

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2842918

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Пшенин Владимир Викторович (RU), Густов Вадим Сергеевич (RU), Соколов Александр Алексеевич (RU)*

Заявка № 2025103584

Приоритет изобретения 18 февраля 2025 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 03 июля 2025 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 18 февраля 2045 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B01D 53/14 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2025103584, 18.02.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.02.2025Дата регистрации:
03.07.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.02.2025

(45) Опубликовано: 03.07.2025 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
Санкт-Петербургский Горный Университет,
Прищепа Олег Михайлович

(72) Автор(ы):

Пшенин Владимир Викторович (RU),
Густов Вадим Сергеевич (RU),
Соколов Александр Алексеевич (RU)

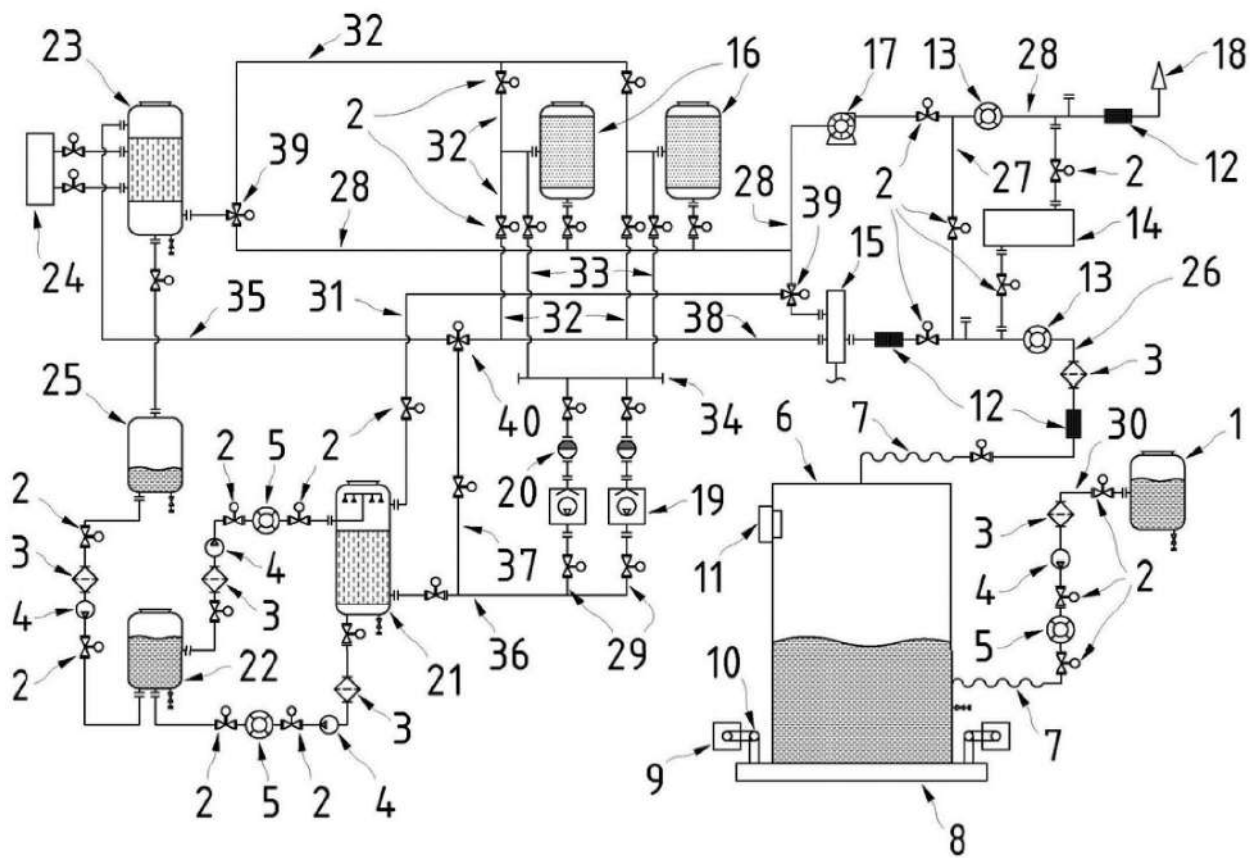
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2645540 C1, 21.02.2018. RU
2157717 C2, 20.10.2000. RU 2106903 C1,
20.03.1998. RU 2657445 C1, 19.06.2018. RU 39928
U1, 20.08.2004. RU 2452556 C1, 10.06.2012. JP
59048649 B2, 28.11.1984.(54) ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ
НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности к экспериментальным стендам, и предназначено для изучения газодинамических процессов, протекающих при операциях погрузки нефтяных танкеров. Расширение функциональных возможностей экспериментального оборудования для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов достигается за счёт установки рабочей ёмкости на подвижной платформе, соединённой с шаговыми двигателями,

обеспечивающими периодическое движение рабочей ёмкости, что позволяет учитывать влияние состояния свободной поверхности воды, т. е. качки танкеров, на процесс рекуперации. Кроме того, применение различных ёмкостей для расходного бака, резервуара хранения абсорбента и конденсатосборника позволяет оценивать эффективность рекуперации в зависимости от рода жидкости, применяемой в качестве абсорбента. 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B01D 53/14 (2025.01)

(21)(22) Application: **2025103584, 18.02.2025**

(24) Effective date for property rights:
18.02.2025

Registration date:
03.07.2025

Priority:

(22) Date of filing: **18.02.2025**

(45) Date of publication: **03.07.2025** Bull. № 19

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, Sankt-Peterburgskij Gornyj Universitet, Prishchepa Oleg Mikhajlovich

(72) Inventor(s):

