

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202291363** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2022.09.19

(51) Int. Cl. *F01K 13/00* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.10.22

(54) **СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ, ОСНОВАННЫЙ НА ЛЕВОНАПРАВЛЕННОМ ТЕРМИЧЕСКИ РЕГЕНЕРАТИВНОМ ЦИКЛЕ В СОЧЕТАНИИ С ТЕПЛОВЫМ УСКОРЕНИЕМ, И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**

(31) 10 2019 007 886.1

(72) Изобретатель:

(32) 2019.11.02

Харацим Вольфганг (DE)

(33) DE

(74) Представитель:

(86) PCT/DE2020/000253

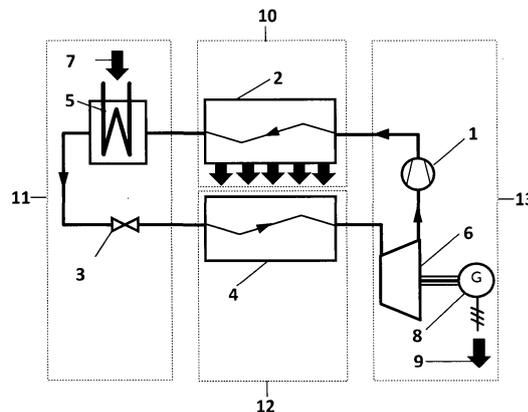
Нилова М.И. (RU)

(87) WO 2021/083443 2021.05.06

(71) Заявитель:

**ДИПЛОМАТ ГЕЗЕЛЬШАФТ ЦУР
ВИРЧ. РЕСТРУКТУРИРУНГ УНД
ВИРЧАФТСФЁРДЕРУНГ МБХ (DE)**

(57) Изобретение относится к способу преобразования тепловой энергии в электрическую энергию, основанному на левонаправленном термически регенеративном цикле в сочетании с тепловым ускорением, и его применению, который может быть использован в первую очередь в области энергетики. Глобально растущий спрос на энергию увеличивает антропогенную нагрузку на климат и окружающую среду, поскольку в соответствии с современным уровнем техники для обеспечения средств передвижения и для производства электроэнергии сжигают в основном ископаемые источники энергии, которые все без исключения основаны на правонаправленных теплоэнергетических процессах. Побочными эффектами являются отработанное тепло и выхлопные газы. Задачей изобретения является снижение антропогенной нагрузки на климат и окружающую среду посредством нового базового процесса. Хотя левонаправленные паровые холодильные процессы требуют работы сжатия для приведения в движение, но они могут быть регенерированы термически, поскольку требуемое для конденсации охлаждение происходит при более высоком уровне давления и температуры, чем испарение. Если при фазовом переходе ещё используют увеличение объёма для повышения скорости жидкости в поперечном сечении потока (тепловое ускорение), то в процессе возникает больше извлекаемой энергии потока для выработки электроэнергии, чем необходимо для внутренней циркуляции. Левонаправленный теплоэнергетический процесс.



A1

202291363

202291363

A1

**СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ, ОСНОВАННЫЙ НА
ЛЕВОНАПРАВЛЕННОМ ТЕРМИЧЕСКИ РЕГЕНЕРАТИВНОМ ЦИКЛЕ
В СОЧЕТАНИИ С ТЕПЛОВЫМ УСКОРЕНИЕМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИИ**

5

Изобретение относится к "способу преобразования тепловой энергии в электрическую энергию, основанному на левонаправленном (обход цикла против часовой стрелки) термически регенеративном цикле в сочетании с тепловым ускорением и его применении", который может быть использован в первую очередь в области энергетики.

Глобально растущий спрос на энергию увеличивает антропогенную нагрузку на климат и окружающую среду, поскольку тепловые циклы, используемые в соответствии с современным уровнем техники для обеспечения средств передвижения и для производства электроэнергии, в основном сжигают ископаемые источники энергии, которые дополнительно влияют на воздушную смесь атмосферы через выхлопные газы.

