

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038785**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.10.19

(51) Int. Cl. **F01K 7/34** (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01)

(21) Номер заявки
201790859

(22) Дата подачи заявки
2015.10.29

(54) **СИСТЕМА ДЛЯ ЦИКЛА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ С ВЫСОКИМ
КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ПОВТОРНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ ИСПАРЕНИЯ**

(31) **3127/DEL/2014**

(56) **US-B2-6948315**
US-A1-20110036091

(32) **2014.10.31**

(33) **IN**

(43) **2017.11.30**

(86) **PCT/IB2015/058331**

(87) **WO 2016/067225 2016.05.06**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

ВЕРМА СУБОДХ (IN)

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) Раскрывается устройство (система) для выработки электроэнергии и способ для цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения. В одном варианте осуществления настоящее изобретение позволяет достигать повышенного коэффициента полезного действия за счет уменьшения количества сбросной теплоты, выбрасываемого в атмосферу в существующих конструкторских решениях циклов энергетических установок посредством создания нескольких турбинных циклов, в которых скрытая теплота испарения первого цикла вводится во входную ступень второго цикла, сбросная теплота (скрытая теплота испарения) второго цикла - во входную ступень третьего цикла, и т.д. В атмосферу выбрасывается только сбросная теплота завершающего цикла.

B1

038785

038785

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Объект описываемого в настоящем документе изобретения, в целом, относится к выработке электроэнергии и, в частности, к многоступенчатой системе для эффективного приведения в действие турбин для выработки электроэнергии.

Предпосылки создания изобретения

В настоящее время большая часть мировой электроэнергии вырабатывается посредством нагревания воды до пара с высоким давлением и температурой, который затем используется для вращения турбины, вращающей генератор для выработки электроэнергии. Для нагревания воды может использоваться любое количество таких средств, как солнечные, угольные, газовые, ядерные и т.д. Когда пар с высоким давлением попадает в турбину, он сталкивается с лопатками турбины и передает турбине часть своей энергии. После множественных столкновений с лопатками турбины пар теряет значительную часть своей энергии и отводится из турбины, попадая в конденсатор под низким давлением, что охлаждает пар до той степени, в которой он превращается в воду. Затем насос перекачивает эту воду обратно на входную ступень высокого давления цикла, где она снова нагревается для образования пара с целью непрерывного повторения этого цикла.

Трудностью, связанной с такой установкой, является то, что конденсатор, для превращения пара обратно в воду, должен удалить скрытую теплоту испарения с тем, чтобы насосы могли перекачивать текучую среду обратно к началу цикла с минимальной потребностью в энергии. Эта энергия затем сбрасывается в окружающую среду в виде сбросной теплоты. В случае воды скрытая теплота испарения составляет приблизительно 2257 кДж/кг, что представляет собой чрезвычайно большое количество энергии. Она составляет 40-60% или более (в зависимости от рабочей температуры) общей тепловой энергии, добавляемой к рабочей среде за один цикл. Поэтому даже лучшие энергетические установки редко достигают коэффициента полезного действия даже 40%. Если повторно использовать и преобразовать в электроэнергию эту сбросную скрытую теплоту, можно значительно увеличить коэффициент полезного действия любой энергетической установки.

Имеется множество существующих энергетических циклов, при этом трудность, связанная с существующими энергетическими циклами, такими как цикл Рэнкина и другие, заключается в том, что их коэффициент полезного действия весьма ограничен по причине большого количества низкокачественной сбросной теплоты, которую приходится выбрасывать в атмосферу или окружающую среду. В виде сбросной теплоты приходится выбрасывать большую часть скрытой теплоты испарения (или конденсации), и это значительно ограничивает коэффициент полезного действия любого цикла.

Краткое описание сущности изобретения

Данное краткое описание предусмотрено с целью представления идей, связанных с системой (устройством) и способом осуществления цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения, и эти идеи в дальнейшем описываются ниже в подробном описании. Данное краткое описание не предназначено ни для идентификации главных признаков заявляемого объекта изобретения, ни для использования при определении или ограничении объема заявляемого объекта изобретения.

Техническая задача

Для превращения пара обратно в жидкость, конденсатор должен удалить скрытую теплоту испарения с тем, чтобы насосы могли перекачивать среду обратно к началу цикла с минимальной потребностью в энергии. Эта энергия (скрытая теплота) затем отбрасывается в окружающую среду в виде сбросной теплоты. Поэтому даже лучшие энергетические установки редко достигают коэффициента полезного действия даже 40%.

Техническое решение

Настоящее изобретение предусматривает механизм для эффективного и экономичного решения вышеупомянутой технической задачи за счет переноса скрытой теплоты испарения любой из ступеней на входную ступень следующей ступени вместо ее выброса в атмосферу и, таким образом, за счет значительного увеличения коэффициента полезного действия любого энергетического цикла.

В одном варианте осуществления основной целью настоящего изобретения является преодоление недостатков известного уровня техники посредством увеличения коэффициента полезного действия преобразования теплоты в электроэнергию для всех существующих и будущих энергетических установок.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение обеспечивает преобразование тепловой энергии в электроэнергию в энергетической установке с более высоким коэффициентом полезного действия, чем это возможно при современных технологиях.

В одном варианте осуществления повышенный коэффициент полезного действия при использовании настоящего изобретения достигается посредством уменьшения количества сбросной теплоты, выбрасываемой в атмосферу в существующих конструктивных решениях цикла энергетической установки.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение обеспечивает механизм посредством создания нескольких турбинных циклов, в которых скрытая теплота испарения первого цикла вводится на входную ступень второго цикла, сбросная теплота (скрытая теплота испарения) второго цикла - на входную ступень третьего цикла и т.д. В атмосферу выбрасывается только сбросная теплота завершающего

цикла.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение делает возможным повторное использование сбросной скрытой теплоты и ее же преобразование в электроэнергию и, таким образом, достижение значительного повышения коэффициента полезного действия энергетической установки. Этот механизм обмена сбросной теплотой также можно применять со всеми энергетическими системами на тепловой основе, даже если завершающая выходная мощность представляет собой некоторую форму неэлектрической выходной мощности.

В одном варианте осуществления, посредством переноса скрытой теплоты испарения любой из ступеней на входную ступень следующей ступени вместо ее выброса в атмосферу, настоящее изобретение увеличивает коэффициент полезного действия любого энергетического цикла.

В одном варианте осуществления, при надлежащем выборе рабочих текучих сред и температур и давлений на выходе турбины, настоящее изобретение делает возможным перенос всей скрытой теплоты испарения на следующую ступень, посредством чего значительно уменьшается количество энергии, необходимое для нагревания рабочей текучей среды этой ступени до требуемой температуры. Это приводит к чрезвычайно высокому коэффициенту полезного действия на всех ступенях, следующих за первой ступенью, что в результате приводит к очень высокому общему коэффициенту полезного действия.

Для увеличения общей производительности какого-либо энергетического цикла за счет переноса скрытой теплоты испарения какой-либо ступени на входную ступень следующей ступени вместо ее выброса в атмосферу, варианты осуществления настоящего изобретения предусматривают множество аспектов настоящего изобретения. Это множество аспектов обеспечивает систему/устройство и способ для осуществления цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения. Технические решения являются следующими.

