



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 216 632** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **E 21 B 43/00, F 04 B 47/00, F 04 D 13/10**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

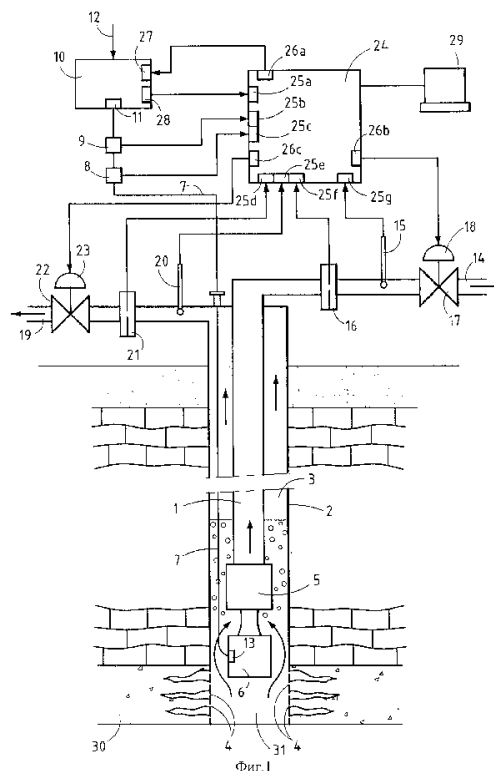
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99102971/06, 12.02.1999
(24) Дата начала действия патента: 12.02.1999
(30) Приоритет: 13.02.1998 FR 9801782
(43) Дата публикации заявки: 20.12.2000
(46) Дата публикации: 20.11.2003
(56) Ссылки: US 5634522 A, 03.06.1997. RU 2042796 C1, 27.08.1995. SU 1019111 A, 23.05.1983. SU 787583 A, 25.12.1980.
(98) Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Е.В.Томской

(71) Заявитель:
ЕЛФ ЭКСПЛОРАСЬОН ПРОДЮКСЬОН (FR)
(72) Изобретатель: ЛЕМЕТАЙЕР Пьер (FR),
ФУЙЛЛУ Кристиан (FR), КАЗАГРАНД Мишель
(FR)
(73) Патентообладатель:
ЕЛФ ЭКСПЛОРАСЬОН ПРОДЮКСЬОН (FR)
(74) Патентный поверенный:
Томская Елена Владимировна

(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИНЫ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕЙ ДОБЫЧУ НЕФТИ И ГАЗА, АКТИВИРОВАННУЮ СИСТЕМОЙ ПОДКАЧКИ (ВАРИАНТЫ)

(57) Изобретение предназначено для использования при добыче углеводородов в виде нефти и газа с помощью скважины, активированной системой подкачки. Эксплуатация добывающей углеводороды скважины содержит погружной насос, приводимый в действие электродвигателем, штуцер с переменным сечением для вывода нефти и штуцер с переменным сечением для вывода газа. Эксплуатация осуществляется с применением последовательного или одновременного воздействия во время различных стадий эксплуатации на штуцеры и на скорость электродвигателя. Кроме того, осуществляется постоянный контроль работы скважины и проверяется потребляемый двигателем ток с целью поддержания его значения в определенных пределах, зависящих от скорости двигателя. Улучшается защита насоса и его приводного электронасоса при всех рабочих условиях, увеличивается срок службы системы подкачки. 19 з.п. ф-лы, 5 ил.





RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 216 632** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **E 21 B 43/00, F 04 B 47/00, F 04 D 13/10**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

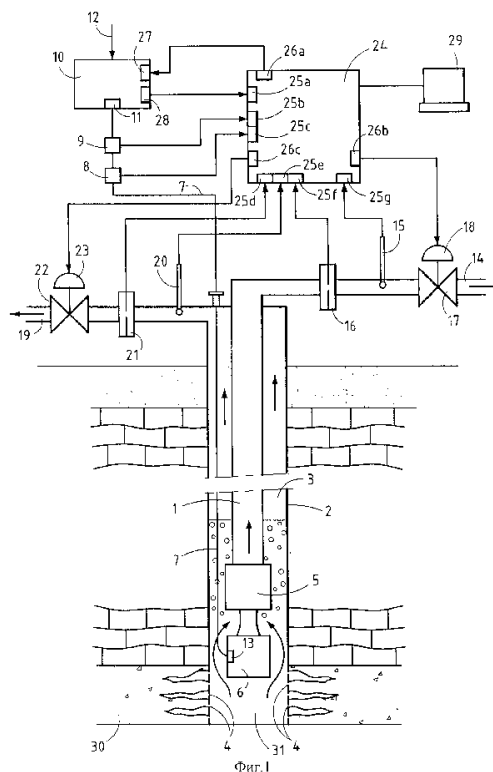
(21), (22) Application: 99102971/06, 12.02.1999
(24) Effective date for property rights: 12.02.1999
(30) Priority: 13.02.1998 FR 9801782
(43) Application published: 20.12.2000
(46) Date of publication: 20.11.2003
(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. E.V.Tomskoj

(71) Applicant:
ELF EhKSPLORAS'ON PRODJuKS'ON (FR)
(72) Inventor: LEMETAJER P'er (FR),
FUJLLU Kristian (FR), KAZAGRAND Mishel' (FR)
(73) Proprietor:
ELF EhKSPLORAS'ON PRODJuKS'ON (FR)
(74) Representative:
Tomskaja Elena Vladimirovna

(54) **METHOD OF OPERATION OF WELL PRODUCING OIL AND GAS AND ACTIVATED BY PUMPING SYSTEM (VERSIONS)**

(57) **Abstract:**

FIELD: production of hydrocarbons in form of oil and gas with help of well activated by pumping system. SUBSTANCE: method is realized with help of submerged pump activated by electric motor, pipe union with variable cross-section for oil withdrawal and pipe union with variable cross-section for withdrawal of gas. Operation is carried out with successive or concurrent action exerted on pipe unions and on speed of electric motor during various stages of well operation. In addition, well operation is constantly monitored and current consumed by electric motor is checked to maintain its value within definite limits depending on motor speed. EFFECT: improved protection of pump and its driving electric motor under various operating conditions, increased service life of pumping system. 20 cl, 3 dwg



Настоящее изобретение касается способа эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки, расположенной на дне скважины.

В некоторых нефтяных скважинах дебит углеводородов в виде нефти и газа невелик из-за низкого давления в нефтяном коллекторе.

Для повышения дебита углеводородов применяют классический способ, известный под названием "способ погружного электронасоса".

Согласно этому способу, систему подкачки, состоящую из насоса, приводимого в действие электродвигателем, помещают на дно скважины таким образом, чтобы она засасывала нефть из углеводородного коллектора и выбрасывала ее в выкидную колонну скважины, соединяющую дно скважины, расположенное на уровне коллектора, с устьем скважины, расположенным в ее верхней части.

Электропитание двигателя обычно обеспечивается частотным вариатором, позволяющим менять скорость вращения насоса.

Выкидная колонна скважины вместе с обсадной колонной, образующей стенки скважины, образуют кольцевое пространство, позволяющее выводить избыточный свободный газ в термодинамических условиях, существующих на дне скважины.

В верхней части скважины выкидная колонна связана с магистралью, оборудованной штуцером с переменным сечением на выводе нефти, а кольцевое пространство переходит в другую магистраль, оборудованную штуцером с переменным сечением для вывода газа. Эти два штуцера позволяют регулировать дебит нефти и газа.

