



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*F25B 15/06* (2006.01)*F25B 30/04* (2006.01)*F25B 11/02* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014139331, 01.03.2013**(24) Effective date for property rights:  
**01.03.2013**Registration date:  
**05.07.2017**

Priority:

(30) Convention priority:  
**01.03.2012 GR 20120100123**(43) Application published: **20.04.2016** Bull. № 11(45) Date of publication: **05.07.2017** Bull. № 19(85) Commencement of national phase: **01.10.2014**(86) PCT application:  
**GR 2013/000012 (01.03.2013)**(87) PCT publication:  
**WO 2013/128215 (06.09.2013)**

Mail address:

**188663, Leningradskaya obl., Vsevolozhskij r-n, OS  
Kuzmolovo, a/ya 5, E.K.Averyanovu**

(72) Inventor(s):

**STYLIARAS Vasilios (GR)**

(73) Proprietor(s):

**STYLIARAS Vasilios (GR)**(54) **HIGH-EFFICIENCY HEAT PUMP, WHICH COMBINES ABSORPTION AND CHANGES IN SOLUTION CONCENTRATION**

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: invention relates to methods for compressing the working fluid used to transfer heat from the coolant with a lower (E) to the coolant temperature with a higher temperature (A1), and may be used in the heat pump. The method combines absorption and change in concentration of the electrolyte solution, such as ZnCl<sub>2</sub>, (Na, K, Cs, Rb) OH, CoI<sub>2</sub>, (Li, K, Na) (Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I, SO<sub>4</sub>) or substances whose concentration decreases with increasing temperature, in a polar solvent: H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, Methanol, ethanol, methylamine, DMSO, DMA, AN, formamide, formic acid. A highly saturated solution is cooled, discharged from the absorber-exchanger (A1) from a high (1) to a low (2) temperature during passage through heat exchanger-crystalliser (NOT) to form absorbent crystals.

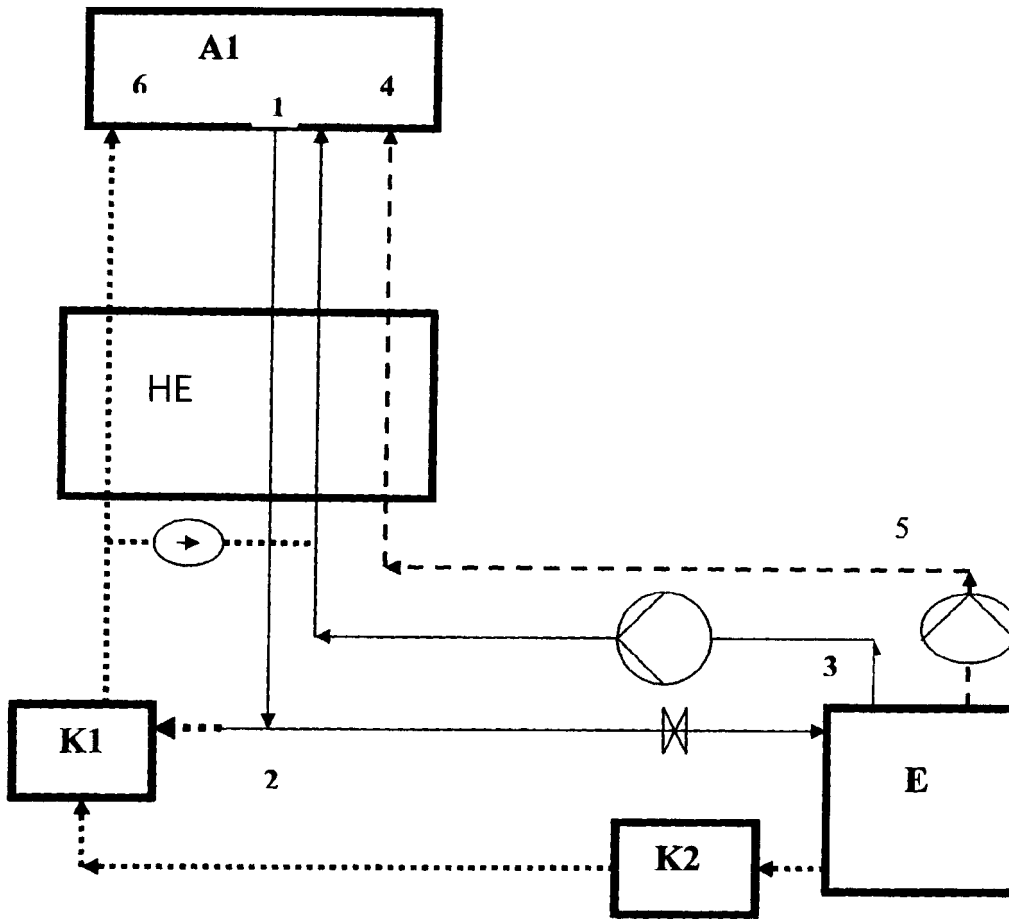
Crystals separated (K1), remains low concentrated solution (2). For cooling low-concentrated solution is partially expanded (2), steam is supplied to crystals (R1) in which they are absorbed. Tighten the solution to the heat exchanger-evaporator pressure (E). The low-concentrated solution is expanded in the turbine producing work and refrigerating cycle to partially evaporate in an evaporator-heat exchanger (E) at a given temperature and solvent vapor formation. The additional absorbent crystals (K2) are separated, connecting them into the previously selected crystals (K1). Steam is heated by passing it through a heat exchanger, a crystalliser (NOT) and compressed (5) of its pressure absorber (A1). The low-concentrated solution (3) remaining after partial evaporation compressed to a pressure absorber (A1) and heated in a heat exchanger,

a crystalliser (NOT). The separated crystals are heated in the heat exchanger, a crystalliser (NOT) is dissolved in a hot solution of (3) to form the highly-concentrated solution. Steam (4) is streamed into the absorber (A1), where the vapor is absorbed, and the heat is removed

and re-formed starting solution.