20

В термическом цикле рабочее тело проходит через ряд технологических этапов с различными изменениями давления, объёма и температуры, пока циклически не достигнет исходного состояния. Системно за нагревом следует охлаждение, а за сжатием - расширение, чтобы снова прийти в исходное состояние. Если сжатие происходит в меньшем по объёму состоянии рабочего тела, чем расширение, то тогда принципиально речь идёт о правонаправленных (обход цикла по часовой стрелке) теплоэнергетических процессах, используемых, например, в газовых турбинах, на паровых или комбинированных парогазовых электростанциях, в дизельных или бензиновых двигателях. Подлежащая подведению работа сжатия и тепловая энергия для

30

нагрева увеличивают давление и температуру рабочего тела и увеличивают при этом удельный объём. С отведением работы расширения или, соответственно, механической энергии и тепловой энергии для охлаждения происходит возвращение давления, температуры и удельного объёма в исходное состояние, после чего
5 начинается новый цикл.

Отношение полезного эффекта (работа расширения минус работа сжатия) к затратам (подведённая тепловая энергия) характеризует эффективность теплоэнергетических процессов. Согласно нулевому закону термодинамики передача тепла происходит от более тёплого тела к более холодному, после чего подлежащая отведению тепловая энергия для охлаждения может быть передана только ещё в окружающую среду. Из подведённой
10 тепловой энергии возникает - наряду с целевой величиной работы или, соответственно, механической энергии - также отработанное тепло, которое уже не может быть использовано в ходе цикла, что математически отражено в КПД цикла Карно. Он зависит только от абсолютных значений граничных температур процесса и
15 представляет собой недостижимый теоретический максимум эффективности для тепловых правонаправленных энергетических процессов, основанных на базовом процессе сжатия малого объёма, нагрева, расширения большого объёма и охлаждения, и это независимо от вариантов внутренних схем, таких как рекуперация
20 отработавших газов, промежуточное охлаждение, подогрев питательной воды, промежуточный нагрев, турбонаддув и т.д. Чтобы получить высокую эффективность, эти процессы требуют высокой температуры, достигаемой в основном сжиганием топлива, требуют обычно высокого давления и низкой температуры окружающей
25 среды для отработанного тепла, что приводит к антропогенной нагрузке на климат и окружающую среду.
30

В соответствии с современным уровнем техники существует ещё один тепловой цикл, повышающий посредством подведения работы температурный уровень подведённой тепловой энергии в ходе процесса для полезных целей и известный - в зависимости от

5 выходной величины - как левонаправленный процесс охлаждения или, соответственно, процесс теплового насоса или в общем случае как рабочий тепловой процесс. Базовый процесс основан на нагреве, сжатии большого объёма, охлаждении, расширении малого объёма и соответствует теплоэнергетическому процессу, однако в

10 обратном направлении потока. В зависимости от выходной величины отношение полезного эффекта к затратам даёт коэффициент мощности, показывающий кратность подведённой работы сжатия. Это значение не может быть произвольно большим, поскольку математический вывод теоретического максимума через абсолютные

15 значения граничных температур процесса снова приводит к КПД цикла Карно $\eta = (T_{\max} - T_{\min}) / T_{\max}$. Чем меньше разность значений температуры на подведении и отведении тепловой энергии, тем больше коэффициент мощности и тем меньше подведение работы для сжатия.

20

В правонаправленном теплоэнергетическом процессе отработанное тепло после расширения обеспечивает достижение рабочим телом исходного состояния, но затем в последующем цикле его количества не хватает, что повышает подведение тепловой

25 энергии. Обусловленная циклом неизменная необходимость применительно к правонаправленным энергетическим процессам является причиной названного по имени французского инженера Карно дефицита теплоэнергетического преобразования.

