

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202490074 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.03.06

(22) Дата подачи заявки  
2022.06.22

(51) Int. Cl. *F25B 5/04* (2006.01)  
*F25B 41/20* (2021.01)  
*F25B 41/42* (2021.01)  
*F25B 49/02* (2006.01)  
*F16K 11/14* (2006.01)  
*F25B 39/02* (2006.01)  
*F25B 47/02* (2006.01)  
*B60H 1/00* (2006.01)

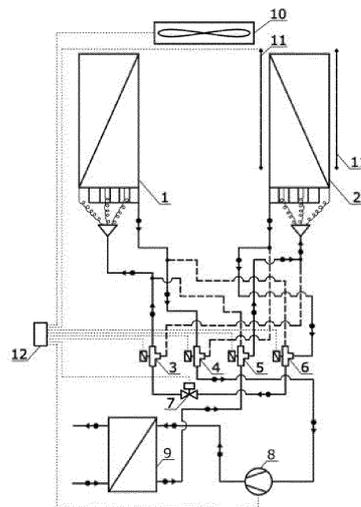
(54) ВОЗДУХО-ВОДЯНАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА С БЛОКОМ ОТТАЙКИ И СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОЗДУХО-ВОДЯНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

(31) P.438230; P.441486  
(32) 2021.06.22; 2022.06.14  
(33) PL  
(86) PCT/PL2022/050040  
(87) WO 2022/271045 2022.12.29

(71)(72) Заявитель и изобретатель:  
ДЗЕДРЗЕЙЧАК МАРЕК (PL)

(74) Представитель:  
Гизатуллина Е.М., Тихонина О.В.,  
Костюшенкова М.Ю., Гизатуллин  
Ш.Ф., Джермакян Р.В., Христофоров  
А.А., Угрюмов В.М., Строкова О.В.  
(RU)

(57) Настоящим изобретением предложена воздушно-водяная теплонасосная система, содержащая блок нижнего источника тепла и блок верхнего источника тепла, которые соединены друг с другом в термодинамическом цикле, причем на блок нижнего источника тепла подается наружный воздух, и он снабжен по меньшей мере двумя попеременно работающими испарителями (1, 2), образующими нижний источник тепла, снабженный вентилятором, который установлен на одной оси с блоком нижнего источника тепла в его верхней части, и оснащенный блоком оттайки, в котором обеспечивается возможность реализации процесса оттайки и высушивания теплообменной поверхности теплообменника, а также повышения энергоэффективности всей теплонасосной системы.



202490074 A1

202490074 A1

# **ВОЗДУХО-ВОДЯНАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА С БЛОКОМ ОТТАЙКИ И СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОЗДУХО-ВОДЯНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА**

## **ОПИСАНИЕ**

### **Область техники, которой относится настоящее изобретение**

Настоящее изобретение относится к воздухо-водяному тепловому насосу с блоком оттайки и способу оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса, в частности, процесса оттайки.

### **Предшествующий уровень техники настоящего изобретения**

В воздушных тепловых насосах из-за низкой температуры хладагента в испарителе на теплообменнике образуется слой льда. Обмерзание теплообменника обычно происходит, когда температура наружного воздуха опускается ниже 7°C. Из-за высокой влажности воздуха водяной пар конденсируется на холодной поверхности испарителя и замерзает. Накопление слоя льда уменьшает поток воздуха и приводит к тому, что теплообменник теряет свою способность обмениваться теплом с наружным воздухом. Это приводит к значительному падению производительности испарителя и, соответственно, к падению производительности всей теплонасосной системы и ее КПД (коэффициента полезного действия). Из-за необходимости периодического удаления слоя льда испаритель теплового насоса не может работать в непрерывном режиме. При этом количество циклов оттайки зависит от преобладающих условий наружного воздуха.

Из предшествующего уровня техники известно решение, в котором через испаритель пропускается среда с более высоким термодинамическим потенциалом, при этом система снабжена отдельным контуром, содержащим источник тепла для питания испарителя. Во время процесса оттайки система находится в неактивном состоянии, и конденсатор не отдает тепло.