EFFECT: method improves the efficiency of heat transfer, such as heating, air conditioning.

8 cl, 4 dwg



ФИГ. 1

R U 2 6 2 4 6 8 4 C 2

R U 2 6 2 4 6 8 4 C 2

Обычный способ переноса тепла к среде с более высокой температурой, что происходит при применении для охлаждения-замораживания, состоит в использовании цикла расширения-сжатия пара. Хладагент испаряется при давлении  $p_2$ , поглощая тепло из окружающей его среды (низкотемпературного источника тепла), сжимается до более высокого давления  $p_1$ , конденсируется, выделяя тепло при более высокой температуре  $T_1$  (высокотемпературный источник тепла) и расширяется до начального давления  $p_2$ . Холодильный агент представляет собой чистое вещество. Температура испарения и температура конденсации чистого вещества совпадают. Чем выше давление, тем выше температура испарения. Сжатие пара отражает потребление электрической энергии в цикле.

Также возможно применение, в котором используется тепловое сжатие. В этом случае тепло потребляется для сжатия рабочей жидкости. Раствор частично испаряется при высокой температуре. Пар выполняет холодильный цикл в то время, когда раствор расширяется и возвращается в абсорбер, в котором пар абсорбируется (конденсируется) при низкой температуре. Исходный раствор восстанавливается, сжимается и подается на испаритель. Такое использование называется тепловым насосом, использующим абсорбцию, или тепловое сжатие. Рабочая жидкость представляет собой раствор, а не чистое вещество. Наиболее распространенными являются растворы  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  и  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ . Давление пара раствора является функцией температуры, а также концентрации. Идеальные растворы соответствуют закону Рауля  $P=xP_0$ , где  $P_0$  - давление парообразования чистого вещества при заданной температуре, а  $x$  - концентрация.

Реальные растворы отклоняются от этого закона, и  $P=\alpha P_0=\gamma m P_0$ , где  $\alpha$  - активность,  $\gamma$  - коэффициент активности, который является функцией концентрации, а  $m$  - мольная концентрация. Это означает, что при заданной температуре раствор может испаряться при различном давлении в зависимости от концентрации. Пар поглощается раствором и таким образом конденсируется. В дальнейшем будет использоваться термин абсорбция пара, или конденсация. Степень сжатия  $DP=p_1/p_2=\alpha_1 p_{01}/\alpha_2 p_{02}=(\alpha_1/\alpha_2)(p_{01}/p_{02})$ . Отношение  $\alpha_1/\alpha_2$  равняется единице в обычном цикле абсорбции, поскольку раствор имеет одинаковую концентрацию во время испарения и конденсации. В данном способе это отношение менее 1/5. В предельном случае это отношение может равняться  $1/(p_{01}/p_{02})$  и  $DP=1$ . Это означает, что при одинаковом повышении температуры степень сжатия и, следовательно, требуемая работа будут меньше в пропорциональном отношении.

Активность уменьшается при увеличении концентрации электролита. В рассматриваемом применении для целей охлаждения предпочтительными являются растворы с отрицательным отклонением от закона Рауля, т.е. давление пара у них будет ниже, чем у идеального раствора. Также является предпочтительными реакции экзотермического типа, при которых выделяется теплота. Можно использовать множество комбинаций растворитель-растворенное вещество. В дальнейшем в описании под растворенным веществом будет пониматься электролит и в особенности - твердый электролит.

Кажется, что растворы электролита оказались наиболее удобными, хотя также можно использовать и другие виды растворов. В цикле абсорбции имеются два уровня давления, так же как и в механическом (электрическом) цикле сжигания. Преимущество первого состоит в том, что при сжатии жидкости тратится значительно меньше электрической энергии, чем при сжатии пара, и тепло дешевле электричества. В рассматриваемом способе также отсутствует значительное потребление тепла. Тепло поглощается испарителем, и при этом производится пар, и отводится абсорбером, в

котором пар абсорбируется (конденсируется). Повышение температуры зависит от отношения давлений  $\Delta P$ .

Холодопроизводительность COP цикла абсорбции равняется удельной теплоте парообразования чистого растворителя, деленной на удельную теплоту парообразования раствора. Последняя выше, чем первая, и обычно  $COP=0,7$ .

В рассматриваемом способе сжатия рабочей жидкости для переноса тепла испаряющийся и конденсирующийся растворы отличаются друг от друга по концентрации (электролита) насколько возможно, при этом конденсация происходит в наиболее концентрированном растворе (с более высокой концентрацией) с тем, чтобы добиться меньшего  $\Delta P$  при одинаковых уровнях температуры. Частичное испарение раствора происходит при более низкой температуре, чем конденсация в противоположность классическому циклу абсорбции. Раствор с высокой концентрацией растворенного вещества будет называться концентрированным раствором, а раствор с низкой концентрацией электролита - низкоконцентрированным раствором. Изменение концентрации раствора достигается путем изменения температуры раствора.

