



(19) RU (11)

35 823 (13) U1

(51) МПК
E21B 37/00 (2000.01)РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003134742/20, 01.12.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.12.2003

(46) Опубликовано: 10.02.2004

Адрес для переписки:

180005, г.Псков, ул. Карамышевская, 7, А.В.
Робину

(72) Автор(ы):

Робин А.В.

(73) Патентообладатель(и):

Робин Андрей Викторович

(54) Устройство для нагрева нефтяной скважины

(57) Формула полезной модели

1. Устройство для нагрева нефтяной скважины, содержащее спускаемый в насосно-компрессорную трубу кабель с нагревательным элементом, выполненным, по меньшей мере, из двух частей и подключенным к источнику электропитания, отличающееся тем, что электрическое сопротивление, по меньшей мере, одной части нагревательного элемента, изменяется по длине кабеля, при этом распределение выделяемой нагревательным элементом удельной мощности вдоль насосно-компрессорной трубы рассчитывают по формуле

$$N_{\text{каб}}(\lambda) = N_{\text{нефть}}(\lambda) + N_{\text{потерь}}(\lambda),$$

где λ - расстояние до конкретного участка нагревательного элемента кабеля, м; $N_{\text{каб}}(\lambda)$ - удельная мощность конкретного участка нагревательного элемента кабеля на глубине λ , Вт/м; $N_{\text{нефть}}(\lambda) = -C \cdot D_1 \cdot \frac{dT_{\text{трес}}(\lambda)}{d\lambda}$ - удельная мощность, потребляемая (отдаваемая) нефтью

на конкретном участке насосно-компрессорной трубы, Вт/м;

 $N_{\text{потерь}}(\lambda) = \alpha \cdot [T_{\text{трес}}(\lambda) - T_{\text{скв}}(\lambda)]$ - мощность потерь из конкретного участка насосно-компрессорной трубы в затрубное пространство, Вт/м; $T_{\text{трес}}(\lambda)$ - требуемая температура элементарного участка кабеля, °К; $T_{\text{скв}}(\lambda)$ - геодезическая температура элементарного участка скважины, °К; $D_1 = \frac{D}{24 \cdot 60 \cdot 60}$ - производительность скважины, кг/с;

D - дебет скважины, кг/сутки;

C - теплоемкость жидкости в скважине, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; α - коэффициент тепловых потерь насосно-компрессорной трубы в затрубное

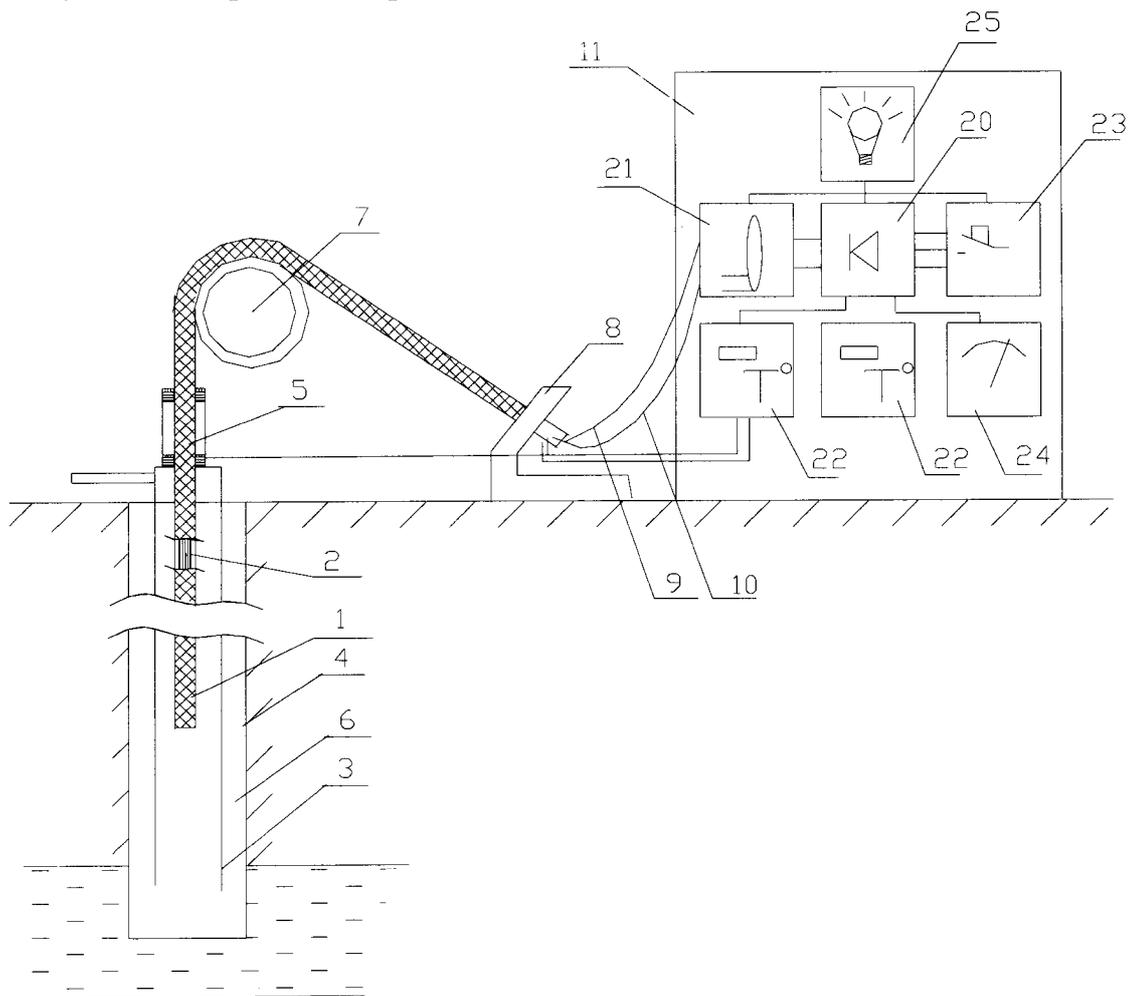
пространство, $\frac{E_T}{m \cdot K}$.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что кабель содержит расположенную снаружи и охватывающую нагревательные элементы броню, выполненную из двух слоев стальной проволоки с различным направлением витков диаметром 0,8 - 1,7 мм и количеством проволок 12 - 36 в каждом слое.