Из предшествующего уровня техники известна теплонасосная система, в которой для оттайки теплообменника используется реверсирование испарителя-конденсатора. Эта система включает в себя четырехходовой клапан, установленный на линиях впуска и выпуска компрессора. Для оттайки испарителя направление потока хладагента в контуре меняется на обратное. Изменение положения четырехходового клапана превращает

испаритель в конденсатор. В процессе оттайки испарителя хладагент отдает тепло испарителю, выступающему в качестве конденсатора. На время оттайки выработка тепла приостанавливается. Тепловой насос в периоды удаления льда с поверхности испарителя работает в режиме охлаждения, используя для этого энергию, которая отбирается у эксплуатируемой системы.

Из предшествующего уровня техники известна теплонасосная система, в которую вводится дополнительный теплообменник для работы в реверсном режиме с целью обеспечения оттайки испарителя, причем циркуляцией хладагента управляют двухходовые клапаны. В документе EP 2 516 942 B1 описана система, реализующая решение по последовательному включению дополнительного теплообменника между конденсатором и испарителем. Дополнительный теплообменник работает в режиме оттайки по принципу испарителя или конденсатора, в зависимости от положения двухходовых клапанов. В документе EP 0 128 108 B1 описана система, включающая в себя несколько теплообменников, подключенных к контуру по параллельной схеме. Конфигурация потока хладагента изменяется с помощью двухходовых клапанов. Для обеспечения оттайки эта система использует, по меньшей мере, два реверсивных внешних теплообменника, которые работают попеременно в режиме испарителя или конденсатора. При этом циркуляция хладагента во внутреннем блоке во время оттайки прекращается.

Также известна теплонасосная система, в которой для оттайки теплообменника используется один или несколько испарителей, подключаемых по последовательной схеме и работающих поочередно. В документе EP 1 598 611 описана теплонасосная система, содержащая два ряда испарителей, работающих попеременно в режиме оттайки, причем эта система функционирует с использованием одного или двух четырехходовых клапанов и двух регулирующих вентилях. В документе EP 2 447 096 A1 раскрыта теплонасосная система, предусматривающая выполнение процесса оттайки с использованием двух испарителей, попеременно выполняющих функцию переохладителя/испарителя, а также двух регулирующих элементов и четырехходового клапана. В патенте PL 209 839 B1 описан водяной тепловой насос, содержащий конденсатор, переохладитель, один регулирующий элемент и четырехходовой клапан для обеспечения попеременного реверсирования направления циркуляции хладагента в режиме оттайки. В заявке на патент P.430903 описан тепловой насос с нижним и верхним источниками тепла и одним регуливающим элементом, причем нижний источник тепла содержит реверсивный испаритель и переохладитель, работающие попеременно для обеспечения оттайки, а направление циркуляции хладагента меняется с помощью четырехходового клапана.

Существенная проблема, которая не была решена на предшествующем уровне техники, заключается в том, что после процесса оттайки не обеспечивается сушка испарителя, что приводит к повторному замерзанию теплообменной поверхности испарителя в короткие сроки. Задачей данного изобретения является выполнение процесса оттайки и сушки теплообменной поверхности испарителя, а также повышение энергоэффективности теплонасосной системы.

### **Краткое раскрытие настоящего изобретения**

Воздухо-водяная теплонасосная система согласно настоящему изобретению содержит блок нижнего источника тепла и блок верхнего источника тепла, которые соединены друг с другом в термодинамическом цикле, причем на блок нижнего источника тепла подается наружный воздух, и он снабжен, по меньшей мере, двумя попеременно работающими испарителями, образующими нижний источник тепла. На одной оси с этим блоком в его верхней части установлен вентилятор, а сам блок снабжен блоком оттайки. Отличительной особенностью блока является наличие набора клапанов, включающего в себя, по меньшей мере, две пары трехходовых клапанов с электроприводом, по одной на каждый из, по меньшей мере, двух попеременно работающих испарителей, с которыми соединены указанные клапаны, а сам блок нижнего источника тепла также оснащен заслонкой. Испарители последовательно соединены с конденсатором в замкнутом контуре. Выпуск первого испарителя соединен со стороной всаса компрессора через сквозное отверстие второго трехходового клапана. На стороне нагнетания компрессор соединен с конденсатором, выпуск которого соединен с впуском второго испарителя через байпас третьего трехходового клапана. При этом через байпас четвертого трехходового клапана выпуск второго испарителя соединен с регулирующим вентиляем, а через сквозное отверстие первого трехходового клапана – с впуском первого испарителя. Выпуск второго испарителя соединен со стороной всаса компрессора через байпас второго трехходового клапана. На стороне нагнетания компрессор соединен с конденсатором, выпуск которого соединен с впуском первого испарителя через сквозное отверстие третьего трехходового клапана. При этом через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана выпуск первого испарителя соединен с регулирующим вентиляем, а через байпас первого трехходового клапана – с впуском второго испарителя. Указанная заслонка установлена на блоке нижнего источника тепла для перекрытия испарителя в процессе его перехода в режим оттайки.

