

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2504927

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012125704

Приоритет изобретения **19 июня 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **20 января 2014 г.**

Срок действия патента истекает **19 июня 2032 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B.P. Simonov', is written over the printed name.





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012125704/07, 19.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.06.2012

(45) Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2120703 C1, 20.10.1998. RU 2119629 C1,
27.09.1998. US 2407562 A, 10.09.1946. US
3777117 A, 04.12.1973.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-
сырьевой университет "Горный", отдел ИС и
ТТ

(72) Автор(ы):

**Крапивский Евгений Исаакович (RU),
Вишняков Иван Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный минерально-сырьевой
университет "Горный" (RU)**

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

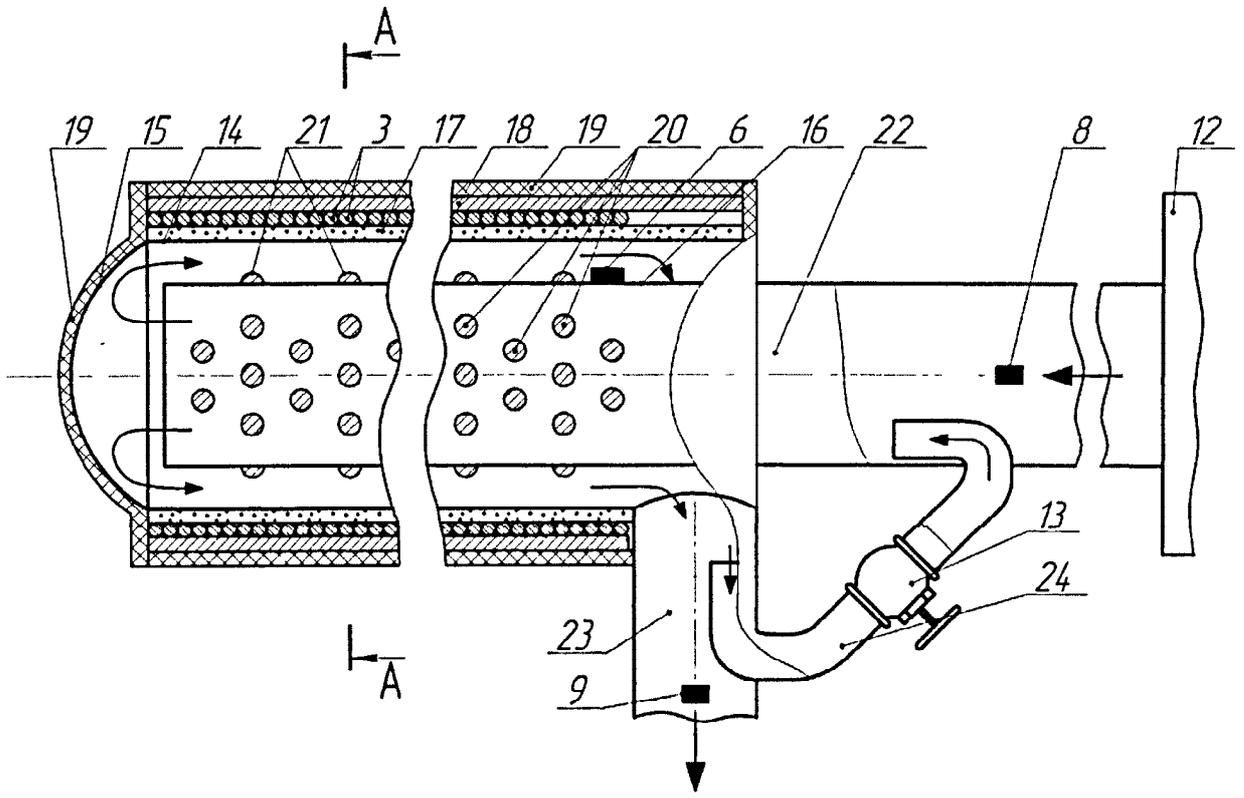
(57) Реферат:

