



(51) МПК
F17C 5/00 (2006.01)
F17C 11/00 (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F17C 5/00 (2024.01); *F17C 11/00* (2024.01); *B01D 53/04* (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023133233, 14.12.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 14.12.2023

Дата регистрации:
 03.06.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.12.2023

(45) Опубликовано: 03.06.2024 Бюл. № 16

Адрес для переписки:
 119071, Москва, Ленинский пр-кт, 31, корп. 4,
 ИФХЭ РАН

(72) Автор(ы):

Стриженов Евгений Михайлович (RU),
 Фомкин Анатолий Алексеевич (RU),
 Школин Андрей Вячеславович (RU),
 Меньщиков Илья Евгеньевич (RU),
 Шелякин Игорь Дмитриевич (RU),
 Чугаев Сергей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 учреждение науки Институт физической
 химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
 Российской академии наук (ИФХЭ РАН)
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: US 6613126 B2, 28.02.2002. US
 20150001101 A1, 01.01.2015. RU 2267694 C1,
 10.01.2006. RU 2312114 C1, 10.12.2007.

(54) Способ и система заправки бортовых адсорбционных аккумуляторов природного газа с циркуляцией охлаждаемого теплоносителя

(57) Реферат:

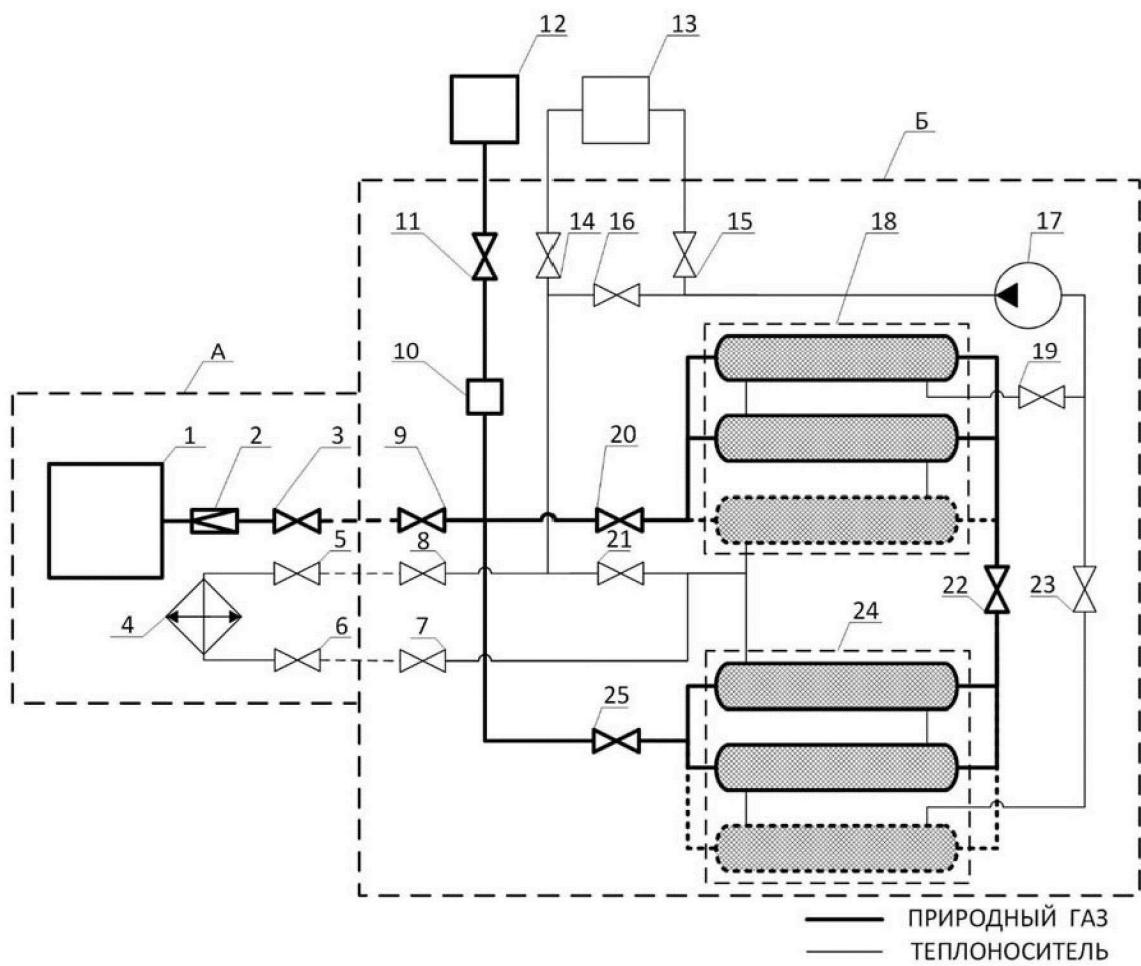
Изобретение относится к области хранения природного газа в адсорбированном состоянии и использования адсорбированного природного газа для питания двигателя внутреннего сгорания транспортного средства. Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение эффективности работы системы заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа за счет обеспечения функции терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов при их заправке природным газом, что позволяет увеличить полную емкость адсорбционной

системы аккумулирования (количество заправленного газа). В частном случае исполнения техническим результатом является борьба с накоплением высококипящих углеводородов в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов, позволяющая увеличить количество циклов использования бортовой адсорбционной системы аккумулирования без снижения ее активной емкости, что в совокупности приводит к увеличению пробега транспортного средства. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 2 ил.