Растворимость электролитов уменьшается при понижении температуры. В качестве примера можно взять  $RbNO_3$  ( $M=1,3-30$ ) при температуре  $t$  от 0 до  $100^\circ C$ ;  $KBr$  ( $M=4-12$ ) при  $t$  от 0 до  $160^\circ C$ ,  $TiNO_3$  ( $M=1-15$ ) при  $t$  от 0 до  $100^\circ C$ . Один из таких электролитов был выбран для дальнейшего описания. Термин насыщенный раствор относится к раствору, имеющему максимальную концентрацию при заданной температуре.

Растворенное вещество может быть любым веществом, растворимым в растворителе. Наиболее удобными растворяемыми веществами для данного применения являются электролиты. По этой причине в дальнейшем термин электролит будет использоваться вместо термина растворенное вещество. Раствор с высокой концентрацией, концентрированный или насыщенный раствор, охлаждается от высокой температуры до более низкой температуры (температуры окружающей среды). Во время этого процесса некоторое количество растворенного вещества (электролита) образует новую отличную фазу, подобную осадку (кристаллам), которая отделяется от раствора любым известным способом. Оставшийся жидкий раствор имеет более низкую концентрацию электролита (низкоконцентрированный раствор). (Если используется раствор, растворимость в котором снижается при повышении температуры, раствор подогревают от низкой температуры для того, чтобы отделить электролит. Низкоконцентрированный раствор существует при наиболее высокой температуре). Его давление регулируется (путем расширения) с тем, чтобы он испарялся при необходимой температуре для заданной концентрации. Таким образом низкоконцентрированный раствор частично испаряется в испарителе (E), поглощая тепло из окружающей среды (низкотемпературный теплоноситель) и вызывая охлаждение. Пар сжимается и направляется в теплообменник, абсорбер (A), в который также поступают после сжатия отделенный электролит и оставшийся в испарителе низкоконцентрированный раствор.

Исходный концентрированный (имеющий более высокую концентрацию) раствор оказывается восстановленным. Конденсация происходит путем отвода тепла от абсорбера при высокой температуре. Пар может быть поглощен частью отделенной фазы при высокой температуре, и полученный продукт поступает в конденсатор с низкоконцентрированным раствором из испарителя и оставшейся частью отделенной фазы для того, чтобы восстановить исходный раствор, который будет снова охлажден.

Все потоки достигают одинакового давления до того, как они соединяются друг с другом. В случае использования электролита с эндотермической реакцией растворения часть отделенного электролита подается в оставшийся низкоконцентрированный

раствор,двигающийся от испарителя к абсорберу.

Отделение и растворение новой отличной фазы с образованием изменяющего температуру раствора может осуществляться в одном и том же устройстве. Кристаллы остаются в устройстве в одном потоке (охлажденный поток) и растворяются, когда  
5 другой поток (нагретый поток) проходит по той же поверхности. Требуемая теплота растворения рекуперируется через теплообменник от раствора, который охлаждается, проходя в противоположную сторону. Для того чтобы рекуперировать тепло, теплообмен происходит между нагревающим и охлаждающим растворами.

Для более значительного повышения температуры можно объединить более одного  
10 цикла. Испаритель второго цикла, который работает при более высокой температуре, чем испаритель первого цикла, рекуперирует тепло из абсорбера первого цикла.

В любом случае охлаждаемый раствор может охлаждаться до температуры ниже температуры окружающей среды. Частичное испарение отбирает тепло от раствора и охлаждает его до более низкой температуры. Таким образом, его температура и,  
15 следовательно, концентрация еще больше снижаются. Полученный в результате этого электролит соединяется с остальным отделенным количеством, а пар направляется в охлаждаемый раствор или в отделенный электролит. Оставшийся раствор сжимается и испаряется при необходимой температуре, как и ранее.

Рассматриваемый способ представлен на Фиг. 1, на которой растворение отделенного  
20 электролита происходит в двух частях, в устройстве - абсорбере (A1), при этом низкоконцентрированный раствор возвращается в (A1). Концентрированный раствор из (A1) охлаждается от температуры  $T_A$  до температуры  $T_{amb}$  окружающей среды, проходя через теплообменник (HE) (точки 1-2). Концентрация изменяется от  $M_A$  до  $M_E$  и отделенный электролит собирается в сосуд (K1). Оставшийся низкоконцентрированный  
25 раствор расширяется и частично испаряется в испарителе (E), поглощая тепло из окружающей среды. Дополнительное количество отделяется (поскольку концентрированный раствор испаряется) и собирается в (K2), и оттуда поступает в (K1). Создаваемый пар сжимается и поступает в абсорбер (A1) (точка 4), где он абсорбируется (конденсируется) электролитом, поступающим из (K1) (точка 6). Тепло  
30 отводится при температуре  $T_A$ . Оставшийся раствор в испарителе (точка 3) сжимается и нагревается, проходя через (HE), и направляется в устройство (A1), в то время, как остальная часть отделенного электролита уже в нем растворена. Вся отделенная фаза может быть растворена в (A1), а не в низкоконцентрированном растворе. Тепло также отводится. Исходный раствор восстановлен. Низкоконцентрированный раствор,  
35 поступающий из (E) в (A1), поглощает тепло и повышает температуру от  $T_E$  до  $T_A$ . Это тепло можно выразить как  $m c_p \Delta t$ , где  $m$  - масса,  $c_p$  - удельная теплоемкость и  $\Delta t$  - изменение температуры ( $T_A - T_E$ ). Такое же количество тепла отводится концентрированным раствором, который охлаждается от  $T_A$  до  $T_E$ . Пар повышает свою температуру также посредством теплообменника (HE). Электролит  
40 кристаллизуется, когда концентрированный раствор охлаждается, и теплота кристаллизации поглощается. Это может происходить при низкой температуре. Часть этого тепла отводится (в виде теплоты растворения) от (A1) во время конденсации пара. Теплота растворения уравнивается теплотой кристаллизации, которые теоретически равны друг другу. Охлаждение вызывается испарением пара в испарителе (E), а  
45 нагревание - растворением и конденсацией в (A1). Теплота конденсации равняется теплоте парообразования, увеличенной на теплоту стационарного раствора. Энергетический баланс дает:

