

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **022677**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2016.02.29**

(51) Int. Cl. *E21B 37/00* (2006.01)  
*B08B 9/027* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201200956**

(22) Дата подачи заявки  
**2008.10.20**

---

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ОТЛОЖЕНИЙ  
ПАРАФИНА В ТРУБЕ ИЛИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ**

---

(31) **20075366**

(56) US-A-4911240

(32) **2007.10.19**

US-A-3454464

(33) **NO**

US-A-3775288

(43) **2012.12.28**

US-A-3764517

(62) **201070493; 2008.10.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**СТАТОЙЛ АСА (NO)**

(72) Изобретатель:  
**Хоффман Райнер, Амундсен Лене  
(NO)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) Способ измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов, содержащий следующие этапы: выполнение первого измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы, приложение короткого теплового импульса к секции трубы, который не освобождает отложений, выполнение второго измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы и расчет толщины отложений по изменению разности температур между первым и вторым измерениями температуры. Устройство для измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов, содержащее датчики температуры для выполнения первого измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы, нагреватель для приложения короткого теплового импульса к секции трубы, который не освобождает отложений, при этом датчики температуры приспособлены также для выполнения второго измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы после приложения указанного теплового импульса, и компьютер для расчета толщины отложений по изменению разности температур между первым и вторым измерениями температуры.

**022677 B1**

**022677 B1**

Изобретение относится к способу и устройству для измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов.

### **Предпосылки изобретения**

Отложение парафина на внутренней поверхности стенки нефтяных трубопроводов является серьезной проблемой сегодняшней инфраструктуры добычи нефти, состоящей в том, что когда горячая нефть проходит через трубопровод с холодными стенками, парафин должен осаждаться и прилипать к стенкам. При этом уменьшается площадь проходного сечения трубопровода, приводя, если не принимают контрмер, к потере давления и, в итоге, к полному закупориванию трубопровода.

Существующие технологии решения проблемы включают в себя следующее:

внутреннюю очистку трубопровода скребком - механическое очищение от парафина стенки трубы со строго соблюдаемыми интервалами;

химическое ингибирование - добавление химикатов, предотвращающих отложение парафина и прямой электронагрев, который поддерживает трубопровод горячим, имеющим температуру выше температуры появления парафина.

Внутренняя очистка трубопровода скребком является сложной и дорогостоящей операцией. Если петля трубопровода отсутствует, очистной скребком приходится вставлять под водой с использованием аппаратов с дистанционным управлением. В настоящее время данная операция также является рискованной, отсутствует надежный способ измерения/прогнозирование количества парафина, отложившегося в трубопроводе. Это создает риск отложения большего количества парафина, чем то, на которое рассчитан диаметр очистного скребка, результатом чего является прихват очистного скребка.

Химическое ингибирование является дорогостоящим вследствие необходимости строительства дополнительного трубопровода подачи химикатов к оборудованию устья скважины и высокой стоимости самих химикатов. Химическое ингибирование также является неэффективным, поскольку в настоящее время отсутствуют химикаты, полностью устраняющие отложение парафина. Поэтому всегда существует необходимость дополнительной внутренней очистки трубопровода скребком. Дополнительно, используемые химикаты относятся к классам, создающим проблемы охраны окружающей среды.

Электронагрев выше температуры появления парафина является весьма дорогостоящим как по установке оборудования, так и по эксплуатационным затратам. Соответственно, электронагрев является экономически необоснованным для транспортировки на большие расстояния.

Другие известные способы описаны в предшествующем уровне техники.

В патенте США 6070417 В1 описан способ приготовления суспензии, где твердые частицы осаждаются и удаляются механически с поверхности осаждения ходовой втулкой или очистным скребком, циркулирующим в люмене или петле трубопровода.

В патенте США 6656366 В1 описан способ уменьшения накопления твердых частиц в потоках углеводородов, добываемых из скважин. Описанный способ основан на отложении парафина посредством охлаждения и механическом удалении отложения с использованием ходовой втулки, упомянутой выше, механически удаляющей отложение.

В Европейском патенте 334578 описана закачка депарафинизационного растворителя в охладители очищения для удаления отложения.

С использованием сегодняшней технологии транспортировка на дальние расстояния мультифазных текучих сред с большим содержанием парафина серьезно ограничена мероприятиями по удалению парафина. Внутренняя очистка трубопровода скребком на таких больших расстояниях невозможна, а электронагрев ограничен по затратам. Транспортировка парафина в виде твердых частиц в холодной струе является хорошо известной идеей, исследования по которой проводят многие компании (под названием "пластическое течение в холодном состоянии" или "поток суспензии"). Пластическое течение в холодном состоянии считается одним из многообещающих решений данной проблемы. Проблемой пластического течения в холодном состоянии является обращение с парафином в зоне охлаждения. Решение, предложенное здесь, дает способ подмешивания частиц с большим содержанием парафина в поток.