3. Устройство по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что содержит датчики температуры, установленные внутри нагревательного элемента кабеля.

4. Устройство по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что броня кабеля заземлена через устройство защитного отключения нагревательного элемента кабеля от источника питания по величине предельного тока утечки.

5. Устройство по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что броня кабеля имеет оболочку из полимерного материала.



RU 3 5 8 2 3 U 1

RU 3 5 8 2 3 U 1

2003134742



МПК 7: E 21 B 37/00

Устройство для нагрева нефтяной скважины

Полезная модель относится к нефтяной промышленности, в частности к устройствам для нагрева нефтяных скважин, и может быть использована для предотвращения парафиногидратных отложений путем создания оптимального теплового режима в добывающих нефтяных скважинах.

Известно устройство для нагрева скважины, содержащее расположенный в насосно-компрессорной трубе первый нагревательный элемент в виде кабеля, подключенного к положительному выводу источнику питания, при этом на конце кабеля выполнен неизолированный участок с токопроводящими грузами, обеспечивающими электрическое соединение одной или нескольких параллельно соединенных жил кабеля, через которые пропускается ток, с насосно-компрессорной трубой, являющейся вторым нагревательным элементом, при этом насосно-компрессорная труба подключена к отрицательному выводу источнику питания (см. патент RU № 2171363, кл. E 21 B 37/00, опуб. 27.07.2001).

Недостатками этого изобретения являются сложность изготовления нагревателя и трудоемкость при его установке в скважине из-за большой (до 2000 метров) требуемой длины участка прогрева скважины.

Известна установка для предотвращения образования и ликвидации парафиновых пробок в нефтегазовых скважинах, содержащая нагревательный кабель с изолированными токоподводящими жилами, спускаемый в скважину, и систему управления нагревом кабеля (см. патент RU № 2158819, Кл. E21B 37/00, опубл. 10.11.2000).

Недостатком известной установки является необходимость предварительной «тренировки» кабеля путем спуска его в скважину на

максимальную глубину для полного естественного вытягивания на время до 5-ти суток, что приводит к длительной подготовке к запуску установки в целом, к простоям скважины, а также к невозможности осуществить прогрев скважины с оптимальным качеством при наименьших энергетических затратах.

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели является устройство для нагрева скважины, содержащее кабель с нагревательным элементом, состоящим из двух частей – внешней коаксиальной и внутренней, подключенных к источнику питания, электрически соединенных в нижней части кабеля, опущенного на глубину начала кристаллизации парафиногидратов (см. патент RU № 2166615, кл. E 21 B 37/00, опубл. 2001.05.10).