R U 2 8 2 0 3 7 3 C 1

R U 2 8 2 0 3 7 3 C 1

R U 2820373 C 1



Фиг. 1

R U 2820373 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F17C 5/00 (2024.01); F17C 11/00 (2024.01); B01D 53/04 (2024.01)

(21)(22) Application: 2023133233, 14.12.2023

(24) Effective date for property rights:
14.12.2023

Registration date:
03.06.2024

Priority:

(22) Date of filing: 14.12.2023

(45) Date of publication: 03.06.2024 Bull. № 16

Mail address:
119071, Moskva, Leninskij pr-kt, 31, korp. 4,
IFKHE RAN

(72) Inventor(s):

Strizhenov Evgenij Mikhajlovich (RU),
Fomkin Anatolij Alekseevich (RU),
Shkolin Andrej Vyacheslavovich (RU),
Menshchikov Ilya Evgenevich (RU),
Shelyakin Igor Dmitrievich (RU),
Chugaev Sergej Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut fizicheskoy khimii
i elektrokhimii im. A.N. Frumkina Rossijskoj
akademii nauk (IFKHE RAN) (RU)

R U 2 8 2 0 3 7 3 C 1

(54) METHOD AND SYSTEM FOR FILLING NATURAL GAS ONBOARD ADSORPTION ACCUMULATORS WITH CIRCULATION OF COOLED COOLANT

(57) Abstract:

FIELD: natural gas storage.

SUBSTANCE: invention relates to storage of natural gas in an adsorbed state and use of adsorbed natural gas to power an internal combustion engine of a vehicle. In a particular case of execution, the technical result is the fight against the accumulation of high-boiling hydrocarbons in a monoblock adsorbent of on-board adsorption accumulators, allowing to increase the number of use cycles of the on-board adsorption accumulation system without reducing its active

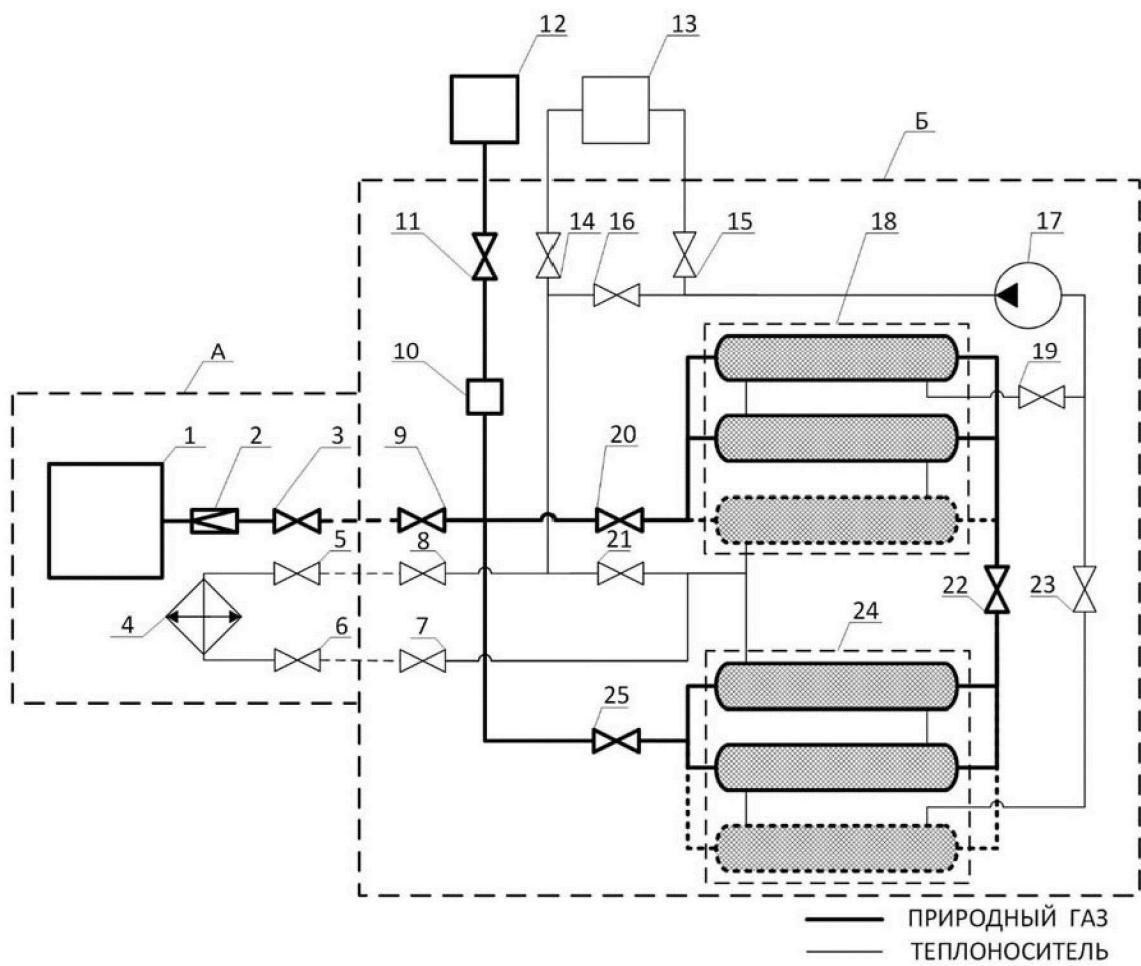
capacity, which together leads to an increase in the vehicle mileage.

