



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2008152233/06, 05.06.2007**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**05.06.2007**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**14.06.2006 IT MI2006A001149**(43) Дата публикации заявки: **20.07.2010** Бюл. № 20(45) Опубликовано: **20.10.2012** Бюл. № 29(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 3068659 A, 18.12.1962. US 4231226 A, 04.11.1980. US 2005061395 A1, 24.03.2005. WO 2004/088815, 14.10.2004. EP 0818527 A2, 02.04.1980. SU 1451432 A1, 15.01.1989.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **14.01.2009**(86) Заявка РСТ:  
**EP 2007/005032 (05.06.2007)**(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2007/144103 (21.12.2007)**

Адрес для переписки:

**191036, Санкт-Петербург, а/я 24,  
"НЕВИНПАТ", пат.пов. А.В.Поликарпову**

(72) Автор(ы):

**ЧИККАРЕЛЛИ Либерато Джампаоло (IT)**

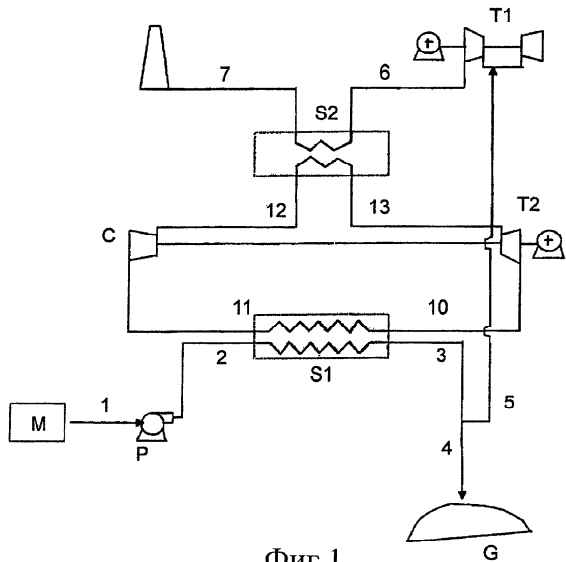
(73) Патентообладатель(и):

**Эни С.п.А (IT)****(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПАРЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА И ЕГО ХРАНЕНИЯ**

(57) Реферат:

Способ и устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ) состоят в получении электрической энергии по ходу процедуры испарения посредством теплообмена с использованием средств трансформации источника энергии для получения электрической энергии. Электрическую энергию производят в ходе операции испарения посредством теплообмена, и указанный теплообмен осуществляют

посредством выделяющего тепло неконденсирующегося газа в замкнутом цикле. Первую часть указанного СПГ закачивают на хранение в коллектор природного газа, который может быть истощен или частично истощен, а оставшуюся часть не направленного на хранение испаренного СПГ сжигают и расширяют в турбине. Техническим результатом является повышение энергоэффективности. 2 н. и 17 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 6 4 4 8 0 C 2

RU 2 4 6 4 4 8 0 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
**F17C 9/04** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2008152233/06, 05.06.2007**

(24) Effective date for property rights:  
**05.06.2007**

Priority:

(30) Convention priority:  
**14.06.2006 IT MI2006A001149**

(43) Application published: **20.07.2010 Bull. 20**

(45) Date of publication: **20.10.2012 Bull. 29**

(85) Commencement of national phase: **14.01.2009**

(86) PCT application:  
**EP 2007/005032 (05.06.2007)**

(87) PCT publication:  
**WO 2007/144103 (21.12.2007)**

Mail address:

**191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT",  
pat.pov. A.V.Polikarpovu**

(72) Inventor(s):

**ChIKKARELLI Liberato Dzham Paolo (IT)**

(73) Proprietor(s):

**Ehni S.p.A (IT)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR EVAPORATION OF LIQUEFIED NATURAL GAS AND ITS STORAGE**