Устройство содержит индукционный нагреватель, магнитопроводный экран, теплоизоляционный кожух, индукционную обмотку, охватывающую цилиндрическую емкость, выпрямитель переменного тока и инвертор, соединенный с индукционной обмоткой и блоком управления инвертором, датчики температуры входного и выходного потока, соединенные с блоком сравнения температур, который подключен к блоку управления инвертором и блоку управления насосом, соединенному с насосом. Оно снабжено перепускной трубой, один конец которой расположен в сечении входного нагнетательного патрубка, на входе которого механически закреплен насос, а другой конец - в сечении выходного всасывающего патрубка с автоматическим запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком управления запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком сравнения температур. При этом

индукционный нагреватель расположен горизонтально, цилиндрическая емкость выполнена из немагнитного материала с установленной по направлению движения жидкости вертикальной стенкой, а цилиндрический элемент выполнен в виде теплообменной трубы из ферромагнитного материала, которая расположена внутри цилиндрической емкости с зазором и снабжена горизонтальными теплообменными стержнями, установленными внутри трубы в шахматном порядке, теплообменными полусферами, расположенными на ее внешней поверхности в шахматном порядке, и термодатчиком, установленным на внешней поверхности теплообменной трубы и соединенным с блоком сравнения температур. Технический результат - упрощение конструкции нагревателя и повышение надежности и автоматизации работы устройства. 4 ил.

RU
2 504 927
C1

C1
2 504 927
RU



Фиг.2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H05B 6/10 (2006.01)
F28D 11/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012125704/07, 19.06.2012

(24) Effective date for property rights:
19.06.2012

Priority:

(22) Date of filing: 19.06.2012

(45) Date of publication: 20.01.2014 Bull. 2

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2,
FGBOU VPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj
universitet "Gornyj", otdel IS i TT

(72) Inventor(s):

**Krapivskij Evgenij Isaakovich (RU),
Vishnjakov Ivan Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)**

(54) **INDUCTION HEATING DEVICE OF OIL PRODUCTS**

(57) Abstract:

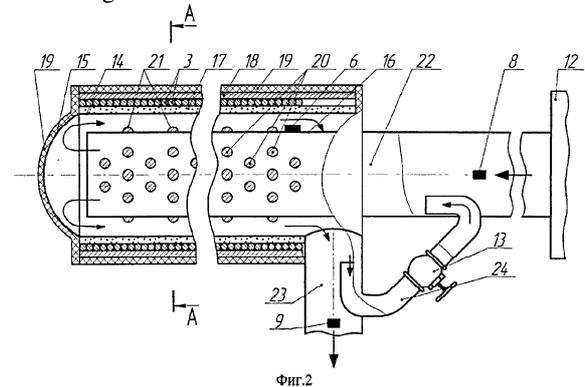
FIELD: heating.

SUBSTANCE: device includes an induction heater, a magnetoconductive screen, a heat insulating casing, an induction winding enveloping a cylindrical capacity, an AC rectifier and an inverter connected to the induction winding and an inverter control unit, temperature sensors of inlet and outlet flows, which are connected to a temperature comparator that is connected to the inverter control unit and a pump control unit connected to a pump. It is equipped with a bypass pipe, one end of which is located in cross section of an inlet delivery branch pipe, at the inlet of which the pump is fixed mechanically, and the other end is located in cross section of an outlet suction branch pipe with an automatic shutoff-control element connected to the control unit of the shutoff-control element connected to the temperature comparator. With that, the induction heater is located horizontally; the cylindrical capacity is made from non-magnetic material with a vertical wall installed in liquid flow direction, and the cylindrical element is made in the form of a heat

exchange tube from ferromagnetic material, which is located inside the cylindrical capacity with a gap and equipped with horizontal heat exchange rods installed inside the tube in a staggered order, heat exchange semi-spheres located on its outer surface in a staggered order, and a temperature sensor installed on outer surface of the heat exchange tube and connected to the temperature comparator.