EFFECT: increase in the onboard adsorption natural gas accumulation system filling operating efficiency due to the onboard adsorption accumulators thermal control function during their filling with natural gas, which makes it possible to increase the total capacity of the adsorption accumulation system (amount of filled gas).

5 cl, 2 dwg

R U 2 8 2 0 3 7 3 C 1

R U 2820373 C 1



Фиг. 1

R U 2820373 C 1

Изобретение относится к области хранения природного газа в адсорбированном состоянии и использования адсорбированного природного газа для питания двигателя внутреннего сгорания транспортного средства.

Природный газ является одним из самых перспективных альтернативных источников энергии в связи с низкой стоимостью и хорошими экологическими качествами. На сегодня уже более 28 миллионов автомобилей в мире используют природный газ. И согласно прогнозам Международного энергетического агентства доля природного газа в мировом энергетическом балансе к 2040-ому году не только не упадет в связи с развитием альтернативной энергетики, но и вырастет в 1,46 раза, при этом потребление природного газа на транспорте вырастет в 2,35 раза.

Адсорбированный природный газ (АПГ) альтернативная технология хранения природного газа, в том числе, и для применения на транспортных средствах.

Адсорбированный природный газ отличается высокой энергоэффективностью, а также пожаро- и взрывобезопасностью, обусловленными «связанным» состоянием молекул газа в микропорах и низкими давлениями по сравнению с традиционными системами компримированного (КПГ) и сжиженного (СПГ) природного газа. Однако системы АПГ обладают и недостатками: тепловыми эффектами адсорбции/десорбции (адсорбция и десорбция экзотермический и эндотермический процессы соответственно), снижающими эффективность заправки/выдачи газа, а также накоплением в адсорбционном материале в результате циклической работы системы высококипящих углеводородов (C_{2+}), входящих в состав природного газа.

Изначально адсорбционные материалы синтезируются в гранулированном или порошкообразном виде и обладают невысокой насыпной плотностью. Для повышения удельной объемной емкости адсорбционной системы аккумулирования требуется увеличивать плотность упаковки адсорбента. В работе [Solovtsova, O.V.; Chugaev, S.S.; Men'shchikov, I.E.; Pulin, A.L.; Shkolin, A.V.; Fomkin, A.A. High-density carbon adsorbents for natural gas storage. Colloid J. 2020, 82, 719–726] показано, что формование под давлением смеси адсорбционного материала со связующим позволяет существенно увеличить удельную объемную емкость системы АПГ с моноблочным адсорбентом, изготовленным по данной технологии, по сравнению с исходным рассыпным адсорбционным материалом.

Адсорбционные системы аккумулирования в силу возникновения тепловых эффектов очень чувствительны к скорости заправки и выдачи газа. Отсутствие специально заложенных приемов утилизации теплоты адсорбции при заправке и подвода теплоты при выдаче газа снижают эффективность (количество газа, пробег) систем АПГ примерно в 2 раза, что особенно проявляется при «быстрой» заправке и выдаче газа. При этом в области автотранспорта скорости заправки и выдачи являются принципиальными, что требует применения специальных технологических приемов, использования дополнительных машин и аппаратов в адсорбционных системах аккумулирования. Как правило, для снижения влияния тепловых эффектов могут быть использованы специальные системы терморегулирования: теплообменники, установленные внутри [Vasiliev, L.L.; Kanonchik, L.E.; Tsitovich, A.P. Adsorption system with heat pipe thermal control for mobile storage of gaseous fuel. Int. J. Therm. Sci. 2017, 120, 252–262], [Ybyraiymkul, D.; Ng, K.C.; Kaltaev, A. Experimental and numerical study of effect of thermal management on storage capacity of the adsorbed natural gas vessel. Appl. Therm. Eng. 2017, 125, 523–531] или снаружи [Zhang, J.; Tan, Y.; Zhang, T.; Yu, K. Investigation of improvement of desorption efficiency using engine cooling water in natural gas vehicle tank. Appl. Therm. Eng. 2018, 133, 117–124], [Patil, K.H.; Sahoo, S. Charge characteristics of adsorbed

natural gas storage system based on MAXSORB III. J. Nat. Gas Sci. Eng. 2018, 52, 267 282] адсорбционного аккумулятора, а также циркуляция непосредственно через слой адсорбента газа, нагретого или охлажденного во внешнем теплообменном аппарате [Kanonchik, L.E.; Vasiliev, L.L. Charge dynamics of a low-pressure natural gas accumulator with solid adsorbent, novel thermosyphon and recirculation loop. Int. J. Heat Mass Transf. 2019, 143, 1 9], [Strizhenov, E.M.; Chugaev, S.S.; Men'shchikov, I.E.; Shkolin, A.V.; Zherdev, A.A. Heat and mass transfer in an adsorbed natural gas storage system filled with monolithic carbon adsorbent during circulating gas charging. Nanomaterials 2021, 11, 3274].