Способ эксплуатации одной из таких установок, описанный в патенте США 5 634 522, состоит в ограничении измеряемого уровня, до которого поднимается нефть в кольцевом пространстве, заранее определенным значением путем воздействия на отверстие нефтевыходного штуцера.

Практикуется также повышение скорости работы двигателя пропорционально времени его работы в период начального пуска добычи продукта и в период повторного пуска после остановки работы скважины.

Защиту электродвигателя от перегрева обычно осуществляют с помощью прерывателя, который отключает электропитание в тот момент, когда потребляемый ток превышает установленный верхний порог.

Однако эта защита не является эффективной при всех условиях эксплуатации скважины. Например, при низком дебите нефти нагрев вследствие эффекта Джоуля снижается, но охлаждение циркулирующим в двигателе маслом при этом также мало. В этих условиях сочетание этих двух противоположных эффектов может привести к чрезмерному повышению температуры двигателя при бездействии защиты, поскольку при этом верхний порог потребляемого тока не превышает. Подобные подъемы температуры имеют следствием уменьшение срока службы двигателя и в конечном итоге его поломку.

Другие термодинамические, тепловые и

гидравлические явления могут приводить к временному избытку свободного газа в насосе. Этот избыток газа в некоторых случаях может приводить к неустойчивой работе или к недостаточному охлаждению. Все эти явления, влияющие на срок службы двигателя насоса, не принимаются во внимание в существующих способах эксплуатации.

Еще одним недостатком существующих способов является то, что любое отклонение от рабочего режима приводит к остановке работы и к дорогостоящему повторному пуску.

Техническим результатом настоящего изобретения является создание способа эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки с помощью погружного электронасоса, в котором улучшена защита насоса и его приводного электродвигателя при всех рабочих условиях, в результате чего уменьшаются последствия тепловых и гидравлических ударов и обеспечивается взаимозависимость регулирования питания электродвигателя и регулирования вывода продуктов из скважины для сведения к минимуму остановок ее работы, увеличен срок службы системы подкачки и существенно уменьшено количество дорогостоящих вмешательств в работу скважины для проведения ремонтных работ и связанных с этим повторных пусков.

Этот технический результат достигается тем, что способ эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки, содержащей расположенный на дне скважины погружной насос, приводимый в действие электродвигателем, потребляющим ток известной силы, причем в верхней части скважины имеется нефтевыходной штуцер и газовойыводной штуцер, согласно изобретению имеет пусковой период, при подготовительной стадии которого воздействуют на газовойыводной штуцер для приведения давления на входе штуцера к заданному пусковому значению давления, воздействуют на нефтевыходной штуцер для приведения давления на входе штуцера к заданному пусковому значению давления, закрывают нефтевыходной штуцер, проверяют не подключен ли электродвигатель к сети и соответствует ли состояние насоса пуску, в стадии вывода скважины в режим добычи продуктов постепенно подводят ток к электродвигателю до вращения насоса с минимальной заданной скоростью, проверяют после определенной выдержки, превышает ли давление на входе нефтевыходного штуцера заданный порог подъема давления, проверяют после определенной выдержки, превышает ли потребляемый электродвигателем ток заданный порог, продолжают вращение насоса при преодолении двух порогов и в противном случае отключают насос, постепенно увеличивают степень открытия нефтевыходного штуцера до заданной величины, выжидают в течение предусмотренного стабилизационного периода, осуществляют контроль надежности работы путем одновременной проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием, по меньшей мере, одного

показателя производительности, регулируют давление на входе газосоводного штуцера до заданной пусковой величины.

При установлении соответствия состояния насоса пуску целесообразно проверить то, что насос, являющийся насосом ротационного типа, оборудованным датчиком направления вращения, не вращается в направлении, обратном нормальному направлению вращения, что время между двумя последовательными попытками пуска насоса превосходит заданное время и что после определенного количества попыток пуска, произведенных в течение предусмотренного времени, очередная попытка производится только после заранее определенной выдержки.

Потребляемый двигателем ток можно сопоставить с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости электродвигателя, и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, а при проверке потребляемого электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы дополнительно сопоставляют величину тока с нижним порогом и, когда этот порог преодолевается и время после преодоления этого порога превышает заданную величину, останавливают насос, проверяют после выдержки в течение заданного времени устойчивость потребляемого электродвигателем тока и, когда имеет место неустойчивость и ее продолжительность больше предусмотренного времени, останавливают насос.

Можно при проверках производительности скважины в качестве показателя производительности принять, по меньшей мере, одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, сравнивают значения этой переменной с заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы, если оно сохраняется в течение заданного времени, и останавливают насос при преодолении названного порога.

Целесообразно в послепусковой период одновременно увеличивать скорость электродвигателя до заданной проектной величины, открывают нефтесоводной штуцер до степени открытия, рассчитанной на основе проектной величины скорости электродвигателя, воздействуют на газосоводной штуцер для поддержания давления на входе этого штуцера на уровне, рассчитанном на основе проектной величины скорости электродвигателя, осуществляя последующий контроль надежности работы путем проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием показателей производительности.

Можно степень открытия нефтесоводного штуцера рассчитать по следующей формуле:

$$S(\text{нефт}) = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min}$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $S(\text{нефт})$ - степень открытия нефтесоводного штуцера;

V - заданное значение скорости электродвигателя;

α - константа, определяемая по формуле

$$\alpha = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}};$$

$S_{\min}$, $S_{\max}$ - соответственно степень минимального и максимального открытия нефтесоводного штуцера при минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя;

α , $S_{\min}$, $S_{\max}$, $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

Давление на входе газосоводного штуцера можно рассчитать по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{\min}) + P_0$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газосоводной штуцер;

V - проектная величина скорости электродвигателя;

β - константа, определяемая по формуле

$$\beta = \frac{P_1 - P_0}{V_{\max} - V_{\min}};$$

P_0 и P_1 - значения давления газа на входе газосоводного штуцера, соответствующие минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости двигателя,

β , P_0 , P_1 , $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

Поскольку потребляемый электродвигателем ток сопоставляется с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости двигателя и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, при проверках потребляемого электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы можно дополнительно сопоставить величину тока с верхним и нижним порогами, зависящими от скорости электродвигателя, при преодолении одного из этих порогов снижают скорость, а если порог продолжает при этом оставаться преодоленным, останавливают насос, проверяют устойчивость потребляемого электродвигателем тока и при обнаружении неустойчивости снижают скорость до заданного значения, а если продолжительность неустойчивости превышает предусмотренное время, останавливают насос.

Верхний и нижний пороги потребляемого электродвигателем тока, зависящие от скорости электродвигателя, можно рассчитать по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) + \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$;

$$I(\text{нижн}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) - \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого электродвигателем тока,

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого электродвигателем тока,

V - скорость электродвигателя,

$I_{\min}$ и $I_{\max}$ - соответственно минимальное и максимальное значения потребляемого электродвигателем тока при соответственно минимальной и максимальной скорости электродвигателя,

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя, определяемые на основе

характеристик скважины, насоса и электродвигателя,

γ и ΔI - константы, рассчитываемые для каждой скважины на основе характеристик электродвигателя,

$$\gamma = \frac{I_{Nmax} - I_{Nmin}}{V_{max} - V_{min}};$$

ΔI является допустимым отклонением величины потребляемого электродвигателем тока от его теоретического значения, обеспечивающим нормальную работу скважины.