30

В соответствии с современным уровнем техники левонаправленные рабочие тепловые процессы не могут быть использованы для выработки электроэнергии, поскольку только в

обратимом случае количество для подлежащей подведению энергии сжатия равно количеству подлежащей отведению энергии расширения в обратном случае. В реальных условиях для повышения температурного уровня с целью выработки
5 электроэнергии должно было бы быть подведено больше движущей энергии, чем может дать регенерация электроэнергии.

Задачей изобретения является снижение антропогенной нагрузки на климат и окружающую среду посредством нового
10 базового процесса.

Эта задача по существу решена согласно изобретению посредством отличительных признаков пунктов 1-13 формулы изобретения. В соответствии с современным уровнем техники
15 существует принципиальное разделение задачи: левонаправленный процесс - передача тепла посредством повышения давления через подведение работы или правонаправленный процесс - энергия плюс отработанное тепло из подведения тепловой энергии.

Хотя левонаправленные паровые холодильные процессы требуют работы сжатия для приведения в действие, но они могут
20 быть в принципе регенерированы термически, поскольку охлаждение, необходимое для конденсации рабочего тела, происходит при более высоком уровне давления и температуры, чем требуемый нагрев для испарения. Такой вариант схемы до сих пор
25 не имел смысла, поскольку отводить можно было бы только возникающее при компрессии тепло сжатия, что является требующим больших затрат подтверждением известного с 1842 года механического теплового эквивалента - электрического
30 нагревательного элемента.

При фазовом переходе из жидкости в газ, например, вода при давлении 1 бар и температуре 99,6 °С увеличивает свой объём в 1624 раза, что соответствует работе по изменению объёма 169,24 кДж/кг. Это количество должно быть подведено термически, когда
5 при испарении в специально сконструированном теплообменнике скорость рабочего тела возрастает с увеличивающимся объёмным расходом через поперечное сечение потока. При этом тепловая энергия преобразуется в кинетическую энергию потока, которая, с одной стороны, обеспечивает работу сжатия для регенеративного
10 процесса связывания, а с другой стороны, приводит в действие расположенную ниже по потоку турбину постоянного давления для выработки электроэнергии.

В сочетании с термически регенеративным левонаправленным
15 паровым холодильным процессом при низкой разности значений давления между конденсацией и испарением возникает, таким образом, новый теплоэнергетический базовый процесс, поскольку циклически на технологическом этапе нагрева при испарении можно
20 получить больше полезной работы по изменению объёма посредством теплового ускорения, чем требуется для работы сжатия с целью поддержания внутренней циркуляции. Оставшаяся кинетическая энергия потока, которая может быть отделена через турбину постоянного давления, точно соответствует количеству энергии, которое должно быть подведено термически. Таким
25 образом, из левонаправленного рабочего процесса теплопередачи возникает новый левонаправленный теплоэнергетический процесс, в котором объёмы тепловой энергии циклически циркулируют внутри без отработанного тепла.

30 Новый теплоэнергетический базовый процесс отличается тем, что подлежащая отведению тепловая энергия от охлаждения (2) с помощью теплообменника полностью передаётся на нагрев (4) с

помощью теплообменника, что сжатие (1) большого объёма и расширение (3) малого объёма должно только поддерживать разность значений давления и температуры, необходимую для передачи тепла от охлаждения (2) с помощью теплообменника на 5 нагрев (4) с помощью теплообменника, что наряду с процессом испарения при нагреве (4) с помощью теплообменника между входом и выходом дополнительно с целью теплового ускорения используют увеличение объёма для повышения энергии потока, что подведение (7) тепловой энергии происходит с тепловым 10 ускорением (5) с помощью теплообменника, что тепловое ускорение (5) с помощью теплообменника обеспечивает передачу тепла на протекающее рабочее тело, что сжатие (1) большого объёма использует части энергии потока, что турбина (6) приводит в действие генератор (8) посредством основной части энергии потока, 15 что выведение электроэнергии из процесса происходит через токоотвод (9), что рабочее тело циклически проходит принципиальные технологические этапы: конденсация через передачу тепла на испарение (10), сначала нагрев для теплового ускорения и затем расширение или обратная последовательность 20 (11), испарение через регенерированную передачу тепла из конденсации в сочетании с тепловым ускорением (12), сначала снижение скорости в турбине и затем сжатие или обратная последовательность (13).