**Pshenin Vladimir Viktorovich (RU),
Gustov Vadim Sergeevich (RU),
Sokolov Aleksandr Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **EXPERIMENTAL BENCH FOR STUDYING OF OIL AND OIL PRODUCTS VAPOURS RECUPERATION PROCESSES**

(57) Abstract:

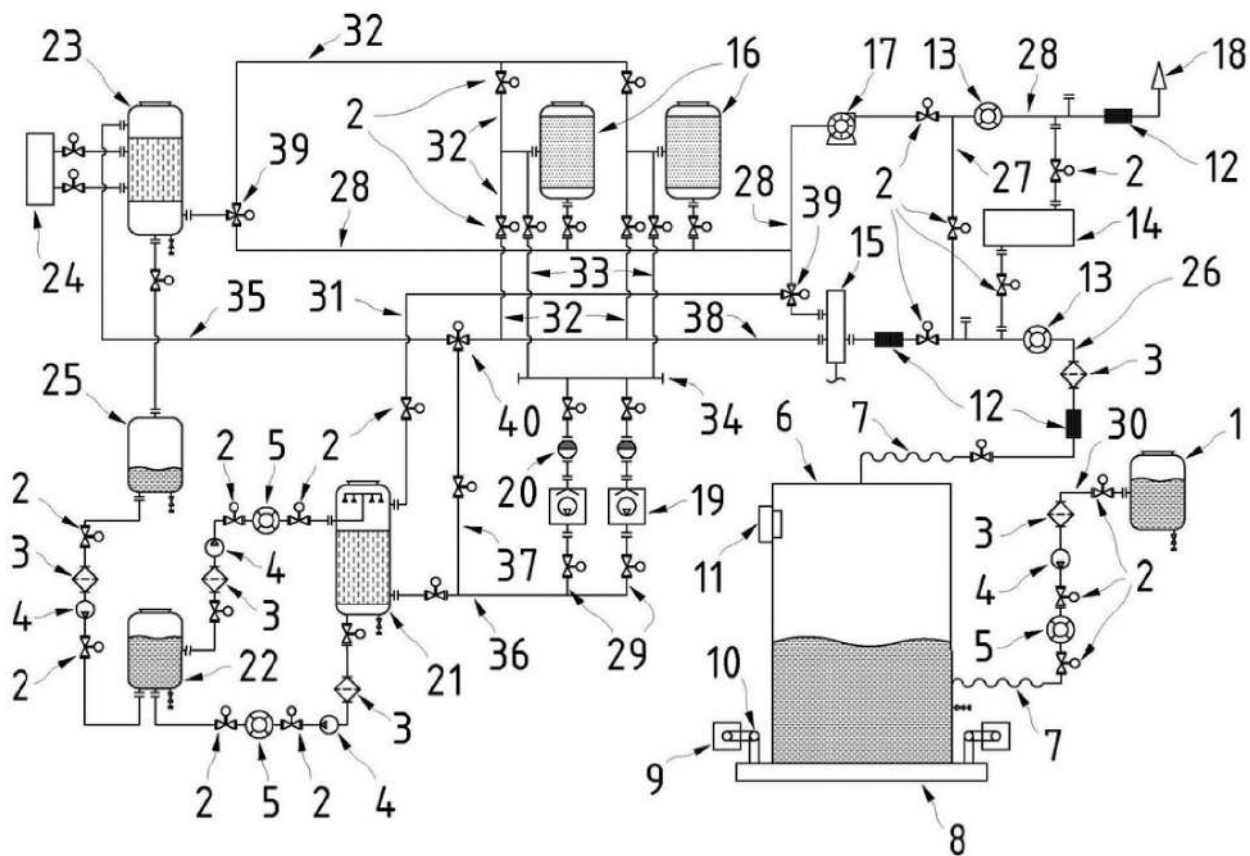
FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to mechanical engineering, particularly, to test benches intended for studying gas-dynamic processes in loading oil tankers. Result is achieved due to installation of working tank on movable platform connected to step motors providing periodic movement of working tank, which allows to take into account effect of state of free water surface, i.e. pitching of tankers, on recovery process. Besides,

use of different containers for service tank, absorbent storage tank and condensate collector allows evaluating recuperation efficiency depending on type of liquid used as absorbent.

EFFECT: broader functional capabilities of experimental equipment for studying processes of recuperation of vapour of oil and oil products.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к машиностроению, в частности к экспериментальным стендам, и предназначено для изучения газодинамических процессов, протекающих при операциях погрузки нефтяных танкеров.

Известна установка улавливания и утилизации паров углеводородов из резервуаров нефтепродуктов (патент РФ № 39928, опубл. 20.08.2004), содержащая соединённые между собой системой трубопроводов резервуар в виде ёмкости для хранения нефтепродукта, включающей полость с жидким нефтепродуктом и газовую полость с паровоздушной смесью, компрессор низкого давления для обеспечения отбора паровоздушной смеси из ёмкости, движения паровоздушной смеси по испарителю-теплообменнику и подачи конденсата в ёмкость, ресивер-пароотделитель для частичной конденсации паров паровоздушной смеси сразу после отбора её из ёмкости, холодильную машину для охлаждения паровоздушной смеси в испарителе-теплообменнике, в который оставшаяся паровоздушная смесь поступает из ресивера-пароотделителя, дроссель, через который по теплоизолированному трубопроводу охлаждённая паровоздушная смесь из испарителя-теплообменника подаётся обратно в ёмкость, а также дроссель, через который сконденсировавшийся в испарителе-теплообменнике и ресивере-пароотделителе нефтепродукт также поступает обратно в ёмкость.

Недостатком является замкнутость контура, включающего испаритель-теплообменник и газовое пространство резервуара с нефтепродуктом, то есть движение потоков сконденсировавшихся паров и очищенной газовой смеси (далее также - ГВС) по одному трубопроводу и отсутствие сброса давления путём вывода очищенной газовой смеси в атмосферу.