В работе [Pupier, O.; Goetz, V.; Fiscal, R. Effect of cycling operations on an adsorbed natural

gas storage. Chem. Eng. Process. 2005, 44, 71 79] показано, что накопление примесных углеводородов C_{2+} в адсорбенте при использовании природного газа с содержанием

метана около 92,18% мол. приводит к снижению эффективности системы хранения на 50% после 700 циклов заправки природным газом, что соответствует пробегу автомобиля около 250 000 км. В работе [Romanos, J.; Rash, T.; Dargham, S.A.; Prosniewski, M.; Barakat,

F.; Pfeifer, P. Cycling and regeneration of adsorbed natural gas in microporous materials. Energy Fuels 2017, 31, 14332 14337] показано, что при заправке адсорбционной системы природным газом с 85,45% мол. метана, объемная накопительная емкость системы уменьшилась до 50% уже после первых 100 циклов и после этого оставалась постоянной.

Авторы работы [Prosniewski, M.; Rash, T.; Romanos, J.; Gillespie, A.; Stalla, D.; Knight, E.;

Smith, A.; Pfeifer, P. Effect of cycling and thermal control on the storage and dynamics of a 40-L monolithic adsorbed natural gas tank. Fuel 2019, 244, 447 453] изучали влияние примесей в природном газе с содержанием метана 90,58% мол. в полноразмерной адсорбционной системе с терморегулированием (нагрев при выдаче газа) и без него. Было установлено, что за 20 циклов без использования терморегулирования полезная объемная емкость

аккумулирования уменьшилась на 16%, а количество выдаваемого газа на 10%. Однако при использовании нагрева системы при выдаче газа потери эффективности были снижены до 7% и 5% соответственно благодаря более эффективному удалению этана, как основного примесного углеводорода в природном газе. В свою очередь

терморегулирование не привело к значительному улучшению в снижении накопления углеводородов тяжелее C_2H_6 , которые продолжали вытеснять метан и этан из системы. Эти данные показывают, что для того, чтобы автомобильная адсорбционная система аккумулирования была эффективна, необходимо использование как терморегулирования адсорбционного аккумулятора, так и системы борьбы с накоплением примесных углеводородов в адсорбенте.

В патенте US 6613126 B2 обсуждаются решения, позволяющие минимизировать негативное влияние тяжелых гомологов метана в природном газе на показатели адсорбционной системы путем их предварительного сепарирования перед заправкой газом аккумулятора с адсорбентом. Авторами патента представлена схема с разделением природного газа на легкие и тяжелые фракции на базе самого автомобиля. Согласно схеме, поток природного газа сначала проходит через предварительный адсорбер, где происходит отделение пропана и бутана, после чего обогащенный метаном поток аккумулируется в основном адсорбере. При этом для улучшения сорбционно-десорбционных показателей предварительного адсорбера в нем предусмотрен теплообменный контур для утилизации теплоты и холода, образующихся в процессах заправки/выдачи газа.

В похожем патенте US 20150001101 A1 представлена схема адсорбционной системы с двумя последовательно расположеннымися аккумуляторами, первый из которых

предназначен для улавливания молекул газов C_{2+} , а второй для накопления природного газа, обогащенного метаном. На первом этапе происходит заполнение газом предварительного защитного адсорбера в динамическом режиме при закрытом вентиле, отсекающим основной адсорбер. По мере продвижение фронта потока газа происходит 5 задерживание тяжелых углеводородов в адсорбере, а газовый поток обогащается метаном. После этого клапан между адсорберами открывается и производится выпуск газа в основной адсорбер. При полном заполнении основного адсорбера клапан 10 перекрывают. При подаче газа в ДВС осуществляется обратная ситуация поток газа, выходящий из основного адсорбера «выдувает» молекулы C_{2+} из защитного адсорбера, одновременно его регенерируя.

В представленных выше патентах не освещена или частично освещена проблема выделения/поглощения теплоты в процессах заправки/выдачи природного газа из адсорбера, что оказывает значительное влияние на работу и эффективность всей системы в целом.

15 В патенте на полезную модель №173726 «Устройство для хранения и подачи природного газа потребителю» описывается схема устройства для хранения и подачи природного газа потребителю, содержащего адсорбер, имеющий корпус с патрубками подвода и отвода газа, в котором размещен сорбент, способный поглощать природный газ, а также теплообменник, обеспечивающий теплообмен природного газа с 20 промежуточным теплоносителем. Патрубки подвода и отвода газа соединены между собой замкнутой гидравлической линией, образующей циркуляционный контур, в котором размещены запорные клапана, причем в этом контуре установлены последовательно по направлению течения газа теплообменник и нагнетатель 25 динамического действия, производительность которого изменяется в соответствии с расходом газа, поступающего из устройства потребителю. Достоинством данной схемы является то, что нагретый в теплообменном аппарате циркулирующий природный газ проходит непосредственно через слой адсорбента, нагревая его при выдаче газа потребителю. В качестве недостатка данной схемы можно отметить отсутствие 30 заложенного в схему решения по борьбе с накоплением высококипящих углеводородов C_{2+} .