Целью настоящего изобретения является создание нового способа удаления осадка парафина, экономически эффективного как по монтажным, так и по эксплуатационным затратам, и применимого для транспортировки на дальние расстояния и с возможностью приспособления к различным ситуациям.

### **Сущность изобретения**

Согласно настоящему изобретению создан способ измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов, содержащий следующие этапы:

- (а) выполнение первого измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы;
- (б) приложение короткого теплового импульса к секции трубы, который не освобождает отложений;
- (в) выполнение второго измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы;
- (г) расчет толщины отложений по изменению разности температур между первым и вторым измерениями температуры.

Короткий тепловой импульс может иметь продолжительность меньше короткого периода времени,

необходимого для освобождения отложившегося парафина.

Температура для измерения может быть выбрана из следующего: температуры объемного потока, температуры стенки трубы и температуры текучей среды, проходящей в кольцевом пространстве вокруг трубы.

Согласно изобретению создано устройство для измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов, содержащее датчики температуры для выполнения первого измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы, нагреватель для приложения короткого теплового импульса к секции трубы, который не освобождает отложений, при этом датчики температуры приспособлены также для выполнения второго измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы после приложения указанного теплового импульса, и компьютер для расчета толщины отложений по изменению разности температур между первым и вторым измерениями температуры.

В настоящей заявке также описан способ удаления парафина, отложившегося на поверхности стенки, находящейся в контакте с потоком текучей среды, содержащий охлаждение стенки и потока текучей среды до температуры появления парафина или ниже такой температуры, что обеспечивает осаждение растворенного парафина на внутренней поверхности стенки и нагрев стенки на короткий период времени для высвобождения отложенного парафина с поверхности стенки, в основном, в форме твердых фрагментов. Способ может содержать дополнительные стадии на котором упомянутые высвобожденные твердые фрагменты подмешиваются в поток, температура нагрева является близкой температуре объемного потока или выше нее, парафин выбран из группы, содержащей следующее: твердые частицы, осаждающиеся из текучих сред вследствие термодинамических изменений, твердые частицы, обычно растворенные в сырой нефти в условиях в стволе скважины, асфальтены, высшие парафины, гидраты и неорганические и органические соли и любые их смеси; продолжительность нагрева является продолжительностью импульсного нагрева, достаточно длительного для высвобождения отложившегося парафина и предпочтительно более короткого, чем этап осаждения; импульсный нагрев повторяют через регулярные интервалы или повторяют, в случае необходимости, предпочтительно согласно определенному пределу толщины парафина; поверхность стенки является внутренней поверхностью трубопроводов, скважины, оборудования устья скважины или любых трубопроводов и оборудования на поверхности, используемых в разработке или переработке углеводородов; этап нагрева выполняют в разное время для различных секций трубопровода или различных видов оборудования; стенка расположена в грунте, в морской воде или внутри теплообменника; охлаждение стенки выполняют естественной конвекцией в окружающей среде или прокачиваемым потоком текучей среды в кольцевом пространстве теплообменника, окружающем стенку; нагрев выполняют посредством электронагрева, предпочтительно нагревающими кабелями вокруг трубы, резистивным нагревом или индуктивным нагревом в стенке трубы, или с помощью теплообменника, предпочтительно обеспечивая проход теплой текучей среды через теплообменник; прохождение в устройство с упомянутой стенкой скребка, такого как очистной или инспекционный скребок.

В настоящей заявке также описан способ удаления парафина, отложившегося на внутренней стенке, находящейся в контакте с потоком текучей среды, при этом удаление парафина выполняют согласно вышеописанному способу, когда достигнут предел толщины парафина, измеренной согласно другому вышеописанному способу. Также частью изобретения является дополнительный признак, в котором толщину парафина измеряют через заданные интервалы времени, с автоматическим иницированием, при этом, исполнения способа удаления, предпочтительно с автоматическим управлением, таким как с помощью компьютера.

Дополнительно изобретением предложено использование способов и устройство внутренней очистки стенок описанного оборудования.

### Чертежи

На фиг. 1 показан график толщины парафина по времени с изменением температуры.

На фиг. 2 показан вариант осуществления удаления парафина электронагревом.

На фиг. 3 показан вариант осуществления удаления парафина горячей водой.

На фиг. 4 показан вариант осуществления электронагрева в струе рециркуляции в замкнутой системе.