Недостатком этого изобретения является повышенный расход электроэнергии, связанный с тем, что весь нагревательный элемент прогревают током равномерно без учета градиента температуры вдоль ствола скважины, а электрическое сопротивление равномерно распределено по длине нагревательного элемента. Кроме того устройство имеет низкую надежность, связанную с

- низкой механической прочностью устройства из-за размещения грузонесущего элемента внутри кабеля, что может привести, учитывая вертикальную подвеску кабеля до 2000м, к подвижкам или сползанию нагревательных элементов относительно центрального троса, особенно при циклической работе устройства – нагрев/остывание;
- невозможностью температурного мониторинга нагревательного элемента кабеля из-за отсутствия датчиков температуры, в результате чего могут возникать неконтролируемые перегревы отдельных участков нагревательного элемента, приводящие при несвоевременном отключении питания к его разрушению;
- отсутствием внешней брони из стальной проволоки, покрытой полимерной оболочкой, что особенно важно для защиты

- нагревательных элементов при спусках-подъемах кабеля в насосно-компрессорных трубах;
- низкой электробезопасностью из-за отсутствия элементов контроля целостности изоляционной оболочки нагревательных элементов и токов утечки.

Задача полезной модели – уменьшение потребляемой мощности и повышение надежности устройства.

Указанная задача решается тем, что в устройстве для нагрева нефтяной скважины, содержащем спускаемый в насосно-компрессорную трубу кабель с нагревательным элементом, выполненным, по меньшей мере, из двух частей и подключенным к источнику электропитания, согласно полезной модели, электрическое сопротивление, по меньшей мере, одной части нагревательного элемента, изменяется по длине кабеля, при этом распределение выделяемой нагревательным элементом удельной мощности вдоль насосно-компрессорной трубы рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{каб}}(\lambda) = N_{\text{нефть}}(\lambda) + N_{\text{потерь}}(\lambda), \quad (1)$$

где:

λ – расстояние (глубина) до конкретного участка нагревательного элемента кабеля, м;

$N_{\text{каб}}(\lambda)$ – удельная мощность, конкретного участка нагревательного элемента кабеля на глубине λ , Вт/м;

$N_{\text{нефть}}(\lambda) = -C \cdot D_1 \cdot \frac{dT_{\text{треб}}(\lambda)}{d\lambda}$ – удельная мощность, потребляемая (отдаваемая) нефтью на конкретном участке насосно-компрессорной трубы, Вт/м;

$N_{\text{потерь}}(\lambda) = \alpha \cdot [T_{\text{треб}}(\lambda) - T_{\text{скв}}(\lambda)]$ – мощность потерь из конкретного участка насосно-компрессорной трубы в затрубное пространство, Вт/м;

$T_{\text{треб}}(\lambda)$ – требуемая температура элементарного участка кабеля, °К;

$T_{\text{скв}}(\lambda)$ – геодезическая температура элементарного участка скважины, °К;

$D_1 = \frac{D}{24 \cdot 60 \cdot 60}$ – производительность скважины, кг/с;

D – дебет скважины, кг/сутки;

C – теплоемкость жидкости в скважине, $\frac{Дж}{кг \cdot К}$;

α – коэффициент тепловых потерь насосно-компрессорной трубы в затрубное пространство, $\frac{Вт}{м \cdot К}$.

Нелинейное сопротивление нагревательных элементов кабеля по длине позволяет получить участки с кабеля с различной удельной тепловой мощностью, которая направляется на компенсацию тепла, отдаваемого в затрубное пространство движущимся потоком скважинной жидкости. Таким образом, с учетом того, что кабель опускается в скважину до точки, где геодезическая температура выше точки выпадения твердых фракций парафинов, нет необходимости расходовать тепловую мощность на нагрев нефти, т.к. тепловые потери прямо пропорциональны разности температур нефть-затрубное пространство, повышение температуры нефти будет приводить к повышенным потерям тепла.

Кабель может содержать расположенную снаружи и охватывающую нагревательные элементы броню, выполненную из двух слоев стальной проволоки с различным направлением витков диаметром 0,8..1,7 мм и количеством проволок 12..36 в каждом слое.

Броня кабеля из стальной проволоки служит, прежде всего, грузонесущей основой кабеля. Выбранный диапазон диаметров проволок, и количество проволок в каждом слое обосновывается стандартной технологией изготовления кабеля.

Устройство может содержать датчики температуры, установленные внутри нагревательного элемента кабеля.

Датчики температуры позволяют осуществлять мониторинг скважинных процессов с целью осуществления корректировки подаваемой мощности при прогреве затрубного пространства с течением времени.

Броня кабеля может быть заземлена через устройство защитного отключения нагревательного элемента кабеля от источника питания по величине предельного тока утечки.

Такое выполнение позволяет защитить все внутренние элементы кабеля от высоких скважинных давлений (до 60Мпа), броня также является механической защитой нагревательных элементов кабеля и их теплоотводящим элементом. Кроме того, заземление брони кабеля и подключение ее к устройству защитного отключения позволяет повысить надежность.