Энергия на входе:  $Q_{in}$  = теплота испарения растворителя  $q_L$  + теплота кристаллизации электролита  $q_K$  + электрическая энергия, необходимая для сжатия пара  $W_{el}$ .

Энергия на выходе  $Q_{out}$  = теплота конденсации (пара) растворителя  $q_L$  + теплота растворения электролита  $q_{K1}$  в (A1) паром + растворения в низкоконцентрированном растворе  $q_{K2}$ ,  $Q_{out} = -(q_L + q_K)$ .

Результатом является перенос тепла от среды с более низкой температурой  $T_E$  (температурой окружающей среды или более низкой температуры при использовании в холодильной установке) к среде с более высокой температурой  $T_A$  почти без потребления тепла. В зависимости от используемого раствора и конкретного использования потребляется небольшое количество электрической энергии. Это количество в несколько раз меньше, чем требуется при обычном компрессионном цикле. Если пар абсорбируется только отделенной фазой во вторичном абсорбере и полученный продукт соединяется с низкоконцентрированным раствором в (A1), температура конденсации может быть очень высокой, поскольку раствор, образованный во вторичном абсорбере, имеет очень высокую концентрацию.

В любом виде цикла, если используется электролит с эндотермической реакцией растворения, часть отделенного электролита из (K1) растворяется в растворе, двигающемся из (E) в (A) и рекуперировывает тепло из раствора, двигающегося в противоположном направлении.

Для того чтобы достичь повышения температуры до более высокого значения можно объединить два одинаковых цикла. Испаритель второго цикла рекуперировывает тепло из абсорбера первого цикла. Предположим, что первый цикл работает при температуре от  $0^\circ$  до  $120^\circ\text{C}$ , а второй цикл - от  $120^\circ$  до  $250^\circ\text{C}$ . Достигнуто повышение температуры от  $0^\circ$  до  $250^\circ\text{C}$ . Концентрированный раствор второго цикла может быть охлажден ниже своей температуры испарения, поскольку эта температура выше температуры окружающей среды. В качестве примера для первого цикла можно использовать один из названных электролитов и  $\text{PbNO}_3$  для второго цикла ( $M=3,8$  при  $100^\circ\text{C}$  и  $8$  при  $200^\circ\text{C}$ ).

Альтернатива описанному выше циклу представлена на Фиг. 2. Низкоконцентрированный раствор из точки 2 нагревается до температуры имеющегося источника тепла, расширяется и испаряется. Этот раствор после частичного испарения снова охлаждается для того, чтобы отделить дополнительное количество растворенного вещества, и возвращается в испаритель. Раствор подается в абсорбер из другого выхода по отношению к предыдущему варианту. Дополнительное количество растворенного вещества поступает в (K1). В качестве альтернативы испаритель (E) можно использовать как вспомогательный испаритель. Вырабатываемый пар конденсируется и поступает в основной испаритель вместе с оставшимся в (E) раствором при более низкой температуре охлаждения. Здесь раствор испаряется, что вызывает охлаждение. Пар и оставшийся перемещается в абсорбер, как и ранее. В основном испарителе имеется раствор, который не является концентрированным. Низкоконцентрированный раствор можно разделить на два потока. Первый поток поступает непосредственно в основной испаритель, а второй направляется во вспомогательный испаритель.

Еще один альтернативный вариант представлен на Фиг. 3, в нем температура  $T_A$  абсорбции-растворения равняется температуре  $T_E$  (парообразования). При практическом применении  $T_A$  устанавливается немного выше, чем  $T_E$ , с тем, чтобы теплоту конденсации можно было передавать от абсорбера к испарителю. Создаваемый пар (точка б) расширяется, проходя через турбину (TU1) и производя работу, а затем отводит тепло через конденсатор (CON) и конденсируется, далее расширяется и