На фиг. 5 показан вариант осуществления теплообменника в струе рециркуляции в замкнутой системе.

На фиг. 6 показан график температур воды и нефти и давления в трубопроводе.

На фиг. 7 показан вариант осуществления теплообменника и емкости хранения.

На фиг. 8 показаны измерения температуры текучей среды в трубопроводе.

На фиг. 9 показаны измерения температуры стенок трубопровода.

На фиг. 10 показаны измерения температуры текучей среды в кольцевом пространстве.

На фиг. 11 показан график температуры воды и нефти и падения давления в трубопроводе по времени вместе с тепловыми импульсами.

На фиг. 12 показан график расчетной толщины парафина по ежедневно выполняемым тепловым импульсам.

### Описание изобретения

Удаление парафина.

Поток текучей среды, в котором можно применить настоящее изобретение, может являться однофазным или мультифазным потоком, содержащим углеводороды и, возможно,  $H_2O$  и/или газы, такие как  $CO_2$ ,  $H_2S$  и т.д., и/или соли, и/или добавки, такие как различные ингибиторы. Предпочтительно настоящее изобретение можно применять в оборудовании, транспортирующем углеводороды.

Оборудование может являться оборудованием переработки любого типа, использующимся для транспортировки углеводородов, таким как скважина, оборудование устья скважины и любые трубопроводы и оборудование на поверхности, использующееся в разработке или переработке углеводородов.

Осаждающиеся материалы, именуемые "парафин" в данном документе, являются твердыми частицами, осаждающимися из текучих сред вследствие термодинамических изменений. Данные твердые частицы включают в себя твердые частицы, обычно растворенные в сырой нефти в условиях ствола скважины, такие как асфальтены, высшие парафины, гидраты и неорганические и органические соли. Состав парафина должен зависеть от происхождения потока текучей среды.

"Температура появления парафина" является высшей температурой, при которой наблюдается осаждение парафина. Точная температура должна зависеть от состава текучей среды и давления. Вместе с тем, специалист в данной области техники может легко получить упомянутую величину, например, с помощью простых экспериментов.

"Температура объемного потока" является температурой потока текучей среды до этапа охлаждения.

Настоящее изобретение описано более детально со ссылками на фиг. 1, на которой показан график толщины парафина как функция времени, с изменением температуры.

Главная идея настоящего изобретения основана на экспериментальных данных, описанных в примере 1 и показанных на фиг. 1. Обнаружено, что является возможным освобождение уже отложившегося на стенке трубы парафина посредством увеличения температуры стенки. Важной позицией является освобождение парафина в виде твердых фрагментов, не расплавленного парафина. Расплавленный парафин будет повторно растворяться в потоке и дополнительно вновь откладываться ниже по потоку, что нежелательно. Вместе с тем, когда парафина сдирается со стенки в виде твердых частиц, их можно транспортировать далее без отложения на стенках. Проблема состоит в нахождении способа охлаждения потока, так что парафин может осаждаться, но гарантирующего, что данный осажденный парафин не закупоривает зону охлаждения. Вместо этого осажденный парафин должен постоянно или периодически подмешиваться в поток. Предложен способ для достижения данной цели с использованием импульсного нагрева.

Изобретение основано на использовании нагрева не для растворения парафина, но для освобождения парафина, обеспечивая при этом транспортировку парафина как частиц, не проявляющих тенденции отложения на стенках или других поверхностях или проявляющих такую тенденцию слабо.

В первом аспекте настоящего изобретения способ можно применять в существующих трубопроводах с установленным прямым электронагревом. Вместо сохранения трубопровода постоянно горячим в стандартном режиме нагрев должен быть выключен. Только когда отложение парафина превышает некоторый предел, нагрев должен быть включен на короткое время. При этом отложившийся парафин должен освобождаться и транспортироваться вниз по потоку. Для предотвращения освобождения слишком больших количеств парафина одновременно дополнительное усовершенствование предусматривает включение нагрева одновременно не во всем трубопроводе, но только в его секции. При этом также очищаются новые секции трубопровода для накопления нового отложения, что является важным, если только часть всего трубопровода используют в качестве зоны охлаждения и она оборудована для нагрева. При сохранении данной секции в качестве зоны охлаждения, всегда готовой к приему, предотвращаются дополнительные отложения ниже по потоку, где средство нагрева не установлено.

Тепловой импульс, применяемый к трубопроводу или какому-либо оборудованию добычи, приводит к удалению отложившегося парафина в виде твердых частиц без какого-либо существенного повторного растворения парафина в горячем скважинном потоке, обеспечивая пластическое течение в холодном состоянии для транспортировки на дальнейшее расстояние.