При проверке производительности скважины можно принять в качестве показателя производительности, по меньшей мере, одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, и сравнивают значения этой переменной с, по меньшей мере, одним заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы, если оно сохраняется в течение заданного времени, и снижают скорость насоса при преодолении порога.

Физическую переменную, характеризующую дебит нефти, можно выбрать из группы переменных, включающих перепад давления, создаваемый при ограничении выхода нефти, дебит свободного газа, давление на глубине скважины на входе насоса, давление на входе нефтевыходного штуцера и температуру на выходе нефти.

Скважину можно оборудовать защитным устройством, немедленно закрывают нефтевыходной и газовой выходной штуцеры и останавливают электродвигатель при включении в действие этого устройства.

Вышеуказанный технический результат достигается также и тем, что в способе эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки, содержащей расположенный на дне скважины погружной насос, приводимый в действие электродвигателем, потребляющим ток известной силы, причем в верхней части скважины имеется нефтевыходной штуцер и газовой выходной штуцер, согласно изобретению во время послепускового периода увеличивают скорость электродвигателя до заданной проектной величины, открывают нефтевыходной штуцер до степени открытия, рассчитанной на основе проектной величины скорости электродвигателя, воздействуют на газовой выходной штуцер для поддержания давления на входе этого штуцера на уровне, рассчитанном на основе проектной величины скорости электродвигателя, осуществляют заключительный контроль надежности работы путем проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием показателей производительности.

Степень открытия нефтевыходного штуцера можно рассчитать по следующей формуле:

$$S(\text{нефт}) = \alpha(V - V_{min}) + S_{min}$$

при $V_{min} < V < V_{max}$,

где $S(\text{нефт})$ - степень открытия нефтевыходного штуцера;

V - заданное значение скорости электродвигателя;

α - константа, определяемая по формуле

$$\alpha = \frac{S_{max} - S_{min}}{V_{max} - V_{min}};$$

S_{min} , S_{max} - соответственно степень минимального и максимального открытия нефтевыходного штуцера при минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

V_{min} и V_{max} - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя;

α , S_{min} , S_{max} , V_{min} и V_{max}

определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

Давление на входе в газовой выходной штуцер можно рассчитать по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{min}) + P_0$$

при $V_{min} < V < V_{max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газовой выходной штуцер;

V - проектная величина скорости электродвигателя;

β - константа, определяемая по формуле

$$\beta = \frac{P_1 - P_0}{V_{max} - V_{min}};$$

P_0 и P_1 - значения давления газа на входе газовой выходной штуцера, соответствующие минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

V_{min} и V_{max} - соответственно минимальная и максимальная скорости двигателя;

β , P_0 , P_1 , V_{min} и V_{max} определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

Поскольку потребляемый двигателем ток сопоставляется с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости двигателя и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, при проверках потребляемого электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы можно дополнительно сопоставлять величину тока с верхним и нижним порогами, зависящими от скорости двигателя, при преодолении одного из этих порогов снижают скорость, а если порог продолжает при этом оставаться преодоленным, останавливают насос, проверяют устойчивость потребляемого двигателя тока и при обнаружении неустойчивости снижают скорость до заданного значения, а если продолжительность неустойчивости превышает предусмотренное время, останавливают насос.

Верхний и нижний пороги потребляемого электродвигателем тока можно рассчитать по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{Nmin} + \gamma(V - V_{min}) + \Delta I$$

при $V_{min} < V < V_{max}$,

$$I(\text{нижн}) = I_{Nmin} + \gamma(V - V_{min}) - \Delta I$$

при $V_{min} < V < V_{max}$,

где $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого электродвигателем тока;

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого электродвигателем тока;

V - скорость электродвигателя;

I_{Nmin} и I_{Nmax} - соответственно минимальное и максимальное значения потребляемого электродвигателем тока;

V_{min} и V_{max} - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя, определяемые на основе характеристик скважины, насоса и

электродвигателя,
 γ и ΔI - константы, рассчитываемые для каждой скважины на основе характеристик электродвигателя

$$\gamma = \frac{I_{Nmax} - I_{Nmin}}{V_{max} - V_{min}};$$

ΔI является допустимым отклонением величины потребляемого электродвигателем тока от его теоретического значения, обеспечивающим нормальную работу скважины.

При проверках производительности скважины можно принять в качестве показателя производительности по меньшей мере одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, и сравнивают значения этой переменной с, по меньшей мере, одним заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы при ее сохранении в течение заданного времени, и снижают скорость насоса при преодолении названного порога.

Физическую переменную, характеризующую дебит нефти, можно выбирать из группы переменных, включающей перепад давления, создаваемый на выходе нефти, дебит свободного газа, давление на глубине скважины на входе насоса, давление на входе нефтевыходного штуцера и температуру на выходе нефти.

Скважину можно оборудовать защитным устройством, немедленно закрывают нефтевыходной и газовой выходной штуцеры и останавливают электродвигатель при включении в действие этого устройства.

Далее изобретение будет более подробно описано со ссылками на чертежи, на которых изображено следующее.

Фиг. 1 схематически изображает скважину, добывающую углеводороды в виде нефти и газа, активированную погружной системой подкачки;

Фиг. 2 представляет зависимость величины верхних и нижних порогов потребляемого двигателем тока от скорости;

Фиг. 3 предоставляет зависимость степени открытия нефтевыходного штуцера от скорости двигателя;

Фиг. 4 представляет зависимость давления на входе газовой выходной штуцера от скорости двигателя;

Фиг. 5 представляет хронограмму попыток пуска двигателя.

В наиболее общей формулировке способ изобретения используется для эксплуатации скважины, осуществляющей добычу углеводородов, активированную системой подкачки.

На фиг. 1 показана добывающая углеводороды скважина, которая содержит трубчатую выкидную колонну 1, которая соединяет дно 31 скважины, расположенное на уровне коллектора 30 углеводородов, с устьем скважины, расположенным в ее верхней части, трубу 2, концентрическую по отношению к колонне 1, которая облицовывает стенку скважины и имеет в своей нижней части множество отверстий 4, через которые углеводороды поступают из коллектора на дно 31 скважины, насос 5, погруженный в углеводороды, находящиеся на дне 31 скважины, гидравлический выход которого соединен с нижним концом выкидной колонны 1, предназначенной для подъема

углеводородов, электродвигатель 6, механически связанный с насосом 5 и имеющий контакты для подвода электропитания 13, частотный вариатор 10, имеющий выводные контакты 11, питаемый с помощью кабеля 12 от электросети (на фиг. 1 не показан).

Питательный кабель 7 электродвигателя 6 соединяет выводные контакты 11 частотного вариатора 10 с контактами 13 для электропитания двигателя 6. Датчик 8 обратного вращения расположен на кабеле 7 и подает на выходе электрический сигнал в том случае, когда насос 5 вращается в направлении, обратном его нормальному направлению вращения. Датчик тока 9 подает на выход электрический сигнал, характеризующий ток, потребляемый двигателем 6. Нефтевыходная магистраль 14 связана с верхней частью выкидной колонны 1, через которую добытая нефть подается на установку нефтеподготовки (на фиг. 1 не показано). Нефтевыходной штуцер 17 смонтирован на магистрали 14 и предназначен для регулирования дебита добываемой нефти. Привод 18 механически связан с штуцером 17 и снабжен вводом команд. Датчик 15 давления размещен на входе в штуцер 17 и подает на выход электрический сигнал, пропорциональный величине указанного давления.