Известна установка улавливания паров нефтепродуктов (патент РФ № 2106903, опубл. 20.03.1998), содержащая резервуар с приёмным трубопроводом, холодильный блок, абсорберы первой и второй ступеней абсорбции с орошающими трубопроводами, соединяющими верхние части абсорберов с холодильным блоком, приёмный газопровод, соединяющий паровую зону резервуара с нижней частью абсорбера первой ступени, насос, установленный на линии между нижней зоной резервуара и холодильным блоком, и адсорбер, отличающаяся тем, что она дополнительно снабжена установленным после насоса стабилизатором абсорбента, патрубок отвода лёгких фракций которого соединён с нижней частью абсорбера первой ступени, а патрубок отвода жидкости - с холодильным блоком, и трубной перемычкой, соединяющей орошающий трубопровод абсорбера первой ступени с приёмным газопроводом, причём соотношение диаметров трубной перемычки и орошающего трубопровода абсорбера первой ступени берут равным 1:3.

Недостатком является совмещение ёмкости для хранения абсорбента и резервуара с нефтепродуктом, что исключает возможность использования в качестве абсорбента какой-либо другой жидкости. Адсорбционный блок включает в себя единственный адсорбер, что исключает возможность непрерывной работы установки ввиду необходимости вывода адсорбера в режим десорбции. В рассматриваемой установке реализована технологическая схема, предусматривающая использование холодильного блока, абсорберов и адсорбера в единственной последовательности и без возможности исключения какого-либо блока из работы. Кроме того, недостатком является непосредственное соединение верхней части абсорбера второй ступени и адсорбера, следствием чего может быть повышенная скорость деградации адсорбента и снижения адсорбционной ёмкости ввиду поступления в адсорбер газовой смеси с высоким содержанием капель нефтепродукта после абсорбционной очистки.

Известна установка улавливания углеводородных паров (патент РФ № 2157717,

опубл. 20.10.2000), содержащая группу технологических и группу товарных резервуаров, газоуравнительную систему, подводящий газопровод, компрессорную установку, скруббер, систему КИПиА, газопровод подпиточного газа, запорную арматуру, входные и выходные патрубки, счётчики уловленного газа и конденсата, обвязочные

5 трубопроводы, отличающаяся тем, что она снабжена манифольдом и блоком параллельно подключённых к нему, имеющих общую автоматику компрессоров, максимальная производительность каждого из которых равна минимальному расчётному объёму паров, поступающих на установку из резервуаров, а суммарная производительность - максимальному их значению, причём число компрессоров в

10 составе установки изменяется от одной до нескольких единиц и определяется как частное от деления суммарной на минимальную расчётную производительность, при этом каждый из компрессоров снабжён системой плавного изменения их производительности от нуля до предельного её верхнего значения, а на подводящем газопроводе установлен датчик-анализатор содержания газообразных углеводородов в смеси, соединённый с

15 исполнительным механизмом, расположенным на газопроводе подпиточного газа, который связан с паровыми пространствами товарных резервуаров автономными газопроводами подпитки, на которых установлены регулирующие клапаны, соединённые с датчиками положения уровня жидкости, расположенными в товарных резервуарах.

Недостатком является низкая эффективность улавливания паров ввиду использования только лишь скруббера в качестве устройства для очистки газовой смеси.

Известна одноступенчатая установка рекуперации паров компании KAPPA GI с применением технологий адсорбции и абсорбции (<https://www.kappagi.net/one-stage-unit-adsorption-absorption/>), содержащая адсорбционный и абсорбционный блоки.

Адсорбционный блок включает два адсорбера с активированным углём. В состав абсорбционного блока входят абсорбер и резервуар хранения абсорбента, соединённые

25 двумя трубопроводами. Адсорбционный блок соединён с нижней частью абсорбера вакуумной линией с установленным на ней вакуумным насосом. В нижней части абсорбера также установлен патрубок для вывода абсорбента из абсорбционной колонны и его возвращения в резервуар хранения абсорбента по трубопроводу с

30 установленным насосом. Резервуар хранения абсорбента соединён трубопроводом с верхней частью абсорбционной колонны, где он подключён к распылителю, при этом для подачи абсорбента в колонну на трубопроводе установлен насос. Также в верхней части колонны установлен патрубок для вывода очищенной газовой смеси, соединённый с трубопроводом для её подачи в адсорбционный блок. Для вывода

35 очищенной газовой смеси из установки рекуперации паров в атмосферу в верхней части каждого из адсорберов установлен трубопровод.

Недостатком является непосредственное соединение абсорбционной колонны и абсорбционного блока, следствием чего может являться повышенная скорость деградации абсорбента и снижения абсорбционной ёмкости ввиду поступления в

40 абсорбционный блок газовой смеси с высоким содержанием влаги и капель нефтепродукта.

Известна установка улавливания и рекуперации углеводородных паров (патент РФ № 2645540, опубл. 21.02.2018), принятая за прототип, которая содержит резервуар с приёмным трубопроводом, холодильный блок, абсорберы первой и второй ступеней

45 абсорбции с орошающими трубопроводами, соединяющими верхние части абсорберов с соответствующими патрубками из холодильного блока. Газовое пространство резервуара соединено с нижней частью абсорбера первой ступени приёмным газопроводом, на котором установлена газодувка и дополнительный теплообменник

с патрубком отвода конденсата воды. Также установка содержит ёмкость охлаждённого абсорбента, соединённую с холодильным блоком трубопроводом с установленным на нём насосом, и выходной адсорбер, выполненный двухступенчатым с возможностью поочерёдной работы и сообщённый с дополнительным теплообменником посредством

5 трубопровода с вакуумным насосом. Абсорбер представляет собой один корпус, в котором друг над другом установлены первая и вторая ступени абсорбции, причём нижняя часть корпуса соединена с ёмкостью охлаждённого абсорбента.