25 Таким образом, задача решена. Наиболее существенным преимуществом изобретения является устранение отведения тепла в окружающую среду, что не только повышает эффективность, но и снимает теперь ограничение по температуре окружающей среды. В зависимости от конкретных характеристик материала рабочих тел, 30 которые могут быть использованы, процессы конденсации и испарения происходят изолированно также при пониженных температурах, причём также снижается температурный уровень

подлежащей подведению тепловой энергии. Например, пропан при давлении 1 бар испаряется при температуре $-42,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Требуемая температура на входе в тепловое ускорение (5) с помощью теплообменника t_E составляет тогда около $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы можно было энергетически использовать всю работу по изменению объёма. Другие рабочие тела при том же внутреннем давлении в 1 бар, такие как этан ($t_E = -70\text{ }^{\circ}\text{C}$), ксенон ($t_E = -82\text{ }^{\circ}\text{C}$), криптон ($t_E = -134\text{ }^{\circ}\text{C}$) и т.д., имеют ещё более низкую температуру, что означает, что как природные источники энергии, такие как окружающий воздух или вода мирового океана, так и технологически обусловленные источники отработанного тепла из технологического охлаждения или из кондиционирования воздуха в принципе возможны для выработки электроэнергии без сжигания.

В отличие от современного уровня техники правонаправленных теплоэнергетических процессов, характеризующихся высокими значениями температуры и давления в ходе процесса, в новом процессе достаточно иметь разность значений температуры от 10 К до 50 К от температуры испарения и разность значений давления в миллибарном диапазоне. Эти параметры по аналогии больше подходят к метеорологии. Ветер возникает в результате сложных процессов в атмосфере, которые в основном обусловлены солнечным излучением. Различия в плотности различных воздушных масс, вызванные различиями в водной нагрузке и температуре, приводят к возникновению областей высокого и низкого давления, причём охлаждение в верхних слоях вызывает конденсацию влаги в виде дождя. После этого холодные, более тяжёлые воздушные массы устремляются обратно к областям низкого давления. Ветрогенераторы (турбины постоянного давления) используют этот естественный цикл изменения интенсивности и направления для выработки электроэнергии без выделения CO_2 .

Предпочтительный вариант осуществления изобретения и его применения показан на фиг. 2.

5 Здесь теплопередача со ссылкой на базовый процесс фиг. 1 происходит от охлаждения (2) с помощью теплообменника на нагрев (4) с помощью теплообменника посредством расположенного в емкости (15) трубчатого спирального теплообменника (14) по всей его длине, причём на наружной трубе циклически конденсируется протекающее рабочее тело и стекает на дно в емкости (15). Во
10 внутренней трубе впрыскиваемый на вход конденсат испаряется по всей длине трубчатого спирального теплообменника (14) до выхода при постоянном поперечном сечении потока, из-за чего скорость рабочего тела возрастает с увеличивающимся испарением. Работа по изменению объёма ($p * \Delta V$) превращается в кинетическую
15 энергию ($\Delta c^2/2$). Увеличение объёма происходит в результате высвобождения молекулярных связей в жидкости при постоянном давлении, для чего требуется тепловая энергия, причём температура не растёт, пока не произойдёт полный разрыв всех
20 связей. При конденсации этот процесс идёт в обратном направлении. Подводимые и отводимые объёмы тепловой энергии, требуемые для данного фазового перехода, циркулируют в трубчатом спиральном теплообменнике (14) и, таким образом, определяют его длину. Эта конструкция теплообменника
25 способствует смачиванию внутренней поверхности трубы за счёт отделения центробежной силой более тяжёлых капель жидкости путём постоянного изменения направления с вторичными поперечными потоками, что интенсифицирует теплопередачу и ограничивает конструктивный размер. Это является важным
30 аспектом с позиции трудоёмкости изготовления, поскольку на каждый кВт электроэнергии от процесса приходится - в зависимости

от рабочего тела - примерно 10-16 кВт внутренней тепловой циркуляции.