Датчик 16 оценивает дебит нефти в магистрали 14 и оборудован пластиной с отверстием, введенной в магистраль 14, и датчиком для измерения дифференциального давления, создаваемого этой пластиной.

Газовый выходной магистраль 19 соединена с верхней частью кольцевого пространства 3, через которое выводится избыток добываемого газа. Газовый выходной штуцер 22 смонтирован на магистрали 19 и предназначен для регулирования дебита газа, выводимого через магистраль 19. Привод 23 механически связан со штуцером 22 и снабжен вводом команд. Датчик 15 давления размещен на входе в штуцер 22. Датчик 21 предназначен для замера дебита выводимого газа.

Программируемый автомат 24 содержит множество вводов: 25a, 25b, 25c, 25d, 25e, 25f и 25g и соединен соответственно с выводом 28 частотного вариатора 10 и датчиками 9, 8, 21, 20, 16 и 15 таким образом, что ряд выводов 26a, 26b и 26c связаны соответственно с вводом 27 частотного вариатора 10 и вводами команд приводов 18 и 23. Скважина содержит также устройство 29 для диалога оператора с автоматом 24.

Автомат 24, кроме того, содержит не изображенную на фиг. 1 память, предварительно загруженную программой, и данными, необходимыми для эксплуатации скважины, в частности, все задаваемые значения переменных для регулирования. Эти значения предварительно вводятся оператором с помощью устройства 29 для диалога оператора с автоматом и модифицируются в процессе эксплуатации скважины с помощью того же устройства 29.

Частотный вариатор 10, питаемый от электросети с постоянной частотой, подает на выводной контакт 11 электрическое напряжение переменной частоты, модифицируемой сигналом, приложенным к

его вводу 27. Он содержит также контактор-разъединитель, позволяющий подавать напряжение на двигатель и отключать напряжение от двигателя 6, управляемого подачей на его ввод 27 электрического сигнала, возникающего на выводе 26а автомата.

Частотный вариатор 10 подает на свой вывод 28 сигнал, характеризующий частоту напряжения, приложенного к электродвигателю 6. Этот сигнал, приложенный к вводу 25а автомата, позволяет последнему рассчитать скорость двигателя 6.

Поскольку скорость электродвигателя 6 пропорциональна частоте подаваемого напряжения, эту скорость можно регулировать с помощью автомата 24, используя сигнал на выводе 26а, соединенном с вводом 27 вариатора 10. Добывающая углеводороды скважина содержит также не показанное на фиг.1 защитное устройство, подсоединенное через свой вывод к вводу автомата 24. Защитное устройство состоит из заградительных щитов, отдельно смонтированных на выкидной колонне 1 и в кольцевом пространстве 3 и получающих командные сигналы через электронные модули, реализующие логические функции обеспечения безопасности скважины.

Способ эксплуатации скважины в период пуска скважины, т.е. при начале выдачи продукции, и в период повторного пуска после прекращения выдачи продукции включает нижеперечисленные стадии.

Подготовительная стадия, в течение которой автомат 24 осуществляет следующее.

Определяет с помощью алгоритма регуляции на основе сигнала, выдаваемого датчиком 20 давления, расположенным перед газовыводным штуцером 22, передаточное число привода 23 для доведения упомянутого давления до его заданного пускового значения;

определяет с помощью алгоритма регуляции на основе сигнала, выдаваемого датчиком 15 давления, расположенным перед нефтеыводным штуцером 17, передаточное число привода 18 для доведения упомянутого давления до его заданного пускового значения;

затем подает на вывод 26б командный сигнал привода 18 для закрытия нефтеыводного штуцера 17;

после этого проверяет при отключенном от сети электродвигателе, является ли состояние насоса 5 соответствующим пуску без риска механической поломки, т. е. является ли насос 5 в состоянии остановки или вращается в направлении нормального вращения, что позволяет перемещать вверх углеводороды, засосанные на дне скважины. В противном случае, если насос 5 вращается в направлении, противоположном направлению нормального вращения, под действием естественной циркуляции углеводородов, сигнал, выдаваемый датчиком 8, интерпретируется автоматом как запрет запускать двигатель 6;

проверяет превосходит ли промежуток между двумя последовательными попытками пуска некоторое заданное время T1, чтобы не допустить перегревов. С этой целью после каждого пуска автомат включает счетчик

времени, содержимое которого при следующем пуске он сравнивает с заданной величиной T1, основываясь на рекомендациях конструктора двигателя 6 и условиях, в которых он работает, и сохраняет зафиксированное время в качестве данных;

проверяет, чтобы после числа попыток пуска $n=3$ в течение времени T2 четвертая ($n+1$) попытка не производилась до истечения времени T3, обеспечивающего охлаждения двигателя. Значения T1, T2 и T3 задаются на основании характеристик двигателя и представлены на хронограмме фиг.5. Стадия начала выдачи продукции, в течение которой автомат 24 осуществляет следующее:

- подает на вывод 26а сигнал для постепенного запитывания двигателя 6 до тех пор, пока насос 5 не приобретет заданную скорость вращения;

- спустя некоторое время удостоверяется в том, что давление на входе нефтеыводного штуцера, измеряемое с помощью датчика давления 15, превышает заданный порог подъема давления;

- спустя некоторое время удостоверяется в том, что потребляемый двигателем 6 ток, измеряемый датчиком 9, превышает заданный порог;

- допускает вращение насоса 5, если эти два порога превышены, и в противном случае останавливает насос 5, посылая команду остановки частотному вариатору 10;

- постепенно увеличивает степень открытия нефтеыводного штуцера 17 до заданного значения;

- ожидает в течение заданного стабилизационного периода;

- контролирует надежную работу скважины путем одновременной проверки потребляемого двигателем 6 тока и производительности скважины, используя по меньшей мере один показатель производительности;

- регулирует давление на входе газовыводного штуцера 22 до заданного значения путем воздействия на этот штуцер.

Наряду с обычно осуществляемыми проверками, состоящими в сравнении потребляемого двигателем 6 тока с независимыми один от другого высшим и низшим порогами скорости двигателя, преодоление одного из которых приводит к остановке насоса, автомат 24 сравнивает этот ток с некоторым нижним порогом.

В случае преодоления этого порога и при условии, что период сохранения этого преодоления превышает некоторое предусмотренное время, автомат 24 останавливает насос 5, посылая команды, принимаемые частотным вариатором 10.

Автомат проверяет также устойчивость потребляемого двигателем 6 тока для обнаружения неустойчивостей. Проверка состоит в установлении того, что потребляемый двигателем 6 ток не выходит за пределы верхних и нижних пределов определенное количество раз в течение данного времени. Эти различные параметры определяются с учетом характеристик двигателя 6 и насоса 5.

В случае обнаружения неустойчивости автомат останавливает насос 5, посылая команду, принимаемую вариатором скорости 10.

Для осуществления проверок

производительности скважины автомат 24 сравнивает дебит нефти на выходе, замеряемый датчиком 16, соединенным с вводом автомата 25f, с экспериментально установленным пороговым значением. Преодоление этого порога свидетельствует об эффективной работе, если это превышение сохраняется достаточно долго, не принимая в расчет кратковременные переходы порога, которые не рассматриваются как нарушения. В случае преодоления порога автомат дает команду частотному вариатору остановить насос 5.

Таким образом, благодаря изобретению при повторном пуске скважины нефтевыходной штуцер 17 не остается закрытым, что могло бы привести к перегреву и повреждению двигателя.