Недостатком является реализация технологической схемы, предусматривающей использование холодильного блока, абсорберов и адсорберов в единственной

10 последовательности и без возможности исключения какого-либо блока из работы. Кроме того, недостатком является непосредственное соединение абсорбера и выходного адсорбера, следствием чего может являться повышенная скорость деградации адсорбента и снижения адсорбционной ёмкости ввиду поступления в выходной адсорбер газовой смеси с высоким содержанием капель нефтепродукта после

15 абсорбционной очистки.

Техническим результатом является расширение функциональных возможностей экспериментального оборудования для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов.

Технический результат достигается тем, что рабочая ёмкость жёстко закреплена на

20 подвижной платформе, которая соединена с шаговыми двигателями, каждый из которых содержит вращательную пару, при этом в верхней боковой части рабочей ёмкости выполнено отверстие, в которое установлен инфракрасный газоанализатор, на коллекторе отвода паров последовательно установлены запорная арматура с электроприводом, огнепреградитель, фильтр, расходомер газа, тройник с ответвлением

25 на потоковый хроматограф, тройник с ответвлением на обводную линию, запорная арматура с электроприводом и огнепреградитель, при этом конец коллектора отвода паров соединён с входным патрубком каплеотбойника, потоковый хроматограф соединён с коллектором отвода паров и линией отвода очищенной ГВС

30 соединительными трубопроводами, на каждом из которых установлена запорная арматура с электроприводом, линия отвода очищенной ГВС выполнена в форме разветвлённого трубопровода, две ветви которого подключены к кранам трёхходовым L-образным и соединены с тройником, после которого последовательно установлены компрессор, запорная арматура с электроприводом, тройник с ответвлением на обводную линию, расходомер газа, тройник с ответвлением на потоковый хроматограф,

35 огнепреградитель и свеча рассеивания, каплеотбойник выполнен в форме полого цилиндра, в котором выполнены отверстия, в которые установлены патрубки для ввода и вывода газовой смеси и патрубок для слива уловленной жидкости, при этом патрубок каплеотбойника для вывода газовой смеси соединён с коллектором отвода газовой смеси от каплеотбойника, на котором установлены тройники,

40 выводы которых соединены с ветвями вводного трубопровода адсорбера, всасывающий коллектор вакуумных насосов соединён с вводным трубопроводом абсорбера вакуумными линиями, на которых по направлению потока последовательно установлены запорная арматура с электроприводом, обратный клапан, вакуумный насос и запорная арматура с электроприводом, в нижней боковой части конденсатора

45 установлен патрубок для вывода газовой смеси, соединённый с трубопроводом, на котором установлен кран трёхходовой L-образный, два других патрубка которого соединены с линией отвода очищенной ГВС и вводным трубопроводом адсорбера, в верхней боковой части корпуса абсорбера выполнено отверстие, в которое установлен

патрубок для вывода очищенной газовой смеси, соединённый с выходным трубопроводом абсорбера, на котором установлена запорная арматура с электроприводом, при этом на конце выходного трубопровода абсорбера установлен кран трёхходовой L-образный, второй патрубок которого соединён с линией отвода очищенной ГВС, а третий - с трубопроводом, соединённым с входным патрубком каплеотбойника.

Изобретение поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - общий вид стенда для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов, где:

- 10 1 - расходный бак;
- 2 - запорная арматура с электроприводом;
- 3 - фильтр;
- 4 - насос;
- 5 - расходомер жидкости;
- 15 6 - рабочая ёмкость;
- 7 - шланг;
- 8 - подвижная платформа;
- 9 - шаговый двигатель;
- 10 - вращательная пара;
- 20 11 - инфракрасный газоанализатор;
- 12 - огнепреградитель;
- 13 - расходомер газа;
- 14 - потоковый хроматограф;
- 15 - каплеотбойник;
- 25 16 - адсорбер;
- 17 - компрессор;
- 18 - свеча рассеивания;
- 19 - вакуумный насос;
- 20 - обратный клапан;
- 30 21 - абсорбер;
- 22 - резервуар хранения абсорбента;
- 23 - конденсатор;
- 24 - ресивер хладагента;
- 25 - конденсатосборник;
- 35 26 - коллектор отвода паров;
- 27 - обводная линия;
- 28 - линия отвода очищенной ГВС;
- 29 - вакуумная линия;
- 30 - линия подвода рабочей жидкости;
- 40 31 - выходной трубопровод абсорбера;
- 32 - вводной трубопровод адсорбера;
- 33 - линия отвода десорбата;
- 34 - всасывающий коллектор вакуумных насосов;
- 35 - вводной трубопровод конденсатора;
- 45 36 - вводной трубопровод абсорбера;
- 37 - переключатель;
- 38 - коллектор отвода ГВС от каплеотбойника;
- 39 - кран трёхходовой L-образный;

40 - кран трёхходовой Т-образный.

Экспериментальный стенд для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов выполнен в форме замкнутого контура. Экспериментальный стенд включает расходный бак 1 с люком для заполнения и обслуживания. В боковой стенке расходного бака 1 выполнено отверстие, в которое установлен патрубок, соединённый с линией подвода рабочей жидкости 30, на которой последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, фильтр 3, насос 4, расходомер жидкости 5 и запорная арматура с электроприводом 2. Линия подвода рабочей жидкости 30 соединена со шлангом 7, который установлен в отверстие, выполненное в нижней части рабочей ёмкости 6.