В предпочтительном варианте указанный набор клапанов снабжен приводами, которые соединены с контроллером для автоматического изменения направления циркуляции хладагента и изменения функций испарителей.

В предпочтительном варианте заслонка соединена с контроллером для ее автоматического направления в положение перекрытия испарителя, проходящего оттайку.

В предпочтительном варианте заслонка автоматически направляется в положение перекрытия испарителя, проходящего оттайку, совершая поворотное или возвратно-поступательное движение в горизонтальном или вертикальном направлении, или же путем закрытия однолопастных или многолопастных демпферов.

В предпочтительном варианте испарители, образующие нижний источник тепла, представляют собой ребреные изогнутые или сегментированные испарители в форме замкнутого или незамкнутого многоугольника, включая форму правильного или неправильного многоугольника, или форму пластины, или форму круга или полукруга, или какую-либо другую неправильную форму.

В предпочтительном варианте заслонка имеет форму концентрических полукругов, располагающихся с обеих сторон испарителя на одной оси с вентилятором нижнего источника тепла.

В предпочтительном варианте заслонка выполнена в виде подвижного элемента, имеющего форму экрана или демпфера, выполненного с возможностью изменения своего положения с помощью направляющих, установленных на рамной конструкции с обеих сторон испарителя, при этом заслонка характеризуется конфигурацией, соответствующей форме испарителя.

В предпочтительном варианте заслонка состоит из внутренней и наружной части, которые выполнены теплоизолированными.

В предпочтительном варианте части заслонки снабжены щеточным элементом, проходящим по его высоте, что препятствует проникновению наружного воздуха в пространство между оттаивающим испарителем и заслонкой, не мешая при этом свободному перемещению заслонки.

В предпочтительном варианте контур теплового насоса нагревает воду или гликолевый раствор в верхнем источнике тепла.

Способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса, в котором используется попеременная работа, по меньшей мере, двух испарителей, отличается тем, что процесс оттайки второго испарителя выполняется путем направления хладагента из первого испарителя в компрессор через сквозное отверстие второго трехходового клапана; затем хладагент направляется в конденсатор, затем ожиженный хладагент подается в

испаритель через байпас третьего трехходового клапана, затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль через байпас четвертого трехходового клапана, а затем дросселированный хладагент направляется в первый испаритель через сквозное отверстие первого трехходового клапана, при этом заслонка одновременно направляется в положение перекрытия второго испарителя. Процесс оттайки первого испарителя выполняется путем направления хладагента из второго испарителя в компрессор через байпас второго трехходового клапана; затем хладагент направляется в конденсатор, затем ожиженный хладагент подается в первый испаритель через сквозное отверстие третьего трехходового клапана, затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана, а затем дросселированный хладагент направляется во второй испаритель через байпас первого трехходового клапана, при этом заслонка одновременно направляется в положение перекрытия первого испарителя для ограничения теплообмена между наружным воздухом и перекрытым первым испарителем. Непрерывно работающий вентилятор принудительно нагнетает наружный воздух, заставляя его обтекать находящийся в потоке испаритель. Процесс оттайки одного из указанных испарителей выполняется до завершения цикла оттайки теплообменника, при этом контроллер – путем переключения режима работы трехходовых клапанов – инициирует еще одно изменение направления циркуляции хладагента, изменяя тем самым функции испарителей и переводя заслонку в положение перекрытия испарителя, проходящего оттайку.