Во время послепускового периода, согласно изобретению, автомат 24 выполняет одновременно следующие операции.

Подает на вывод 26a сигнал повышения частоты вариатора 10 для увеличения скорости двигателя 6 до значения заранее установленной проектной скорости для достижения желаемого дебита нефти. Этот дебит может быть зафиксирован в виде величины, вводимой в автомат 24 или модуль в зависимости от условий работы установки подготовки углеводородного продукта, куда направляется добытый продукт;

подает на вывод 26b сигнал, дающий команду приводу 18 открыть нефтевыходной штуцер 17 до степени открытия, зависящей от проектной величины скорости, рассчитываемой по следующей формуле:

$$S(\text{нефт}) = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min}$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $S(\text{нефт})$ - степень открытия нефтевыходного штуцера;

V - заданное значение скорости электродвигателя 6;

α - константа, определяемая по формуле

$$\alpha = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}$$

$S_{\min}$, $S_{\max}$ - соответственно степень минимального и максимального открытия нефтевыходного штуцера при минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости двигателя,

α , $S_{\min}$, $S_{\max}$, $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя;

при этом фиг. 3 представляет в форме кривой 44 зависимость величины $S(\text{нефт})$ - степени открытия нефтевыходного штуцера 17 от проектной величины скорости V двигателя 7;

подает на вывод 26c сигнал, дающий команду приводу 23 поддерживать давление на входе газовыводного штуцера 22 на уровне, зависящем от проектной величины скорости, рассчитываемой по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{\min}) + P_0$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газовыводной штуцер 22, измеряемое датчиком 20,

V - заданное значение скорости электродвигателя 6;

β - константа, определяемая по формуле

$$\beta = \frac{P_1 - P_0}{V_{\max} - V_{\min}};$$

P_0 и P_1 - значения давления газа на входе газовыводного штуцера, соответствующие минимальной и максимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя;

β , P_0 , P_1 , $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя;

при этом фиг. 4 представляет в форме кривой 45 зависимость величины $S(\text{газ})$ - давления на входе газовыводного штуцера 22 от проектной величины скорости V электродвигателя 6;

регулирует надежность работы скважины, осуществляя одновременно проверку потребляемого электродвигателем 6 тока и проверку производительности скважины с использованием показателя производительности.

Для осуществления проверки потребляемого электродвигателем 6 тока автомат сравнивает величину этого тока с верхним и нижним порогами, зависящими от скорости электродвигателя 6. Эти пороги рассчитывают по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{N\min} + \gamma(V - V_{\min}) + \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$;

$$I(\text{нижн}) = I_{N\min} + \gamma(V - V_{\min}) - \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого двигателем 6 тока;

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого двигателем 6 тока;

V - скорость электродвигателя 6, которая известна автомату по значению частоты вариатора 10;

$I_{N\min}$ и $I_{N\max}$ - соответственно минимальное и максимальное значения потребляемого электродвигателем тока;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно минимальная и максимальная скорости двигателя, определяемые на основе характеристик скважины, насоса 5 и электродвигателя 6;

γ и ΔI - константы, рассчитываемые для каждой скважины с учетом характеристик электродвигателя 6 и его эффективного охлаждения перекачиваемыми углеводородами,

$$\gamma = \frac{I_{N\max} - I_{N\min}}{V_{\max} - V_{\min}};$$

ΔI является допустимым отклонением величины потребляемого электродвигателем тока от его теоретического значения, обеспечивающим нормальную работу скважины.

Фиг. 2 представляет в форме кривых 40 и 41 соответственно зависимости значений $I(\text{верх})$ и $I(\text{нижн})$ верхнего и нижнего порогов потребляемого электродвигателем 6 тока от скорости V двигателя. Интервалы 42 и 43 изменений величины I представляют соответственно ΔI и $-\Delta I$. В случае преодоления порога автомат снижает скорость электродвигателя 6 до заданного значения и, если это преодоление сохраняется дольше предусмотренного времени, останавливает насос 5, давая команду частотному вариатору 10.

Автомат проверяет также устойчивость потребляемого двигателем 6 тока в послепусковой период с целью выявления неустойчивостей, которые характерны для быстрых изменений в потоке углеводородов, возникающих, например, из-за наличия избыточного газа на уровне насоса, что, в частности, может привести к поломкам электродвигателя 6 и насоса 5. Названная проверка состоит в том, чтобы удостовериться, что потребляемый двигателем 6 ток не превышает некоторый верхний предел определенное число раз в течение данного времени. Эти различные параметры определяются с учетом характеристик двигателя 6 и насоса 5.

В случае обнаружения неустойчивости автомат снижает скорость электродвигателя 6 до заданного значения и в случае продолжительной неустойчивости останавливает насос 5, давая команду, принимаемую частотным вариатором 10.

Для осуществления проверок производительности скважины автомат 24 сравнивает дебит нефти на выходе, измеряемый датчиком 16, соединенным с вводом автомата 25f, с заданными верхними и нижними порогами. Выход за рамки одного из этих порогов свидетельствует об эффективной работе, если этот выход длится в течение минимального времени, при этом кратковременные выходы за рамки порогов не свидетельствуют о ненормальной работе. Если происходит выход за рамки порога, автомат снижает скорость двигателя, а если же выход за рамки порога принимает устойчивый характер, дает команду частотному вариатору остановить насос 5.

Способ эксплуатации скважины, согласно изобретению, включает также координацию действий, связанных с работой скважины, с действиями по организации ее защиты. Когда защитное устройство запускает ряд действий, связанных с безопасностью работы, оно одновременно подает сигнал на вывод, соединенный с вводом автомата 24. Последний расшифровывает этот сигнал и подает команды закрытия нефте- и газопроводного штуцеров и остановки электродвигателя 6, что повышает эффективность мер по обеспечению безопасной работы. Другим преимуществом настоящего изобретения является защита насоса от чрезмерного или слишком долгого открытия нефтевыводного штуцера, которые могли бы не соответствовать характеристикам насоса. Изобретение позволяет также осуществлять работу насоса в присутствии свободного газа, так как оно гарантирует своими активными контролирующими действиями приемлемые условия работы скважины.

Благодаря способу, согласно изобретению, насос защищен от обусловленных перегревом поломок при всех режимах работы, особенно при работе на малой скорости в пусковой и эксплуатационный периоды работы скважины, обеспечивая максимальную добычу углеводородов.

Изобретение позволяет также защитить оборудование скважины, особенно двигатель насоса, от механических или гидравлических ударов благодаря одновременному воздействию нефте- и газопроводного

штуцеров на скорость двигателя.

ПРИМЕР

В качестве примера ниже приводятся значения параметров, используемых для реализации способа эксплуатации и скважины, добывающей углеводороды из коллектора, расположенного на глубине 650 метров, статическое давление на дне которого составляет 50 бар. Эта скважина, оборудованная трубчатой выкидной колонной диаметром 114 мм, окруженной концентрической трубой диаметром 244 мм, активирована системой подкачки, состоящей из расположенного на дне скважины погружного насоса, имеющего 36 ступеней и приводимого в действие электродвигателем мощностью 200 кВт.

Электропитание двигателя обеспечивается частотным вариатором мощностью 360 кВт, обеспечивающим рабочий диапазон от 1600 до 2700 м³/сутки перекаченных углеводородов. Частота тока, выдаваемая частотным вариатором, варьирует от 47 до 61 Гц, что соответствует минимальной скорости 2740 и максимальной 3560 оборотов в минуту.