Рабочая ёмкость 6 жёстко закреплена на подвижной платформе 8, которая соединена с шаговыми двигателями 9. Каждый шаговый двигатель 9 содержит вращательную пару 10. В верхней боковой части рабочей ёмкости 6 выполнено отверстие, в которое установлен инфракрасный газоанализатор 11.

В верхней части рабочей ёмкости 6 установлена крышка. Шланг 7 установлен в отверстие, выполненное в крышке рабочей ёмкости 6, другой конец шланга 7 соединён с коллектором отвода паров 26. На коллекторе отвода паров 26 последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, огнепреградитель 12, фильтр 3, расходомер газа 13, тройник с ответвлением на потоковый хроматограф 14, тройник с ответвлением на обводную линию 27, запорная арматура с электроприводом 2 и огнепреградитель 12. Конец коллектора отвода паров 26 соединён с входным патрубком каплеотбойника 15. Коллектор отвода паров 26 соединён с линией отвода очищенной ГВС 28 обводной линией 27, на которой установлена запорная арматура с электроприводом 2. Потоковый хроматограф 14 соединён с коллектором отвода паров 26 и линией отвода очищенной ГВС 28 соединительными трубопроводами, на каждом из которых установлена запорная арматура с электроприводом 2.

Линия отвода очищенной ГВС 28 выполнена в форме разветвлённого трубопровода, две ветви которого подключены к кранам трёхходовым L-образным 39 и соединены с тройником, после которого установлен компрессор 17. После компрессора 17 на линии отвода очищенной ГВС 28 последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, тройник с ответвлением на обводную линию 27, расходомер газа 13, тройник с ответвлением на потоковый хроматограф 14, огнепреградитель 12 и свеча рассеивания 18.

Каплеотбойник 15 выполнен в форме полого цилиндра, в котором выполнены отверстия, в которые установлены патрубки для ввода и вывода газовойздушной смеси и патрубок для слива уловленной жидкости. Парубок каплеотбойника 15 для вывода газовойздушной смеси соединён с коллектором отвода ГВС от каплеотбойника 38, на котором установлены тройники, выводы которых соединены с ветвями вводного трубопровода адсорбера 32. На конце коллектора отвода ГВС от каплеотбойника 38 установлен кран трёхходовой Т-образный 40.

Адсорбционный блок включает не менее двух адсорберов 16, выполненных в форме вертикальных цилиндрических ёмкостей с отверстиями, в которые установлены патрубки для ввода и вывода газовойздушной смеси, в верхней части корпуса установлен люк для загрузки и замены адсорбента - активированного угля. Для вывода очищенной газовойздушной смеси из адсорбера 16 установлен трубопровод с запорной арматурой с электроприводом 2, один конец которого соединён с патрубком в нижней части адсорбера 16, а другой - с линией отвода очищенной ГВС 28. В боковой части адсорбера 16 установлен патрубок, который соединён с вводным трубопроводом адсорбера 32.

В месте присоединения на вводном трубопроводе адсорбера 32 установлен тройник, вывод которого подключён к линии отвода десорбата 33 с установленной запорной арматурой с электроприводом 2, концы линий соединены с выводами тройников, установленных на всасывающем коллекторе вакуумных насосов 34.

5 Всасывающий коллектор вакуумных насосов 34 соединён с вводным трубопроводом абсорбера 36 вакуумными линиями 29, на которых по направлению потока последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, обратный клапан 20, вакуумный насос 19 и запорная арматура с электроприводом 2. Между соединениями с вакуумными линиями 29 и патрубком для ввода газовой смеси
10 в абсорбер 21 на вводном трубопроводе абсорбера 36 последовательно установлены тройник с ответвлением на переключку 37 и запорная арматура с электроприводом 2.

Переключка 37 выполнена в форме трубопровода с запорной арматурой с электроприводом 2, конец которого соединён с коллектором отвода ГВС от каплеотбойника 38 и вводным трубопроводом конденсатора 35, а в месте соединения
15 установлен кран трёхходовой Т-образный 40.

Конец вводного трубопровода конденсатора 35 соединён с патрубком для ввода газовой смеси в конденсатор 23. Конденсатор 23 выполнен в форме ёмкости, внутри которой установлены трубы. В боковой части конденсатора 23 выполнены отверстия, в которые установлены патрубки для ввода и вывода хладагента,
20 соединённые с трубопроводами с установленной запорной арматурой с электроприводом 2, другие концы которых соединены с ресивером хладагента 24.

В нижней части конденсатора 23 установлен патрубок для слива конденсата, соединённый с трубопроводом с установленной запорной арматурой с электроприводом 2, конец которого соединён с вводным патрубком конденсатосборника 25,
25 установленным в отверстие, выполненное в центре верхней части конденсатосборника 25. В верхней части корпуса конденсатора 23 установлен люк для обслуживания и патрубок для ввода газовой смеси. Патрубок для вывода газовой смеси установлен в нижней боковой части конденсатора 23 и соединён с трубопроводом, на котором установлен кран трёхходовой L-образный 39. Два других патрубка крана
30 трёхходового L-образного 39 соединены с линией отвода очищенной ГВС 28 и вводным трубопроводом адсорбера 32. Вводной трубопровод адсорбера 32 соединён с конденсатором 23 через кран трёхходовой L-образный 39 и выполнен разветвлённым, при этом на ветвях установлены тройники и запорная арматура с электроприводом 2. Ветви вводного трубопровода адсорбера 32 соединены с адсорберами 16, линиями
35 отвода десорбата 33 и коллектором отвода ГВС от каплеотбойника 38.

В нижней части конденсатосборника 25 выполнены отверстия, в которые установлены патрубки для вывода конденсата, один из которых соединён с вводным патрубком резервуара хранения абсорбента 22 трубопроводом, на котором последовательно
40 установлены запорная арматура с электроприводом 2, фильтр 3, насос 4 и запорная арматура с электроприводом 2.