В другом аспекте раскрывается многоступенчатое устройство для выработки электроэнергии с по меньшей мере двухступенчатой системой. Устройство для выработки электроэнергии содержит энергетический цикл первой ступени, содержащий первую рабочую текучую среду, котел, турбину, теплообменник, насосы и т.д. и выполненный с возможностью выработки электроэнергии;

энергетический цикл второй ступени, содержащий вторую рабочую текучую среду, котел, турбину, теплообменник, насосы и т.д. и выполненный с возможностью выработки электроэнергии; при этом вторая рабочая текучая среда поглощает сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения и/или конденсации), вырабатываемую в цикле первой ступени, с целью выработки электроэнергии.

В другом аспекте раскрывается способ выработки электроэнергии с применением устройства для выработки электроэнергии с по меньшей мере двухступенчатым энергетическим циклом. Этот способ включает:

выработку электроэнергии с использованием энергетического цикла первой ступени, содержащего первую рабочую текучую среду, котел, турбину, теплообменник, насосы и т.д.;

выработку электроэнергии с использованием механизма обмена скрытой теплотой второй ступени и турбинного цикла, содержащего вторую рабочую текучую среду; при этом

вторая рабочая текучая среда поглощает сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения и/или конденсации), вырабатываемую в первой ступени, в механизме обмена скрытой теплотой испарения с целью выработки электроэнергии.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения низкокачественная сбросная теплота первой ступени переносится на входную ступень второго цикла, сбросная теплота второго цикла переносится на входную ступень третьего цикла, и т.д. Чем больше присутствует ступеней, тем больше будет окончательный общий коэффициент полезного действия, однако, наступит момент, когда добавление большего количества ступеней будет уменьшать доходы. В дополнение, для получения неограниченного количества ступеней может оказаться невозможным нахождение достаточного количества рабочих текучих сред с подходящими физическими свойствами. В целях подробного разъяснения процесса, двух ступеней будет достаточно для разъяснения идеи, поэтому остальное разъяснение будет основываться на двухступенчатой системе.

Краткое описание прилагаемых графических материалов

Подробное описание описывается со ссылкой на прилагаемые фигуры. На фигурах самые левые цифры ссылочной позиции определяют фигуру, на которой эта ссылочная позиция появляется впервые. Для отнесения к подобным признакам и компонентам повсюду в настоящем документе используются одни и те же числа.

На фиг. 1 проиллюстрировано упрощенное схематическое изображение циклов существующих энергетических установок (известный уровень техники).

На фиг. 2 проиллюстрировано упрощенное схематическое изображение многоступенчатого цикла, достигающего чрезвычайно высоких коэффициентов полезного действия, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

На фиг. 3 проиллюстрирован один из примеров того, как могла бы выглядеть 2-ступенчатая система, если бы в качестве рабочих текучих сред использовались вода и аммиак, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

На фиг. 4 проиллюстрирован способ выработки электроэнергии с применением устройства для выработки электроэнергии с по меньшей мере двухступенчатым механизмом обмена скрытой теплотой в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

На фиг. 5 проиллюстрирован способ, выполняемый на первой ступени 1000 механизма обмена скрытой теплотой, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

На фиг. 6 проиллюстрирован способ, выполняемый на второй ступени 2000 механизма обмена скрытой теплотой, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

Подробное описание настоящего изобретения

Нижеследующее описание в явном виде описывает технические решения в вариантах осуществления настоящего изобретения со ссылкой на прилагаемые графические материалы в вариантах осуществления настоящего изобретения. Очевидно, что описываемые варианты осуществления представляют собой лишь часть, а не все варианты осуществления настоящего изобретения. Все остальные варианты осуществления, полученные средним специалистом в данной области техники без творческих усилий, будут находиться в пределах объема правовой защиты настоящего изобретения.

Подробное описание одного или нескольких вариантов осуществления изобретения представлено ниже наряду с прилагаемыми фигурами, на которых проиллюстрированы принципы изобретения. Изобретение описывается в связи с этими вариантами осуществления, но изобретение не ограничивается ни одним из вариантов его осуществления. Объем изобретения ограничивается только формулой изобретения, и изобретение охватывает многочисленные альтернативы, модификации и эквиваленты. Для обеспечения исчерпывающего понимания изобретения, в дальнейшем описании изложены многочисленные конкретные подробности. Эти подробности представлены для примера, и изобретение может применяться на практике в соответствии с формулой изобретения без некоторых или без всех этих конкретных подробностей. Для ясности, технический материал, известный в областях техники, относящихся к изобретению, не описан подробно, для того чтобы излишне не затруднять понимание изобретения.

Следует отметить, что, как будет понятно, для понимания разъяснений у читателя должно иметься минимальное базовое понимание термодинамики.

Со ссылкой на фиг. 1 в качестве известного уровня техники проиллюстрирована основная схема циклов существующих энергетических установок.

Несмотря на то, что аспекты описываются для цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения, который может быть реализован в любом количестве различных систем, текучих сред и/или конфигураций, варианты осуществления описываются в контексте нижеследующей примерной системы.

Со ссылкой на фиг. 2 проиллюстрировано упрощенное схематическое изображение многоступенчатого цикла, достигающего чрезвычайно высоких коэффициентов полезного действия, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления низкачественная сбросная теплота первой ступени переносится на входную ступень второго цикла, сбросная теплота второго цикла переносится на входную ступень третьего цикла, и т.д. Чем больше имеется ступеней, тем больше будет окончательный общий коэффициент полезного действия, однако наступит момент, когда добавление большего количества ступеней будет уменьшать доходы. В дополнение, для получения неограниченного количества ступеней может оказаться невозможным нахождение достаточного количества рабочих текучих сред с подходящими физическими свойствами.

В одном варианте осуществления, в целях подробного разъяснения процесса, для разъяснения идеи будет достаточно двух ступеней, поэтому остальное разъяснение будет основано на двухступенчатой системе.

Со ссылкой на фиг. 3 проиллюстрирован один из примеров того, как могла бы выглядеть 2-ступенчатая система, если бы в качестве рабочих текучих сред использовались вода и аммиак, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления, для простоты, на ступени А 1000 показаны только турбины высокого давления и низкого давления, а на ступени В 2000 показана турбина с одной ступенью. В дополнение, преднамеренно не учитывались такие существующие методики увеличения коэффициентов полезного действия и производительности циклов, как регенеративный теплообмен, водонагреватель с открытой системой питания и другие незначительные модификации. Все существующие методики увеличения коэффициента полезного действия по-прежнему могут использоваться на любой ступени предлагаемого усовершенствованного конструктивного решения. Все значения термодинамических свойств, упоминаемые во всем данном документе, были взяты на сайте Национального института стандартов и технологии (NIST) по адресу www.nist.com или, конкретнее, по адресу webbook.nist.gov/chemistry/fluid/.

В одном варианте осуществления может иметься широкий диапазон текучих сред, которые могут использоваться на различных ступенях 1000 или 2000 усовершенствованной системы, но для разъяснения мы в настоящем документе будем предполагать, что на ступени А 1000 в качестве первой рабочей текучей среды используется вода, а на ступени В 2000 в качестве второй рабочей текучей среды используется аммиак. Ступень А 1000 представляет собой первую ступень, и вода в жидком состоянии направ-

ляется из точки 13 в котел А 2 под высоким давлением, например, 250 бар (или под любым другим требуемым давлением) при помощи насоса А 1. Здесь она нагревается в котле 2 до высокой температуры, например, 600°C (или любой другой требуемой температуры) и отводится из котла А 2 в точке 10 как сверхкритическая или нагретая текучая среда. Сверхкритическая текучая среда с высокой температурой и высоким давлением затем расширяется в турбине 3 высокого давления и, после значительного падения температуры и давления, направляется обратно в котел А 2 для повторного нагрева до 600°C при 50 бар (или до любых необходимых температуры и давления) и направляется в турбину 4 низкого давления для окончательно извлечения энергии с целью выработки электроэнергии.