Благодаря решению согласно настоящему изобретению обеспечивается возможность реализации процесса оттайки испарителя воздушного теплового насоса с сохранением высокой энергоэффективности системы. Уменьшение энергопотребления для выполнения процесса оттайки стало результатом взаимодействия элементов системы и оптимизации ее работы. Решение согласно настоящему изобретению позволяет выполнять процесс оттайки с полным высушиванием теплообменной поверхности испарителя. Использование заслонки обеспечивает процесс сублимации или плавления льда с нагревом конденсата и его последующим испарением. Благодаря решению согласно настоящему изобретению уменьшено количество циклов оттайки и увеличен интервал времени между ними. На влажной поверхности теплообменника повторное обмерзание происходит быстрее из-за наличия центров кристаллизации в виде капель влаги и взвешенных в ней примесей. Решение согласно настоящему изобретению обеспечивает высушивание теплообменной поверхности, что чрезвычайно важно для продления времени работы теплообменника в активном режиме, особенно в условиях отрицательных температур.

Настоящее изобретение обеспечивает непрерывную работу теплового насоса в условиях внешней среды, в которых наблюдается такое явление, как образование слоя льда на теплообменной поверхности. Попеременная работа теплообменников нижнего источника тепла, обеспечиваемая автоматически регулируемым набором клапанов и заслонкой согласно настоящему изобретению, гарантирует непрерывную работу теплонасосной системы согласно заявленному изобретению и непрерывную подачу тепловой энергии в верхний источник тепла. Высокая устойчивость и надежность системы позволяет поддерживать необходимые для приемной системы параметры выходной температуры. Для оттайки испарителя не требуется дополнительной электроэнергии. Блок оттайки согласно настоящему изобретению обеспечивает возможность использования энергии, вырабатываемой в процессе оттайки теплообменника, для переохлаждения жидкого хладагента.

В результате реализации набора технических признаков данного изобретения, описанных выше, достигается высокий круглогодичный баланс тепловой энергии, выделяемой конденсатором, при одновременном снижении энергопотребления, что обеспечивает высокую энергоэффективность системы.

Настоящее изобретение содержит оптимизированный блок оттайки нижнего источника тепла, который характеризуется упрощенной конструкцией. В системе согласно настоящему изобретению использование заслонки позволяет уменьшить количество потребных вентиляторов. Таким образом, система источников тепла содержит один общий вентилятор для двух теплообменников. Кроме того, для выполнения процесса оттайки согласно заявленному изобретению не используются какие-либо дополнительные регулирующие вентили или контуры нагрева. Согласно одному из предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения цилиндрическая форма блока нижнего источника тепла согласно заявленному изобретению позволяет масштабировать его размеры за счет увеличения диаметра цилиндра, образованного набором испарителей и вентилятором. Это позволяет пропорционально регулировать компоненты системы с целью достижения требуемого КПД, сохраняя при этом оптимизацию ее конструкции.

### **Краткое описание чертежей**

Предмет настоящего изобретения описан в вариантах его осуществления, которые проиллюстрированы на чертежах, где:

На фиг. 1 представлена схема теплонасосной системы в конфигурации, в которой испаритель 2 проходит оттайку, а испаритель 1 находится в активном состоянии;

На фиг. 2 схематически показан вид сверху теплонасосной системы согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 3 схематически показано поперечное сечение верхней части теплонасосной системы согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 4 схематически показан вид сбоку теплового насоса согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 5 показана диаграмма «энтропия-температура» контура охлаждения теплового насоса для одного из предпочтительных вариантов реализации системы и способа согласно четвертому варианту осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 6 показана кривая изменения температуры жидкого хладагента в процессе оттайки, температуры теплообменной поверхности и количества переданного тепла в зависимости от температуры и времени работы теплового насоса для одного из предпочтительных вариантов реализации системы и способа согласно четвертому варианту осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 7 показана диаграмма изменения мощности нагрева устройства в течение одного часа для системы без заслонки с попеременным режимом работы, реверсивной системы и системы с заслонкой согласно настоящему изобретению.

### **Подробное раскрытие настоящего изобретения**

#### **Первый вариант осуществления настоящего изобретения**

Воздухо-водяная теплонасосная система согласно настоящему изобретению содержит блок нижнего источника тепла и блок верхнего источника тепла, которые соединены друг с другом в термодинамическом цикле, причем на блок нижнего источника тепла подается наружный воздух, и он снабжен, по меньшей мере, двумя попеременно работающими испарителями 1 и 2, образующими нижний источник тепла, снабженный вентилятором 10, который установлен на одной оси с блоком нижнего источника тепла в его верхней части, и оснащенный блоком оттайки. Попеременно работающие испарители 1, 2 соединены с набором клапанов, состоящим из двух пар электроприводных трехходовых клапанов 3, 4 и 5, 6 для каждого испарителя 1 и 2, соответственно, нижнего источника тепла, снабженного заслонкой 11. Испарители 1, 2 последовательно соединены в замкнутом контуре с конденсатором 9. Выпускное отверстие первого активного испарителя 1 соединено через сквозное отверстие второго трехходового клапана 4 со стороной всаса компрессора 8, соединенного на стороне нагнетания с конденсатором 9,