Броня кабеля может иметь оболочку из полимерного материала, что позволяет предотвратить утечки скважинной жидкости через проволочную броню при высоком устьевом давлении при спуске кабеля через сальниковое устройство (лубрикатор).

На фиг. 1 схематично представлено устройство для нагрева нефтяной скважины;

на фиг. 2 и фиг. 3 - варианты конструкции кабеля;

на фиг.4 – график изменения температуры по длине кабеля;

на фиг. 5- график изменения геотермы скважины по длине кабеля

на фиг.6 – график изменения удельной мощности кабеля по длине кабеля.

Устройство для нагрева нефтяной скважины (см. фиг.1) содержит кабель 1 с нагревательным элементом 2, погруженный нижним концом в насосно-компрессорную трубу 3 обсадной колонны 4 через сальниковое устройство 5, причем между насосно-компрессорной трубой 3 и обсадной колонной 4 имеется затрубное пространство 6, являющееся проводником тепла от насосно-компрессорной трубы 3 в грунт. На поверхности кабель 1 проходит через направляющий ролик 7 и закреплен верхним концом в

замковом устройстве 8. Силовые проводники 9, 10 нагревательного элемента 2 кабеля 1 подключены к регулируемому источнику электропитания 11.

Нагревательный элемент 2 кабеля 1 состоит из двух частей. Внутренняя часть 12 нагревательного элемента 2 (см. фиг.2) размещена по всей оси кабеля, имеет одинаковое сопротивление по всей длине кабеля 1 и изготовлена, например, из медных проводников. Внешняя часть 13 нагревательного элемента 2 является коаксиальной и состоит, например, из различного количества металлических проводников. Электрическое сопротивление по, меньшей мере, одной части нагревательного элемента, например, внешней части 13, изменяется по длине кабеля прямопропорционально удельной мощности $N_{\text{каб}}(\lambda)$, т.е. для заданных элементарных участков нагревательного элемента кабеля, расположенных на различной глубине λ , электрическое сопротивление различно. В данном варианте сопротивление внешней части 13 нагревательного элемента 2 по длине кабеля определяется формулой:

$$R_{\text{внеш}}(\lambda) = \frac{N_{\text{каб}}(\lambda)}{I_{\text{ном}}^2} - \frac{R_{\text{внутр}}}{\lambda}, \text{ Ом}, \quad (2)$$

где:

$I_{\text{ном}}$ – номинальный ток регулируемого источника питания, А;

$R_{\text{внутр}}$ – электрическое сопротивление внутренней части нагревательного элемента, Ом.

Между двумя частями нагревательного элемента находится электроизоляционный материал 14. Части 12 и 13 нагревательного элемента электрически соединены между собой в нижней части кабеля 1. Внутри нагревательного элемента 2 размещены датчики температуры 15 с сигнальными проводниками 16, выведенными к верхнему концу кабеля 1. Нагревательный элемент 2 имеет общую электроизоляционную оболочку 17, поверх которой уложена двухслойная разнонаправленная броня 18 из

стальной проволоки диаметром 0,8..1,7 мм и количеством проволок 12..36 в каждом слое, расположенная снаружи кабеля и охватывающая все элементы его конструкции. Броня кабеля имеет внешнюю полимерную оболочку 19.

В варианте выполнения кабеля (см. фиг. 3) внутренняя часть 12 нагревательного элемента 2 выполнена коаксиальной, а датчики температуры 15 размещены по оси кабеля.

Силовые проводники 9, 10 нагревательного элемента 2, выходящие из верхнего конца кабеля 1, подключены к управляемому выпрямителю 20 регулируемого источника электропитания 11 через устройство защитного отключения 21. Сигнальные проводники 16 датчиков температуры 15 подключены к терморегулирующим приборам 22. Кроме того, в регулируемом источнике электропитания 11 расположены пускорегулирующая аппаратура 23, измерительные приборы контроля тока и напряжения нагревательных элементов 24, вспомогательное оборудование подогрева и освещения 25 шкафа регулируемого источника электропитания 11.

Устройство работает следующим образом.