В существующих системах пар отводится из турбины в точке 11 в условиях, близких к условиям вакуума, и скрытая теплота испарения (или конденсации) удаляется в конденсаторе в виде сбросной теплоты с использованием холодной воды. Это позволяет пару превращаться обратно в жидкость в точке 12, и, таким образом, его можно перекачать обратно в систему под высоким давлением для повторения цикла.

В настоящем изобретении пар отводится из турбины А 4 низкого давления в точке 11 при давлении и температуре, достаточно больших для того, чтобы сделать возможным перенос энергии его скрытой теплоты во вторую рабочую текучую среду, которая в используемом примере представляет собой аммиак, и здесь осуществлено первое главное отклонение от известного уровня техники. Естественно, это может приводить к некоторому уменьшению коэффициента полезного действия на ступени А 1000 по сравнению с существующим известным уровнем техники, однако, вся скрытая теплота испарения ступени А 1000 будет переноситься в рабочую текучую среду ступени В 2000 в теплообменнике А 100 вместо выброса в атмосферу, как в случае существующего известного уровня техники. В данном процессе переноса скрытой тепловой энергии на ступень В 2000 пар из ступени А 1000 превращается обратно в жидкость в точке 12, и, таким образом, его можно перекачать обратно на входную ступень 13 под высоким давлением при помощи конденсатного насоса А 1.

В одном варианте осуществления, так как ступень В 2000 содержит большое количество уже поглощенной скрытой тепловой энергии из ступени А 1000, на ступени В 2000 для достижения требуемой температуры требуется добавить намного меньшую дополнительную энергию. Посредством поглощения скрытой тепловой энергии пара на ступени А 1000 в теплообменнике А 100, аммиак в точке 14 уже является преобразованным в пар с высокой температурой и давлением. Специалисту в данной области техники будет понятно, что в данном примере, при выбранных давлениях и температурах, аммиак в точке 14 представляет собой пар. Однако рабочая текучая среда В, в данном случае аммиак, может отводиться из теплообменника А 100 в точке 14 в виде жидкости, пара, сверхкритической жидкости или сверхкритического пара в зависимости от рабочих давлений, необходимых для ступени В. Затем оно попадает в котел В 5, где нагревается до требуемой температуры перед попаданием в турбину В 6 в точке 15. При выходе из турбины В под низким давлением в точке 16 аммиак попадает в теплообменник В 100, где он охлаждается до той степени, в которой он превращается в жидкость в точке 17. Насос В 7 затем перекачивает жидкий аммиак в точку 18 высокого давления (которое может представлять собой субкритическое, критическое или сверхкритическое давление).

В одном варианте осуществления, так как значительная часть общего количества энергии, добавляемая на ступени В 2000, получается при переносе скрытой теплоты испарения из ступени А 1000 на ступень В 2000, на ступени В 2000 для приведения температуры аммиака к требуемой температуре требуется намного меньше дополнительной энергии. Поэтому все ступени после первой ступени будут действовать с чрезвычайно высокими коэффициентами полезного действия, более чем компенсирующими небольшое падение коэффициента полезного действия на ступени А 1000.

В одном варианте осуществления каждая ступень может быть изолирована от других ступеней, и ни одна из текучих сред различных ступеней не смешивается с другими.

В одном варианте осуществления на каждой ступени могут использоваться разные текучие среды. Специалисту в данной области техники будет понятно, что на последующих ступенях может также использоваться одна и та же текучая среда, но под уменьшенным давлением.

В одном варианте осуществления на каждой ступени при необходимости могут использоваться разные давления и температуры в соответствии с требованиями системы/энергетической установки.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение позволяет продолжать использовать любые существующие методики, такие как регенеративный теплообмен, водонагреватель с открытой системой питания, многоступенчатые турбины и т.п. в каждой отдельной ступени.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение может применяться с любым тепловым источником, включая, без ограничения, угольные, солнечные, ядерные и т.п.

В одном варианте осуществления скрытая теплота испарения на любой ступени может переноситься на вход следующей ступени при достаточно высоких температуре и давлении, для того чтобы вызывать полный или частичный фазовый переход из жидкости в пар или сверхкритический пар, и в этом процессе пар первой ступени может превращаться в жидкость.

В одном варианте осуществления давление на выходе турбины на всех ступенях, кроме последней,

может быть выше атмосферных температуры и давления.

В одном варианте осуществления, в зависимости от индивидуальных требований, может быть выбрано любое количество ступеней и любые рабочие текучие среды.

В одном варианте осуществления может быть понятно, что коэффициент полезного действия первой ступени при преобразовании теплоты в электроэнергию может оказаться немного меньшим по сравнению с тем, который возможен в современных конструктивных решениях. Последующие ступени могут иметь "виртуальный" коэффициент полезного действия, который даже может превышать 100%, и это разъясняется в нижеследующих разделах.

В одном варианте осуществления, для получения наилучших результатов (хотя и несущественных), рабочая текучая среда ступени А 1000 может иметь наивысшую температуру критической точки. Каждая последующая ступень, например 2000, может иметь рабочую текучую среду с менее высокой температурой критической точки, чем предыдущая ступень. Поэтому обычно выбором текучей среды для первой ступени могла бы быть вода.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение можно использовать в качестве более низкой ступени газовой энергетической установки.

В одном варианте осуществления, в дополнение к теплообменнику 100, для переноса теплоты с одной ступени на следующую также может использоваться тепловой насос. Несмотря на то, что тепловой насос будет потреблять энергию и уменьшать коэффициент полезного действия, он также мог бы позволить устранить перепад температур, который в некоторых случаях приходится поддерживать в теплообменнике для переноса энергии. Отсутствие перепада температур в теплообменнике могло бы давать лучший коэффициент полезного действия, и это могло бы способствовать компенсации энергии, потребляемой тепловым насосом. Например, теплообменник может использоваться для переноса большей части энергии, в то же время, с поддержанием разности температур, а окончательное количество энергии может переноситься с использованием теплового насоса, так что разность температур отсутствует. Это может быть полезным на конечных ступенях.

В одном варианте осуществления раскрывается многоступенчатое устройство для выработки электроэнергии с по меньшей мере двухступенчатой системой. Устройство для выработки электроэнергии содержит: энергетический цикл первой ступени 1000, содержащий первую рабочую текучую среду (не показана) и выполненный с возможностью выработки электроэнергии и, таким образом, вырабатывающий сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения и/или конденсации); энергетический цикл второй ступени 2000, содержащий вторую рабочую текучую среду (не показана) и выполненный с возможностью выработки электроэнергии и, таким образом, вырабатывающий сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения и/или конденсации); при этом вторая рабочая текучая среда поглощает всю сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения и/или конденсации), вырабатываемую в энергетическом циклом первой ступени, с целью выработки электроэнергии.