В патенте US 7955415 B2 описывается улучшение характеристик адсорбционной системы за счет использования жидкостной системы терморегулирования, позволяющей 35 утилизировать высвобождающуюся теплоту адсорбции во время заправки, а также производить подогрев адсорбера во время выдачи газообразного топлива. Также в конструкции системы может быть предусмотрена установка вакуумного насоса, 40 позволяющего дополнительно извлекать остаточное количество газа из системы при низких давлениях. В патенте указывается, что в адсорбере обычно используется сыпучий адсорбционный материал, например, активный уголь, что является недостатком в связи с его низкой насыпной плотностью, и, как следствие, удельной объемной емкостью. С точки зрения энергоэффективности работы системы спорным моментом является использование вакуумного насоса. Также в данной схеме не предусмотрена функция по борьбе с накоплением примесных углеводородов, содержащихся в природном газе.

К преимуществам бортовых адсорбционных систем аккумулирования природного 45 газа стоит отнести технологическую преемственность по отношению к системам заправки компримированным природным газом с помощью автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). В то же время для заправки КПГ требуется высокое давление в системе порядка 30 МПа, которое является

чрезмерным для адсорбционных накопителей, работающих при более низком давлении, что и определяет их энергоэффективность. Поэтому для реализации всех достоинств систем АПГ целесообразна разработка новых эффективных способов заправки данных систем.

- 5 В работе [Strizhenov, E.M.; Chugaev, S.S.; Men'shchikov, I.E.; Shkolin, A.V.; Zherdev, A.A. Heat and mass transfer in an adsorbed natural gas storage system filled with monolithic carbon adsorbent during circulating gas charging. *Nanomaterials* 2021, 11, 3274] показано, что циркуляция охлаждаемого во внешнем теплообменном аппарате газа через слой адсорбента является одним из самых эффективных способов заправки систем АПГ,
- 10 так как охлажденный природный газ напрямую контактирует со слоем адсорбента, который нагревается в процессе заправки, тем самым снижая его температуру, что ведет к увеличению количества заправленного газа в адсорбционном аккумуляторе. Помимо циркуляции газа авторы работы [Men'shchikov, I.E.; Shkolin, A.V.; Strizhenov, E.M.; Khozina, E.V.; Chugaev, S.S.; Shiryaev, A.A.; Fomkin, A.A.; Zherdev, A.A. Thermodynamic behaviors of adsorbed methane storage systems based on nanoporous carbon adsorbents prepared from coconut shells. *Nanomaterials* 2020, 10, 2243] показали, что при заправке
- 15 адсорбционной системы также могут эффективно применяться внешние или внутренние теплообменные аппараты, непосредственно охлаждающие адсорбционный аккумулятор.

В патентах US 4522159 A и US 4523548 A представлена технологическая схема заправки системы АПГ газом из сети низкого давления при помощи двухступенчатого сжатия с помощью компрессора. В патенте US 4531497 A рассмотрен случай установки заправочного компрессора непосредственно на борту автомобиля. Недостатками данных схем являются отсутствие системы терморегулирования адсорбционных накопителей, что снижает количество заправляемого газа из-за нагрева адсорбента в

25 процессе заправки, а также отсутствие системы по борьбе с накоплением примесных углеводородов, содержащихся в природном газе.

Наиболее близким по сути и достигаемому результату является патент US 4749384 A, в котором предложено использовать кольцевую систему заправки бортового адсорбционного аккумулятора охлажденным потоком газа. Природный газ из внешнего источника сжимается до требуемого давления в компрессоре и после прохождения блока очистки поступает в накопители сжатого газа, которые в свою очередь являются источником газа для бортового адсорбционного аккумулятора, который представляет собой баллон, заполненный адсорбционным материалом. Из накопителей газ поступает на линию заправки и далее через входную бортовую газовую линию высокого давления на вход в адсорбционный аккумулятор. Адсорбционный аккумулятор в свою очередь имеет проточную конструкцию и имеет входное и выходное отверстия, таким образом, часть газа сорбируется в динамическом режиме в слое адсорбента, а часть газа, нагретая за счет выделения теплоты адсорбции, выходит обратно в кольцевую систему.

Побудителем расхода газа в «кольце» является газодувка, которая направляет вышедший из аккумулятора поток газа в охладители, где газ охлаждается (происходит утилизация теплоты адсорбции) и, получив добавочную порцию из накопителей хранения газа, вновь направляется на заправку аккумулятора. Таким образом, заправка газом осуществляется в динамическом режиме с утилизацией теплоты адсорбции. В патенте говорится о том, что природный газ проходит через систему очистки, в которой эффективно удаляется влага, двуокись углерода, сероводород или другие загрязняющие газы, которые могут присутствовать в основном источнике газа. Однако не говорится, что в системе предусмотрена борьба именно с высококипящими углеводородами, которые имеют свойство накапливаться в адсорбенте, снижая активную емкость

адсорбционной системы в процессе ее циклической работы. Работоспособность предложенной схемы заправки может вызывать сомнения в связи с отсутствием в ней какой-либо запорно-регулирующей арматуры. Существенным недостатком описанного бортового адсорбционного аккумулятора является отсутствие системы

- ⁵ терморегулирования, нагревающей его при выдаче газа, что приводит к снижению пробега транспортного средства.