Номинальная сила тока, потребляемого двигателем, составляет 77 А при 50 Гц и напряжении 2000 В. Проектная скорость равна максимальной скорости двигателя.

После повторного пуска, следующего за остановкой добычи продукта, в течение подготовительной стадии пускового периода давление на входе в газопроводной штуцер доводится до 20 бар, а давление на входе в нефтевыводной штуцер до 17 бар.

Минимальное время между двумя последовательными попытками составляет 20 мин.

Минимальное ожидание после трех попыток пуска, произведенных в интервале 120 мин, составляет 60 мин.

В течение периода входа в режим добычи продукта минимальная скорость, достигаемая двигателем при постепенном увеличении тока, соответствует подаваемой частоте 48 Гц и составляет 2740 об/мин. Порог подъема давления на входе в нефтевыводной штуцер составляет 20 бар, а порог, который должен быть превышен потребляемым двигателем током, составляет 36 А. Достигаемая после постепенного увеличения степень открытия нефтевыводного штуцера составляет 70%. Нижний предел, с которым сравнивают потребляемый двигателем ток при проверке этого тока с целью обеспечения надежной работы, составляет 36 А.

Устойчивость потребляемого двигателем тока проверяют, удостоверяясь в том, что величина этого тока не превышает более пяти раз в течение одной минуты среднее значение, рассчитанное для интервала времени 60 с плюс 3 А.

Порог, с которым сравнивают показатель производительности, выбранный для контроля надежности работы и представляющий собой перепад давления, которому соответствует дебит нефти, равен 1000 м³/сутки. Давление на входе в газопроводной штуцер регулируют до заданного пускового значения, т.е. до 20 бар. После стадии пуска скорость двигателя увеличивают до проектного значения, которое достигается путем регулирования частоты подаваемого тока до 61 Гц, что соответствует

3560 об/мин.

Одновременно нефтевыходной штуцер открывают до степени открытия, зависящей от скорости в соответствии со следующей формулой:

$$S(\text{нефть}) = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min}$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $S(\text{нефть})$ - степень открытия нефтевыходного штуцера;
 V - заданное значение скорости электродвигателя;

α - константа, равная 0,036;

$S_{\min}$ - степень минимального открытия нефтевыходного штуцера, равная 70%,

$V_{\min} = 2740$ об/мин и $V_{\max} = 3560$ об/мин - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя.

Таким образом, получают $S(\text{нефть}) = 100\%$.

Степень открытия газовыводного штуцера регулируют таким образом, чтобы поддерживать давление на входе в этот штуцер на уровне, рассчитываемом как функцию скорости электродвигателя по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{\min}) + P_0$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газовыводной штуцер;

V - заданное проектное значение скорости электродвигателя,

β - константа, равная 0,01;

P_0 - давление газа, равное 20 бар, соответствующее минимальной скорости электродвигателя,

$V_{\min} = 2740$ об/мин и $V_{\max} = 3560$ об/мин - соответственно минимальная и максимальная скорости электродвигателя.

Пороги потребляемого двигателем тока, используемые для проверок этого тока, рассчитывают по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) + \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$;

$$I(\text{нижн}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) - \Delta I$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

в которых $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого двигателем тока;

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого

двигателем тока;

V - скорость электродвигателя в об/мин;

$I_{\min}$ - минимальное значение потребляемого электродвигателем тока, равное 40 А,

$V_{\min} = 3560$ об/мин и $V_{\max} = 3560$ об/мин - соответственно минимальная и максимальная скорости двигателя, определяемые на основе характеристик скважины, насоса и двигателя,

$\gamma = 0,034$ и $\Delta I = 4$ А - константы, рассчитываемые для каждой скважины на основе характеристик двигателя и его эффективного охлаждения перекачиваемыми углеводородами.

Устойчивость потребляемого двигателем тока проверяют, удостоверившись в том, что величина этого тока не превышает более пяти раз в течение одной минуты среднее значение, рассчитанное для интервала времени 60 с и увеличиваемое в пусковой период на 3 А.

После достижения проектной скорости показатель производительности, выраженной в виде дебита нефти, сопоставляют с порогами 2400 и 3000 м³/сутки.

Значение, до которого понижают скорость в случае перехода порога с целью

обеспечения надежной работы, равно значению скорости, соответствующей частоте подаваемого тока, равной 47 Гц, т.е. 2740 об/мин.

Во время и после пускового периода не зависящие от скорости двигателя высший и нижний пороги составляют 80 и 36 А.

Формула изобретения:

1. Способ эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки, содержащей расположенный на дне скважины погружной насос, приводимый в действие электродвигателем, потребляющим ток известной силы, причем в верхней части скважины имеется нефтевыходной штуцер и газовыводной штуцер, отличающийся тем, что имеется пусковой период, при подготовительной стадии которого воздействуют на газовыводной штуцер для приведения давления на входе штуцера к заданному пусковому значению давления, воздействуют на нефтевыходной штуцер для приведения давления на входе штуцера к заданному пусковому значению давления, закрывают нефтевыходной штуцер, проверяют не подключен ли электродвигатель к сети и соответствует ли состояние насоса пуску, в стадии вывода скважины в режим добычи продуктов постепенно подводят ток к электродвигателю до вращения насоса с минимальной заданной скоростью, проверяют после определенной выдержки, превышает ли давление на входе нефтевыходного штуцера заданного порога подъема давления, проверяют после определенной выдержки, превышает ли потребляемый электродвигателем ток заданный порог, продолжают вращение насоса при преодолении двух порогов, и в противном случае отключают насос, постепенно увеличивают степень открытия нефтевыходного штуцера до заданной величины, выжидают в течение предусмотренного стабилизационного периода, осуществляют контроль надежности работы путем одновременной проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием, по меньшей мере, одного показателя производительности, регулируют давление на входе газовыводного штуцера до заданной пусковой величины.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при установлении соответствия состояния насоса пуску проверяют то, что насос, являющийся насосом ротационного типа, оборудованным датчиком направления вращения, не вращается в направлении, обратном нормальному направлению вращения, что время между двумя последовательными попытками пуска насоса превосходит заданное время и что после определенного количества попыток пуска, произведенных в течение предусмотренного времени, очередная попытка производится только после заранее определенной выдержки.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что потребляемый двигателем ток сопоставляется с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости электродвигателя, и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, а при проверке потребляемого

электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы дополнительно сопоставляют величину тока с нижним порогом и, когда этот порог преодолевается и время после преодоления этого порога превышает заданную величину, останавливают насос, проверяют после выдержки в течение заданного времени устойчивость потребляемого электродвигателем тока и, когда имеет место неустойчивость и ее продолжительность больше предусмотренного времени, останавливают насос.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при проверках производительности скважины в качестве показателя производительности принимают, по меньшей мере, одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, сравнивают значения этой переменной с заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы, если оно сохраняется в течение заданного времени, и останавливают насос при преодолении названного порога.