В насосно-компрессорную трубу 3 опускают кабель 1 с нагревательным элементом 2 на глубину, где температура скважинной жидкости выше точки начала кристаллизации парафиногидратов. Подключают нагревательный элемент 2 кабеля 1 к регулируемому источнику электропитания 11. Нагревательный элемент 2 выделяет различную удельную мощность вдоль насосно-компрессорной трубы 3. Электрическое сопротивление, в данном случае, внешней части 13 нагревательного элемента 2 распределено по длине λ кабеля 1 прямопропорционально удельной мощности $N_{\text{каб}}(\lambda)$, в связи с этим распределение удельной мощности по длине насосно-компрессорной трубы 3 различно. Распределение выделяемой нагревательным элементом удельной мощности

вдоль насосно-компрессорной трубы 3 рассчитывают по формуле (1)

$$N_{\text{каб}}(\lambda) = N_{\text{нефть}}(\lambda) + N_{\text{потерь}}(\lambda)$$

где:

λ – расстояние (глубина) до конкретного (заданного, элементарного) участка нагревательного элемента кабеля, м;

$N_{\text{каб}}(\lambda)$ – удельная мощность на конкретном (заданном, элементарном) участке нагревательного элемента кабеля на глубине λ , Вт/м;

$$N_{\text{нефть}}(\lambda) = -C \cdot D_1 \cdot \frac{dT_{\text{треб}}(\lambda)}{d\lambda} \quad \text{– удельная мощность, потребляемая}$$

(отдаваемая) нефтью на конкретном (заданном, элементарном) участке насосно-компрессорной трубы, Вт/м;

$$N_{\text{потерь}}(\lambda) = \alpha \cdot [T_{\text{треб}}(\lambda) - T_{\text{скв}}(\lambda)] \quad \text{– мощность потерь из конкретного}$$

(заданного, элементарного) участка насосно-компрессорной трубы в затрубное пространство, Вт/м;

$T_{\text{треб}}(\lambda)$ – требуемая температура конкретного (заданного, элементарного) участка кабеля (выше, либо равна, точке плавления парафиногидрата), °К (задается геологической службой нефтедобывающего предприятия, см. фиг. 4)

$T_{\text{скв}}(\lambda)$ – геодезическая температура конкретного (заданного, элементарного) участка скважины, °К (геотерма скважины) является паспортными данными см. фиг. 5);

$$D_1 = \frac{D}{24 \cdot 60 \cdot 60} \quad \text{– производительность скважины, кг/с;}$$

D – дебит скважины, кг/сутки (паспортное данное скважины);

C – теплоемкость жидкости в скважине, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ (паспортное данное скважины);

α – коэффициент тепловых потерь насосно-компрессорной трубы в затрубное пространство, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ (паспортное данное скважины).

Вывод формулы (2) осуществлен следующим образом.

Удельная мощность нагревательного элемента 2 складывается из двух составляющих, первая из которых относится к внутренней части 12 нагревательного элемента 2, а вторая – к внешней (коаксиальной) его части 13.

$$N_{\text{каб}}(\lambda) = \frac{I_{\text{ном}}^2 \cdot R_{\text{внутр}}}{\lambda} + \frac{I_{\text{ном}}^2 \cdot R_{\text{внеш}}(\lambda)}{\lambda}, \quad (3)$$

Так как по формуле (1):

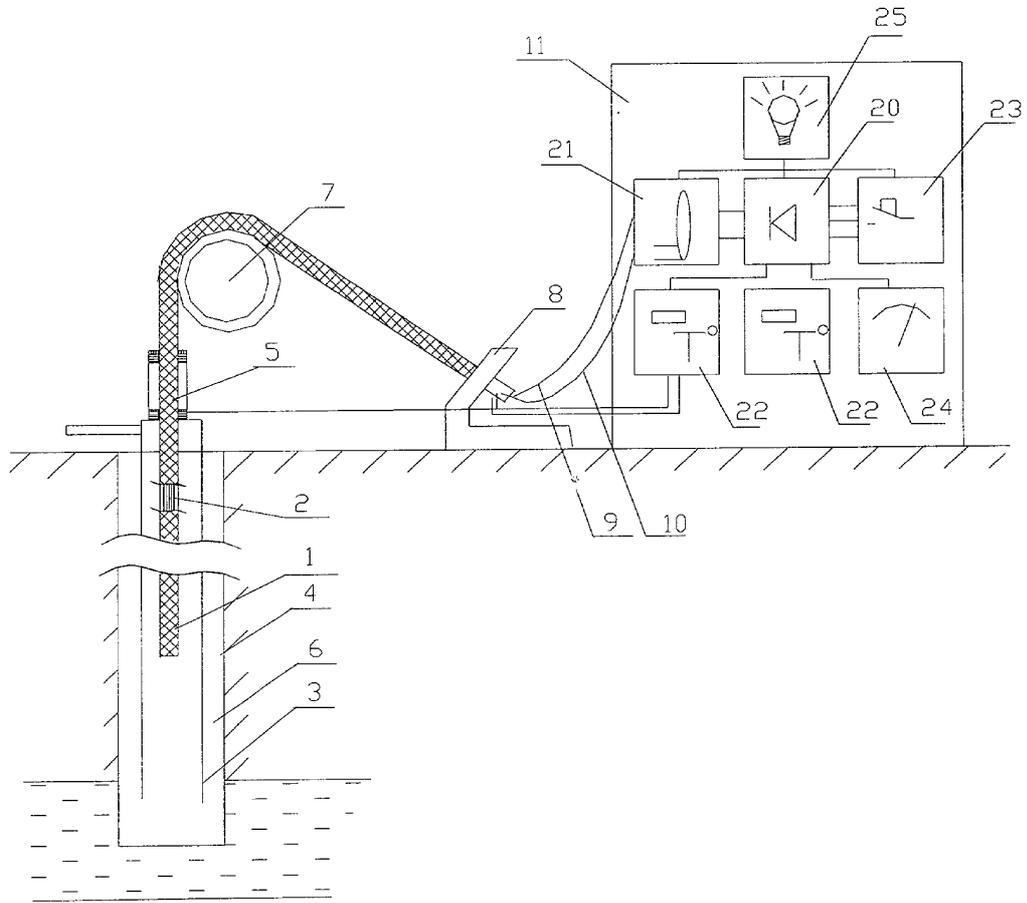
$$N_{\text{каб}}(\lambda) = N_{\text{нефть}}(\lambda) + N_{\text{потерь}}(\lambda),$$