Во втором аспекте настоящего изобретения для трубопроводов без установленного электронагрева необходимо установить теплообменник для охлаждения скважинного потока до входа в трубопровод. Можно использовать холодную морскую воду в качестве хладагента. Все отложения парафина должны быть ограничены теплообменником.

Теплообменник может быть построен в различных вариантах, например с трубой транспортировки углеводорода, подвешенной в свободно текущей морской воде так, что естественная конвекция определяет охлаждение, или с кольцевым пространством, заполненным морской водой вокруг трубы, транспортирующей углеводород, или другой конструкции.

Существуют два пути сохранения чистым теплообменника или свободного трубопровода в грунте или окруженного морской водой с использованием следующего импульсного нагрева.

Использование электронагрева.

Установка средства электронагрева. Оно может являться нагревающими кабелями вокруг трубы

или осуществлять нагрев стенки трубы за счет резистивного нагрева или индуктивного нагрева в стенке трубы. Нагрев должен быть обычно отключен, но когда отложение парафина превышает заданный предел или после прохождения заданного времени нагрев должен быть включен, освобождая парафин, транспортирующийся в виде твердых фрагментов потоком текучей среды.

На фиг. 2 показан один вариант осуществления электронагрева. Труба 1, окруженная средой 10, такой как грунт или морская вода, с температурой ниже температуры транспортируемой текучей среды 20, такой как сырая нефть, транспортируемая на морском дне, оборудована средством 2 электронагрева. При создании тепла  $Q$  посредством электрического импульса отложившийся парафин 30 высвобождается и смешивается, и транспортируется вниз по потоку в виде твердых частиц 31.

Использование горячей воды.

Во время стандартной работы теплообменник должен нагревать морскую воду. Если горячую воду можно сохранять, ее можно периодически использовать для промывки теплообменника горячей водой с действием, аналогичным включению электронагрева. В данном способе подача электропитания не нужна, кроме того, промывка горячей водой может удалять/уничтожать любые органические отложения, которые могут возникать снаружи теплообменника.

Альтернативно, теплообменник можно промывать любой горячей жидкостью (например, горячей нефтью), имеющейся от других параллельных процессов.

На фиг. 3 показан один вариант осуществления нагрева в теплообменнике. Труба 1 окружена кольцевым пространством 3, в котором может циркулировать текучая среда 40 теплообмена, такая как вода, с более низкой температурой, чем у текучей среды 20. Посредством создания тепла  $Q$  горячей текучей средой, проходящей в кольцевом пространстве 3, отложившийся парафин 30 может высвобождаться и транспортироваться вниз по потоку в виде твердых частиц 31. Горячая текучая среда может идти противотоком или в одном направлении с потоком в трубе.

Вследствие высоких сдвигающих сил, ниже по потоку от электронагрева или теплообменника отсутствует тенденция повторного отложения освобожденного твердого парафина. Дополнительно, вследствие отсутствия градиента температуры, когда температура скважинного потока приближается к температуре стенок трубы и морской воды, отсутствует отложение молекул растворенного парафина.

В первом аспекте изобретения для использования в существующих трубопроводах с установленным прямым электронагревом режим различного нагрева, описанный выше, должен давать резкое уменьшение потребной энергии (>90%). Кроме того, если имеется проблема с новым режимом нагрева, всегда имеется в запасе решение включения непрерывного нагрева для плавления парафина, обеспечивающего безопасный способ сохранения трубопровода открытым.

Для решения, согласно второму аспекту настоящего изобретения, с теплообменником одно преимущество состоит в том, что нет необходимости устанавливать оборудование в канале потока в отличие от решений, описанных в патентах США 6070417 или 6656366 В1.

Для варианта с электронагревом дополнительное преимущество состоит в полном отсутствии движущихся частей, что уменьшает вероятность отказа.

Для варианта с горячей текучей средой как теплоносителем дополнительные преимущества заключаются в том, что не требуется внешнего энергоснабжения для нагрева, и промывка горячей текучей средой очищает теплообменник от биологического обрастания.

В третьем аспекте изобретение можно использовать для очистки скважин в зависимости от состояния коллектора и геометрии скважины, текучая среда, поступающая из коллектора через трубную систему скважины, может охлаждаться до температуры ниже температуры появления парафина до выпуска из скважины. В данном варианте парафин должен откладываться уже внутри трубной системы скважины, приводя к негативным последствиям, аналогичным описанным выше для подводной трубы. Настоящее изобретение можно использовать для удаления таких отложений парафина посредством установки нагревательного устройства вокруг трубной системы скважины. Как и в случае подводных трубопроводов, описанном выше, устройство может иметь кольцевое пространство, в которое можно заливать горячую жидкость, или являться электронагревательным устройством. Затем можно применить аналогичные рабочие режимы первоначального охлаждения жидкости с последующим удалением отложения с применением внешнего теплового импульса, в результате чего отложение должно освободиться и транспортироваться вниз по потоку.