EFFECT: simpler heater design and improved reliability and automation of the device operation.

4 dwg



RU 2 504 927 C1

RU 2 504 927 C1

Изобретение относится к технике подогрева вязких нефтепродуктов для дальнейшего их транспортирования по магистральным трубопроводам.

Известен индукционный нагреватель текучей среды (пат. RU №2030128, опубл. 27.02.1995 г.), который содержит магнитопровод, выполненный в виде трубы,

замкнутой на снабженных подводящим и отводящим патрубками концах, нагревательную обмотку, размещенную на магнитопроводе. Магнитопровод может быть выполнен в форме тороида с внутренней радиальной перегородкой, по разные стороны от которой размещены указанные патрубки. Магнитопровод может быть выполнен в виде спирали, каждый кольцевой виток которой замкнут на себя.

Недостатком данной конструкции является то, что подогрев осуществляют только в тонком пристеночном слое потока жидкости. Кроме того, на внутренней поверхности трубы отсутствуют дополнительные ребра, наличие которых позволило бы повысить коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности трубы к подогреваемой жидкости.

Известен теплообменный аппарат (пат. RU №2119629, опубл. 27.09.1998 г.), который содержит цилиндрический корпус, соосно расположенный внутри корпуса цилиндрический элемент - ротор, который вместе с внутренней поверхностью корпуса образует кольцевой зазор для прохождения нагреваемой жидкости, коллекторные камеры, подключенные к корпусу и имеющие лопаточные колеса для прокачки нагреваемой жидкости. Внешняя поверхность корпуса покрыта термостойкой электроизоляцией, поверх которой расположена токоведущая обмотка с магнитопроводами. Всасывающая коллекторная камера снабжена нагревательной камерой в виде кольцевой полости, охватывающей корпус с отверстиями по его периметру, сообщающими нагнетательную камеру с кольцевым зазором. Диаметр лопаточного колеса превышает диаметр ротора. Аппарат снабжен перепускной трубкой с регулирующим органом, один конец трубки расположен в сечении нагнетательного патрубка и загнут встречно потоку нагреваемой жидкости, а другой конец - в сечении всасывающего патрубка и загнут в направлении по ходу потока жидкости, идущей в аппарат.

Недостатком данного изобретения является необходимость в установке двигателя для вращения ротора, что увеличивает габариты установки в целом, удорожает ее и повышает объемы работ при ее установке и обслуживании.

Известно «Устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе» (пат. RU №2120703, опубл. 20.10.1998 г.), принятое за прототип и которое включает последовательно соединенные регулятор переменного тока, индукционный нагреватель, содержащий по меньшей мере одну индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающую цилиндрическую магнитопроводную емкость, имеющую связанные с трубопроводом входной и выходной патрубки, первый термодатчик, механически закрепленный на входной магистрали трубопровода. В устройство введены в качестве регулятора переменного тока последовательно соединенные выпрямитель переменного тока и инвертор, выход которого подключен к электрическому входу индукционного нагревателя, а второй вход - к выходу блока управления инвертором, второй термодатчик, механически закрепленный на входной магистрали трубопровода, выходы первого и второго термодатчиков соединены с входами узла сравнения температур, один из выходов последнего подключен к входу блока управления инвертором, а второй - к входу блока управления насосом, выход блока управления насосом подсоединен к управляющему входу насоса. Насос механически закреплен на трубопроводе между

входной и выходной магистральями, а в индукционном нагревателе по меньшей мере одна индукционная обмотка, заключенная в герметичный цилиндрический корпус с электротеплоизоляционными прокладками, размещена внутри цилиндрической магнитопроводной емкости, внутри емкости закреплены также по меньшей мере один цилиндрический и один круговой распределители потока нагреваемой жидкости, расположенные соответственно вдоль продольной и поперечной осей магнитопроводной цилиндрической емкости. Снаружи индукционный нагреватель заключен в магнитопроводный экран, а затем - в теплоизоляционный кожух, причем указанные магнитопроводная емкость, корпус внутренней индукционной обмотки и распределители потока нагреваемой жидкости изготовлены из тонколистовой ферромагнитной стали. В индукционном нагревателе может быть размещена по меньшей мере еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус и обмотки закреплены в магнитопроводной емкости концентрично одна в другой с зазором между ними. В индукционном нагревателе может быть размещена по меньшей мере еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус и обмотка закреплена в магнитопроводной емкости одна над другой с зазором между ними.