Анализ принципиальных схем реализации газо-топливных систем, использующих АПГ, и способов их заправки показал, что в настоящее время оптимальных схем эффективной работы данных систем, в которых заложены решения основных проблем ¹⁰ технологии АПГ (utiлизация теплоты адсорбции и десорбции, борьба с примесями C_{2+}), не существует.

Целью настоящего изобретения является создание эффективного способа заправки бортовых адсорбционных аккумуляторов природного газа и эффективной системы заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с ¹⁵ предусмотренными функциями терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов и борьбы с накоплением высококипящих углеводородов.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение эффективности работы системы заправки бортовой адсорбционной системы ²⁰ аккумулирования природного газа за счет обеспечения функции терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов при их заправке природным газом, что позволяет увеличить полную емкость адсорбционной системы аккумулирования (количество заправленного газа).

В частном случае исполнения изобретения техническим результатом является борьба ²⁵ с накоплением высококипящих углеводородов в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов, позволяющая увеличить количество циклов использования бортовой адсорбционной системы аккумулирования без снижения ее активной емкости, что в совокупности приводит к увеличению пробега транспортного средства.

Заявляемая цель и технический результат достигается при использовании следующих ³⁰ технических решений.

Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, содержащая магистрали газовые, источник природного газа высокого давления, регулятор давления газа, набор клапанов запорных газовых, набор клапанов запорных теплоносителя, магистрали теплоносителя и устройство для охлаждения теплоносителя ³⁵ системы охлаждения двигателя транспортного средства, имеющего возможность подключения к системе терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, источник природного газа высокого давления, регулятор давления газа, клапан запорный газовый посредством магистрали газовой соединены последовательно соответственно с функцией ⁴⁰ подключения к газовому контуру бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа.

В другом частном случае система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа содержит предварительный адсорбер с адсорбентом.

В другом частном случае в системе заправки бортовой адсорбционной системы ⁴⁵ аккумулирования природного газа применяют в качестве устройства для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства теплообменные аппараты с функцией передачи тепла в окружающую среду или хладоносителю холодильной установки.

Способ заправки бортовых адсорбционных аккумуляторов природного газа, установленных на транспортном средстве, работающем на компримированном природном газе, для обеспечения природным газом двигателя внутреннего сгорания транспортного средства, включающий в себя, приведение сжатого природного газа в контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов для осуществления адсорбции природного газа, отличающийся тем, что перед приведением сжатого природного газа в контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов редуцируют природный газ, поступаемый из источника природного газа высокого давления системы заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, до требуемого рабочего давления бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, охлаждают бортовые адсорбционные аккумуляторы за счет циркуляции теплоносителя системы терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, нагревающегося за счет выделения теплоты при адсорбции природного газа в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов и охлаждающегося в устройстве для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства.

В другом частном случае способы осуществляют очистку природного газа от высококипящих углеводородов адсорбционным методом перед приведением сжатого природного газа в контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов.

Достижение технического результата иллюстрируются следующими примерами и чертежами, где показано следующее:

на фиг. 1 Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с параллельным подключением наборов бортовых адсорбционных аккумуляторов с циркуляцией охлаждаемого теплоносителя;

на фиг. 2 Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с последовательным подключением наборов бортовых адсорбционных аккумуляторов с циркуляцией охлаждаемого теплоносителя.

Здесь и далее на фигурах используются следующие обозначения:

А система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа;

Б бортовая адсорбционная система аккумулирования природного газа;

1 источник природного газа высокого давления;

2 регулятор давления газа;

3, 9, 11, 20, 22, 25, 26 набор клапанов запорных газовых;

4 устройство для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства;

5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 19, 21, 23, 28 набор клапанов запорных теплоносителя;

10 фильтр механической очистки;

12 двигатель внутреннего сгорания транспортного средства;

13 система охлаждения двигателя транспортного средства;

17 насос теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства;

18, 24 наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов, заполненные моноблочным

адсорбентом;

27 предварительный адсорбер с адсорбентом.

Пример 1.

Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного

газа с функцией терморегулирования, Фиг. 1, включающие в себя источник природного газа высокого давления (1), регулятор давления газа (2), набор клапанов запорных газовых (3), (9), (11), (20), (22), (25), устройство для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13), набор клапанов запорных теплоносителя (5), (6), (7), (8), (14), (15), (16), (19), (21), (23), фильтр механической очистки (10), насос теплоносителя (17) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13), наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом.

Принцип работы системы заключается в следующем. В процессе эксплуатации

системы заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с функцией терморегулирования, Фиг. 1, выполняется следующая технологическая последовательность и режимы.

Режим заправки

Транспортное средство с бортовой адсорбционной системой аккумулирования

природного газа Б заправляется природным газом с помощью системы заправки А. Клапан запорный газовый (3) клапан заправочного устройства системы заправки А. Клапан запорный газовый (9) ответный клапан для установки заправочного устройства на транспортном средстве с бортовой адсорбционной системой аккумулирования природного газа Б. Клапаны запорные теплоносителя (5), (6) клапаны устройства для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). Клапаны запорные теплоносителя (7), (8) ответные клапаны для подключения устройства для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) к контуру теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б.