выпускное отверстие которого через байпас третьего трехходового клапана 5 соединено с входом второго оттаивающего испарителя 2, при этом выход второго оттаивающего испарителя 2 через байпас четвертого трехходового клапана 6 соединен с регулирующим вентилем 7, а через сквозное отверстие первого трехходового клапана 3 – с входом первого активного испарителя 1. Выпуск второго активного испарителя 2 соединен через байпас второго трехходового клапана 4 со стороной всаса компрессора 8, соединенного на стороне нагнетания с конденсатором 9, выпуск которого соединен с впуском первого испарителя 1, проходящего оттайку, через сквозное отверстие третьего трехходового клапана 5, при этом выпуск первого испарителя 1, проходящего оттайку, соединен через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана 6 с регулирующим вентилем 7, а через байпас первого трехходового клапана 3 он соединен с впуском второго активного испарителя 2. На блоке нижнего источника тепла сформирована заслонка 11 для перекрытия обмерзшего испарителя 1 или 2, переходящего в режим оттайки. Набор клапанов снабжен приводами, соединенными с контроллером 12 для автоматического изменения направления циркуляции хладагента и изменения функций испарителей 1, 2. Заслонка 11 соединена с контроллером 12 для автоматического направления этой заслонки в положение перекрытия испарителя 1 или 2, проходящего оттайку. Испарители 1 и 2, образующие нижний источник тепла, представляют собой оребренные изогнутые или сегментированные испарители. Заслонка 11 состоит из верхней части и нижней части, которые выполнены теплоизолированными. Контур теплового насоса нагревает воду или гликолевый раствор в верхнем источнике тепла.

Способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса, в котором предусмотрена попеременная работа, по меньшей мере, двух испарителей и процесс оттайки второго испарителя 2, реализуется путем направления хладагента из первого активного испарителя 1 в компрессор 8 через сквозное отверстие второго трехходового клапана 4; затем хладагент направляется в конденсатор 9, затем ожиженный хладагент подается во второй испаритель 2, проходящий оттайку, через байпас третьего трехходового клапана 5, затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль 7 через байпас четвертого трехходового клапана 6, а затем дросселированный хладагент направляется в первый активный испаритель 1 через сквозное отверстие первого трехходового клапана 3, при этом поворотная заслонка 11 одновременно направляется в положение перекрытия второго испарителя 2, проходящего оттайку. Процесс оттайки первого испарителя 1 выполняется путем направления хладагента из второго активного испарителя 2 в компрессор 8 через байпас второго трехходового клапана 4; затем хладагент направляется в конденсатор 9, затем переохлаждённый

хладагент направляется в первый испаритель 1, проходящий оттайку, через сквозное отверстие третьего трехходового клапана 5, затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль 7 через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана 6, а затем дросселированный хладагент направляется во второй активный испаритель 2 через байпас первого трехходового клапана 3, при этом поворотная заслонка 11 одновременно направляется в положение перекрытия первого испарителя, проходящего оттайку, для ограничения теплообмена между наружным воздухом и перекрытым первым испарителем 1, проходящим оттайку. Непрерывно работающий вентилятор 10 принудительно нагнетает наружный воздух, заставляя его обтекать находящийся в потоке активный испаритель 1 или 2. Процесс оттайки испарителя 1 или 2 выполняется до тех пор, пока не будет завершен цикл оттайки теплообменника, при этом контроллер 12 – путем переключения режима работы трехходовых клапанов – инициирует еще одно изменение направления циркуляции хладагента, изменяя тем самым функции испарителей 1 и 2, переводя заслонку 11 в положение перекрытия испарителя 1 или 2, проходящего оттайку.