В четвертом аспекте изобретение можно также использовать для очистки теплообменников, являющихся частью оборудования переработки на поверхности, данные теплообменники, использующиеся на различных этапах технологического процесса, подвержены отложению парафина всегда, когда содержащийся поток углеводородов в них, содержащий парафин, охлаждается ниже температуры появления парафина. Для удаления данных отложений температура хладагента в теплообменниках должна увеличиваться, вновь приводя к освобождению отложения.

Следующие примеры включены в описание для иллюстрации изобретения, и их не следует интерпретировать ограничивающими объем, определенный формулой изобретения.

Пример 1.

На фиг. 1 показаны результаты экспериментов на установке контроля парафина в исследовательском центре StatoilHydro, Porsgrunn, Норвегия. Осуществлялась циркуляция конденсата с большим содержанием парафина при постоянной температуре (20°C) через установку. Установка охлаждалась снаружи кольцевым пространством с водой.

В течение первых 17 дней вода в кольцевом пространстве имела температуру 10°C, что стимулировало постоянное накопление парафина в установке.

После 17 дней температуру воды увеличили до 15°C, так что разность температур конденсат/вода уменьшилась. При этом накопление парафина замедлилось.

После 22 дней температуру воды увеличили до 20°C, так что температура воды и конденсата стала одинаковой. Через 1 день ранее отложившийся парафин резко освободился, и конденсат транспортировал его вниз по потоку. После остановки и открытия установки обнаружили, что она чиста, и парафин на стенках отсутствует.

Объяснение освобождения состоит в том, что при увеличении температуры стенки структура парафина вблизи стенки изменяется. Изменение структуры уменьшает силы адгезии, обуславливающие прилипание парафина к стенке. Когда силы адгезии становятся меньше турбулентных усилий сдвига, парафин должен отрываться от стенки.

Температура теплового импульса может быть любой температурой выше объемной температуры. Чем выше температура, тем быстрее высвобождается отложение парафина. Таким образом, тепловой импульс лучше работает при температурах выше температуры плавления парафина, но следует заметить, что такие высокие температуры не требуются, соответственно, для удаления парафина. Если высокие температуры не применимы, например, вследствие низкой мощности нагрева, ограниченного энергообеспечения, или для экономии расходов на электроэнергию, можно использовать температуру ниже температуры плавления парафина для освобождения отложений парафина.

Можно наносить покрытие внутренней поверхности трубы, по меньшей мере, в зоне нагрева для инициирования высвобождения парафина или уменьшения количества тепла, требуемого для теплового импульса, или простого уменьшения количества образующегося парафина.

Пример 2.

Пластическое течение в холодном состоянии по технологии Saturn.

Технология Saturn основана на идее, состоящей в том, что гидратная известь и частицы парафина могут являться транспортабельными и не агломерирующими в условиях прохождения потока и остановки скважины, что дополнительно описано в публикации WO 2004/059178. При рециркуляции части холодного потока углеводородных текучих сред с гидратом/частицами парафина в горячем скважинном потоке, как показано на фиг. 4, гидратная известь/частицы парафина образуют "разрушающее охлаждение", когда частицы суспензии в массе в зоне реакции, вместо осаждения на стенках, и текучие среды охлаждают до температуры внешней среды в окрестности зоны реакции. Следовательно, осаждение на стенках труб и их закупоривание не должно происходить, когда частицы суспензии дополнительно транспортируются газом и нефтью на дальние расстояния, после отделяющего устройства.

Вместе с тем, если холодный поток рециркуляции подлежит смешиванию с теплым скважинным потоком вблизи манифольда добычи для предотвращения отложения парафина и гидратообразования во время остановок скважины, температура вблизи точки смешивания должна быть очень высокой. Проблема состоит в том, что смешивание горячего скважинного потока и холодного потока с температурой морской воды должно всегда давать в результате смесь с температурой выше температуры морской воды. Поэтому, всегда остается необходимым охлаждение смеси до температуры морской воды. Данное охлаждение всегда должно приводить к образованию отложения парафина в зоне охлаждения. Без надлежащих контрмер это должно со временем приводить к закупориванию трубы теплообменника.

При использовании способа удаления парафина тепловым импульсом в реакционной зоне системы потока Saturn, или любых секциях системы ниже по потоку, получают удаление таких отложений.