то, приравняв правые части, выразим зависимость сопротивления внешней части нагревательного элемента от длины (глубины) λ :

$$R_{\text{внеш}}(\lambda) = \frac{N_{\text{каб}}(\lambda)}{I_{\text{ном}}^2} - \frac{R_{\text{внутр}}}{\lambda},$$

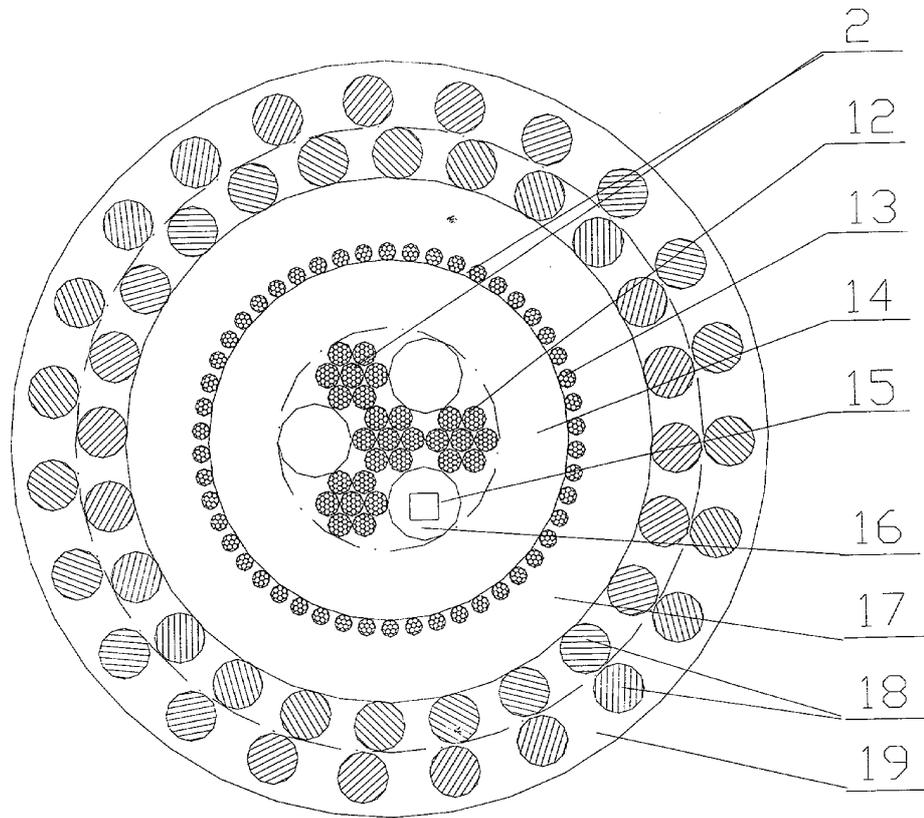
соблюдение которой, обеспечивает минимальное энергопотребление за счет расхода количества выделяемого тепла, в основном, на компенсацию потерь в затрубное пространство б.