#### Второй вариант осуществления настоящего изобретения

Теплонасосная система и способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса аналогичны соответствующей системе и способу, которые были описаны в рамках раскрытия первого варианта осуществления настоящего изобретения, за тем исключением, что:

Попеременно работающие испарители 1 и 2 имеют форму полукругов, образующих нижний источник тепла с вентилятором 10, установленным на одной оси с блоком нижнего источника тепла в его верхней части. Заслонка 11 имеет форму концентрических полукругов, установленных с обеих сторон испарителя на одной оси с вентилятором 10 блока нижнего источника тепла. Части заслонки 11 снабжены щеточным элементом, проходящим по его высоте, что препятствует проникновению наружного воздуха в пространство между испарителем, проходящим оттайку, и заслонкой, не мешая при этом свободному перемещению заслонки 11. Заслонка 11 автоматически направляется в положение перекрытия испарителя 1 или 2, проходящего оттайку, совершая поворотное движение (см. фиг. 2).

#### Третий вариант осуществления настоящего изобретения

Теплонасосная система и способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса аналогичны соответствующей системе и способу, которые были описаны в рамках раскрытия первого варианта осуществления настоящего изобретения, за тем исключением, что:

Попеременно работающие испарители 1, 2 имеют форму замкнутого многоугольника, образующего нижний источник тепла в виде блока кубовидной формы с вентилятором 10, установленным на одной оси с нижним источником тепла в сборе в его верхней части. Испаритель 1 располагается в верхней части нижнего источника тепла в сборе, а испаритель 2 располагается в его нижней части. Заслонка 11 выполнена в виде подвижного элемента в форме экрана, выполненного с возможностью изменения своего положения с использованием направляющих, установленных на рамной конструкции 14 с обеих сторон испарителя 1, 2; при этом заслонка характеризуется формой, соответствующей форме испарителя 1, 2. Автоматическое направление заслонки 11 в положение перекрытия оттаивающего испарителя 1 или 2 происходит вследствие совершения им возвратно-поступательного движения в вертикальном направлении (см. фиг. 3 и 4).

#### Четвертый вариант осуществления настоящего изобретения

Теплонасосная система и способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса аналогичны соответствующей системе и способу, которые были описаны в рамках раскрытия первого варианта осуществления настоящего изобретения, за тем исключением, что:

В контуре теплового насоса используется натуральный хладагент, такой как пропан R290. Предположим, что испаритель 2 проходит оттайку, а испаритель 1 находится в активном состоянии. Компрессор 8 сжимает хладагент (процесс 1-2 на фиг. 5) в объеме 300 кг/ч, который в конденсаторе 9, являющемся верхним источником тепла, передает системе нагрева мощность 37,9 кВт (процесс 2-3 на фиг. 5). Жидкий хладагент температурой 47°C направляется в проходящий оттайку испаритель 2, где он дополнительно охлаждается до 5°C (процесс 3-4), что увеличивает удельную холодопроизводительность на 115 кДж/кг, одновременно выдавая на проходящий оттайку испаритель 2 мощность нагрева в 9,5 кВт, что гарантирует сублимацию слоя льда. После переохлаждения хладагент дросселируется в регулирующем вентиле (процесс 4-5), а затем направляется в испаритель, где он испаряется, отбирая тепло из окружающей среды (процесс 5-1). В одном из предпочтительных вариантов осуществления настоящего

изобретения ожиженный хладагент температурой  $47^{\circ}\text{C}$  направляется в испаритель 2, закрытый заслонкой 11. Из-за отсутствия теплообмена с окружающей средой, достигаемого благодаря использованию заслонки 11, тепло, выделяемое при переохлаждении хладагента, постепенно передается испарителю 2, проходящему оттайку, а затем – на растапливание слоя льда. В условиях низкой наружной температуры, равной  $0^{\circ}\text{C}$ , и высокой относительной влажности воздуха, равной 100%, в течение одного часа на поверхности одного из испарителей 1 или 2 образуется слой льда массой 17,2 кг. В одном из предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения указанный испаритель 1 или 2 системы согласно заявленному изобретению характеризуется тем, что масса его оребренной части составляет 48 кг, из которых 22 кг приходится на медь и 26 кг приходится на алюминий. Согласно расчетам, представленным выше, и вследствие того, что удельная теплоемкость меди и алюминия составляет, соответственно 0,38 кДж/(кг\*К) и 0,9 кДж/(кг\*К), количество тепла, необходимое для нагрева теплообменника до температуры завершения оттайки, равной  $5^{\circ}\text{C}$ , составляет 290 кДж. Вместе с тем, количество тепла, необходимое для растапливания всего слоя льда с учетом того, что теплота плавления составляет около 333 кДж/кг, будет равна 5700 кДж. Масса растаявшего льда объемом 57% стекает с поверхности теплообменника и вытекает из системы. Остатки массы растаявшего льда объемом 43% в виде слоя влаги толщиной около 100 мкм остаются на поверхности испарителя 1, 2. Парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и, соответственно, температуры плавления льда составляет 612 Па. Влагообмен происходит в соответствии с разницей парциального давления между слоем воды, смачивающим поверхность теплообмена, и наружным воздухом. Для эффективной сушки поверхности теплообмена необходимо, чтобы парциальное давление водяного пара на поверхности теплообменника было выше давления водяного пара в наружном воздухе. Поэтому поверхность испарителя 2, проходящего оттайку, нагревается до температуры не менее  $5^{\circ}\text{C}$ , при которой давление водяного пара на поверхности указанного теплообменника составляет 873 Па. Полученная разность парциального давления, составляющая, по меньшей мере, 260 Па, позволяет высушить поверхность испарителя 2 путем испарения влаги, остающейся на его поверхности.