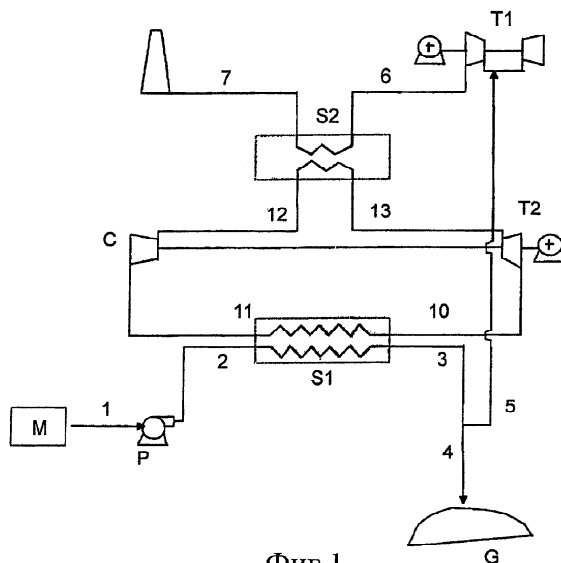
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: method and device for evaporation of liquefied natural gas (LNG) consist in generation of electric energy during the evaporation process by means of heat exchange using energy source transformation means for obtaining electric energy. Electric energy is generated during evaporation process by means of heat exchange, and the above heat exchange is performed by means of non-condensing gas in closed cycle, which releases the heat. The first portion of the above LNG is pumped for storage to header of natural gas that can be depleted or partially depleted, and the rest portion of evaporated LNG that was not transported for storage is burnt and expanded in the turbine.

EFFECT: higher energy efficiency.

19 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 464 480 C2

RU 2 464 480 C2

Изобретение относится к способу и устройству для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения.

Как известно, на СПГ-терминалах газ в жидком состоянии разгружают из метановых танкеров и переводят в газообразное состояние. СПГ из танкера  
5 направляют в находящиеся на суше резервуары-хранилища, соединенные с установками регазификации, обычно с помощью “первичных насосов” с низким напором нагнетания, погруженных в СПГ внутри этих резервуаров, за которыми следуют “вторичные насосы”, для компримирования жидкости до конечного давления,  
10 требующегося потребителям. Процедуры техобслуживания и текущего ремонта первых особенно сложны, и сейчас прилагают огромные усилия, чтобы свести их к минимуму, изготавливая насосы с высокой надежностью и внедряя эффективные системы управления. Чтобы снизить затраты на систему, недавно разработали насос, обладающий высокой производительностью и напором, который мог бы сочетать  
15 функции двух стадий.

Центральную часть терминалов образуют испарители: на практике они представляют собой теплообменники, в которых СПГ поглощает тепловую энергию и переходит в газообразное состояние. Их обычно классифицируют по источнику  
20 энергии, которым может являться окружающая среда (вода или воздух), энергоноситель, такой как электрическая энергия или топливо, или технологическая текучая среда, поступающая от различного рода внешних устройств.

Существуют два основных типа испарителей, используемых в ныне эксплуатируемых терминалах: тип “морской воды” (или открытые испарители «ORV») и тип “погружного факела” (именуемые погружными испарителями, «SMV» или «SCV»), которые можно отнести, соответственно, к первой и второй из трех  
25 указанных выше категорий.

В терминалах имеется ряд вспомогательных систем, которые обеспечивают услуги, необходимые для функционирования устройства в безопасных и экономичных  
30 условиях.

Нынешние испарители, однако, имеют несколько недостатков, как это указано далее.

Во-первых, существует необходимость создавать новые испарительные терминалы  
35 в странах, в которых происходит быстрое увеличение потребления природного газа при менее быстром решении проблемы узких мест газовых трубопроводов для импорта.

Во-вторых, нынешние системы не позволяют увязывать энергоэффективность с использованием энергии, содержащейся в сжиженном природном газе, которая  
40 известна в Англо-Саксонских странах как холодная утилизация СПГ и криогенная генерация энергии. Кроме того, фактом является то, что хранение СПГ в резервуарах подразумевает весьма высокие затраты на строительство, эксплуатацию и менеджмент.

Еще одним фактом является то, что имеющиеся ныне испарительные терминалы  
45 создают многочисленные проблемы, связанные с воздействием на окружающую среду и приемлемостью для части членов Содружества, которые, в прошлом, наряду с проблемой безопасности, были в числе основных препятствий для производства новых испарителей.

Целью настоящего изобретения является устранение вышеназванных недостатков известной технологии.  
50

При таком подходе важной целью изобретения является обеспечить способ и устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения,

которые сделали бы возможным испарение СПГ, поступающего из мест добычи, расположенных вдали от населенных пунктов.