Дополнительный насос (16) не является абсолютно
5 необходимым в соответствии с базовым процессом фиг. 1, но он
улучшает практическую реализацию за счёт выходной величины по
электроэнергии. Он компенсирует потери давления, возникающие в
трубопроводе между дном емкости и вихревой форсункой (17), а
также в теплообменнике теплового ускорения (5) при
10 транспортировке конденсата, и обеспечивает давление для
образования вихря. Вихревая форсунка (17) на входе трубчатого
спирального теплообменника (14) соответствует технологическому
этапу расширения (3) малого объёма на фиг. 1.

15 Условия потока при внутреннем теплообмене в отношении
разности значений давления между конденсацией и испарением, а
также согласование с турбиной (21) постоянного давления
улучшаются, если через байпас (18) с выхода диффузора (20) через
расширяющуюся форсунку (19) поступает газообразный поток части
20 массы ко входу трубчатого спирального теплообменника (14). Хотя
поток части массы, который необходимо ускорить, уменьшает
скорость рабочего тела, но он пропорционально увеличивает поток
массы, благодаря чему кинетическая энергия потока сохраняется в
более полезной форме.

25

Для поддержания условий постоянного потока в процессе
необходимо, чтобы блок (22) управления током после токоотвода
(9) через генератор (8) постоянно нагружал турбину (21)
постоянного давления и преобразовывал ток так, чтобы его можно
30 было использовать, обслуживать электросеть по приоритету и
регулируемо выводить избыток тока через электрические
нагревательные резисторы в окружающую среду. Это также

включает в себя то, что циркуляционная система (23) берёт на себя подведение тепловой энергии (7) к теплообменнику теплового ускорения (5) независимо от системы (24) ввода источников тепла со всегда сохраняющейся постоянной температурой при постоянном
5 массовом расходе. Для управления нагрузкой нет необходимости воздействовать на поток, так как процесс всегда постоянно действует в максимальном расчётном состоянии. Для этого необходима система (24) ввода источников тепла, которая объединяет как источники отработанного тепла из охлаждения и из
10 кондиционирования (25) воздуха, так и использует охлаждение наружного воздуха (26), чтобы поддерживать постоянную величину для подведения (7) тепловой энергии в циркуляционную систему (23) без сжигания.

15 Таким образом, задача решена, поскольку процесс автономно получает электроэнергию из энергии окружающей среды и при этом охватывает все случаи нагрузки вплоть до максимальной, для чего в принципе все рабочие тела могут быть использованы в процессе. Выработка электроэнергии без выделения CO₂ является важным
20 вкладом в противодействие изменению климата.

На фиг. 1 показан базовый процесс преобразования тепловой энергии в электрическую энергию на основе левонаправленного теплового регенерированного цикла в сочетании с тепловым
25 ускорением.

На фиг. 2 показана блок-схема предпочтительного варианта осуществления изобретения и его применения в соответствии с фиг.
1.

