанные недостатки
10 снижают технологичность процесса заправки переохлажденным кислородом бака окислителя РБ и отрицательно сказываются на эксплуатационных характеристиках РБ.

Задачей, решаемой изобретением, является повышение технологичности процесса переохлаждения кислорода перед заправкой бака окислителя разгонного блока за счет сокращения времени переохлаждения кислорода, снижения затрат и повышения точности
15 заправки в бак окислителя заданной массы кислорода и улучшение эксплуатационных характеристик разгонного блока.

Решение поставленной задачи обеспечивается за счет того, что в системе заправки переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока, содержащей
20 заправочную емкость с жидким кислородом, заправочную магистраль с насосом жидкого кислорода, подключенную к бортовому трубопроводу заправки бака окислителя, и теплообменник-охладитель, выполненный в виде криогенной емкости, в которой размещен внутренний сосуд, образуя в ней герметичную полость для жидкого криогенного хладагента, верхняя часть которой сообщена со всасывающим патрубком вакуумного насоса или эжектора, при этом нижняя часть внутреннего сосуда через запорные клапаны,
25 установленные в заправочной магистрали, сообщена с криогенной заправочной емкостью и с бортовым трубопроводом заправки, а верхняя часть внутреннего сосуда имеет дренажный патрубок и подключена к источнику подачи гелия наддува, в соответствии с изобретением, во внутреннем сосуде теплообменника-охладителя вблизи его днища и по длине его размещен трубчатый коллектор, имеющий по своей длине отверстия,
30 подключенный через запорный и регулирующий клапаны к источнику подачи гелия наддува.

Наличие трубчатого коллектора во внутреннем сосуде теплообменника-охладителя предлагаемой системы заправки, имеющего по своей длине отверстия, расположенного
35 вблизи днища сосуда на расстоянии одного, двух диаметров трубчатого коллектора и подключенного через запорный и регулирующий клапаны к источнику подачи гелия наддува, позволяет, за счет подачи гелия в нижнюю часть внутреннего сосуда, создать циркуляционное движение жидкого кислорода в объеме сосуда, обеспечивающее перемешивание кислорода и выравнивание его температуры по всему объему сосуда. При этом повышается интенсивность теплообмена жидкого кислорода по всей поверхности, омываемой криогенным хладагентом, значительно сокращается время переохлаждения
40 кислорода, снижаются расходы на вакуумирование паров хладагента. Устранение температурного расслоения жидкого кислорода во внутреннем сосуде теплообменника-охладителя позволяет также повысить точность заправки в бак окислителя требуемой массы кислорода. Кроме того, гелий, вводимый под уровень жидкого кислорода, при всплытии охлаждается до температуры кислорода и после всплытия накапливается в
45 сосуде в нижних слоях газовой подушки непосредственно над поверхностью жидкости.

А так как расход и время подачи гелия выбираются (расчетно-экспериментальным путем) из условия наддува внутреннего сосуда до требуемого рабочего давления
(например, 10 кгс/см^2) к моменту окончания переохлаждения кислорода, т.е. достижения им заданной температуры, над поверхностью переохлажденного кислорода в сосуде
50 образуется холодная газовая подушка гелия. При заправке бака окислителя и понижении уровня жидкости во внутреннем сосуде холодный гелий опускается вместе с поверхностью жидкости, предохраняя переохлажденный кислород от контакта с теплым газом наддува, что позволяет значительно сократить тепловую стратификацию кислорода в процессе

заправки и тепловые остатки незабора.

Конструкция предлагаемой системы заправки переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока поясняется с помощью прилагаемых чертежей, где:

на фиг.1 изображен общий вид системы заправки;

5 на фиг.2 (вид А-А) - расположение трубчатого коллектора с отверстиями во внутреннем сосуде теплообменника-охладителя, где:

1 - криогенная заправочная емкость с жидким кислородом;

2 - заправочная магистраль жидкого кислорода;

3 - насос жидкого кислорода;

10 4 - бортовой трубопровод заправки;

5 - бак окислителя разгонного блока;

6 - теплообменник-охладитель;

7 - криогенная емкость;

8 - внутренний сосуд;

15 9 - герметичная полость с жидким криогенным хладагентом;

10 - трубопровод заправки хладагента;

11 - клапан;

12 - агрегат откачки паров хладагента;

13 - патрубок дренажа паров хладагента;

20 14 - первый запорный клапан;

15 - второй запорный клапан;

16 - дренажный патрубок;

17 - трубопровод наддува газообразным гелием;

18 - клапан наддува;

25 19 - источник подачи гелия;

20 - трубчатый коллектор подачи газообразного гелия;

21 - отверстия подачи газообразного гелия;

22 - трубопровод подачи гелия в трубчатый коллектор;

23 - клапан подачи гелия;

30 24 - клапан, регулирующий расход гелия;

25 - третий запорный клапан;

26 - четвертый запорный клапан;

27 - разъемное соединение;

28 - бортовой заправочный клапан;

35 29 - дренажный клапан испаряющихся паров хладагента;

30 - дренажно-предохранительный клапан;

31 - источник энергии;

32 - пятый запорный клапан;

33 - уровнемер в полости хладагента;

40 34 - уровнемер во внутреннем сосуде.