В одном варианте осуществления первая ступень выработки электроэнергии содержит:

первое средство 1, выполненное с возможностью пропуска первой рабочей текучей среды под высоким давлением;

второе средство 2, выполненное с возможностью приема первой рабочей текучей среды под высоким давлением и нагревания первой рабочей текучей среды до высокой температуры с целью выработки нагретой или перегретой текучей среды или пара;

третье средство 3 и четвертое средство 4, выполненные с возможностью приема нагретой текучей среды/пара и их расширения до той степени, в которой их температура и давление падают до определенных значений, и отвода рабочей текучей среды из ступени извлечения энергии при низком давлении и температуре с его сбросной теплотой (скрытой теплотой испарения и/или конденсации).

В одном варианте осуществления настоящее изобретение содержит механизм 100 теплообменника, при этом механизм 100 теплообменника выполнен с возможностью переноса сбросной теплоты (скрытой теплоты испарения и/или конденсации), вырабатываемой первой ступенью 1000, во вторую рабочую текучую среду на второй ступени 2000 и преобразования второй рабочей текучей среды в текучую среду или пар с высокими температурой и давлением.

В одном варианте осуществления механизм 100 теплообменника выполнен с возможностью приема во время энергетического цикла первой ступени 1000 первой рабочей текучей среды, испаряющейся из четвертого средства 4, и ее охлаждения до той степени, в которой она преобразуется в жидкую форму, и ее пропускания в первое средство 1; или приема во время энергетического цикла второй ступени 2000 второй рабочей текучей среды, испаряющейся из седьмого средства 7, и ее нагревания сбросной энергией ступени А 1000.

В одном варианте осуществления энергетический цикл второй ступени содержит пятое средство 5, выполненное с возможностью: приема второй рабочей текучей среды в виде жидкости или пара при высоких температуре и давлении и нагревания второй рабочей текучей среды в виде жидкости или пара до высоких температуры и давления; шестое средство 6, выполненное с возможностью приема нагретого пара при высоких температуре и давлении и выработки электроэнергии из пара, и его отвода из ступени извлечения энергии при низком давлении и температуре с его скрытой теплотой испарения и/или кон-

денсации для попадания в теплообменник 200, где его сбросная теплота (скрытая теплота) переносится либо к следующей ступени, либо выбрасывается в атмосферу; седьмое средство 7, выполненное с возможностью пропуска рабочей текучей среды в жидкой форме под высоким давлением.

Со ссылкой на фиг. 4 показан способ выработки электроэнергии с применением устройства для выработки электроэнергии с по меньшей мере двухступенчатым механизмом обмена скрытой теплотой в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

Порядок, в котором описывается этот способ, не предусмотрен для толкования в качестве ограничения, и для реализации способа или альтернативных способов любое количество описываемых блоков способа могут быть объединены в любом порядке. Дополнительно, отдельные блоки могут быть исключены из способа без отступления от объема, описываемого в настоящем документе объекта изобретения. Кроме того, способ может быть реализован в любом подходящем аппаратном обеспечении, программно-аппаратном обеспечении или их комбинации. Однако для простоты разъяснения, в описываемых ниже вариантах осуществления способ может рассматриваться, как осуществляемый в вышеописанном устройстве для выработки электроэнергии.

В блоке 402 с использованием первой рабочей текучей среды вырабатывается электроэнергия. Способ выработки разъясняется в описании фиг. 5.

В блоке 404 скрытая теплота испарения и/или конденсации (сбросное тепло) первой рабочей текучей среды переносится во вторую рабочую текучую среду, как правило, физически изолированную от первой текучей среды. В этом процессе первая рабочая текучая среда преобразуется из пара в жидкую фазу.

В блоке 406 вторая рабочая текучая среда после поглощения всей сбросной теплоты первой ступени может быть дополнительно нагрета для получения температуры, необходимой для выработки пригодной к употреблению энергии. Способ выработки разъясняется в описании фиг. 6.

В блоке 408 энергия второй рабочей текучей среды, остающаяся после извлечения энергии (сбросного тепла), может быть перенесена в третью рабочую текучую среду или в окружающую среду в виде сбросной теплоты.

Со ссылкой на фиг. 5 проиллюстрирован способ, выполняемый во время энергетического цикла первой ступени 1000, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

В блоке 502 первую рабочую текучую среду под высоким давлением пропускают через первое средство 1.

В блоке 504 первую рабочую текучую среду под высоким давлением принимают вторым средством 2. Второе средство 2 нагревает первую рабочую текучую среду до высокой температуры с целью выработки нагретой текучей среды.

В блоке 506 нагретую текучую среду принимают третьим средством 3 и четвертым средством 4. Средства 3 и 4 расширяют его до той степени, в которой его температура и давление падают до определенных значений, в целях выработки энергии.

В блоке 508 при необходимости могут быть также использованы любые существующие средства увеличения коэффициента полезного действия.

В блоке 510 сбросная теплота (скрытая теплота), выработанная на данной ступени, переносится в рабочую текучую среду второй ступени в механизме А 100 обмена скрытой теплотой. В этом процессе первая рабочая текучая среда преобразуется обратно в жидкую фазу, снова подается в первое средство 1, и цикл в ступени 1000 повторяется.

Со ссылкой на фиг. 6 проиллюстрирован способ, выполняемый во время энергетического цикла второй ступени 2000, в соответствии с одним из вариантов осуществления объекта настоящего изобретения.

В блоке 602 вторую рабочую текучую среду под высоким давлением пропускают через седьмое средство 7.

В блоке 604 вторая рабочая текучая среда из ступени 2000 поглощает всю сбросную теплоту (скрытую теплоту испарения/конденсации) первой рабочей текучей среды ступени А 1000 и в ходе этого процесса значительно повышает свою температуру и энергосодержание.

В блоке 606 вторая рабочая текучая среда при высоких температуре и давлении отводится из механизма 100 теплообменника, при этом скрытая теплота из ступени А 1000, доставляемая во вторую рабочую текучую среду, принимается пятым средством 5 при высоких температуре и давлении, и при необходимости дополнительно нагревается до окончательной температуры.

В блоке 608 вторая рабочая текучая среда входит в шестое средство 6 при высоких температуре и давлении с целью выработки энергии.

В блоке 610 при необходимости также могут быть использованы любые существующие средства увеличения коэффициента полезного действия.

В блоке 612 избыточная сбросная теплота, выработанная на ступени 2000, либо переносится в третью рабочую текучую среду, либо испускается, либо выбрасывается в атмосферу теплообменником 200. В процессе вторая рабочая текучая среда преобразуется обратно в жидкую фазу, снова доставляется в

седьмое средство 7, и цикл на ступени В 2000 повторяется.

Следует отметить, что большое количество энергии, высвобождаемой при фазовом переходе пара в жидкость, может быть извлечено только посредством фазового перехода (полного или частичного) в другой жидкости, которая в данном примере является аммиаком. Альтернативным является использование существующей методики больших количеств охлаждающей воды из рек и морей, и в этом случае скрытая теплота теряется в окружающей среде как низкотемпературная сбросная теплота. Настоящее изобретение позволяет переносить всю скрытую энергию рабочей текучей среды под относительно низким давлением на входную ступень высокого давления другого турбинного цикла. При надлежащем выборе рабочих текучих сред, давлений и температур можно достигнуть любого требуемого коэффициента полезного действия.