Список ссылочных обозначений

- | | | |
|----|----|--|
| | 1 | Сжатие большого объёма |
| | 2 | Охлаждение с помощью теплообменника |
| 5 | 3 | Расширение малого объёма |
| | 4 | Нагрев с помощью теплообменника |
| | 5 | Тепловое ускорение с помощью теплообменника |
| | 6 | Турбина |
| | 7 | Подведение тепловой энергии |
| 10 | 8 | Генератор |
| | 9 | Токоотвод |
| | 10 | Конденсация через передачу тепла на испарение |
| | 11 | Сначала нагрев для теплового ускорения и затем расширение или обратная последовательность |
| 15 | 12 | Испарение через регенерированную передачу тепла из конденсации в сочетании с тепловым ускорением |
| | 13 | Сначала снижение скорости в турбине, а затем сжатие или обратная последовательность |
| | 14 | Трубчатый спиральный теплообменник |
| 20 | 15 | Емкость |
| | 16 | Насос |
| | 17 | Вихревая форсунка |
| | 18 | Байпас |
| | 19 | Расширяющаяся форсунка |
| 25 | 20 | Диффузор |
| | 21 | Турбина постоянного давления |
| | 22 | Блок управления током |
| | 23 | Циркуляционная система |
| | 24 | Система ввода источников тепла |
| 30 | 25 | Источники отработанного тепла из охлаждения и из кондиционирования воздуха |
| | 26 | Наружный воздух |

Формула изобретения

1. Способ преобразования тепловой энергии в электрическую энергию, основанный на левонаправленном термически регенеративном цикле в сочетании с тепловым ускорением и его применении, состоящий из известных основных технологических операций левонаправленных паровых холодильных процессов, согласно которому рабочее тело циклически проходит через сжатие (1) большого объёма, охлаждение (2) с помощью теплообменника с конденсацией, расширение (3) малого объёма и нагрев (4) с помощью теплообменника с испарением,

отличающийся тем,

а.) что подлежащую отведению тепловую энергию от охлаждения (2) с помощью теплообменника полностью передают на нагрев (4) с помощью теплообменника,

б.) что сжатие (1) большого объёма и расширение (3) малого объёма должны только поддерживать разность значений давления и температуры, необходимую для передачи тепла от охлаждения (2) с помощью теплообменника на нагрев (4) с помощью теплообменника,

с.) что наряду с процессом испарения при нагреве (4) с помощью теплообменника между входом и выходом дополнительно с целью теплового ускорения используют увеличение объёма для повышения энергии потока,

д.) что подведение (7) тепловой энергии происходит с тепловым ускорением (5) с помощью теплообменника,

е.) что тепловое ускорение (5) с помощью теплообменника обеспечивает передачу тепла на протекающее рабочее тело,

5 ф.) что сжатие (1) большого объёма использует части энергии потока,

г.) что турбина (6) приводит в действие генератор (8) посредством основной части энергии потока,

10 h.) что выведение электроэнергии из процесса происходит через токоотвод (9),

i.) что рабочее тело циклически проходит принципиальные технологические этапы: конденсация через передачу тепла на испарение (10), сначала нагрев для теплового ускорения и затем расширение или обратная последовательность (11), испарение через регенерированную передачу тепла из конденсации в сочетании с тепловым ускорением (12), сначала снижение скорости в турбине и затем сжатие или обратная последовательность (13).

20

2. Способ по п. 1,

отличающийся тем,

25 что передача тепла от охлаждения (2) с помощью теплообменника на нагрев (4) с помощью теплообменника происходит посредством расположенного в емкости (15) трубчатого спирального теплообменника (14) по всей его длине.

30

3. Способ по пп. 1 и 2,

отличающийся тем,

что протекающее рабочее тело циклически конденсируется в спиральном теплообменнике (14) на наружной трубе и стекает на дно в емкости (15).

5

4. Способ по пп. 1-3,

отличающийся тем,

10

что конденсат, поступающий во внутреннюю трубу на входе, испаряется по всей длине спирального теплообменника (14) вплоть до выхода при постоянном поперечном сечении потока.

5. Способ по пп. 1-4,

15

отличающийся тем,

что насос (16) подаёт конденсат из емкости (15) через тепловое ускорение (5) с помощью теплообменника до вихревой форсунки (17).