Система заправки включает в себя криогенную заправочную емкость с жидким кислородом 1, теплообменник-охладитель 6, заправочную магистраль жидкого кислорода 2 с насосом жидкого кислорода 3, подключенную через разъемное соединение 27 к бортовому трубопроводу заправки 4, который через бортовой заправочный клапан 28

45 подключен к баку окислителя разгонного блока 5 ракетно-космической системы.

Теплообменник-охладитель 6 представляет собой криогенную емкость 7, в которой размещен внутренний сосуд 8, установленный с образованием между ним и стенкой криогенной емкости 7 герметичной полости с жидким криогенным хладагентом 9,

заполняемой через трубопровод заправки хладагента 10 с пятым запорным клапаном 32

50 жидким криогенным хладагентом - жидким азотом или бинарной смесью жидких азота и кислорода. Верхняя часть герметичной полости с жидким криогенным хладагентом 9 через трубопровод с клапаном 11 сообщена со всасывающим патрубком агрегата откачки паров хладагента 12, обеспечиваемого рабочим телом или энергией от источника энергии 31.

Кроме того, верхняя часть герметичной полости с жидким криогенным хладагентом 9 имеет патрубок дренажа паров хладагента 13 с дренажным клапаном испаряющихся паров хладагента 29. При открытом дренажном клапане испаряющихся паров хладагента 29 герметичная полость с жидким криогенным хладагентом 9 сообщается с атмосферой.

5 Нижняя часть внутреннего сосуда 8 теплообменника-охладителя 6 подключена к заправочной магистрали жидкого кислорода 2 и через первый и второй запорные клапаны соответственно 14 и 15, насос жидкого кислорода 3 и третий запорный клапан 25 сообщена с криогенной заправочной емкостью с жидким кислородом 1. Также нижняя часть внутреннего сосуда 8 через первый и четвертый запорные клапаны 14 и 26 и разъемное
10 соединение 27 сообщена с бортовым трубопроводом заправки 4 и через бортовой заправочный клапан 28 - с баком окислителя разгонного блока 5. Газовая полость внутреннего сосуда 8 имеет дренажный патрубок 16 с дренажно-предохранительным клапаном 30. Газовая полость внутреннего сосуда 8 трубопроводом наддува газообразным гелием 17 с клапаном наддува 18 подключена к источнику подачи гелия, например баллону
15 со сжатым гелием 19. Во внутреннем сосуде 8 теплообменника-охладителя 6 по длине его и вблизи его днища размещен трубчатый коллектор подачи газообразного гелия 20, имеющий по своей длине отверстия подачи газообразного гелия 21, подключенный к источнику подачи гелия 19 с помощью трубопровода подачи гелия в трубчатый коллектор 22, на котором установлены клапан подачи гелия 23 и клапан, регулирующий расход гелия
20 24.

Система заправки функционирует следующим образом.

За заданное расчетное время до начала заправки бака окислителя разгонного блока 5 через пятый запорный клапан 32 осуществляется подача жидкого криогенного хладагента, например жидкого азота, по трубопроводу заправки хладагента 10 в теплообменник-
25 охладитель 6 и производится заполнение герметичной полости с жидким криогенным хладагентом 9, например жидким азотом, до требуемого расчетного уровня заправки хладагента, фиксируемого по уровнемеру в полости хладагента 33. Одновременно при этом происходит захлаживание внутреннего сосуда 8 теплообменника-охладителя 6, заполненного гелием. После захлаживания внутреннего сосуда 8 производится
30 заполнение его жидким кислородом, подаваемым из криогенной заправочной емкости с жидким кислородом 1 при открытых первом, втором и третьем запорных, соответственно, клапанах 14, 15, 25 с помощью насоса жидкого кислорода 3, при закрытом четвертом запорном клапане 26. Заполнение внутреннего сосуда 8 ведут до заданного уровня, фиксируемого по уровнемеру во внутреннем сосуде 34, соответствующего массе,
35 необходимой для заправки бака окислителя разгонного блока 5 переохлажденного кислорода, при этом объем газовой подушки над жидким кислородом при достижении им заданного уровня также соответствует заданной расчетной величине этого объема. За счет теплообмена кислорода с хладагентом в процессе последующей после заправки внутреннего сосуда 8 стоянки с дренированием паров хладагента через патрубок дренажа
40 паров хладагента 13 и дренажный клапан испаряющихся паров хладагента 29 в атмосферу осуществляется охлаждение кислорода до температуры, близкой к температуре хладагента. По достижении требуемого уровня температуры кислорода во внутреннем сосуде 8 перекрывается патрубок дренажа паров хладагента 13 закрытием дренажного клапана испаряющихся паров хладагента 29 теплообменника-охладителя 6 и включается
45 агрегат откачки паров хладагента 12, создающий в герметичной полости с жидким криогенным хладагентом 9 разрежение, понижающее температуру хладагента и обеспечивающее получение заданной температуры переохлаждения жидкого кислорода во внутреннем сосуде 8. За заданное расчетное время до подачи переохлажденного кислорода в бак окислителя разгонного блока 5 открываются клапаны подачи гелия 23 и
50 регулирующий расход гелия 24 и производится подача гелия из источника подачи гелия 19 в трубчатый коллектор подачи газообразного гелия 20, расположенный в нижней части внутреннего сосуда 8. Гелий, поступающий в трубчатый коллектор подачи газообразного гелия 20, расположенный в плоскости симметрии, проходящей через продольную ось