испаряется в испарителе (EV) для чистого растворителя. При таком применении помимо испарения и конденсации раствора происходит испарение и конденсация чистого растворителя. Далее пар перегревается, сжимается при помощи компрессора (TU2) до давления (A1) (если давление в (A1) выше, чем давление (EV)) и поступает в абсорбер (A1) (точка 7), куда также поступает отделенный электролит из (K) (точка 5). Оставшийся в испарителе раствор направляется в (A2), куда также поступает оставшаяся часть отделенного электролита. Раствор, образованный в (A1), сжимается и поступает в (A2). Исходный концентрированный раствор восстановлен. Этот раствор представляет собой раствор, охлажденный для того, чтобы можно было отделить электролит, как было описано выше. Для простоты, устройства (A1) и (A2) можно построить в виде одного устройства, абсорбера (A1). Отделенный электролит растворяется в растворе, оставшимся после испарения, сжимается и поступает в абсорбер (A1) вместе с паром, образуя исходный раствор. Низкоконцентрированный раствор после отделения электролита и перед поступлением в испаритель рекуперировывает тепло из концентрированного раствора, выходящего из абсорбера, при прохождении через теплообменник (HE). Для того чтобы осуществить это, дальнейшее охлаждение последнего раствора происходит в дополнительном теплообменнике или путем частичного испарения этого раствора до более низкой температуры. В том случае, если используется электролит, характеризующийся эндотермической реакцией растворения, оставшийся после испарения раствор можно охладить до более низкой температуры и нагреть снова. Отделенная фаза растворяется в низкоконцентрированном растворе, когда она возвращается в абсорбер после охлаждения. Теперь этот раствор имеет высокую концентрацию.

Турбины (TU1) и (TU2) используются для того, чтобы управлять температурой (CON) конденсации (нагрева) и испарения (охлаждения) (EV). Эти турбины могут быть соединены таким образом, что работа первой из них используется второй. В этом цикле сжатие достигается при помощи (E), (A) и (K). Степень сжатия представляет собой  $\alpha_1/\alpha_2 = \alpha_E/\alpha_A$ . Также можно использовать дополнительное механическое сжатие пара.

Фиг. 4 представляет собой чертеж, на котором показана связь между температурой T и давлением P при заданной концентрации раствора (ME - концентрация низкоконцентрированного раствора в испарителе, а  $M_A$  - высокая концентрация раствора в абсорбере). Оба устройства работают при температуре  $T_E = T_A$  в то время, как давление в испарителе равно  $P_E$ , а давление в абсорбере -  $P_A$ .

Из баланса энергии следует, что потребленная энергия рекуперирована выделенной энергией. Теплота испарения раствора рекуперирована теплотой конденсации раствора, испарение растворителя осуществляется за счет использования тепла окружающей среды, а кристаллизация - за счет теплоты растворения. Сжатие пара достигается благодаря циклу кристаллизации - растворения, в котором тепло не расходуется (теоретически).

Здесь также можно использовать двухстадийный или многостадийный цикл. В каждом цикле разность давлений в испарителе и абсорбере образуется согласно описанному выше способу. Каждый цикл работает при отличающихся уровнях давления. В каждом цикле используются различные или одинаковые растворенные вещества и один и тот же растворитель. Давление в испарителе во втором цикле близко по значению (предпочтительно, равно) давлению в абсорбере первого цикла, а давление в абсорбере второго цикла близко (предпочтительно равно) давлению в испарителе первого цикла. Пар из испарителя второго цикла выполняет холодильный цикл, описанный выше (конденсация - расширение - испарение) и поступает в абсорбер первого цикла. Пар из

испарителя первого цикла поступает в абсорбер второго цикла. В этом случае достигается более высокое термическое сжатие. Теплота конденсации также рекуперирована теплотой испарения. Необязательно, чтобы циклы работали при одинаковой температуре. К пару можно дополнительное механическое сжатие для того, чтобы впустить его в абсорбер. Пусть абсорбер первого цикла работает при давлении 0,1 бар, испаритель - при давлении 1 бар, а абсорбер второго цикла - при давлении 1 бар и его испаритель - при давлении 10 бар. Пар во втором испарителе находится под давлением 10 бар и расширяется до давления 0,1 бар. Пар в первом испарителе находится под давлением 1 бар и поступает во второй абсорбер при том же давлении 1 бар. Конечная степень сжатия составит  $10/0,1=100$ .

Устройства (А) и (Е) могут быть реализованы в виде одного и того же устройства. Поток, который должен испаряться, и поток, который должен конденсироваться, могут проходить через один и тот же теплообменник. Данный вариант можно использовать, если необходимо произвести работу. Пар из испарителя расширяется, проходя через паровую турбину, и производит работу, а не выполняет холодильный цикл. Поскольку относительное расширение слишком низкое для выработки электроэнергии, пар может поглощаться отдельным электролитом при низкой температуре. Полученный в результате этого продукт подается в устройство (А), куда также поступает оставшийся низкоконцентрированный раствор из испарителя, и при этом образуется исходный концентрированный раствор. В этом случае тепло потребляется на то, чтобы испарить раствор, поскольку теплота поглощения отводится при более низкой температуре. Электролиты, у которых кристаллы соединяются с молекулами растворителя при низкой температуре, а не при повышенной температуре, будут в данном случае более предпочтительными. Преимущество состоит в том, что относительное расширение выше в этом случае, чем в известном энергетическом цикле при той же температуре.

Многие растворители, такие как  $H_2O$ , метанол, формамид, муравьиная кислота, ацетонитрил, диметилформамид, диметилсульфоксид, могут сочетаться со многими электролитами, такими как  $ZCl_2$ ,  $SbCl_2$ ,  $SbF_2$ ,  $COI_2$ ,  $TlCl$ ,  $(Li, Na, K, NH_4 \text{ и т.п.})$  с  $(Cl, Br, I, SO_4...)$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Tl(NO_3)$ ,  $RbNO_3$ .