20

6. Способ по пп. 1-5,

отличающийся тем,

25

что через байпас (18) с выхода диффузора (20) через расширяющуюся форсунку (19) поступает газообразный поток части массы ко входу трубчатого спирального теплообменника (14),

30

7. Способ по пп. 1-6,

отличающийся тем,

что блок (22) управления током после токоотвода (9) через генератор (8) постоянно нагружает турбину (21) постоянного давления.

5

8. Способ по пп. 1-7,

отличающийся тем,

10 что блок (22) управления током преобразует ток так, чтобы его можно было использовать, обслуживает электросеть по приоритету и регулируемо выводит избыток тока через электрические нагревательные резисторы в окружающую среду.

15

9. Способ по пп. 1-8,

отличающийся тем,

20 что циркуляционная система (23) берёт на себя подведение тепловой энергии (7) на тепловое ускорение (5) с помощью теплообменника независимо от системы (24) ввода источников тепла со всегда сохраняющейся постоянной температурой при постоянном массовом расходе.

25

10. Способ по пп. 1-9,

отличающийся тем,

30 что процесс всегда постоянно действует в максимальном расчётном состоянии.

11. Способ по пп. 1-10,

отличающийся тем,

5 что система (24) ввода источников тепла объединяет как
источники отработанного тепла из охлаждения и из
кондиционирования (25) воздуха, так и использует охлаждение
наружного воздуха (26), чтобы поддерживать постоянную величину
для подведения (7) тепловой энергии в циркуляционную систему
(23) без сжигания.

10

12. Способ по пп. 1-11,

отличающийся тем,

15 что процесс автономно получает электроэнергию из энергии
окружающей среды и при этом охватывает все случаи нагрузки
вплоть до максимальной.