В одном варианте осуществления выбор температур и давлений или используемых охладителей представляет собой лишь пример, помогающий понять процесс, и в зависимости от индивидуальных ситуаций может использоваться любая температура или давление, или охладитель. Важным моментом является то, что скрытая теплота не выбрасывается в атмосферу в виде сбросной теплоты и, при надлежащем выборе давлений и температур на выходе турбины в зависимости от охладителя, переносится на следующую ступень. Причиной того, что мы можем выйти за пределы, задаваемые уравнениями Карно, является то, что они на самом деле никогда не применялись к какой-либо системе, использующей фазовый переход с целью извлечения энергии из теплоты. Очевидным примером, поддерживающим это утверждение, является тот факт, что ни одна действующая система даже отдаленно не приблизилась к коэффициентам полезного действия, определяемым уравнениями Карно. В любой системе, использующей фазовый переход, фактический максимальный коэффициент полезного действия в идеальных условиях следует описывать следующим образом:

$$\text{Коэффициент полезного действия} = \frac{Q_{in} - \Delta H_{vap}}{Q_{in}} = 1 - \frac{\Delta H_{vap}}{Q_{in}}$$

где Q_{in} - полная потребляемая энергия на килограмм в единицах кДж/кг, и

ΔH_{vap} - скрытая теплота испарения в кДж/кг при давлении на выходе турбины.

В приведенном выше уравнении пар, выходящий из турбины, не является насыщенным паром. Если допускается или требуется насыщенный пар, следует соответствующим образом скорректировать значение скрытой теплоты. В случае использования двух ступеней, как описано ранее в настоящем документе, уравнение имело бы следующий вид:

$$\text{Коэффициент полезного действия} = \frac{(Q_{in}^A - \Delta H_{vap}^A) + (\Delta H_{vap}^A + \varepsilon(Q_{in}^B - \Delta H_{vap}^B))}{Q_{in}^A + \varepsilon Q_{in}^B} = \frac{Q_{in}^A + \varepsilon Q_{in}^B - \varepsilon \Delta H_{vap}^B}{Q_{in}^A + \varepsilon Q_{in}^B} = 1 - \frac{\varepsilon \Delta H_{vap}^B}{Q_{in}^A + \varepsilon Q_{in}^B}$$

где Q_{in}^A - потребляемая энергия на килограмм в единицах кДж/кг на ступени А,

Q_{in}^B - потребляемая энергия на килограмм в единицах кДж/кг на ступени В,

ΔH_{vap}^A - скрытая теплота испарения в кДж/кг при давлении на выходе турбины на ступени А,

ΔH_{vap}^B - скрытая теплота испарения в кДж/кг при давлении на выходе турбины на ступени В, и

ε - коэффициент потока для компенсации разных скоростей потока, которые могут существовать между ступенями А и В, который можно определить как (массовая скорость потока ступени В)/(массовая скорость потока ступени А).

Аналогично, для более чем 2 ступеней уравнение имело бы вид:

$$\text{Коэффициент полезного действия} = 1 - \frac{\varepsilon_n \Delta H_{vap}^n}{Q_{in}^A + \varepsilon_B Q_{in}^B + \dots + \varepsilon_n Q_{in}^n}$$

где n - количество ступеней, и ε_n - массовая скорость потока на ступени n , деленная на массовую скорость потока на ступени А.

Если требуется учесть энергетические потери, уравнение будет иметь вид:

$$\text{Коэффициент полезного действия} = 1 - \frac{\varepsilon_n \Delta H_{vap}^n + E_t}{Q_{in}^A + \varepsilon_B Q_{in}^B + \dots + \varepsilon_n Q_{in}^n}$$

где E_t - полные энергетические потери во всей системе.

Естественным образом, из приведенных выше уравнений, можно сделать нижеследующие наблюдения/понимание.

- 1) Чем больше количество ступеней, тем больше будет общий коэффициент полезного действия.
- 2) При неограниченном количестве ступеней в идеальной системе коэффициент полезного действия будет приближаться к 100%. Однако для осуществления этого на практике будет трудно найти достаточное количество рабочих текучих сред и при уменьшающейся выходной мощности на каждой дополнительной ступени, для оптимизации выходной мощности и доходов, возможно, наилучшим было бы ограничить их 3 или 4 ступенями.
- 3) Из уравнений может показаться, что для повышения коэффициента полезного действия системы

можно просто выбрать рабочую текучую среду с низкой скрытой теплотой испарения. Это фактически противоположно тому, что происходило бы. Уравнения представляют то, что происходило бы в идеальных условиях, где не имеется энергетических, тепловых, фрикционных или других потерь. В реальных условиях, при использовании текучей среды с низкой скрытой теплотой конденсатные и питательные насосы требовали бы большой доли общего количества вырабатываемой энергии. Помимо ее химических свойств, вода очевидно является наилучшим выбором по причине ее чрезвычайно большой скрытой теплоты испарения. Чем больше скрытая теплота испарения, тем больший объем расширения, происходящего при фазовом переходе, и эта очень высокая степень расширения пара позволяет ему эффективно приводить в движение турбины и иметь очень малую относительную потребность в энергии для конденсатных и питательных насосов.

4) В атмосферу выбрасывается только скрытая теплота завершающей ступени.

5) Приведенные выше уравнения будут применимы к любой системе, использующей фазовый переход для преобразования тепловой энергии в любую иную форму энергии, пригодную к употреблению.

6) В современных конструктивных решениях, для попытки доведения до максимума извлечения энергии, пар обычно отводится из турбины в виде насыщенного пара и вызывает повреждение лопаток турбины, рассчитанных на низкое давление. В настоящем конструктивном решении это не является необходимым, что увеличит срок службы лопаток турбины.

Действующий образец: теоретические результаты.

В нижеследующем примере будет показано преимущество конструктивного решения, разъясняемого в данном документе. Его единственным назначением является лишь помощь в разъяснении идеи, и оно никоим образом не ограничивает объем правовой защиты данного конструктивного решения в любом из его аспектов, какие бы текучие среды, температуры и давления ни использовались для разъяснения данного процесса. Если предположить, что в точке 10 сверхкритическая текучая среда находится при 600°C и под давлением 250 бар, то она имеет энтальпию 3493 кДж/кг. В современных конструктивных решениях (в предположении отсутствия повторного нагрева и какой-либо другой методики увеличения коэффициента полезного действия) на выходе турбины при 0,1 бар она по-прежнему имеет энтальпию около 2450 кДж/кг, из которой 2257 кДж/кг представляют собой скрытую теплоту испарения (или конденсации), которая удаляется в атмосферу в виде низкокачественной сбросной теплоты, что приводит к коэффициенту полезного действия лишь около 35% $((3493-2257)/3493)$. Здесь, для того чтобы мы могли получить чрезвычайно эффективную систему, нам следует сделать так, чтобы эта сбросная теплота в 2257 кДж/кг не отбрасывалась в атмосферу.