Недостатком является сложность в изготовлении и обслуживании. Конструкция устройства не позволяет в случае выхода из строя внутренней индукционной обмотки произвести ее замену без вскрытия и опустошения цилиндрической емкости. Кроме того, насос, используемый в устройстве, предназначен только для начального разгона теплых слоев жидкости путем принудительной термоконвекции при включении нагрева, что не позволяет использовать его при установившемся режиме работы устройства для прокачки больших объемов жидкости.

Техническим результатом является упрощение конструкции нагревателя, а также повышение надежности работы устройства.

Технический результат достигается тем, что устройство для индукционного нагрева нефтепродуктов, включающее индукционный нагреватель, заключенный в магнитопроводный экран, а затем - в теплоизоляционный кожух, и содержащий индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающей цилиндрическую емкость, содержащую цилиндрический элемент и имеющую связанные с трубопроводом входной и выходной патрубки, выпрямитель переменного тока и инвертор, соединенный с индукционной обмоткой и блоком управления инвертором, датчики температуры входного и выходного потока, соединенные с блоком сравнения температур, который подключен к блоку управления инвертором и блоку управления насосом, соединенному с насосом, снабжено перепускной трубой, один конец которой расположен в сечении входного нагнетательного патрубка, на входе которого механически закреплен насос, а другой конец - в сечении выходного всасывающего патрубка, с автоматическим запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком управления запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком сравнения температур, при этом индукционный нагреватель расположен горизонтально, цилиндрическая емкость выполнена из немагнитного материала с установленной по направлению движения жидкости вертикальной стенкой, а цилиндрический элемент выполнен в виде теплообменной трубы из ферромагнитного материала, которая расположена внутри цилиндрической емкости с зазором и снабжена горизонтальными теплообменными стержнями, установленными внутри трубы в шахматном порядке, теплообменными полусферами, расположенными на ее

внешней поверхности в шахматном порядке, и термодатчиком, установленным на внешней поверхности теплообменной трубы и соединенным с блоком сравнения температур.

Блок-схема устройства представлена на фиг.1. Принципиальная схема индукционного нагревателя представлена на фиг.2. На фиг.3 представлено поперечное сечение индукционного нагревателя

Устройство содержит последовательно соединенные выпрямитель 1, инвертор 2, индукционную обмотку 3 индукционного нагревателя 4. Выпрямитель 1 подключен к внешней электрической сети, от которой питается индукционный нагреватель 4. Устройство содержит блок управления инвертором 5, вход которого подсоединен к выходу блока сравнения температур 7. Выход блока управления инвертором 5 связан с входом инвертора 2. Блок сравнения температур 7 имеет 3 входа и 3 выхода: входы электрически соединены с выходами термодатчика 6, датчика температуры входного потока 8 и датчика температуры выходного потока 9, а выходы - с блоком управления инвертором 5, блоком управления насосом 10 и блоком управления запорно-регулирующим органом 11. Выход блока управления насосом подсоединен к управляющему входу насоса 12, подающего под напором жидкость в индукционный нагреватель 4. Выход блока управления запорно-регулирующего органа 11 связан с входом автоматического запорно-регулирующего органа 13.