Кривая изменения температуры жидкого хладагента в процессе оттайки испарителя 2, показанная на фиг. 6, может быть описана следующим образом: жидкий хладагент температурой  $47^{\circ}\text{C}$ , вытекающий из конденсатора 9, нагревает теплообменник, перенося в течение 115 секунд количество тепла, равное 130 кДж, что инициирует нагрев теплообменника с  $-4^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , а это позволяет начать процесс растапливания слоя льда,

который сопровождается снижением температуры хладагента до 42°C. Процесс растапливания слоя льда завершается спустя 780 секунд после передачи хладагентом 5700 кДж тепла, в результате чего температура хладагента снижается до 34°C. Часть растопленного льда стекает вниз в виде конденсата, а оставшаяся часть, составляющая 57%, смачивает поверхности теплообменника. Этот слой испаряется благодаря подаче еще 18070 кДж тепла в течение 2470 секунд, что одновременно снижает температуру жидкого хладагента до 10°C. Цикл оттайки завершается после передачи хладагентом еще 160 кДж тепла в течение 230 секунд, вследствие чего поверхность теплообмена нагревается до 5°C, а это обеспечивает высушивание поверхности теплообменника и одновременно предотвращает выпадение конденсата. Общее время оттайки составляет 3600 секунд.

На фиг. 5 проиллюстрирован положительный эффект настоящего изобретения, который заключается в повышении мощности нагрева теплового насоса. Тепловой поток, передаваемый устройством в систему нагрева за единицу времени, равен площади под кривой, обозначенной диагональной штриховкой, то есть площади, определяемой точками 2-3-a-5-b-d. Эта площадь значительно больше площади, обозначенной вертикальной штриховкой, которая определяется точками 2-3-a-3\*-c-d, и которая является графическим отображением мощности нагрева теплового насоса без оттайки в пользу переохлаждения жидкого хладагента, т.е. тепловых насосов с системой оттайки, известной из предшествующего уровня техники. Следует особо отметить, что повышение мощности нагрева теплового насоса согласно настоящему изобретению, достигнутое за счет использования заслонки, происходит без увеличения количества работы, необходимой для осуществления цикла, представленного на графике в виде площади, определяемой точками 1-2-3-a.

На фиг. 7 проиллюстрирован дополнительный положительный эффект настоящего изобретения. Как показано на диаграмме, тепловой насос согласно настоящему изобретению передает в приемную систему постоянную мощность нагрева, в отличие от реверсивной системы и системы без заслонки, где наблюдается периодическое снижение теплового потока или даже отрицательный тепловой поток, передаваемый в систему нагрева.

Анализ технических параметров иллюстративного четвертого варианта осуществления настоящего изобретения демонстрирует, что воздушно-водяная теплонасосная система с блоком оттайки согласно настоящему изобретению позволяет энергоэффективно реализовать процесс оттайки. Заслонка согласно заявленному изобретению усиливает эффект оттайки, сокращая количество энергии и времени, необходимое для завершения процесса. Использование заслонки согласно заявленному

изобретению обеспечивает полное высушивание теплообменника, проходящего оттайку, за счет поддержания более высокой температуры на его теплообменной поверхности, и, таким образом, гарантирует более длительное время его работы в активном режиме.