Абсорбер 21 и резервуар хранения абсорбента 22 выполнены в форме ёмкостей с люками для заполнения или обслуживания. В боковой части резервуара хранения абсорбента 22 выполнено отверстие, в которое установлен патрубок для вывода абсорбента, соединённый трубопроводом с патрубком для ввода абсорбента,
45 установленным в верхней боковой части абсорбера 21, при этом на трубопроводе последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, фильтр 3, насос 4, запорная арматура с электроприводом 2, расходомер жидкости 5 и запорная арматура с электроприводом 2. Установленный в верхней боковой части абсорбера 21 патрубок

для ввода абсорбента соединён с распылителем, установленным внутри корпуса абсорбера 21. В нижней части корпуса абсорбера 21 выполнены отверстия, в которые установлены патрубки для вывода абсорбента и слива жидкости, при этом патрубок для вывода абсорбента соединён трубопроводом с патрубком для ввода абсорбента, установленным в нижней части резервуара хранения абсорбента 22. На трубопроводе по направлению потока последовательно установлены запорная арматура с электроприводом 2, фильтр 3, насос 4, запорная арматура с электроприводом 2, расходомер жидкости 5 и запорная арматура с электроприводом 2. В нижней боковой части корпуса абсорбера 21 выполнено отверстие, в которое установлен патрубок для ввода газовойдушной смеси, соединённый с вводным трубопроводом абсорбера 36. В верхней боковой части корпуса абсорбера 21 выполнено отверстие, в которое установлен патрубок для вывода очищенной газовойдушной смеси. Патрубок для вывода очищенной газовойдушной смеси соединён с выходным трубопроводом абсорбера 31, на котором установлена запорная арматура с электроприводом 2. На конце выходного трубопровода абсорбера 31 установлен кран трёхходовой L-образный 39, второй патрубок которого соединён с линией отвода очищенной ГВС 28, а третий - с трубопроводом, соединённым с входным патрубком каплеотбойника 15.

Экспериментальный стенд для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов работает следующим образом. До начала проведения эксперимента расходный бак 1 наполняют рабочей жидкостью. В качестве рабочей жидкости следует применять смеси углеводородов. В зависимости от плана эксперимента подготавливают оборудование стенда: проверяют наличие адсорбента в адсорберах 16, хладагента в ресивере хладагента 24, абсорбента в резервуаре хранения абсорбента 22, исправность и готовность к работе устройств, обеспечивающих функционирование стенда.

Конструкцией стенда предусмотрена возможность использования конденсата из конденсатосборника 25 в качестве абсорбента, для чего на трубопроводе, соединяющем конденсатосборник 25 и резервуар хранения абсорбента 22, открывается запорная арматура с электроприводом 2 и осуществляется пуск насоса 4.

После начала испытания оператор открывает установленную на линии подвода рабочей жидкости 30 запорную арматуру с электроприводом 2, и линия заполняется рабочей жидкостью. Далее оператор осуществляет пуск насоса 4, обеспечивающего принудительную подачу рабочей жидкости в рабочую ёмкость 6. При этом включаются шаговые двигатели 9, которые обеспечивают периодическое перемещение подвижной платформы 8 и воспроизведение условий морской качки.

По мере заполнения рабочей ёмкости 6 происходит испарение рабочей жидкости и, как следствие, увеличение давления в газовом пространстве. Открывается запорная арматура с электроприводом 2, установленная на коллекторе отвода паров 26, и через шланг 7 в него поступает образовавшаяся в рабочей ёмкости 6 газовойдушная смесь.

При выведенном из работы контуре, моделирующем работу установки рекуперации паров, запорная арматура с электроприводом 2 в местах присоединения обводной линии 27 к коллектору отвода паров 26 и линии отвода очищенной ГВС 28 закрыта, газовойдушная смесь поступает из коллектора отвода паров 26 по обводной линии 27 с открытой запорной арматурой с электроприводом 2 в линию отвода очищенной ГВС 28 и покидает контур стенда через свечу рассеивания 18.

Как из коллектора отвода паров 26, так и из линии отвода очищенной ГВС 28 поток может быть направлен в потоковый хроматограф 14 для анализа состава смеси, для чего открывается запорная арматура с электроприводом 2 на соответствующих соединительных трубопроводах.

В случае включения в работу контура, моделирующего работу установки рекуперации паров, запорная арматура с электроприводом 2 на обводной линии 27 закрывается, а на коллекторе отвода паров 26 и линии отвода очищенной ГВС 28 открывается - газозвдушная смесь по коллектору отвода паров 26 поступает в каплеотбойник 15.

5 Контур, моделирующий работу установки рекуперации паров, предусматривает воспроизведение технологического процесса, осуществляемого на установках рекуперации паров различных типов: конденсационного, абсорбционного, адсорбционно-абсорбционного, криогенно-адсорбционного.