Следующая цель изобретения - обеспечить способ и устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, которые позволили бы  
5 производить электроэнергию с высокими  $q$  величинами в контексте испарения. Известны способы испарения сжиженного природного газа и его хранения, при которых электроэнергию производят посредством теплообмена, осуществляемого отдающим тепло газом, который конденсируется, в замкнутом цикле (США 3068659 и  
10 США 2937504).

Еще одна цель изобретения относится к способу и устройству для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, которые позволяют закачивать регазифицированный природный газ в истощенный коллектор, находящийся в море.

Дополнительная цель изобретения состоит в том, чтобы обеспечить способ и  
15 устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, которые позволили бы использовать закачанный природный газ посредством направления его в систему снабжения с помощью существующих инфраструктур.

Эти решения оказались особенно интересны по разным причинам. Во-первых, нарастает необходимость изучения испарительных терминалов, становясь критичной  
20 для стран, в которых количество потребляемого природного газа быстро увеличивается при менее быстром решении проблемы узких мест газовых трубопроводов для импорта.

Во-вторых, стремлению к энергоэффективности сопутствует стремление к  
25 использованию энергии, содержащейся в сжиженном природном газе, которое известно в англо-саксонских странах как холодная утилизация СПГ и криогенная генерация энергии. Дополнительным фактом является то, что резервуарное хранение СПГ можно было бы осуществлять в виде природного газа в одном или многих  
30 полностью или почти истощенных коллекторах. И, наконец, последнее преимущество, которое может оказаться решающим, состоит в том факте, что осуществление повторной закачки в морской зоне позволяет избежать многочисленных проблем, относящихся к оценке ущерба для окружающей среды и принятию со стороны Содружества, которые в прошлом принадлежали к основным препятствиям для  
35 производства испарителей.

Решение этой задачи вместе с этими и другими целями достигается способом и устройством для испарения сжиженного природного газа (СПГ), отличающимися тем, что электрическую энергию получают в ходе указанного способа испарения  
40 посредством теплообмена.

Предмет настоящего патентуемого изобретения также относится к устройству для испарения сжиженного природного газа (СПГ), отличающемуся тем, что оно включает средства преобразования источника энергии для получения электрической энергии в ходе указанного способа испарения посредством теплообмена.

Способ предпочтительно включает следующие стадии:

- перекачка СПГ при по существу постоянной температуре;
- испарение при по существу постоянном давлении перекачанного СПГ посредством теплообмена с неконденсирующимся выделяющим тепло газом в замкнутом цикле;
- отправка большей части регазифицированного СПГ на хранение в коллектор;
- сжигание и расширение остальной части испаренного СПГ, не направленного на хранение, в газовой турбине с получением отработанных газов;

- осуществление последующего теплообмена неконденсирующегося газа, после компрессионного тепловыделения, в замкнутом цикле с выделяющими тепло отработанными газами и, наконец, расширение в турбине,

5     причем электрическую энергию производит и турбина, в которой сгорает и расширяется оставшаяся регазифицированная часть СПГ, не отправленная на хранение, и турбина, в которой расширяется нагретый компримированный неконденсирующийся газ.

10     Коллектор, в который закачивают большую часть регазифицированного СПГ, должен быть истощен или по меньшей мере частично истощен.

15     Перекачку СПГ осуществляют при по существу постоянной температуре, предпочтительно в диапазоне от  $-155$  до  $165^{\circ}\text{C}$ , более предпочтительно от  $-160$  до  $-163^{\circ}\text{C}$ , доводя давление указанного СПГ от приблизительно  $100$  кПа ( $1$  бар) до величины, предпочтительно, лежащей в диапазоне от  $12000$  кПа до  $18000$  кПа, более предпочтительно от  $12000$  до  $15000$  кПа.

20     Испарение перекачанного СПГ проводят при по существу постоянном давлении, предпочтительно в диапазоне от  $12000$  до  $18000$  кПа, более предпочтительно от  $12000$  до  $15000$  кПа, доводя температуру до величины, предпочтительно лежащей в диапазоне от  $10$  до  $25^{\circ}\text{C}$ .

   Остальная часть испаренного СПГ, не отправленная на хранение в коллектор, предпочтительно составляет от  $3$  до  $8\%$  всего потока испаренного СПГ.

25     Указанную оставшуюся часть не направленного на хранение испаренного СПГ сжигают и расширяют в турбине до давления предпочтительно  $100$  кПа.

   Неконденсирующийся газ предпочтительно выбирают из гелия и азота.