Индукционный нагреватель 4, расположенный горизонтально, содержит цилиндрическую емкость 14, выполненную из немагнитного материала в виде толстостенной трубы с установленной по направлению движения жидкости вертикальной стенкой 15, и соосно расположенный внутри емкости 14 цилиндрический элемент, выполненный в виде тонкостенной теплообменной трубы 16 из ферромагнитного материала. Стенка 15, выполненная из немагнитного материала, позволяет изменять направления движения потока жидкости, тем самым обеспечивая систему противотока. Между цилиндрической емкостью 14 и теплообменной трубой 16 образовано кольцевое пространство для прохождения нагреваемой жидкости. Теплообменная труба 16 размещена внутри цилиндрической емкости 14 с зазором не менее 20 мм. По наружной поверхности цилиндрической емкости 14 проложена электротеплоизоляционная прокладка 17, затем закреплена токоведущая индукционная обмотка 3. Поверх индукционного нагревателя 4 расположен магнитопроводный экран 18, изготовленный из магнетодиэлектрика, и теплоизоляционный кожух 19, который уменьшает тепловые потери в окружающую среду.

Теплообменная труба 16 снабжена горизонтальными теплообменными стержнями 20, установленными внутри нее в шахматном порядке. Такое расположение стержней 20 по сравнению с другими возможными вариантами дает максимальный тепловой эффект от их использования (за счет поддержания теплообменными стержнями 20 процесса турбулизации потока, что приводит к интенсификации процесса теплообмена между жидкой средой и теплообменными стержнями 20) и, в то же время, не препятствует свободному течению жидкости. Теплообменные стержни 20 изготовлены из ферромагнитного материала.

Теплообменная труба 16 снабжена также термодатчиком 6, установленным на внешней поверхности трубы 16, и теплообменными полусферами 21, расположенными на ее внешней поверхности в шахматном порядке. Теплообменные полусферы 21 изготовлены из ферромагнитного материала. Установка теплообменных полусфер 21 обеспечивает турбулизацию потока жидкости в тонком пристеночном слое трубы 16,

что позволяет интенсифицировать процесс теплообмена. Установка теплообменных полусфер 21 рекомендуется при величине зазора между трубой 16 и цилиндрической емкостью 14 от 30 мм и выше.

5 Таким образом, индукционный нагревательный элемент в устройстве образован совокупностью узлов - магнитопроводный экран 18, индукционная обмотка 3, Теплообменная труба 16 с теплообменными стержнями 20 и полусферами 21.

10 Термодатчик 6 установлен на верхней образующей внешней цилиндрической поверхности трубы 16 и служит для контроля температуры жидкости в тонком пристеночном слое трубы 16.

15 Входной нагнетательный патрубок 22 и выходной всасывающий патрубок 23 снабжены перепускной трубой 24 с автоматическим запорно-регулирующим органом 13, один конец которой расположен в сечении нагнетательного патрубка 22, а другой конец - в сечении всасывающего патрубка 23. Перепускная труба 24 позволяет осуществлять многократную прокачку через устройство подогреваемой жидкости для быстрого ее подогрева. Автоматический запорно-регулирующий орган 13 позволяет изменять объем обратного потока в широких пределах.

20 На входе нагнетательного входного патрубка 22 механически закреплен насос 12. Во время работы индукционного нагревателя 4 насос 12 непрерывно осуществляет прокачку нагреваемой жидкости.

25 Площадь поперечного сечения кольцевого пространства между теплообменной трубой 16 и цилиндрической емкостью 14 должна быть равна площади поперечного сечения полости трубы 16, а также должна обеспечить требуемую пропускную способность устройства. Рекомендуемые внешние диаметры теплообменной трубы 16 и соответствующие им диаметры цилиндрической емкости 14 представлены в таблице на фиг.4. Длина цилиндрической емкости 14 определяется требуемой величиной нагрева перекачиваемой жидкости, но должна быть не менее 1,5 м.

30 Наличие системы противотока, благодаря которой нагреваемая жидкость дважды проходит вдоль индукционного нагревателя 4 - сначала по внутренней полости теплообменной трубы 16, затем в обратном направлении по кольцевому межтрубному пространству, создаваемому теплообменной трубой 16 и цилиндрической емкостью 14 - позволяет минимизировать габариты индукционного нагревателя (горизонтальный линейный размер) и повысить эффективность его работы.