внутреннего сосуда 8 на его нижнем днище, выходит через отверстия подачи газообразного гелия 21 в виде множества пузырьков, всплывающих в жидком кислороде в газовую подушку сосуда. При этом создается устойчивое циркуляционное движение жидкого кислорода в объеме внутреннего сосуда 8, турбулизирующее объем жидкости и

5 обеспечивающее перемешивание слоев жидкого кислорода и выравнивание его температуры во всем объеме сосуда. Это значительно повышает интенсивность процесса теплопередачи через оболочку внутренней емкости между криогенным хладагентом и переохлаждаемым жидким кислородом, позволяет значительно сократить время

10 переохлаждения жидкого кислорода, а также повысить точность заправки бака РБ. Всплывающие пузырьки гелия охлаждаются жидким кислородом и образуют холодную газовую подушку над поверхностью жидкого кислорода, при этом по мере поступления гелия давление в газовой подушке повышается. При этом расход и время подачи гелия в

15 трубчатый коллектор подачи газообразного гелия 20 устанавливаются расчетно-экспериментальным путем из условия наддува внутреннего сосуда до требуемого рабочего давления выдачи кислорода к моменту (или несколько позже) окончания переохлаждения кислорода. По достижении заданной температуры переохлаждения кислорода в

20 теплообменнике-охладителе 6 закрываются клапаны подачи гелия 23 и регулирующий расход гелия 24, открываются клапан наддува 18 на трубопроводе наддува газообразным гелием 17 и первый и четвертый запорные клапаны 14 и 26, на заправочной магистрали жидкого кислорода 2 и через открытый бортовой заправочный клапан 28 производится

25 заправка переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока 5.

В процессе выдачи переохлажденного кислорода и понижения уровня его во внутреннем сосуде 8 первоначально образованная в сосуде холодная гелиевая подушка опускается с уровнем жидкости, предохраняя переохлажденный жидкий кислород от теплового контакта

25 с теплым газом наддува, что существенно уменьшает объем верхнего слоя жидкого кислорода с температурой выше температуры, заданной на заправку (тепловые остатки незабора жидкого кислорода).

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет повысить технологичность процесса подготовки кислорода к заправке и заправки переохлажденным

30 жидким кислородом бака окислителя разгонного блока, а также улучшить эксплуатационные характеристики разгонного блока.

Формула изобретения

Система заправки переохлажденным кислородом бака окислителя разгонного блока,

35 содержащая криогенную заправочную емкость с жидким кислородом, заправочную магистраль с насосом жидкого кислорода, подключенную к бортовому трубопроводу заправки бака окислителя разгонного блока, и теплообменник-охладитель, выполненный в виде криогенной емкости, в которой размещен внутренний сосуд, при этом между

40 внутренней поверхностью криогенной емкости и внешней поверхностью внутреннего сосуда образована герметичная полость с жидким криогенным хладагентом, верхняя часть которой сообщена через клапан с агрегатом откачки паров хладагента, при этом нижняя часть внутреннего сосуда через два запорных клапана, насос жидкого кислорода и третий

45 клапан сообщена с криогенной заправочной емкостью с жидким кислородом и через первый и четвертый запорные клапаны, а также через разъемное соединение и бортовой заправочный клапан сообщена с баком окислителя разгонного блока, а верхняя часть

50 внутреннего сосуда имеет дренажный патрубок с дренажно-предохранительным клапаном, отличающаяся тем, что во внутреннем сосуде вблизи его днища по длине внутреннего сосуда в плоскости его симметрии размещен трубчатый коллектор подачи газообразного гелия, имеющий по своей длине отверстия подачи газообразного гелия, при этом

указанный коллектор подключен через клапан, регулирующий расход гелия, и клапан подачи гелия к источнику гелия, к которому также через клапан наддува подключен трубопровод наддува внутреннего сосуда газообразным гелием.