30     Если неконденсирующимся газом выбран азот, теплообмен с компримированным СПГ можно проводить при по существу постоянном давлении, предпочтительно в диапазоне от  $200$  до  $500$  кПа, доводя температуру от величины, предпочтительно лежащей в диапазоне от  $75$  до  $100^{\circ}\text{C}$ , до величины, предпочтительно лежащей в диапазоне от  $-150$  до  $-130^{\circ}\text{C}$ , а теплообмен с отработанными газами можно производить при по существу постоянном давлении, предпочтительно лежащем в диапазоне от  $5000$  до  $6000$  кПа, доводя температуру от величины, предпочтительно лежащей в диапазоне от  $20$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , до величины, предпочтительно лежащей в диапазоне от  $400$  до  $450^{\circ}\text{C}$ .

35     Газ  $\text{CO}_2$ , содержащийся в отработанных газах после теплообмена, можно изолировать: один из возможных путей состоит в закачке его в коллектор, возможно, в тот же коллектор на другом уровне.

40     Альтернативой испарению СПГ, прямо взятого из метановых танкеров, может быть временное хранение в подходящих резервуарах, чтобы снизить время пребывания его в терминалах метановых танкеров.

45     Генераторы тока, соединенные с турбинами, используя преимущество охлаждения СПГ, можно также производить с применением сверхпроводниковой технологии, и они могут поэтому обеспечивать большую производительность при малых массах.

   Турбины, используемые как средства для повторного введения испаренного газа, целесообразно обслуживать и поддерживать с помощью вспомогательной морской платформы.

50     Способ по изобретению допускает значительную гибкость, поскольку использует газовую турбину или циклы расширения газа без паровых циклов, которые, напротив, являются чрезвычайно жесткими.

   Способ фактически может функционировать на подаваемой извне энергии или при

расходе испаренного СПГ в диапазоне от 0 до 100%, поскольку замкнутый цикл неконденсирующегося газа можно реализовать при различных расходах.

Дополнительные признаки и преимущества изобретения станут более очевидны из описания предпочтительного, но не ограничивающего воплощения по изобретению  
5 способа и устройства для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, проиллюстрированного с целью показать, но не ограничить, прилагаемыми чертежами.

На Фиг.1 показана схема устройства для газификации.

10 Сжиженный СПГ (1) сначала перекачивают из метанового танкера (М) ( $T=-162^{\circ}\text{C}$ ;  $P=100$  кПа) посредством устройства (Р) для перекачки под давлением 13000 кПа, поддерживая по существу постоянную температуру, и перекачанный СПГ (2) затем испаряют в обменнике (S) посредством теплообмена с неконденсирующимся газом в замкнутом цикле, нагревая до температуры  $15^{\circ}\text{C}$  и поддерживая по существу  
15 постоянное давление, кроме перепадов давления.

Большую часть (4) испаренного СПГ (3) (95% по объему) направляют на хранение в коллектор (G), в то время как остальную часть (5) (5%) сжигают и расширяют в газовой турбине (Т1).

20 Отработанные газы (6), покидающие турбину (Т1) при давлении 100 кПа и температуре  $464^{\circ}\text{C}$ , подвергают теплообмену в обменнике (S2) посредством теплообмена в замкнутом цикле с неконденсирующимся газом, которому они передают тепло.

25  $\text{CO}_2$ , содержащийся в отработанных газах (7), покидающих обменник (S2), можно, при желании, изолировать. Замкнутый цикл неконденсирующегося газа включает теплообмен газа (10) с СПГ, компримированным в обменнике (S1), происходящий при по существу постоянном давлении, компримирование охлажденного газа (11), покидающего обменник (S1), посредством компрессора (С) с увеличением  
30 температуры, теплообмен с отработанными газами посредством обменника (S2) при по существу постоянном давлении и, наконец, расширение нагретого газа (13), покидающего обменник (S2), посредством турбины (Т2) с понижением температуры.

На Фиг.2 показана блок-схема различных стадий способа по изобретению.

35 СПГ проходит из пунктов отгрузки на корабле на испарительную платформу, где его подвергают обработке по способу, описанному в следующем пункте 2.

Испаренный продукт, при давлении 13000 кПа, вновь закачивают в коллектор. Если этого требует распределительная сеть, после получения его направляют на берег посредством подводных трубопроводов на береговые устройства по переработке.