Устройство для нагрева нефтяной скважины



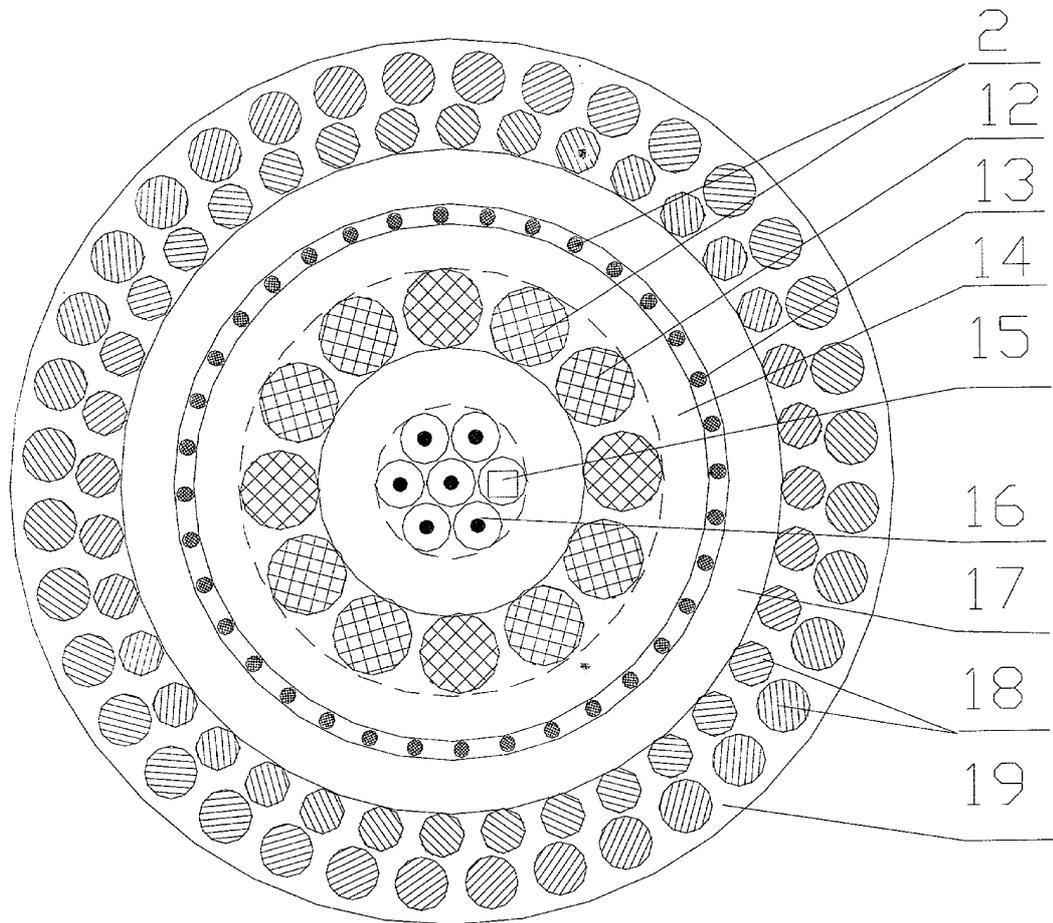
Фиг.1 БЧ

Устройство для нагрева нефтяной скважины



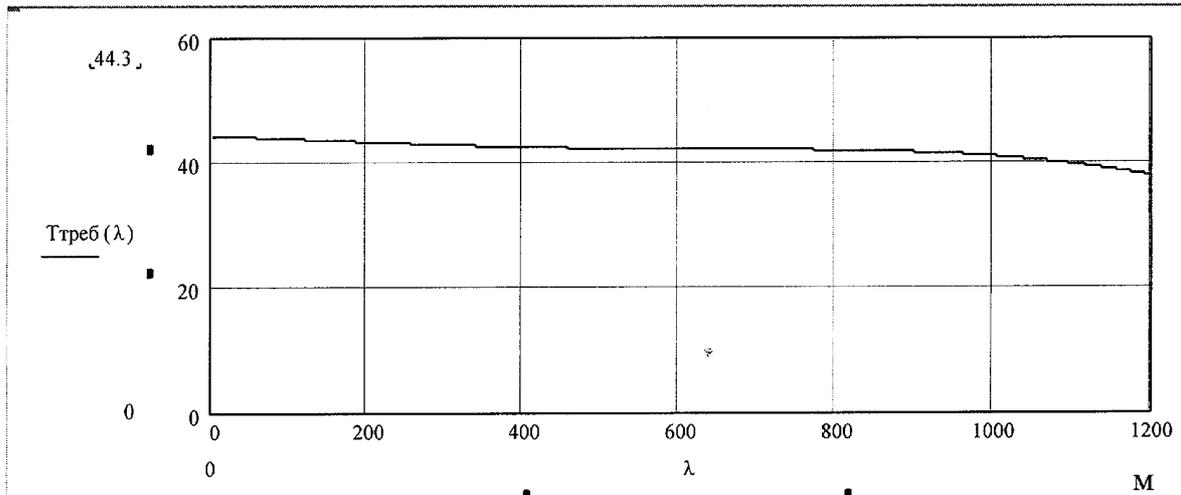
Фиг.2.