5. Способ по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что в послепусковой период одновременно увеличивают скорость электродвигателя до заданной проектной величины, открывают нефтевыходной штуцер до степени открытия, рассчитанной на основе проектной величины скорости электродвигателя, воздействуют на газовыводной штуцер для поддержания давления на входе этого штуцера на уровне, рассчитанном на основе проектной величины скорости электродвигателя, осуществляют последующий контроль надежности работы путем проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием показателей производительности.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что степень открытия нефтевыходного штуцера рассчитывают по следующей формуле:

$$S(\text{нефт}) = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min},$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $S(\text{нефт})$ - степень открытия нефтевыходного штуцера;

V - заданное значение скорости электродвигателя;

α - константа;

$S_{\min}$ - степень минимального открытия нефтевыходного штуцера при минимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости электродвигателя,

α , $S_{\min}$, $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

7. Способ по п. 5, отличающийся тем, что давление на входе газовыводного штуцера рассчитывают по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{\min}) + P_0,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газовыводной штуцер;

V - проектная величина скорости электродвигателя;

β - константа;

P_0 - значение давления газа на входе газовыводного штуцера, соответствующее минимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости двигателя;

β , P_0 , $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяются на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

8. Способ по п. 5, отличающийся тем, что поскольку потребляемый электродвигателем ток сопоставляется с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости электродвигателя и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, при проверках потребляемого электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы дополнительно сопоставляют величину тока с верхним и нижним порогами, зависящими от скорости электродвигателя, при преодолении одного из этих порогов снижают скорость, а если порог продолжает при этом оставаться преодоленным, останавливают насос, проверяют устойчивость потребляемого электродвигателем тока и при обнаружении неустойчивости снижают скорость до заданного значения, а если продолжительность неустойчивости превышает предусмотренное время, останавливают насос.

9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что верхний и нижний пороги потребляемого электродвигателем тока, зависящие от скорости электродвигателя, рассчитывают по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) + \Delta 1,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$;

$$I(\text{нижн}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) - \Delta 1,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого электродвигателем тока;

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого электродвигателем тока;

V - скорость электродвигателя;

$I_{\min}$ - минимальное значение потребляемого электродвигателем тока при соответственно минимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости электродвигателя, определяемые на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя;

γ и $\Delta 1$ - константы, рассчитываемые для каждой скважины на основе характеристик электродвигателя.

10. Способ по п. 5, отличающийся тем, что при проверке производительности скважины принимают в качестве показателя производительности, по меньшей мере, одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, и сравнивают значения этой переменной с, по меньшей мере, одним заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы, если оно сохраняется в течение заданного времени, и снижают скорость насоса при преодолении порога.

11. Способ по п. 4 или 10, отличающийся тем, что физическую переменную, характеризующую дебит нефти, выбирают из группы переменных, включающих перепад давления, создаваемый при ограничении выхода нефти, дебит свободного газа, давление на глубине скважины на входе насоса, давление на входе нефтевыходного

штуцера и температуру на выходе нефти.

12. Способ по любому из пп. 1-11, отличающийся тем, что скважину оборудуют защитным устройством, немедленно закрывают нефтевыходной и газовой выходной штуцеры и останавливают электродвигатель при включении в действие этого устройства.

13. Способ эксплуатации скважины, осуществляющей добычу нефти и газа, активированную системой подкачки, содержащей расположенный на дне скважины погружной насос, приводимый в действие электродвигателем, потребляющим ток известной силы, причем в верхней части скважины имеется нефтевыходной штуцер и газовой выходной штуцер, отличающийся тем, что во время послепускового периода увеличивают скорость электродвигателя до заданной проектной величины, открывают нефтевыходной штуцер до степени открытия, рассчитанной на основе проектной величины скорости электродвигателя, воздействуют на газовой выходной штуцер для поддержания давления на входе этого штуцера на уровне, рассчитанном на основе проектной величины скорости электродвигателя, осуществляют заключительный контроль надежности работы путем проверки потребляемого электродвигателем тока и производительности скважины с использованием показателей производительности.

14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что степень открытия нефтевыходного штуцера рассчитывают по следующей формуле:

$$S(\text{нефт}) = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min},$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $S(\text{нефт})$ - степень открытия нефтевыходного штуцера;

V - заданное значение скорости электродвигателя;

α - константа;

$S_{\min}$ - степень минимального открытия нефтевыходного штуцера при минимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости электродвигателя;

α , $S_{\min}$, $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяют на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя.

15. Способ по п. 13, отличающийся тем, что давление на входе в газовой выходной штуцер рассчитывается по следующей формуле:

$$P(\text{газ}) = \beta(V - V_{\min}) + P_0,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $P(\text{газ})$ - давление на входе в газовой выходной штуцер;

V - проектная величина скорости электродвигателя;

β - константа;

P_0 - значение давления газа на входе газовой выходной штуцера, соответствующие минимальной скорости электродвигателя;

$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости двигателя;

β , P_0 , $V_{\min}$ и $V_{\max}$ определяют на основе характеристик скважины, насоса и

электродвигателя.

16. Способ по п. 13, отличающийся тем, что, поскольку потребляемый двигателем ток сопоставляется с независимыми один от другого верхним и нижним порогами скорости двигателя и преодоление одного из этих порогов приводит к остановке насоса, при проверках потребляемого электродвигателем тока для соблюдения надежности его работы дополнительно сопоставляют величину тока с верхним и нижним порогами, зависящими от скорости двигателя, при преодолении одного из этих порогов снижают скорость, а если порог продолжает при этом оставаться преодоленным, останавливают насос, проверяют устойчивость потребляемого двигателем тока и при обнаружении неустойчивости снижают скорость до заданного значения, если продолжительность неустойчивости превышает предусмотренное время, останавливают насос.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что верхний и нижний пороги потребляемого электродвигателем тока рассчитывают по следующим формулам:

$$I(\text{верх}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) + \Delta 1,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$;

$$I(\text{нижн}) = I_{\min} + \gamma(V - V_{\min}) - \Delta 1,$$

при $V_{\min} < V < V_{\max}$,

где $I(\text{верх})$ - верхний порог потребляемого электродвигателем тока;

$I(\text{нижн})$ - нижний порог потребляемого электродвигателем тока;

V - скорость электродвигателя;

$I_{\min}$ - минимальное значение потребляемого электродвигателем тока;

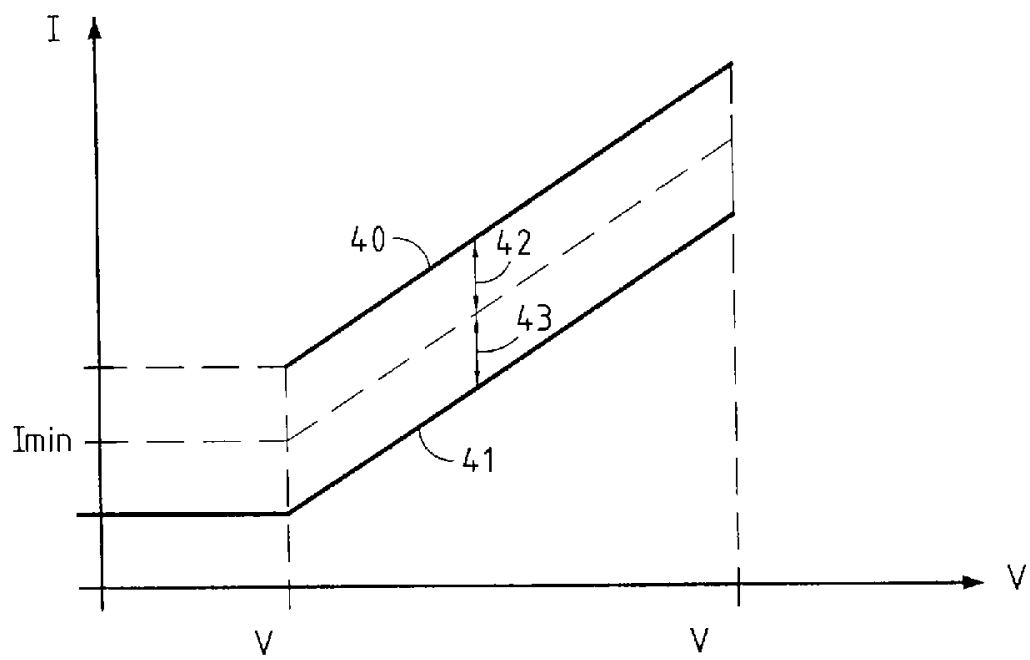
$V_{\min}$ и $V_{\max}$ - соответственно, минимальная и максимальная скорости электродвигателя, определяемые на основе характеристик скважины, насоса и электродвигателя;

γ и $\Delta 1$ - константы, рассчитываемые для каждой скважины на основе характеристик электродвигателя.