40 Если спрос распространяется на весь продукт испарения, то газ можно прямо направлять в распределительную сеть, опуская обезвоживание в береговом устройстве.

Способ и устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, представленные таким образом, можно подвергнуть многочисленным модификациям и вариациям, находящимся в пределах сущности и объема изобретения;  
45 кроме того, все детали можно заменять технически эквивалентными элементами.

### Формула изобретения

1. Способ испарения сжиженного природного газа (СПГ) и его хранения, где  
50 электрическую энергию производят в ходе указанной операции испарения посредством теплообмена, и указанный теплообмен осуществляют посредством выделяющего тепло неконденсирующегося газа в замкнутом цикле, отличающийся тем, что по меньшей мере первую часть указанного СПГ закачивают на хранение в

коллектор природного газа, который должен быть истощен или частично истощен, а оставшуюся часть не направленного на хранение испаренного СПГ сжигают и расширяют в турбине.

5 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный неконденсирующийся газ отбирает тепло у отработанных газов по меньшей мере первой газовой турбины, где сжигают вторую часть испаренного СПГ, не направленную на хранение.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что СПГ испаряют при, по существу, постоянном давлении и перекачивают посредством теплообмена с указанным 10 выделяющим тепло неконденсирующимся газом в замкнутом цикле.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в указанном замкнутом цикле указанный неконденсирующийся газ, после выделения тепла, подвергают последующему теплообмену с указанными выделяющими тепло отработанными газами указанной турбины и, наконец, расширению в по меньшей мере второй турбине.

15 5. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанную электрическую энергию производят, как на указанной первой турбине, где не направленную на хранение оставшуюся испаренную часть СПГ сжигают и расширяют, так и на указанной второй турбине, где расширяют указанный нагретый компримированный 20 неконденсирующийся газ.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанную перекачку СПГ реализуют при, по существу, постоянной температуре в диапазоне от  $-155$  до  $-165^{\circ}\text{C}$ , доводя давление указанного СПГ от приблизительно 100 кПа до величины, лежащей в диапазоне от 12000 до 18000 кПа.

25 7. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанная, по существу, постоянная температура лежит в диапазоне от  $-160$  до  $-163^{\circ}\text{C}$ , и давление доводят до величины, лежащей в диапазоне от 12000 до 15000 кПа.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанное испарение СПГ производят 30 при, по существу, постоянном давлении в диапазоне от 12000 до 18000 кПа, доводя температуру до величины, лежащей в диапазоне от  $10$  до  $25^{\circ}\text{C}$ .

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанная первая часть испаренного СПГ, которую не направляют на хранение в коллектор, составляет от 3 до 8% от всего потока испаренного СПГ.

35 10. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанную вторую часть не отправляемого на хранение испаренного СПГ сжигают и расширяют в турбине до давления приблизительно 100 кПа.

40 11. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный неконденсирующийся газ предпочтительно выбирают из гелия и азота.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что, когда указанный неконденсирующийся газ представляет собой азот, то теплообмен с компримированным СПГ производят, по существу, при постоянном давлении в диапазоне от 200 до 500 кПа, доводя 45 температуру от величины, лежащей в диапазоне от  $75$  до  $100^{\circ}\text{C}$ , до величины, лежащей в диапазоне от  $-150$  до  $-130^{\circ}\text{C}$ , и теплообмен с отработанными газами производят при, по существу, постоянном давлении в диапазоне от 5000 до 6000 кПа, доводя температуру от величины, лежащей в диапазоне от  $20$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , до величины, лежащей в диапазоне от  $400$  до  $450^{\circ}\text{C}$ .

50 13. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанную электрическую энергию, получаемую от указанных первой и второй турбин, производят в соединенных с турбинами генераторах тока, выполненных с использованием технологии сверхпроводимости.



14. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный СПГ транспортируют посредством метановых танкеров, и перед тем как подвергать указанной перекачке и последующему испарению, его временно хранят в подходящих резервуарах.

5 15. Способ по п.1, отличающийся тем, что CO<sub>2</sub>, содержащийся в указанных отработанных газах, изолируют.

16. Способ по пп.1-15, отличающийся тем, что указанный изолируемый CO<sub>2</sub> закачивают в указанный коллектор.