Заправка бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б осуществляется в одну стадию. Газ из источника природного газа высокого давления (1) (например, от колонки АГНКС) системы заправки А редуцируется до требуемого давления в системе с помощью регулятора давления газа (2) и подается в газовый контур бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б и наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненных моноблочным адсорбентом. Наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом, содержат внутренние и/или внешние теплообменные аппараты, в каналах которых циркулирует теплоноситель системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). Насос теплоносителя (17) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) осуществляет циркуляцию теплоносителя одновременно по контуру последовательно через элементы (17), (16), (8), (5), (4), (6), (7), (18), (19) и по контуру последовательно через элементы (17), (16), (8), (5), (4), (6), (7), (24), (23). При этом теплоноситель охлаждается в устройстве для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). В качестве охлаждающего устройства применяются теплообменные аппараты, передающие теплоту, которая выделяется при заправке в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), в окружающую среду или хладоносителю холодильной установки. Наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом, подобны и могут состоять из различного числа одинаковых адсорбционных аккумуляторов. Тем самым можно обеспечить создание бортовой адсорбционной системы аккумулирования любого требуемого объема. В режиме заправки клапаны запорные газовые (3), (9), (20), (22), (25) открыты, а клапан (11)

закрыт. Клапаны запорные теплоносителя (5), (6), (7), (8), (16), (19), (23) открыты, а клапаны (14), (15), (21) закрыты. Заправка заканчивается, когда наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом, охладились до требуемой температуры.

Пример 2.

Отличается от примера 1 тем, что система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с функцией терморегулирования дополнительно имеет функцию борьбы с накоплением высококипящих углеводородов, а также включают в себя клапан запорный газовый (26), предварительный адсорбер с адсорбентом (27), клапан запорный теплоносителя (28), но не включают в себя клапаны запорные газовые (20), (25), клапан запорный теплоносителя (23), Фиг. 2.

Принцип работы системы заключается в следующем. В процессе эксплуатации системы заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа с функциями терморегулирования и борьбы с накоплением высококипящих углеводородов, Фиг. 2, выполняется следующая технологическая последовательность и режимы.

Режим заправки

Транспортное средство с бортовой адсорбционной системой аккумулирования природного газа Б заправляется природным газом с помощью системы заправки А.

Клапан запорный газовый (3) клапан заправочного устройства системы заправки А. Клапан запорный газовый (9) ответный клапан для установки заправочного устройства на транспортном средстве с бортовой адсорбционной системой аккумулирования природного газа Б. Клапаны запорные теплоносителя (5), (6) клапаны устройства для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). Клапаны запорные теплоносителя (7), (8) ответные клапаны для подключения устройства для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) к контуру теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б.

Заправка бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б осуществляется в одну стадию. Газ из источника природного газа высокого давления (1) (например, от колонки АГНКС) системы заправки А редуцируется до требуемого давления в системе с помощью регулятора давления газа (2), проходит через предварительный адсорбер с адсорбентом (27), в котором очищается от высококипящих

углеводородов, и подается в газовый контур бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа Б и наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом. Наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом, содержат внутренние и/или внешние теплообменные аппараты, в каналах которых циркулирует теплоноситель

системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). Насос теплоносителя (17) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13) осуществляет циркуляцию теплоносителя по контуру последовательно через элементы (17), (8), (5), (4), (6), (7), (18), (28), (24), (16). При этом теплоноситель охлаждается в устройстве для охлаждения теплоносителя (4) системы охлаждения двигателя транспортного средства (13). В

качестве охлаждающего устройства применяются теплообменные аппараты, передающие теплоту, которая выделяется при заправке в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), в окружающую среду или хладоносителю холодильной установки. Наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24),

заполненные моноблочным адсорбентом, подобны и могут состоять из различного числа одинаковых адсорбционных аккумуляторов. Тем самым можно обеспечить создание бортовой адсорбционной системы аккумулирования любого требуемого объема. В режиме заправки клапаны запорные газовые (3), (9), (22), (26) открыты, а 5 клапан (11) закрыт. Клапаны запорные теплоносителя (5), (6), (7), (8), (16), (28) открыты, а клапаны (14), (15), (19), (21) закрыты. Заправка заканчивается, когда наборы бортовых адсорбционных аккумуляторов (18), (24), заполненные моноблочным адсорбентом, охладились до требуемой температуры. Периодически необходима полная регенерация 10 адсорбента предварительного адсорбера (27) системы заправки, например, с помощью его нагрева, вакуумирования или одновременного нагрева и вакуумирования.