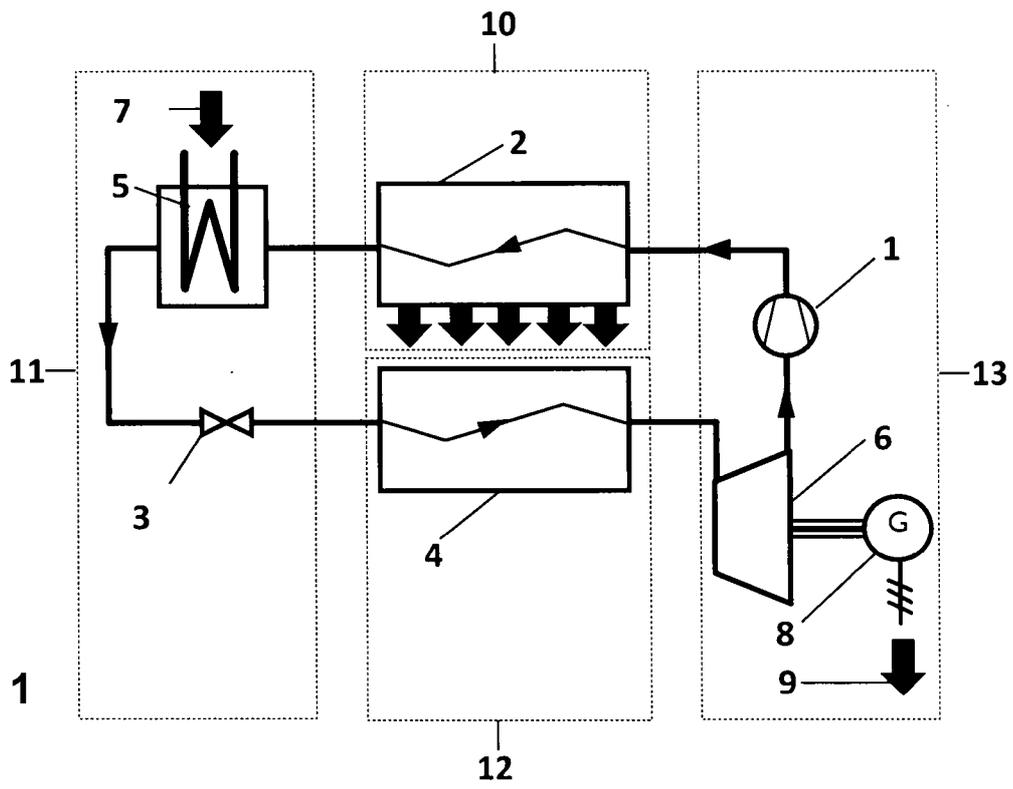
13. Способ по пп. 1-12,

20

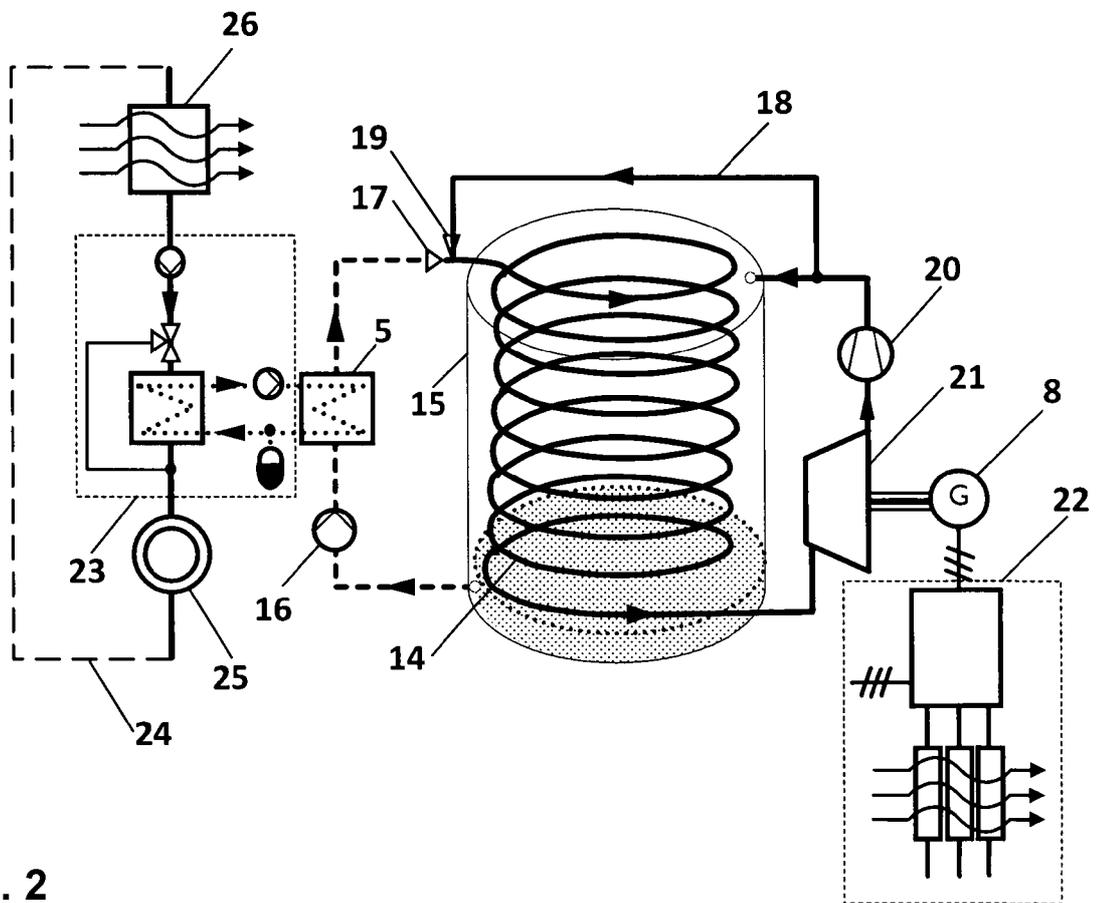
отличающийся тем,

что в указанном процессе в принципе применимы все рабочие
тела.

25



Фиг. 1



Фиг. 2