Устройство для нагрева нефтяной скважины



Фиг.3.

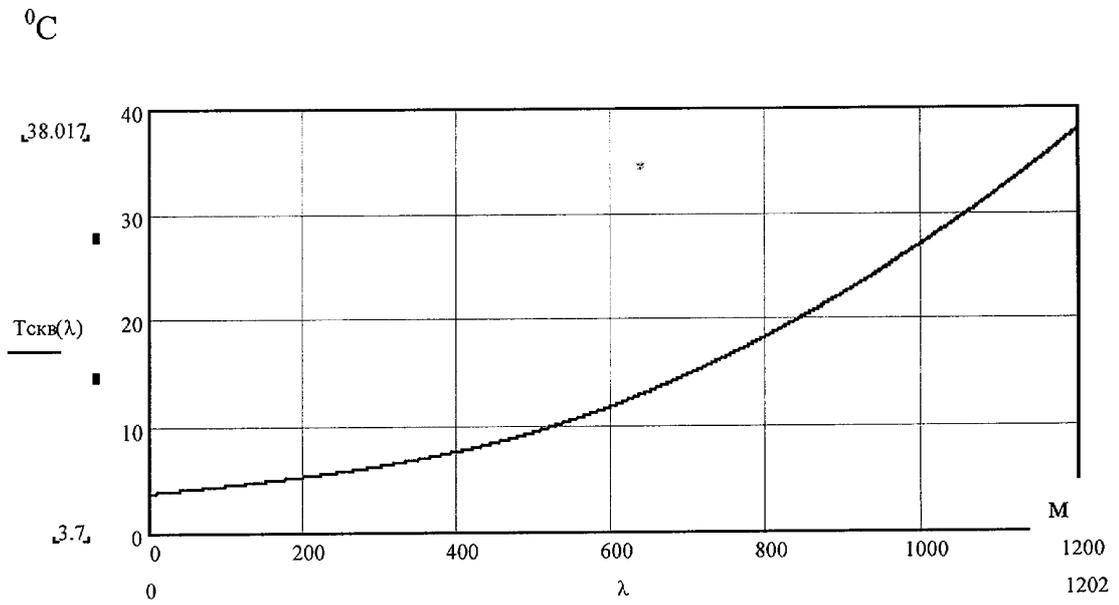
Устройство для нагрева нефтяной скважины



Фиг 4.

2003/34742

Устройство для нагрева нефтяной скважины

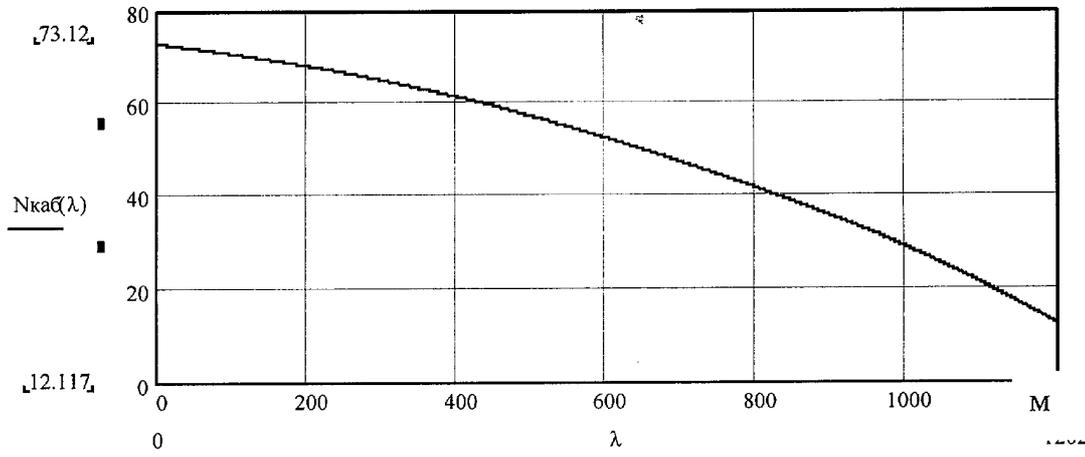


Фиг.5.

200313442

Устройство для нагрева нефтяной скважины

Вт/м



Фиг 6.