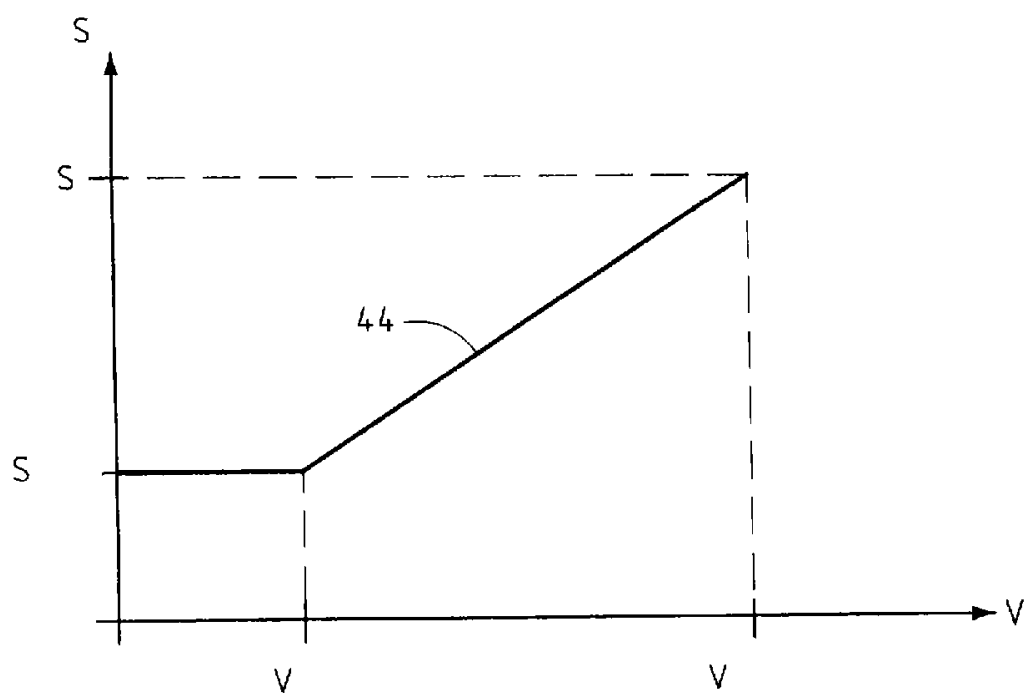
18. Способ по п. 13, отличающийся тем, что при проверках производительности скважины принимают в качестве показателя производительности по меньшей мере одну физическую переменную, характеризующую дебит нефти, и сравнивают значения этой переменной с, по меньшей мере, одним заданным пороговым значением, преодоление которого рассматривается как признак эффективной работы при ее сохранении в течение заданного времени, и снижают скорость насоса при преодолении названного порога.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что физическую переменную, характеризующую дебит нефти, выбирают из группы переменных, включающей перепад давления, создаваемый на выходе нефти, дебит свободного газа, давление на глубине скважины на входе насоса, давление на входе нефтевыходного штуцера и температуру на выходе нефти.

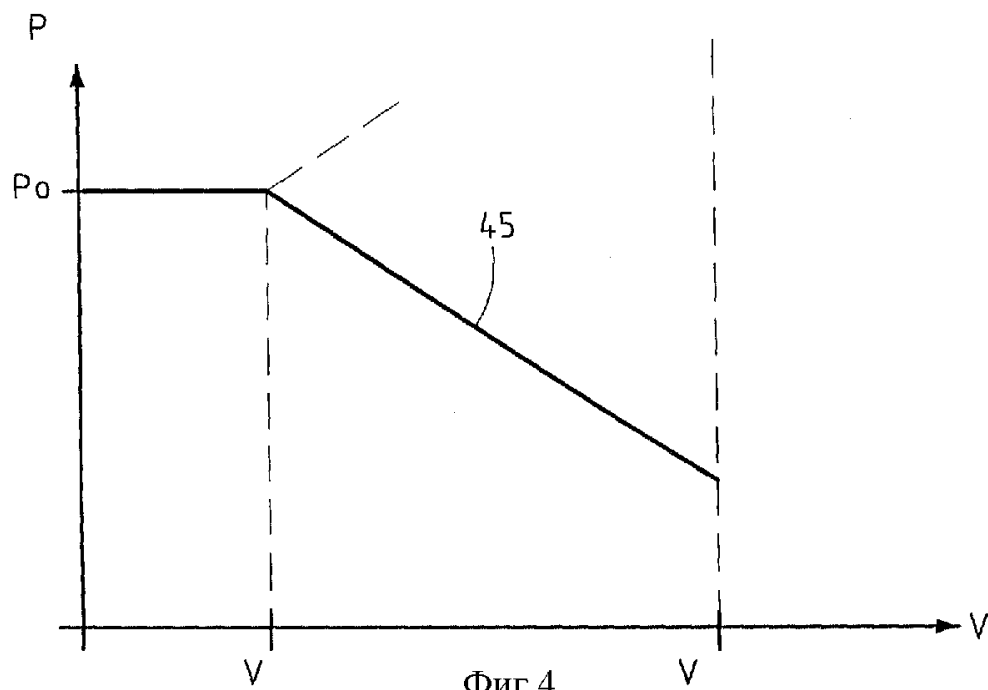
20. Способ по одному из пп. 13-19, отличающийся тем, что скважину оборудуют защитным устройством, немедленно закрывают нефтевыходной и газовой выходной штуцеры и останавливают электродвигатель при включении в действие этого устройства.



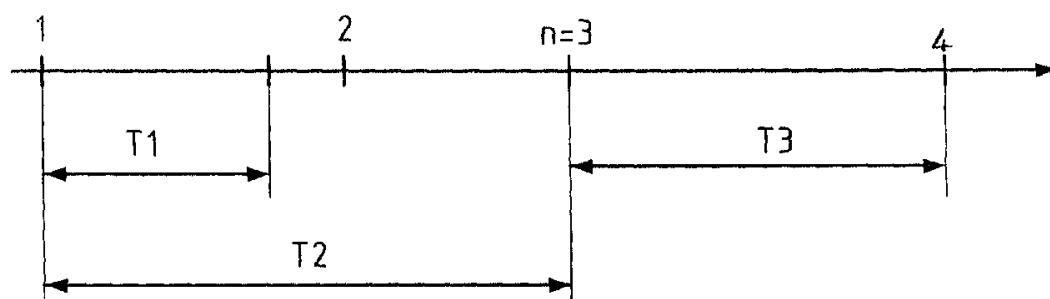
Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5