В качестве примера, пусть в точке 11 пар отводится из турбины и попадает в конденсатор А, например, при 180°C и под давлением 10 бар, тогда энтальпия на выходе турбины будет составлять около 2777 кДж/кг. В конденсаторе эта тепловая энергия переносится на ступень В, в которой рабочая текучая среда в точке 18 представляет собой аммиак, например, при 100 бар при температуре 40°C и с энтальпией 536 кДж/кг. Текучие среды в циклах А и В полностью изолированы одна от другой, и важно то, что ни в одном месте нет непосредственного соприкосновения текучих сред. Это позволяет разным ступеням действовать при разных давлениях и температурах, и управлять ими можно в соответствии с их требованиями. При 100 бар аммиак будет претерпевать фазовый переход при температуре выше $125,17^{\circ}\text{C}$, тогда как фазовый переход пара на ступени А при 10 бар будет происходить при $179,88^{\circ}\text{C}$. Эта разность температур будет делать возможным перенос энергии со ступени А на ступень В в теплообменнике А, и когда аммиак переходит из жидкой фазы в паровую фазу, пар на ступени А охлаждается до жидкости, которую затем можно подвергнуть нагнетанию до более высокого давления с целью продолжения цикла. По причине того, что аммиак претерпевает фазовый переход из жидкости в пар, может быть поглощено лишь большее количество энергии, высвобождаемой при фазовом переходе пара в жидкую воду. Когда аммиак покидает теплообменник А при 180°C с энтальпией 1831 кДж/кг, он поглощает всю скрытую энергию, доступную в воде на ступени А.

Для согласования количества энергии, которую требуется перенести со ступени на ступень, скорость потока на ступени В может быть выше или ниже, чем на ступени А. В теплообменнике А пар высвобождает 2027 кДж/кг $(2777-750 \text{ кДж/кг})$, тогда как аммиак способен поглотить лишь 1295 кДж/кг $(1831-536 \text{ кДж/кг})$. Для переноса всей этой энергии в данном конкретном примере, массовая скорость потока аммиака должна была бы быть в 1,56 $(2027/1295 \text{ кДж/кг})$ раз больше массовой скорости потока воды с целью поглощения всей энергии, необходимой для ее преобразования в жидкость. Если для аммиачного цикла будет предпочтительным менее высокое или более высокое отношение скорости потока, потребуется лишь просто увеличить или уменьшить давление и температуру на выходе турбины ступени А в соответствии с этими требованиями.

Предполагается, что для того чтобы сделать возможным перенос энергии с одной ступени на следующую, в теплообменнике поддерживается разность температур около 50°C , и для переноса окончательного количества энергии в случае необходимости может быть использован тепловой насос. Если требуется меньшая или большая разность температур, вычисления можно скорректировать соответственно. Тепловой насос также может быть использован для переноса теплоты с одной ступени на сле-

дующую, и в этом случае разность температур при необходимости может быть нулевой или даже, в некоторых случаях, отрицательной. Это может приводить к несколько большему коэффициенту полезного действия для каждой ступени, однако, для того чтобы определить, является ли это выгодным, также необходимо учитывать энергию, используемую тепловым насосом.

Несмотря на то, что система, показанная на фиг. 3, может обладать немного пониженным коэффициентом полезного действия на ступени А, скрытая теплота ступени А переносится на вход ступени В, и в точке 14 рабочая текучая среда преобразуется в пар под высоким давлением, и все, что требуется для поднятия температуры аммиака от 180 до 420°C, или около 781 кДж/кг, как показано на фиг. 3 (2612 кДж/кг-1831 кДж/кг=781 кДж/кг) - это небольшая дополнительная энергия в котле В. Для сравнения, на ступени А добавляется 3484 кДж/кг. Это дает "виртуальный" коэффициент полезного действия для ступени В $((2612-1637)/(2612-1831)) \cdot 100=125\%$. Средний коэффициент полезного действия для первых двух ступеней $(\text{энерговыведение})/(\text{энергозатраты})=((3493-2926)+(3667-2777)+1,56 \cdot (2612-1637))/(3493-750+3667-2926+1,56 \cdot (2612-1831))=63,3\%$. Данная фигура, разумеется, представляет собой приближение, поскольку не были учтены энергетические потери. Однако лишь для 2 простых (использующих только один повторный нагрев на ступени А) ступеней, это конструктивное решение по коэффициенту полезного действия уже в значительной мере выходит за пределы производительности, возможные для систем с современными конструктивными решениями. Третья ступень будет приводить к коэффициенту полезного действия, который будет превышать таковой, заданный уравнениями Карно, и таким образом, лишать их законной силы. При неограниченном количестве ступеней и для идеальных систем фактически можно приблизиться к коэффициенту полезного действия около 100%.

Обсужденные выше примерные варианты осуществления могут предоставлять определенные преимущества. И хотя они не требуются для практических аспектов раскрытия, эти преимущества могут включать:

то, что будет уменьшаться себестоимость единицы энергии. Будет уменьшено загрязнение, так как для того же количества выработанной электроэнергии будет требоваться сжигание меньшего количества топлива;

на планете, столкнувшейся со значительной опасностью неконтролируемого роста температуры по причине загрязнения, это будет обеспечивать значительное облегчение;

другим преимуществом является то, что существующие мощности выработки электроэнергии будут значительно возрастать при относительно небольших дополнительных капиталовложениях.

Специалисту в данной области техники следует отметить и понять, что в настоящем изобретении используются различные средства. Каждое средство представляет собой конкретное устройство для выполнения конкретных функций, как описано выше. Например,

первое средство и седьмое средство могут включать, без ограничения, насосы и подобные устройства, обладающие аналогичными функциональными возможностями или таким же назначением, как у насоса;

второе средство и пятое средство могут включать, без ограничения, котлы и подобные устройства, обладающие аналогичными функциональными возможностями или таким же назначением, как у котлов;

третье средство, четвертое средство и шестое средство могут включать, без ограничения, турбины высокого давления, турбины низкого давления и подобные устройства, обладающие аналогичными функциональными возможностями или таким же назначением, как у турбин высокого/низкого давления.

Несмотря на то, что варианты осуществления системы для цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения были описаны языком конструктивных признаков и/или способов, следует понимать, что приложенная формула изобретения необязательно ограничивается конкретными описанными признаками или способами. Точнее, конкретные признаки и способы раскрыты в качестве примеров вариантов осуществления системы для цикла преобразования энергии с высоким коэффициентом полезного действия за счет повторного использования скрытой теплоты испарения.

Примеры, упоминаемые во всем настоящем документе, упомянуты только для содействия в понимании основной идеи данного конструктивного решения и никоим образом не ограничивают объем данного конструктивного решения. Важным моментом является то, что скрытая теплота испарения/конденсации (сбросное тепло) переносится на последующие ступени для повышения коэффициента полезного действия при преобразовании теплоты в электроэнергию вместо ее выброса в атмосферу, как происходит в современной практике. Все конструктивные решения с минимальными модификациями или изменениями, ориентированные на повторное использование скрытой теплоты испарения/конденсации (сбросной теплоты), описанные в настоящем документе, также охватываются объемом данного патента.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Многоступенчатое устройство для выработки электроэнергии с, по меньшей мере, двухступенчатым механизмом обмена сбросной теплотой, при этом это устройство для выработки электроэнергии содержит:

энергетический цикл первой ступени, содержащий турбины, первый котел, насос высокого давления и первую рабочую текучую среду и выполненный с возможностью выработки электроэнергии, и вырабатывающий на выходе турбины пар, содержащий энергию сбросной теплоты;

энергетический цикл второй ступени, выполненный с возможностью выработки электроэнергии, содержащий насос, теплообменник, общий для обеих ступеней, ступень извлечения энергии, теплообменник, и

содержащий второй котел, выполненный с возможностью приема второй рабочей среды в форме жидкости или пара при высоких температуре и давлении, и вторую рабочую текучую среду; при этом