35 Устройство работает следующим образом. Индукционный нагреватель 4 подключают к электрической сети в 220В/380В с помощью выпрямителя 1, который преобразует переменный электрический ток в постоянный. Инвертор 2 преобразует постоянный ток в переменный высокой частоты и подает его на индукционную обмотку 3 индукционного нагревателя 4. Нефтепродукт, под действием напора, создаваемого насосом 12, поступает во входной нагнетательный патрубок 22. Вместе с этим на индукционную обмотку 3 поступает ток высокой частоты. Подачей высокочастотного тока, текущего в индукционной обмотке 3, создают вокруг обмотки 3 высокочастотное переменное магнитное поле. Магнитопроводным экраном 18 снижают величину магнитных потоков рассеяния, что повышает КПД устройства.

50 Так как частота изменения магнитного поля очень высокая, вихревые токи наводятся в ферромагнитном материале теплообменной трубы 16 на небольшой глубине, что позволяет минимизировать толщину стенки теплообменной трубы 16. Теплообменную трубу 16 изготавливают из тонколистовой ферромагнитной стали, что решает задачу уменьшения металлоемкости, веса индукционного нагревателя, а

также снижает тепловую инерционность устройства. Цилиндрическая емкость 14 выполнена из немагнитной стали, что позволяет снизить величину нагрева емкости 14 в результате воздействия на нее переменного магнитного поля, и тем самым, уменьшить величину тепловых потерь в окружающую среду. Толщина стенки цилиндрической емкости 14 должна обеспечивать достаточную прочность и надежность устройства.

Далее в теплообменной трубе 16, начинается процесс нагрева перекачиваемого нефтепродукта за счет обтекания им горячих горизонтально расположенных по своей оси теплообменных стержней 20 из ферромагнитного материала и внутренней гладкой поверхности теплообменной трубы 16. Труба 16 и теплообменные стержни 20 выделяют тепловую энергию в результате воздействия на них высокочастотного переменного магнитного поля, наводящего в ферромагнитном материале теплообменной трубы 16 и теплообменных стержней 20 нагревающие их вихревые токи.

От вихревых токов вследствие электрического сопротивления ферромагнитного материала нагреваются теплообменная труба 16, теплообменные стержни 20, а также полусферы 21.

На выходе из теплообменной трубы 16 поток жидкости направляют в стенку 15 полусферической формы. Далее жидкость движется в противоположном первоначальному направлению по межтрубному кольцевому пространству, создаваемому трубой 16 и цилиндрической емкостью 14, нагреваясь при этом от внешней стенки трубы 16 и приваренных к ней теплообменных полусфер 21.

Подогретая жидкость под напором выходит через всасывающий патрубок 23, расположенный в нижней части цилиндрической емкости 14. Такое расположение всасывающего патрубка 23 способствует выносу скоплений (различных твердых фракций нефтепродукта), которые могут накапливаться вдоль нижней образующей цилиндрической емкости 14.

В случае регистрации блоком сравнения температур 7 с помощью термодатчика 6 превышения температуры нагрева стенки трубы 16 над значением температуры кипения легких фракций, содержащихся в нефтепродукте, происходит передача соответствующего сигнала от блока сравнения температур 7 на блок управления инвертером 5, после чего блок управления инвертером 5 с помощью инвертора 2 снижает мощность работы индукционного нагревателя 4 посредством уменьшения величины тока, питающего индукционную обмотку 3. Данный алгоритм позволяет минимизировать возможность возникновения аварийной ситуации, тем самым повысить надежность работы устройства.

Для регулирования в режиме реального времени температуры нефтепродукта на выходе индукционного нагревателя внутри всасывающего патрубка 23 и нагнетательного патрубка 22 установлены датчик температуры выходного потока 9 и датчик температуры входного потока 8 соответственно. Блок сравнения температур 7 принимает сигналы с датчика температуры входного потока 8 и датчика температуры выходного потока 9, сравнивает их и, на основе этого, передает сигнал на блок управления инвертером 5 о необходимости повысить либо снизить текущую мощность нагрева нефтепродукта индукционным нагревателем 4.