(57) Формула изобретения

1. Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, содержащая магистрали газовые, отличающаяся тем, что содержит источник природного газа высокого давления, регулятор давления газа, набор клапанов запорных газовых, набор клапанов запорных теплоносителя, магистрали теплоносителя и устройство для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства, имеющего возможность подключения к системе терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной 15 системы аккумулирования природного газа, источник природного газа высокого давления, регулятор давления газа, клапан запорный газовый посредством магистрали газовой соединены последовательно соответственно с функцией подключения к газовому контуру бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа.
2. Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа по п. 1, в которой содержится предварительный адсорбер с адсорбентом.
3. Система заправки бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа по п. 1, в которой в качестве устройства для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства применяются теплообменные аппараты с функцией передачи тепла в окружающую среду или хладоносителю холодильной 30 установки.
4. Способ заправки бортовых адсорбционных аккумуляторов природного газа, установленных на транспортном средстве, работающем на компримированном природном газе, для обеспечения природным газом двигателя внутреннего сгорания транспортного средства, включающий в себя приведение сжатого природного газа в 35 контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов для осуществления адсорбции природного газа, отличающийся тем, что перед приведением сжатого природного газа в контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов редуцируют природный газ, поступающий из источника природного газа высокого давления системы заправки бортовой адсорбционной системы 40 аккумулирования природного газа, до требуемого рабочего давления бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, охлаждают бортовые адсорбционные аккумуляторы за счет циркуляции теплоносителя системы терморегулирования бортовых адсорбционных аккумуляторов бортовой адсорбционной системы аккумулирования природного газа, нагревающегося 45 за счет выделения теплоты при адсорбции природного газа в моноблочном адсорбенте бортовых адсорбционных аккумуляторов и охлаждающегося в устройстве для охлаждения теплоносителя системы охлаждения двигателя транспортного средства.
5. Способ заправки по п. 4, отличающийся тем, что осуществляют очистку природного

газа от высококипящих углеводородов адсорбционным методом перед приведением сжатого природного газа в контакт с моноблочным адсорбентом бортовых адсорбционных аккумуляторов.

5

10

15

20

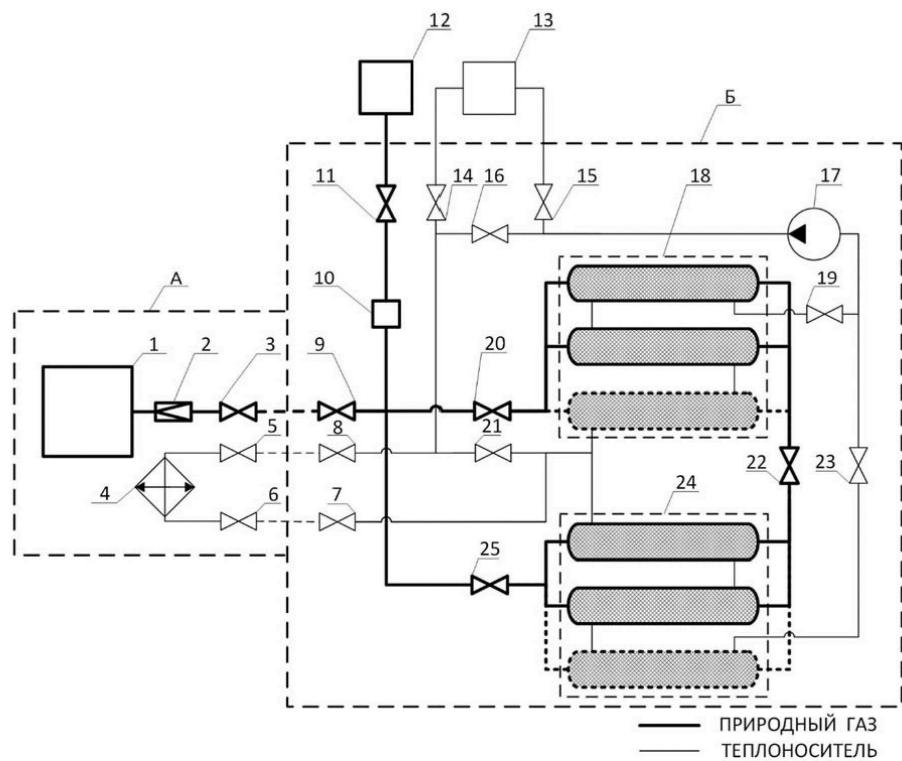
25

30

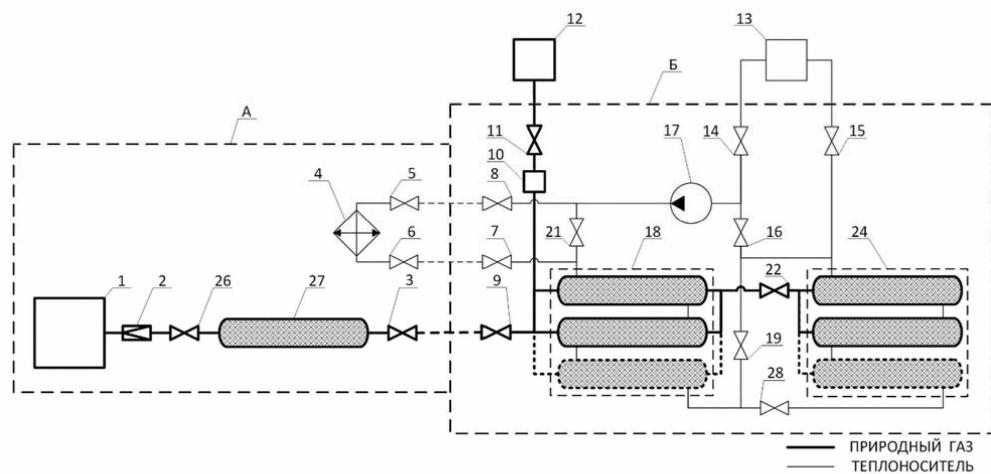
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2