указанный теплообменник, общий для обеих ступеней, выполнен так, что вторая рабочая среда поглощает сбросную теплоту, вырабатываемую энергетическим циклом первой ступени при давлении и температуре, достаточно высоких для того, чтобы вызвать полный фазовый переход как в первой рабочей текучей среде, так и во второй рабочей текучей среде, после чего вторая рабочая текучая среда перегревается для выработки электроэнергии.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что первую рабочую текучую среду нагревают до пара и вторую рабочую текучую среду нагревают до пара, имеющего рабочие температуру и давление, не зависящие от первой рабочей текучей среды.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в энергетическом цикле первой ступени:

указанный насос выполнен с возможностью пропускания первой рабочей текучей среды под высоким давлением,

указанный котел выполнен с возможностью:

приема первой рабочей текучей среды под высоким давлением;

и нагревания первой рабочей текучей среды до высокой температуры с целью выработки нагретых текучей среды/пара;

указанные турбины включают турбину высокого давления и турбину низкого давления, выполненные с возможностью приема нагретых текучей среды/пара и их расширения до той степени, в которой их температура и давление падают до определенных значений, с пропусканием, таким образом, нагретой текучей среды с упавшими температурой и давлением в механизм обмена сбросной теплотой.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что механизм теплообменника выполнен с возможностью: переноса сбросной теплоты, вырабатываемой энергетическим циклом первой ступени, во вторую рабочую текучую среду в энергетическом цикле второй ступени.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в энергетическом цикле второй ступени:

котел выполнен с возможностью:

приема второй рабочей среды в форме жидкости или пара при высоких температуре и давлении, и нагревания второй рабочей текучей среды в форме пара до предпочтительной рабочей температуры;

турбина выполнена с возможностью:

приема нагретого пара при высоких температуре и давлении и

выработки электроэнергии из пара, выходящего из устройства для выработки электроэнергии при низких температуре и давлении и входящего в другой теплообменник либо для переноса его сбросной теплоты в энергетический цикл третьей ступени, либо для выброса в атмосферу;

насос выполнен с возможностью пропускания второй рабочей текучей среды под высоким давлением.

6. Устройство по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что механизм теплообменника выполнен с возможностью:

приема во время энергетического цикла первой ступени пара первой рабочей текучей среды из турбины низкого давления, его охлаждения до той степени, в которой он преобразуется в жидкую форму, и его пропускания в насос; или

приема во время энергетического цикла второй ступени пара второй рабочей текучей среды из турбины и его охлаждения до той степени, в которой он преобразуется в жидкую форму, и его пропускания в другой насос.

7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что все рабочие текучие среды выбраны из группы текучих сред, подходящих для использования в качестве рабочей текучей среды и действующих при давлениях и температурах, не зависящих друг от друга, и, таким образом, во всех ступенях могут быть использованы разные давления и температуры.

8. Устройство по п.1, отличающееся тем, что рабочие текучие среды разных ступеней являются физически изолированными и не могут смешиваться.

9. Устройство по п.1, отличающееся тем, что скрытая теплота испарения первой ступени переносится на вторую ступень при давлении и температуре, достаточно высоких, для того чтобы вызвать зна-

чительное увеличение температуры и энергосодержания и фазовый переход второй рабочей текучей среды из жидкости в пар или сверхкритический пар, и в этом процессе пар из первой ступени превращается в жидкость.

10. Устройство по п.9, отличающееся тем, что фазовый переход второй рабочей текучей среды из жидкости в пар или сверхкритический пар представляет собой полный фазовый переход.

11. Устройство по п.1, отличающееся тем, что выбраны текучие среды с физическими свойствами, обеспечивающими простой перенос скрытой тепловой энергии с одной ступени на следующую в механизме обмена скрытой теплотой.

12. Устройство по п.1, отличающееся тем, что механизм обмена сбросной теплотой приспособлен для использования со всеми энергетическими системами на тепловой основе даже тогда, когда окончателная выходная мощность представляет собой некоторую форму неэлектрической выходной мощности.

13. Устройство по п.1, отличающееся тем, что любая из отдельных ступеней при необходимости приспособлена для работы при субкритических, критических или сверхкритических температурах и давлениях.

14. Способ выработки электроэнергии с применением устройства для выработки электроэнергии по п.1 с по меньшей мере двухступенчатым энергетическим циклом, при этом этот способ включает:

выработку в энергетическом цикле первой ступени, содержащем первую рабочую текучую среду, электроэнергии и пара на выходе турбины, содержащего сбросную теплоту;

выработку в энергетическом цикле второй ступени, содержащем вторую рабочую текучую среду, электроэнергии и сбросной теплоты; при этом

вторая рабочая текучая среда поглощает сбросную теплоту, вырабатываемую энергетическим циклом первой ступени при давлении и температуре, достаточно высоких для того, чтобы вызвать полный фазовый переход как в первой рабочей текучей среде, так и во второй рабочей текучей среде, после чего вторая рабочая текучая среда перегревается в механизме теплообменника для выработки электроэнергии.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что включает:

пропускание насосом первой рабочей текучей среды под высоким давлением;

прием котлом первой рабочей текучей среды под высоким давлением;

нагревание котлом первой рабочей текучей среды до высокой температуры;

прием турбиной высокого давления нагретой текучей среды и ее расширение до той степени, в которой ее температура и давление падают до определенных значений, с пропусканием, таким образом, нагретой текучей среды с упавшими температурой и давлением в котел для повторного нагрева текучей среды с упавшими температурой и давлением, при этом нагретую текучую среду с упавшими температурой и давлением подвергают повторному нагреву;

выработку турбиной низкого давления электроэнергии из пара, вырабатываемого при высокой температуре и низком или промежуточном давлении; и

выработку турбиной низкого давления пара на выходе с низкой температурой и низким давлением, содержащего энергию сбросной теплоты.

16. Способ по п.14, отличающийся тем, что включает обмен с использованием механизма теплообменника сбросной теплотой, выработанной в энергетическом цикле первой ступени, со второй рабочей текучей средой в энергетическом цикле второй ступени и преобразование второй рабочей текучей среды в нагретую текучую среду, претерпевающую фазовый переход, или в пар.

17. Способ по п.14, отличающийся тем, что включает:

прием с использованием второго котла второй рабочей текучей среды в форме нагретой текучей среды, претерпевающей фазовый переход, или пара из механизма теплообменника при высоких температуре и давлении;

нагревание с использованием второго котла второй рабочей текучей среды в форме пара до требуемой температуры;

прием с использованием турбины нагретого пара при высоких температуре и давлении и выработку электроэнергии из пара, вырабатываемого и отводимого от турбины при низких температуре и давлении и содержащего сбросную теплоту;

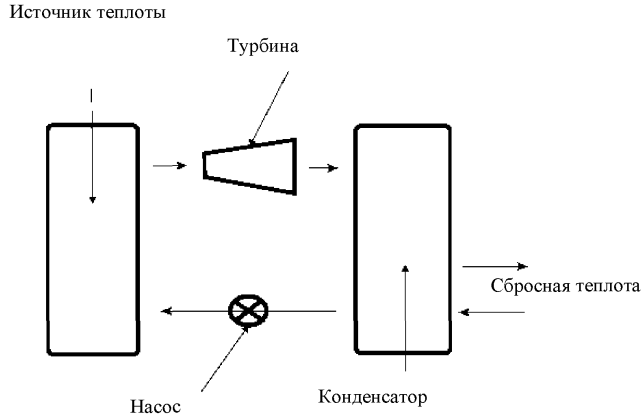
пропускание второй рабочей текучей среды под высоким давлением с использованием другого насоса.