В случае, когда требуется осуществить быстрый нагрев нефтепродукта до высокой температуры, но блок сравнения температур 7 регистрирует с термодатчика 6 максимально возможную для данного нефтепродукта температуру нагрева (близкую к температуре кипения легких фракций нефтепродукта) трубы 16, теплообменных

5 стержней 20 и полусфер 21, блок сравнения температур 7 подает соответствующий сигнал о необходимости повышения температуры выходного потока блоку управления запорно-регулирующим органом 11, который, в свою очередь, осуществляет открытие автоматического запорно-регулирующего органа 13 на определенную величину. Одновременно, если требуется сохранить либо повысить объем перекачиваемого нефтепродукта в единицу времени, блок сравнения температур 7 передает на блок управления насосом 10 сигнал о необходимости увеличения подачи насоса 12. После этого в индукционном нагревателе 4 10 осуществляется циркуляция нагреваемого нефтепродукта за счет его многократного прохода через перепускную трубу 24, что приводит к ускоренному нагреву нефтепродукта до требуемой температуры.

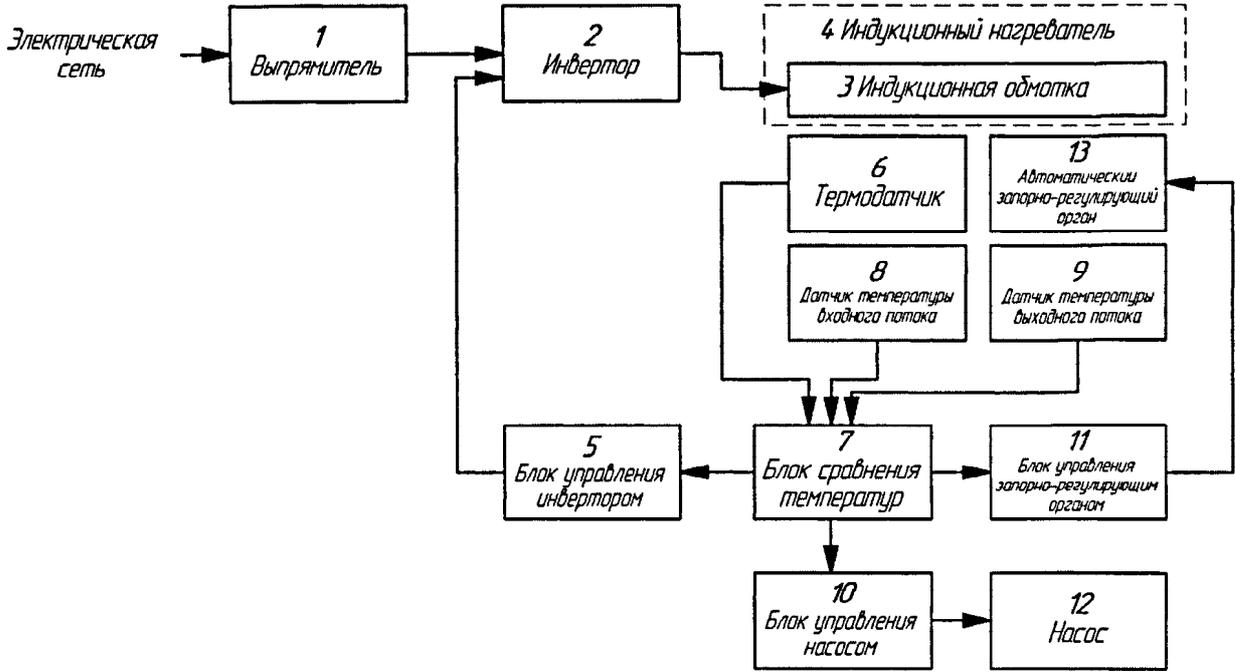
15 Горизонтальное расположение индукционного нагревателя 4 позволяет эксплуатировать его в производственных зданиях, имеющих малые габариты в вертикальном направлении, а также облегчить работу при установке и обслуживании устройства.