Как упомянуто выше, эксперименты показывают, что возможно удаление отложения парафина со стенки трубы посредством увеличения температуры стенки на короткое время. Это должно уменьшать силу адгезии между стенкой трубы и отложением до такой степени, что отложение может отрываться от стенки, при этом отложение не плавится. Вместо этого, освобожденный парафин транспортируется вниз по потоку в отвержденной форме, которая не должна вновь откладываться.

Данную идею также можно использовать в концепции Saturn. На зону охлаждения или реакционную зону, где происходит отложение парафина, периодически воздействуют тепловым импульсом. Как упомянуто ранее, данный тепловой импульс можно создавать прямым электрическим нагревом или с помощью установки нагревающего кабеля (либо индуктивного, или резистивного), как показано на фиг. 4, или горячей водой, как показано на фиг. 5, где необходимо иметь кольцевое пространство вокруг зоны охлаждения.

На фиг. 4 показано, как горячий скважинный поток с температурой  $T$ (скважины) смешивается с потоком, охлажденным до температуры  $T$ (морской воды). Получающаяся в результате смесь имеет температуру  $T$ (смеси), превышающую  $T$ (морской воды). Поэтому смесь следует дополнительно охладить до температуры морской воды. В данной зоне охлаждения должно происходить отложение парафина. На

фиг. 4 концепция Saturn объединена с электрическим импульсным нагревом: когда отложение парафина достигает критического предела, включают электронагрев. Парафин не плавится, но теряет контакт со стенкой трубы и затем транспортируется вниз по потоку.

Аналогичный эффект получают, как показано на фиг. 5, при использовании кольцевого пространства. Вместо охлаждения потока смеси окружающей морской водой используют кольцевое пространство с прокачиванием потока морской воды, как показано на верхнем чертеже, что должно дополнительно увеличивать эффективность охлаждения. В режиме теплового импульса, показанного на нижнем чертеже, в кольцевое пространство должна быть залита горячая вода, которая должна освобождать отложения для их транспортировки вниз по потоку. Кольцевое пространство можно заливать в любом подходящем направлении, как против скважинного потока, так и в одном направлении с ним.

Экспериментальная оценка концепции применения горячей воды показана на графике фиг. 6. Отложение парафина происходило в охлаждаемой водой трубе. Мониторинг толщины парафина можно осуществлять по падению давления на опытной секции. На фигуре показана последовательность событий, при увеличении температуры воды в кольцевом пространстве температуру нефти поддерживают постоянной (20°C). Температуру воды увеличивают от 10 до более 50°C. После 2 мин падения давления показывает крутой пик и затем снижается до уровня, указывающего на отсутствие парафина в опытной секции. Пик возникает в результате транспортировки отложения парафина вниз по потоку.

В продолжение данной идеи, также является возможным повторное использование энергии, создаваемой при охлаждении с сохранением созданной горячей воды из теплообменника в емкости, как показано на фиг. 7. Данную сохраненную горячую воду затем используют для теплового импульса. На верхнем чертеже фиг. 7 горячую воду, образующуюся во время режима охлаждения, сохраняют в емкости. На нижнем чертеже фиг. 7 сохраненную горячую воду повторно закачивают в кольцевое пространство во время режима теплового импульса.

Измерение толщины парафина.

В четвертом аспекте изобретения основной идеей является использование того факта, что отложение парафина на стенке трубы создает сильную теплоизоляцию теплового потока. Так что тепловой поток от массы текучей среды в трубе к окружению трубы (или обратно) должен значительно снижаться при существовании отложения парафина на стенке трубы.

Короткий тепловой импульс  $q$  с продолжительностью меньше теплового импульса удаления парафина прикладывают к секции трубы, где следует измерить толщину отложения парафина. Во время данной операции, как до, так и после теплового импульса, осуществляют мониторинг температуры  $T$  (на входе) текучей среды на входе и температуры  $T$  (на выходе) текучей среды на выходе данной секции, как показано на фиг. 8.

Альтернативно определяют разность температур поверхностей стенки трубы,  $T$  (стенки на входе) -  $T$  (стенки на выходе), при приложении внешнего теплового импульса к секции трубы с отложением парафина, так что датчики, нарушающие целостность оборудования, не требуются, как показано на фиг. 9.

В другой альтернативе осуществляют мониторинг изменения разности температур воды в кольцевом пространстве, используемой для удаления тепловым импульсом, таким как кольцевое пространство, показанное на фиг. 10, вместо фактической температуры текучей среды или температуры трубы. Разность  $T$  (на входе)<sub>ex</sub> -  $T$  (на выходе)<sub>ex</sub> рассчитывают как до, так и после короткого теплового импульса и сравнивают. Короткий тепловой импульс  $q$  создают электронагревом или коротким импульсом закачки горячей текучей среды в кольцевое пространство.