10 17. Устройство для испарения сжиженного природного газа (СПГ), включающее средства трансформации источника энергии для получения электрической энергии в ходе указанной операции испарения посредством теплообмена (S1 и S2), причем указанные средства трансформации включают по меньшей мере первую турбину (T1), где не направленную на хранение оставшуюся испаренную часть СПГ сжигают и расширяют, и по меньшей мере вторую турбину (T2), где расширяют нагретый  
15 компримированный неконденсирующийся газ.

18. Устройство по п.17, отличающееся тем, что указанную электрическую энергию, получаемую от указанных первой и второй турбин, производят в соединенных с турбинами генераторах тока, выполненных с использованием технологии  
20 сверхпроводимости.

19. Устройство по п.17, отличающееся тем, что оно включает дополнительную морскую платформу для установки по меньшей мере указанных турбин и средств для повторного введения указанного испаренного газа в по меньшей мере частично  
25 истощенный природный коллектор.

30

35

40

45

50

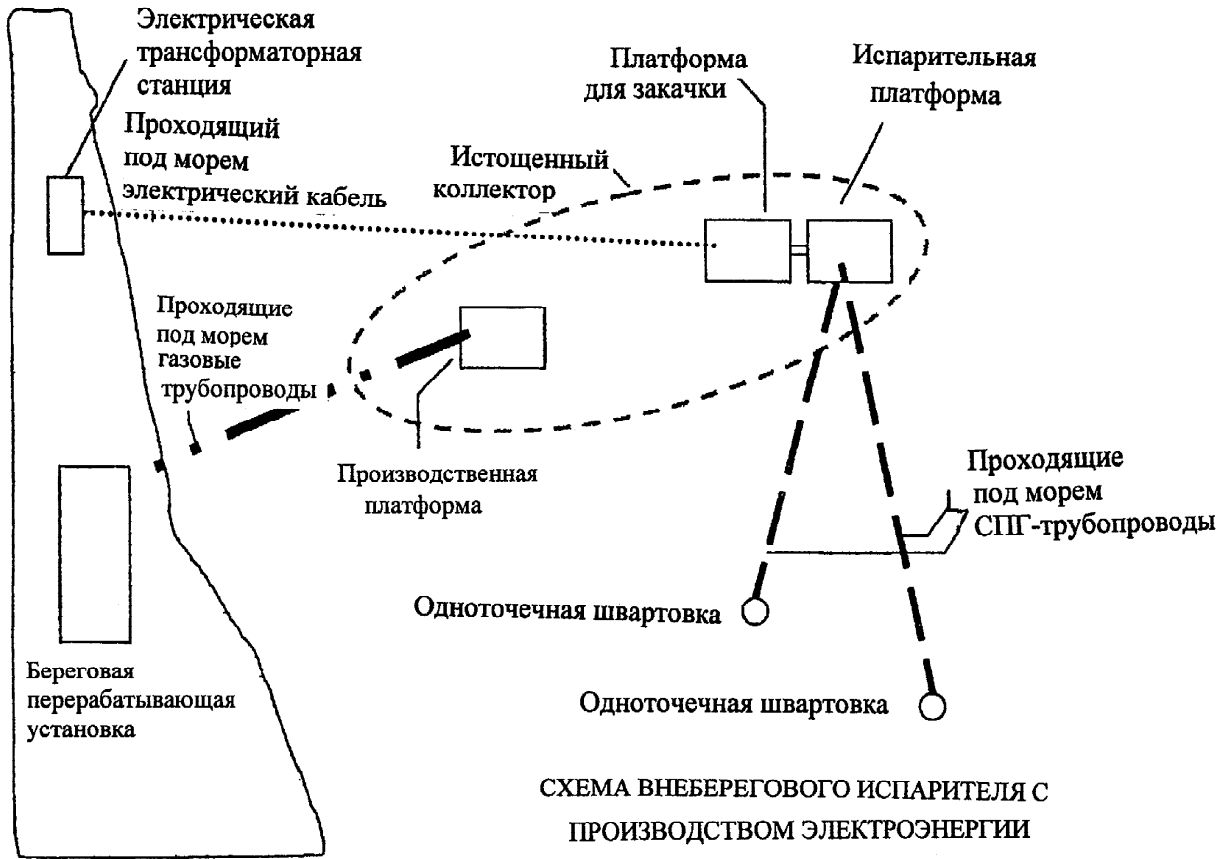


СХЕМА ВНЕБЕРЕГОВОГО ИСПАРИТЕЛЯ С ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Фиг.2