18. Способ по п.14, отличающийся тем, что включает:

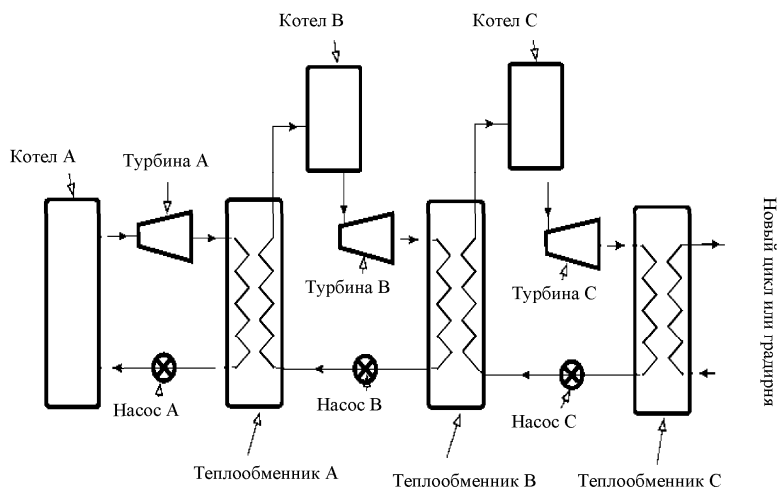
прием с использованием механизма теплообменника во время энергетического цикла первой ступени пара первой рабочей текучей среды из турбины низкого давления и его охлаждение до той степени, в которой он преобразуется в жидкую форму, и его пропускание в насос; или

прием с использованием механизма теплообменника во время энергетического цикла второй ступени пара второй рабочей текучей среды из турбины, его охлаждение до той степени, в которой он преобразуется в жидкую форму, и его пропускание в другой насос; и

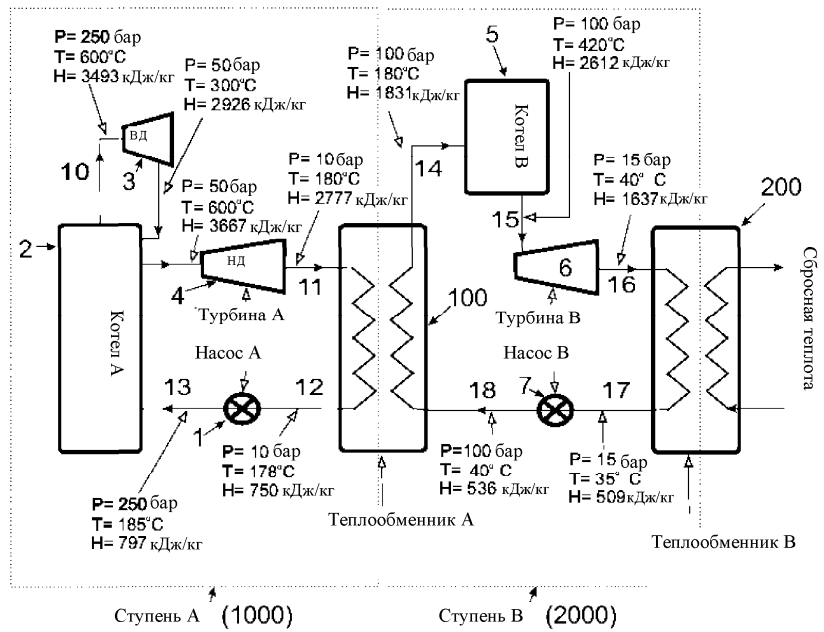
испускание или перенос на следующую ступень скрытой теплоты испарения после энергетического цикла второй ступени с использованием механизма теплообменника.



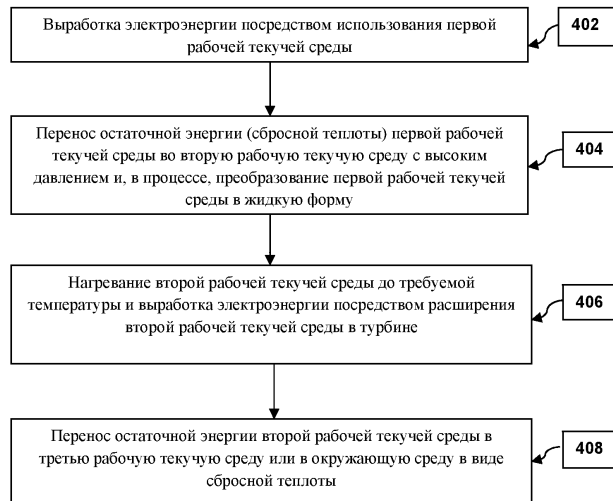
Фиг. 1



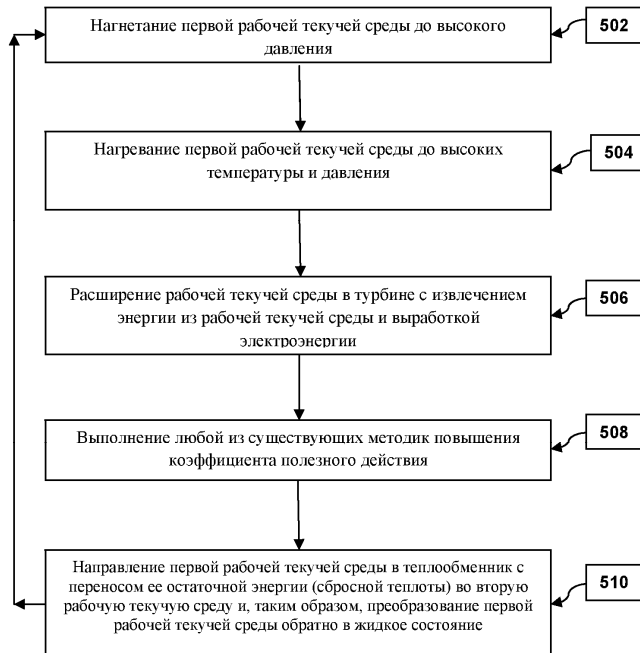
Фиг. 2



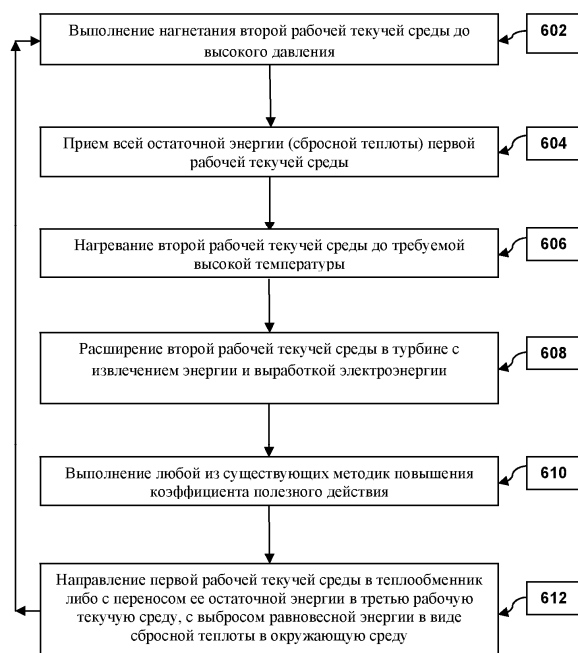
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