Зная геометрию трубы, свойства текучей среды, свойства потока и приложенную тепловую энергию можно рассчитать толщину теплоизолирующего парафина, соответствующую измеренной разности температур, с высокой точностью.

Пример 3.

Данный принцип подтвержден на установке контроля парафина и показан на фиг. 11 и 12.

Тепловой импульс можно, например, прикладывать кабелем электронагрева, включенным на короткое время, или заливая горячую воду в кольцевое пространство на короткое время. В эксперименте, показанном на фиг. 11 и 12, разность температур только в 10°C между нефтью и водой в кольцевом пространстве была достаточной для обеспечения удовлетворительных результатов.

В данном эксперименте температуры измеряли напрямую в массовом потоке нефти. Такое измерение является нежелательным в оборудовании добычи. Альтернативой является измерение температуры (внешней) поверхности стенки трубы, дающее информацию, аналогичную показанной на фиг. 12. В альтернативном варианте использования горячей воды в кольцевом пространстве также возможно осуществление мониторинга температуры воды и падения температуры от входного до выходного отверстия во время теплового импульса, как показано на фиг. 10.

Эксперимент, выполненный на установке контроля парафина: нефть циркулировала одну неделю при постоянной температуре (20°C) через опытную секцию. В кольцевом пространстве вокруг опытной секции циркулировала холодная вода (10°C). Полученная в результате разность температур между нефтью и поверхностью стенки трубы дает результат в виде отложения парафина, накапливающегося в нефтяной трубе. Это показывает растущее измеренное падение давления. Для тестирования предложенной

здесь идеи каждый день производили короткий (5 мин) тепловой импульс посредством увеличения температуры воды в кольцевом пространстве до 30°C. Разность температур в нефти (на входном отверстии и выходном отверстии) регистрировали во время данных импульсов (обычно около 0,1-0,3°C для данной настройки).

Результат эксперимента показан на фиг. 12 как рассчитанная толщина парафина по ежедневно производимым тепловым импульсам. Скорость роста и конечная толщина хорошо согласуются с другими измерениями.

Способы удаления парафина и измерения толщины парафина согласно изобретению являются не нарушающими целостность оборудования, относительно дешевыми, точными и часто применимыми для измерения и удаления накопления отложения парафина без какого-либо оборудования в главном потоке, таким образом, с сохранением беспрепятственного пути прохода очистного скребка.

Кроме того, накопление отложения парафина можно измерять часто, например ежедневно, следовательно, имея четкий контроль роста толщины парафина и индикацию правильного момента для контролер, таких как удаление парафина тепловым импульсом, экономически оправдано, если одинаковое средство переработки, например, кольцевое пространство с водой, можно также использовать для целей измерения с пространственной зависимостью для более длинных секций трубы для измерения температуры в промежуточных точках.

Измерения толщины парафина такого вида можно использовать для принятия решения, является ли необходимым удаление парафина тепловым импульсом, как описано выше, после производства теплового импульса для измерения в одной точке с тепловым импульсом удаления.

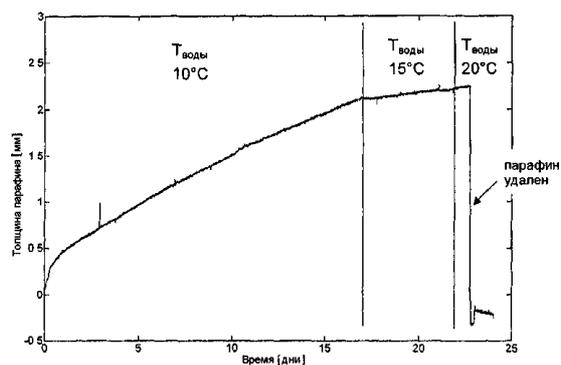
#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ измерения толщины отложений парафина в трубе или перерабатывающем оборудовании, через которые проходит поток углеводородов, содержащий следующие выполненные последовательно этапы:

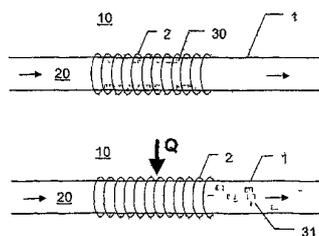
- (а) выполнение первого измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы;
- (б) приложение короткого теплового импульса к секции трубы, который является недостаточным для освобождения отложений парафина на секции трубы;
- (в) выполнение второго измерения температуры выше по потоку и ниже по потоку секции трубы;
- (г) расчет толщины отложений по изменению разности температур между первым и вторым измерениями температуры.

2. Способ по п.1, в котором короткий тепловой импульс имеет продолжительность меньше короткого периода времени, необходимого для освобождения отложившегося парафина.