При моделировании работы установки рекуперации паров адсорбционно-
10 абсорбционного типа используется технология вакуумной короткоцикловой адсорбции, реализуемая следующим образом: поток газозвдушной смеси, выходящий из каплеотбойника 15, поступает по коллектору отвода ГВС от каплеотбойника 38 и ввводному трубопроводу адсорбера 32 в адсорбер 16, находящийся в режиме адсорбции, а компрессор 17 обеспечивает подачу очищенного потока из выходного патрубка
15 адсорбера 16 в линию отвода очищенной ГВС 28. Для регенерации используемого в качестве адсорбента активированного угля при работе одного из адсорберов 16 в режиме десорбции служат вакуумные насосы 19, обеспечивающие выдержку адсорбера 16 под вакуумом и подачу в абсорбер 21 десорбированных углеводородов, поступающих из адсорбера 16 последовательно по линии отвода десорбата 33, всасывающему
20 коллектору вакуумных насосов 34, вакуумной линии 29 и ввводному трубопроводу абсорбера 36. При этом насос 4 подаёт абсорбент из резервуара хранения абсорбента 22 в абсорбер 21, где происходит улавливание паров из поступающей на вход абсорбера 21 газозвдушной смеси. Абсорбент с уловленными углеводородами поступает к патрубку для вывода абсорбента и подаётся насосом 4 обратно в резервуар хранения
25 абсорбента 22, в то время как очищенная газозвдушная смесь по выходному трубопроводу абсорбера 31 поступает в каплеотбойник 15 и возвращается в адсорбер 16, работающий в режиме адсорбции.

При моделировании работы установки рекуперации паров конденсационного типа используется технология криогенной конденсации, реализуемая следующим образом:
30 поток газозвдушной смеси, выходящий из каплеотбойника 15, поступает по коллектору отвода ГВС от каплеотбойника 38 и ввводному трубопроводу конденсатора 35 в кожухотрубный теплообменный аппарат - конденсатор 23, и движется по трубам сверху вниз, в то время как в межтрубном пространстве движется хладагент, поступающий из ресивера хладагента 24. При этом запорная арматура с электроприводом 2, кран
35 трёхходовой L-образный 39, кран трёхходовой T-образный 40 переведены в положение, при котором газозвдушная смесь не поступает в перемычку 37 и ввводной трубопровод адсорбера 32. При протекании теплообменного процесса газозвдушная смесь охлаждается, происходит конденсация содержащихся в ней углеводородов и водяного пара. В нижней части конденсатора 23 конденсат отделяется от несконденсированной
40 газозвдушной смеси и через патрубок для вывода конденсата самотёком поступает в конденсатосборник 25, а компрессор 17 обеспечивает подачу очищенного потока по линии отвода очищенной ГВС 28.

При моделировании работы установки рекуперации паров абсорбционного типа поток газозвдушной смеси, выходящий из каплеотбойника 15, поступает по коллектору
45 отвода ГВС от каплеотбойника 38, перемычке 37 и ввводному трубопроводу абсорбера 36 к патрубку для ввода газозвдушной смеси, расположенному в нижней части абсорбера 21, в то время как насос 4 подаёт абсорбент из резервуара хранения абсорбента 22 в верхнюю часть абсорбера 21. Потoki газозвдушной смеси и

абсорбента, двигаясь навстречу друг другу, проходят колонну абсорбера 21, в результате чего абсорбент с уловленными углеводородами поступает к патрубку для вывода абсорбента, расположенному в нижней части колонны, и подаётся насосом 4 обратно в резервуар хранения абсорбента 22, а компрессор 17 осуществляет подачу очищенного потока из расположенного в верхней части колонны выходного патрубка в выходной трубопровод абсорбера 31 и далее в линию отвода очищенной ГВС 28.

При моделировании работы установки рекуперации паров криогенно-адсорбционного типа используются технологии очистки с применением адсорберов 16 и конденсатора 23, причём в стенде предусмотрена возможность реализации двух различных технологических последовательностей очистки.

В первом случае поток газовой смеси, выходящий из каплеотбойника 15, поступает по коллектору отвода ГВС от каплеотбойника 38 и в вводному трубопроводу конденсатора 35 к патрубку для ввода газовой смеси, расположенному в верхней части конденсатора 23. В результате теплообменного процесса в конденсаторе 23 поток разделяется на конденсат, движущийся самотёком в конденсатосборник 25, и несконденсированную газовую смесь, поступающую по вводному трубопроводу адсорбера 32 на вход адсорбера 16, работающего в режиме адсорбции. По окончании процесса адсорбции компрессор 17 обеспечивает подачу очищенного потока из выходного патрубка адсорбера 16 в линию отвода очищенной ГВС 28. При десорбции второго адсорбера 16 вакуумные насосы 19 обеспечивают его выдержку под вакуумом и подачу в конденсатор 23 десорбированных углеводородов, поступающих из адсорбера 16 последовательно по линии отвода десорбата 33, всасывающему коллектору вакуумных насосов 34, вакуумной линии 29, вводному трубопроводу абсорбера 36, перемычке 37 и вводному трубопроводу конденсатора 35, при этом закрытая запорная арматура с электроприводом 2 предотвращает поступление потока в абсорбер 21.

Во втором случае поток газовой смеси, выходящий из каплеотбойника 15, сначала поступает по коллектору отвода ГВС от каплеотбойника 38 и вводному трубопроводу адсорбера 32 в адсорбер 16, находящийся в режиме адсорбции, а компрессор 17 обеспечивает подачу очищенного потока из выходного патрубка адсорбера 16 в линию отвода очищенной ГВС 28. Десорбция второго адсорбера 16, как и в первом случае, осуществляется вакуумными насосами 19 с последующим поступлением десорбированных углеводородов в конденсатор 23, в результате чего конденсат поступает в конденсатосборник 25, а несконденсированная газовая смесь - по вводному трубопроводу адсорбера 32 на вход адсорбера 16, работающего в режиме адсорбции.

Расширение функциональных возможностей экспериментального оборудования для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов достигается за счёт установки рабочей ёмкости 6 на подвижной платформе 8, соединённой с шаговыми двигателями 9, обеспечивающими периодическое движение рабочей ёмкости 6, что позволяет учитывать влияние состояния свободной поверхности воды, т. е. качки танкеров, на процесс рекуперации. Кроме того, применение различных ёмкостей для расходного бака 6, резервуара хранения абсорбента 22 и конденсатосборника 25 позволяет оценивать эффективность рекуперации в зависимости от рода жидкости, применяемой в качестве абсорбента.