Можно использовать растворенные вещества, концентрация которых уменьшается при повышении температуры.  $KBr-NH_3$  является примером такого вещества.

Высококонцентрированный раствор находится при низкой температуре, и концентрация снижается при нагревании раствора. Растворенное вещество отделяется снова. Раствор выпаривается при высокой температуре. Пар выполняет известный цикл (конденсация - расширение - испарение) и поступает в абсорбер. Оставшийся раствор возвращается в абсорбер, рекуперировав тепло из раствора, движущегося в противоположном направлении. Отделенное растворенное вещество также поступает в абсорбер, образуя исходный раствор. Теперь требуется теплота парообразования. В альтернативном варианте пар может быть поглощен отдельным растворенным веществом и затем поступать в абсорбер. Растворенное вещество может быть  $NH_3$ , фреоном или другим неэлектролитом. То же самое можно использовать, чтобы произвести работу. Пар расширяется, проходя через турбину, а не выполняет холодильный цикл.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ сжатия рабочей жидкости, используемый для переноса теплоты от теплоносителя с более низкой (Е) температурой к теплоносителю с более высокой температурой (А), в котором используются растворы предпочтительно электролитов,



обнаруживающие значительные отрицательные отклонения от идеальных растворов, подобные растворам  $ZnCl_2$ , (Na, K, Cs, Rb) OH,  $CoI_2$ , (Li, K, Na) ( $Cl_2$ ,  $Br_2$ , I,  $SO_4$ ) в полярных растворителях, подобных  $H_2O$ ,  $NH_3$ , метанолу, этанолу, метиламину, DMSO,

5 DMA, AN, формамиду, муравьиной кислоте, который включает:  
 - охлаждение высококонцентрированного насыщенного раствора, выходящего из абсорбера-теплообменника (A1) от высокой (1) до низкой (2) температуры при прохождении через теплообменник-кристаллизатор (HE) с тем, чтобы образовывались кристаллы абсорбента,

10 - отделение этих кристаллов (K1) от раствора с тем, чтобы остался низкоконцентрированный раствор (2),

- частичное расширение этого раствора с тем, чтобы охладить его на несколько градусов,

- подача пара на кристаллы (K1), в котором они поглощаются,

- сжатие раствора до давления испарителя-теплообменника (E),

15 - расширение низкоконцентрированного раствора с тем, чтобы в испарителе-теплообменнике (E) происходило частичное испарение при заданной температуре и образовывался пар растворителя,

- отделение (K2) дополнительных кристаллов абсорбента, которые соединяются с ранее отобранными кристаллами (K1),

20 - нагревание пара путем пропускания его через теплообменник-кристаллизатор (XE) и сжатие (5) его под давлением абсорбера (A1),

- сжатие низкоконцентрированного раствора (3), оставшегося при частичном испарении, до давления абсорбера (A1) и нагревание его при пропускании через теплообменник-кристаллизатор (XE),

25 - нагревание отделенных кристаллов при пропускании их через теплообменник-кристаллизатор,

- растворение указанных кристаллов в указанном нагретом растворе с образованием высококонцентрированного раствора,

2. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 1, в котором

30 - раствор после отделения кристаллов не расширяется, но подвергается дальнейшему охлаждению после выхода из теплообменника-кристаллизатора (HE) посредством внешнего охлаждающего источника с тем, чтобы понизить его температуру на несколько градусов,

35 - раствор сжимается и нагревается, проходя через теплообменник-кристаллизатор, до температуры источника,

- раствор частично испаряется, поглощая тепло из этого источника тепла,

- оставшаяся часть раствора охлаждается с образованием дополнительного количества кристаллов, сжимается и снова нагревается до того, как она поступит в абсорбер (A1) с кристаллами.

40 3. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 1, отличающийся сочетанием более чем одного подобного цикла, в котором

- абсорбер первого цикла работает при немного более высокой температуре, чем испаритель второго цикла и, таким образом, теплота абсорбции рекуперируется во втором испарителе,

45 - раствор второго цикла, который выходит из своего абсорбера, охлаждается при температуре, более низкой, чем температура его испарителя,

- пар из первого испарителя поступает в абсорбер второго цикла, а пар из испарителя второго цикла поступает в абсорбер первого цикла в том случае, когда в двух циклах

используется один и тот же растворитель,

- первый абсорбер и второй испаритель находятся в одном и том же устройстве.

4. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 1, отличающийся тем, что

- после отделения кристаллов раствор сжимается и нагревается до температуры, близкой к температуре абсорбера,

- раствор частично испаряется (E), рекуперировав теплоту абсорбции,

- пар перегревается, расширяется, проходя через турбину (TU1) конденсируется (CON) с отведением тепла при высокой температуре, расширяется до заданного давления и испаряется (EV), поглощая тепло из источника тепла, рекуперировывает теплоту, проходя через теплообменник-кристаллизатор, сжимается (TU2), если требуется, и поступает в абсорбер (A1), куда также направляются кристаллы,

- абсорбер и испаритель раствора находятся в одном и том же устройстве.

5. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 4, отличающийся сочетанием более чем одного подобного цикла, в котором

- первый раствор обнаруживает большее отрицательное отклонение, чем второй,

- давление пара в первом испарителе раствора равняется давлению пара во втором абсорбере раствора,

- пар, образующийся в испарителе первого цикла, поглощается в абсорбере второго цикла,

- пар из испарителя второго цикла поглощается в абсорбере первого цикла после осуществления холодильного цикла,

- температура в абсорберах выбирается немного выше, чем температура в испарителях, с тем, чтобы тепло, отводимое во время поглощения, использовалось для испарения.

6. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 5, отличающийся тем, что пар, образованный во втором испарителе, расширяется, проходя через турбину, для того, чтобы произвести работу, а не выполнить холодильный цикл,

- после расширения часть пара поглощается в абсорбере, а остаток - отделенным электролитом в то время, когда к испарителю подводится дополнительное тепло.

7. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 1, отличающийся тем, что используется растворенное вещество, концентрация которого снижается при повышении температуры, подобно раствору KBr в NH<sub>3</sub> или газообразным растворенным веществом, таким как Фреон или NH<sub>3</sub>, в котором

- раствор из первого абсорбера сжимается и нагревается до более высокой температуры, а растворенное вещество отделяется и собирается в контейнер (K),

- раствор испаряется при высокой температуре, поглощая тепло,

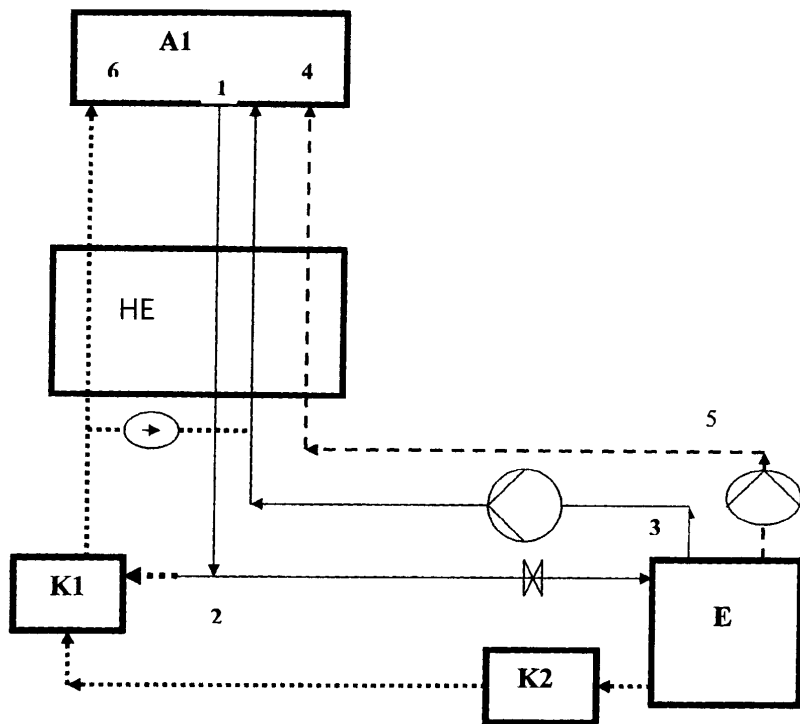
- пар выполняет холодильный цикл, состоящий из конденсации-расширения-испарения и поглощается в абсорбере при низкой температуре,

- оставшийся раствор из испарителя расширяется и поступает в абсорбер,

- отделенное растворенное вещество растворяется в этом растворе и образует исходный концентрированный раствор.

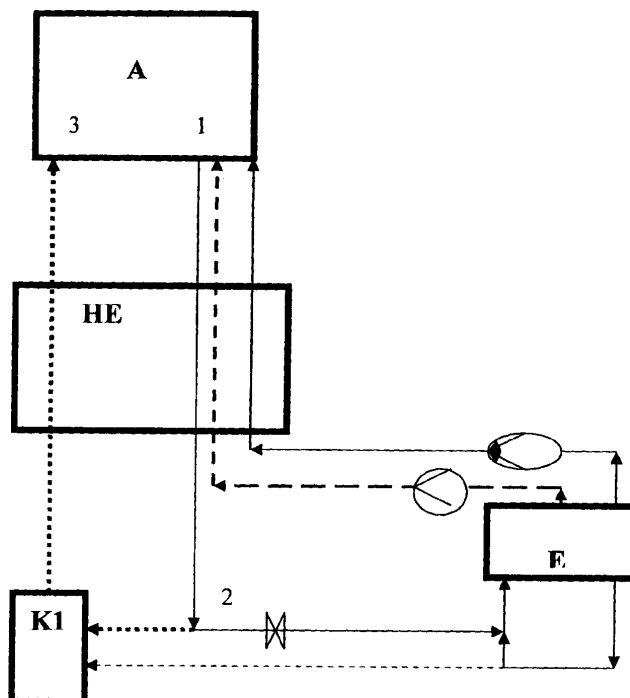
8. Способ сжатия рабочей жидкости по п. 7, отличающийся тем, что пар расширяется, проходя через турбину, и производит работу, а не выполняет холодильный цикл.