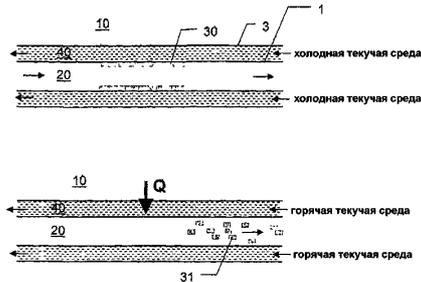
3. Способ по п.1, в котором температура для измерения выбрана из следующего: температуры объемного потока, температуры стенки трубы и температуры текучей среды, проходящей в кольцевом пространстве вокруг трубы.



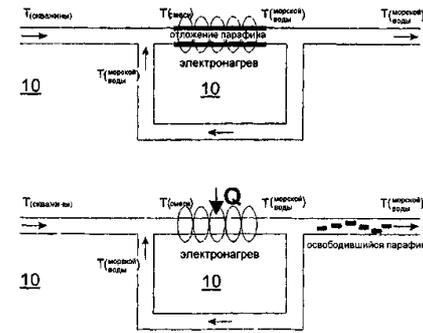
Фиг. 1



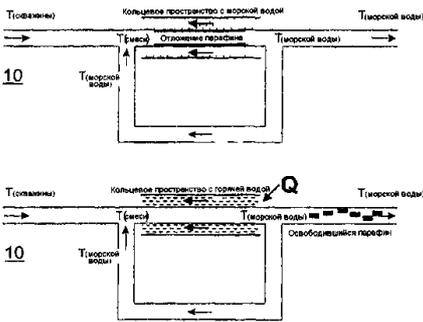
Фиг. 2



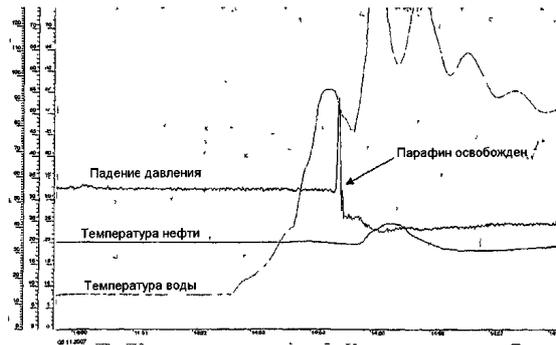
Фиг. 3



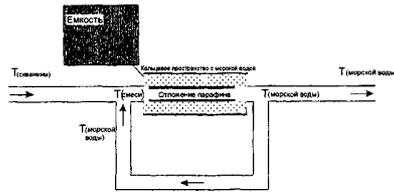
Фиг. 4



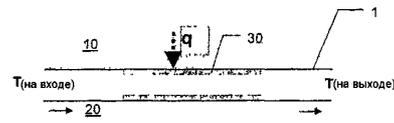
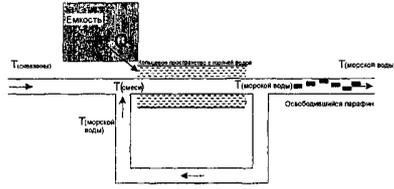
Фиг. 5



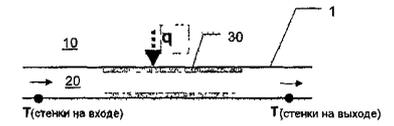
Фиг. 6



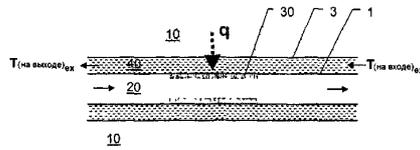
Фиг. 7



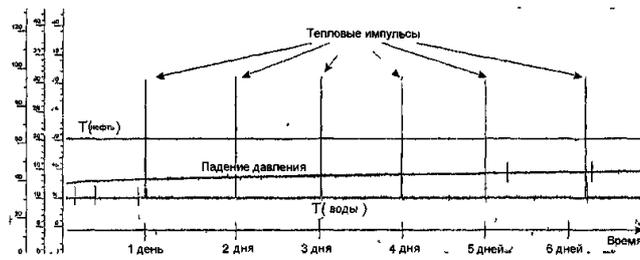
Фиг. 8



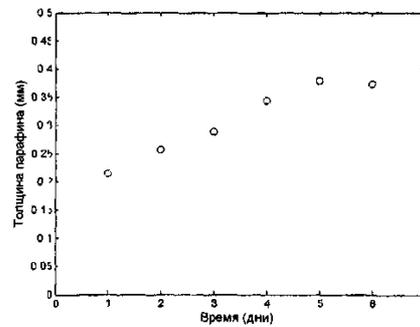
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12