Магнитопроводный экран 18, электротеплоизоляционная прокладка 17 и теплоизоляционный кожух 19 в устройстве выполняют энергосберегающую функцию.

20 Таким образом, устройство обеспечивает повышение надежности работы при упрощении его конструкции и уменьшении габаритов и веса нагревателя.

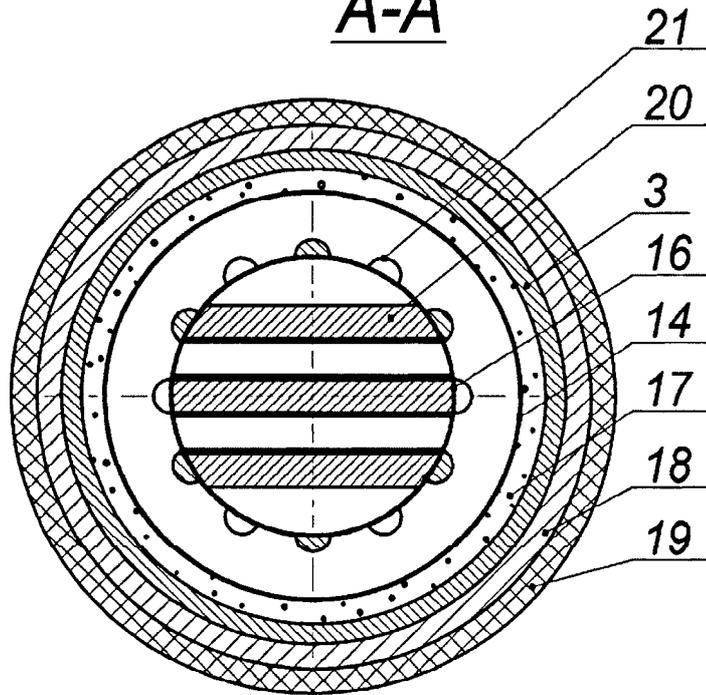
Формула изобретения

25 Устройство для индукционного нагрева нефтепродуктов, включающее индукционный нагреватель, заключенный в магнитопроводный экран, а затем - в теплоизоляционный кожух и содержащий индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающей цилиндрическую емкость, содержащую цилиндрический элемент и имеющие связанные с трубопроводом 30 входной и выходной патрубки, выпрямитель переменного тока и инвертор, соединенный с индукционной обмоткой и блоком управления инвертором, датчики температуры входного и выходного потока, соединенные с блоком сравнения температур, который подключен к блоку управления инвертором и блоку управления насосом, соединенному с насосом, отличающееся тем, что оно снабжено перепускной 35 трубой, один конец которой расположен в сечении входного нагнетательного патрубка, на входе которого механически закреплен насос, а другой конец - в сечении выходного всасывающего патрубка, с автоматическим запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком управления запорно-регулирующим органом, соединенным с блоком сравнения температур, при этом индукционный нагреватель 40 расположен горизонтально, цилиндрическая емкость выполнена из немагнитного материала с установленной по направлению движения жидкости вертикальной стенкой, а цилиндрический элемент выполнен в виде теплообменной трубы из ферромагнитного материала, которая расположена внутри цилиндрической емкости с 45 зазором и снабжена горизонтальными теплообменными стержнями, установленными внутри трубы в шахматном порядке, теплообменными полусферами, расположенными на ее внешней поверхности в шахматном порядке, и термодатчиком, установленным на внешней поверхности теплообменной трубы и соединенным с 50 блоком сравнения температур.



Фиг.1

A-A



Фиг.3

Диаметр теплообменной трубы, мм	108	133	159	168	219	245	273	325	426	530
Диаметр цилиндрической емкости, мм	152	194	219	245	299	351	377	450	630	720

Фиг.4