1

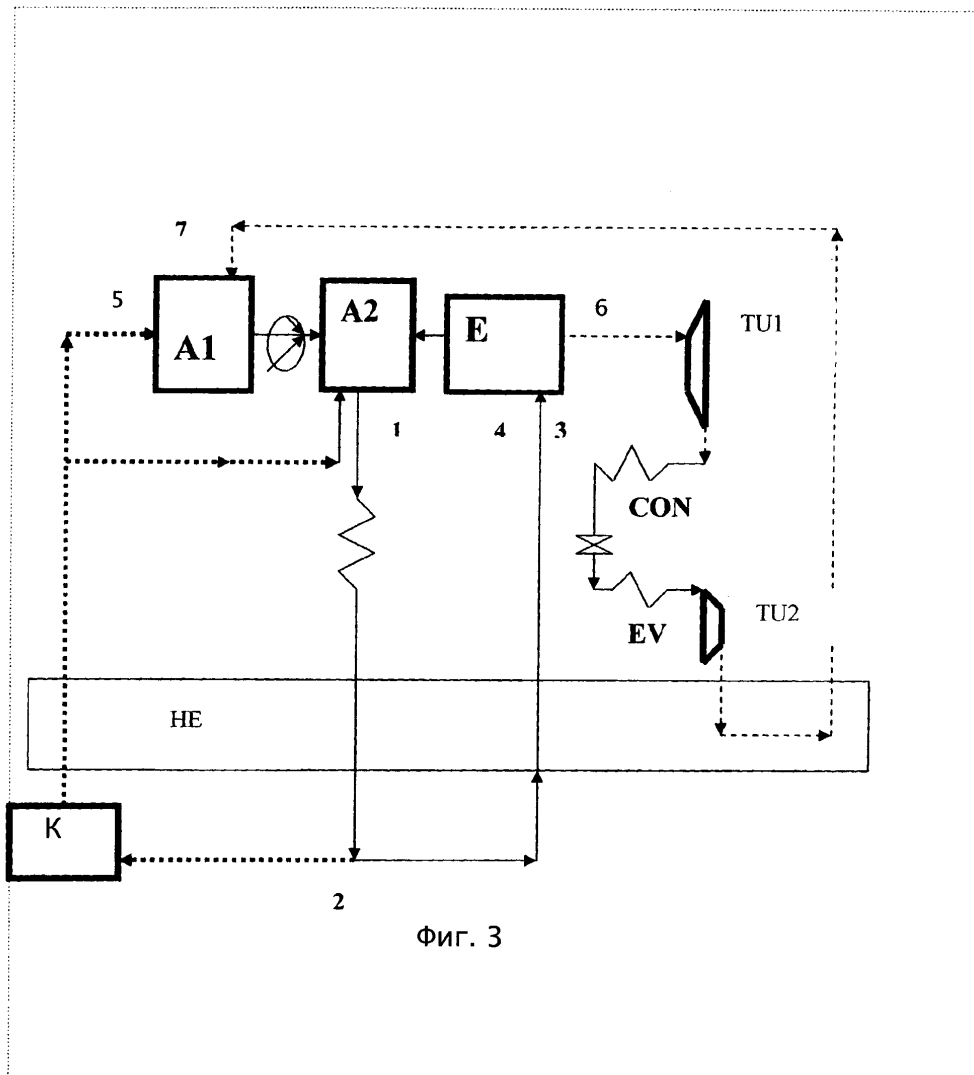


Фиг. 1

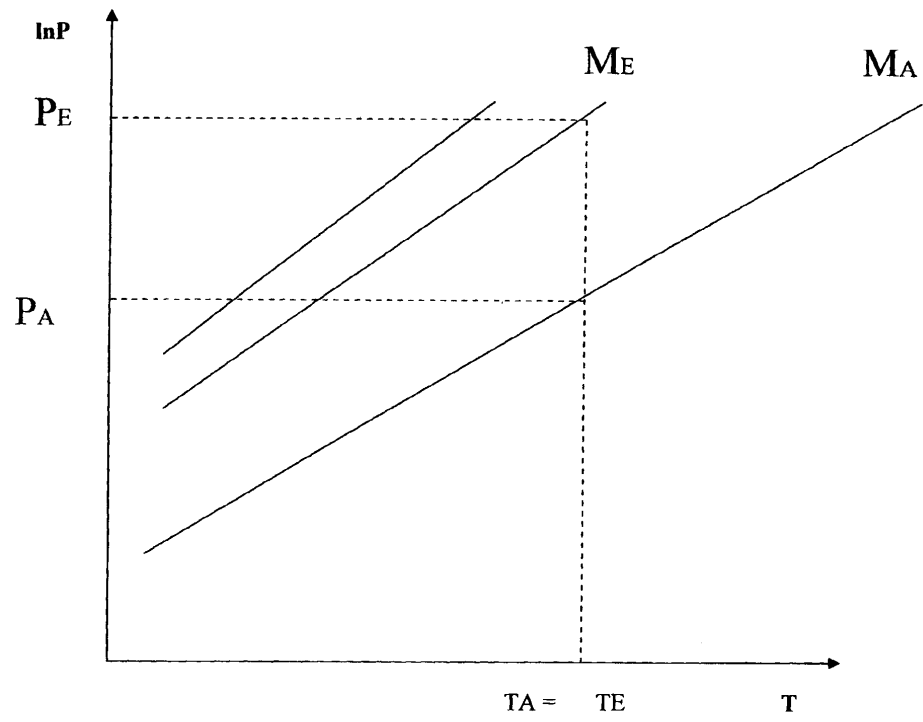
2



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4