(57) Формула изобретения

Экспериментальный стенд для изучения процессов рекуперации паров нефти и нефтепродуктов, содержащий соединённые трубопроводами резервуар, холодильный

блок, абсорберы, вакуумные насосы, компрессор, теплообменник, емкость хранения абсорбента с возможностью использования уловленных углеводородов в составе абсорбента, отличающийся тем, что рабочая ёмкость жёстко закреплена на подвижной платформе, которая соединена с шаговыми двигателями, каждый из которых содержит

5 вращательную пару, при этом в верхней боковой части рабочей ёмкости выполнено отверстие, в которое установлен инфракрасный газоанализатор, на коллекторе отвода паров последовательно установлены запорная арматура с электроприводом, огнепреградитель, фильтр, расходомер газа, тройник с ответвлением на потоковый хроматограф, тройник с ответвлением на обводную линию, запорная арматура с

10 электроприводом и огнепреградитель, при этом конец коллектора отвода паров соединён с входным патрубком каплеотбойника, потоковый хроматограф соединён с коллектором отвода паров и линией отвода очищенной ГВС соединительными трубопроводами, на каждом из которых установлена запорная арматура с электроприводом, линия отвода очищенной ГВС выполнена в форме разветвлённого трубопровода, две ветви которого

15 подключены к кранам трёхходовым L-образным и соединены с тройником, после которого последовательно установлены компрессор, запорная арматура с электроприводом, тройник с ответвлением на обводную линию, расходомер газа, тройник с ответвлением на потоковый хроматограф, огнепреградитель и свеча рассеивания, каплеотбойник выполнен в форме полого цилиндра, в котором выполнены

20 отверстия, в которые установлены патрубки для ввода и вывода газовой смеси и патрубок для слива уловленной жидкости, при этом патрубок каплеотбойника для вывода газовой смеси соединён с коллектором отвода газовой смеси от каплеотбойника, на котором установлены тройники, выводы которых соединены с ветвями вводного трубопровода адсорбера, всасывающий коллектор вакуумных насосов

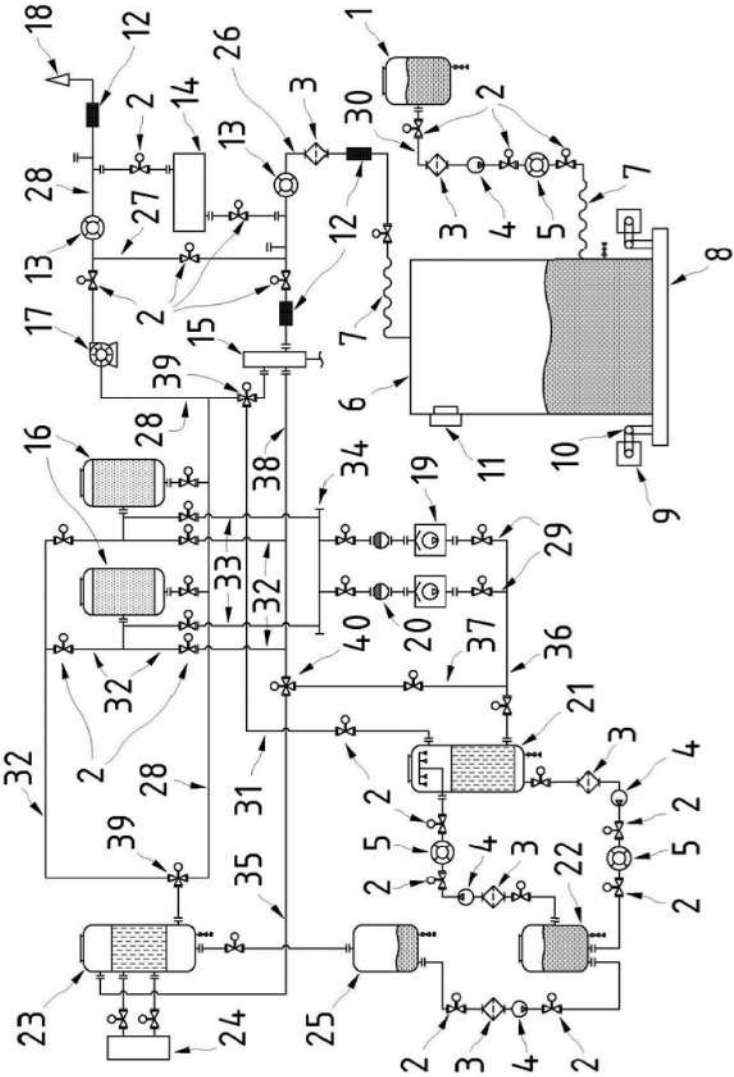
25 соединён с вводным трубопроводом адсорбера вакуумными линиями, на которых по направлению потока последовательно установлены запорная арматура с электроприводом, обратный клапан, вакуумный насос и запорная арматура с электроприводом, в нижней боковой части конденсатора установлен патрубок для

30 вывода газовой смеси, соединённый с трубопроводом, на котором установлен кран трёхходовой L-образный, два других патрубка которого соединены с линией отвода очищенной ГВС и вводным трубопроводом адсорбера, в верхней боковой части корпуса адсорбера выполнено отверстие, в которое установлен патрубок для вывода очищенной газовой смеси, соединённый с выходным трубопроводом адсорбера,

35 на котором установлена запорная арматура с электроприводом, при этом на конце выходного трубопровода адсорбера установлен кран трёхходовой L-образный, второй патрубок которого соединён с линией отвода очищенной ГВС, а третий – с трубопроводом, соединённым с входным патрубком каплеотбойника.

40

45



Фиг. 1