Ссылочные позиции

- 1 первый испаритель
- 2 второй испаритель
- 3 первый трехходовой клапан
- 4 второй трехходовой клапан
- 5 третий трехходовой клапан
- 6 четвертый трехходовой клапан
- 7 регулирующий вентиль
- 8 компрессор
- 9 конденсатор
- 10 вентилятор
- 11 заслонка
- 13 контроллер
- 13 щеточный элемент
- 14 рамная конструкция

## **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Воздухо-водяная теплонасосная система, содержащая блок нижнего источника тепла и блок верхнего источника тепла, которые соединены друг с другом в термодинамическом цикле, причем на блок нижнего источника тепла подается наружный воздух, и он снабжен, по меньшей мере, двумя попеременно работающими испарителями (1, 2), образующими нижний источник тепла, снабженный вентилятором (10), который установлен на одной оси с блоком нижнего источника тепла в его верхней части, и оснащенный блоком оттайки; отличающаяся тем, что, по меньшей мере, два попеременно работающих испарителя (1,2) соединены с набором клапанов, содержащим две пары электроприводных трехходовых клапанов (3, 4) и (5, 6) для каждого испарителя (1) и (2) блока нижнего источника тепла, снабженного заслонкой (11), причем испарители (1, 2) последовательно соединены в замкнутом контуре с конденсатором (9);

при этом выпуск первого испарителя (1) соединен через сквозное отверстие второго трехходового клапана (4) со стороной всаса компрессора (8), соединенного на стороне нагнетания с конденсатором (9), выпуск которого соединен через байпас третьего трехходового клапана (5) с впуском второго испарителя (2), при этом выпуск второго испарителя (2) соединен через байпас четвертого трехходового клапана (6) с регулирующим вентилем (7), а через сквозное отверстие первого трехходового клапана (3) он соединен с впуском первого испарителя (1);

при этом выпуск второго испарителя (2) соединен через байпас второго трехходового клапана (4) со стороной всаса компрессора (8), соединенного на стороне нагнетания с конденсатором (9), выпуск которого соединен через сквозное отверстие третьего трехходового клапана (5) с впуском первого испарителя (1), при этом выпуск первого испарителя (1) соединен через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана (6) с регулирующим вентилем (7), а через байпас первого трехходового клапана (3) он соединен с впуском второго испарителя (2); и

при этом на блоке нижнего источника тепла сформирована заслонка (11), предназначенная для перекрытия обмерзшего испарителя (1, 2) в процессе его перехода в режим оттайки.

2. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что указанный набор клапанов снабжен приводами, соединенными с контроллером (12) для автоматического изменения направления циркуляции хладагента и изменения функций испарителей (1) и (2).

3. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что заслонка (11) соединена с контроллером (12) для автоматического направления заслонки в положение перекрытия испарителя (1) или (2), проходящего оттайку.

4. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что заслонка (11) автоматически направляется в положение перекрытия испарителя (1) или (2), проходящего оттайку, совершая поворотное или возвратно-поступательное движение в горизонтальном или вертикальном направлении, или же путем закрытия однолопастных или многолопастных демпферов.

5. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что испарители (1) и (2), образующие нижний источник тепла, представляют собой оребренные изогнутые или сегментированные испарители в форме замкнутого или незамкнутого многоугольника, включая форму правильного или неправильного многоугольника, или форму пластины, или форму круга или полукруга, или какую-либо другую неправильную форму.

6. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что заслонка (11) выполнена в виде концентрических полукругов, располагающихся с обеих сторон испарителя (1, 2) на одной оси с вентилятором (10) нижнего источника тепла.

7. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что заслонка (11) выполнена в виде подвижного элемента, имеющего форму экрана или демпфера, выполненного с возможностью изменения своего положения с помощью направляющих, установленных на рамной конструкции (14) с обеих сторон испарителя (1, 2), при этом заслонка (11) характеризуется конфигурацией, соответствующей форме испарителя (1, 2).

8. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что заслонка (11) состоит из внутренней части и наружной части, которые выполнены теплоизолированными.

9. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что части заслонки (11) снабжены щеточным элементом (13), проходящим по его высоте, что препятствует проникновению наружного воздуха в пространство между испарителем, проходящим оттайку, и заслонкой, не мешая при этом свободному перемещению заслонки (11).

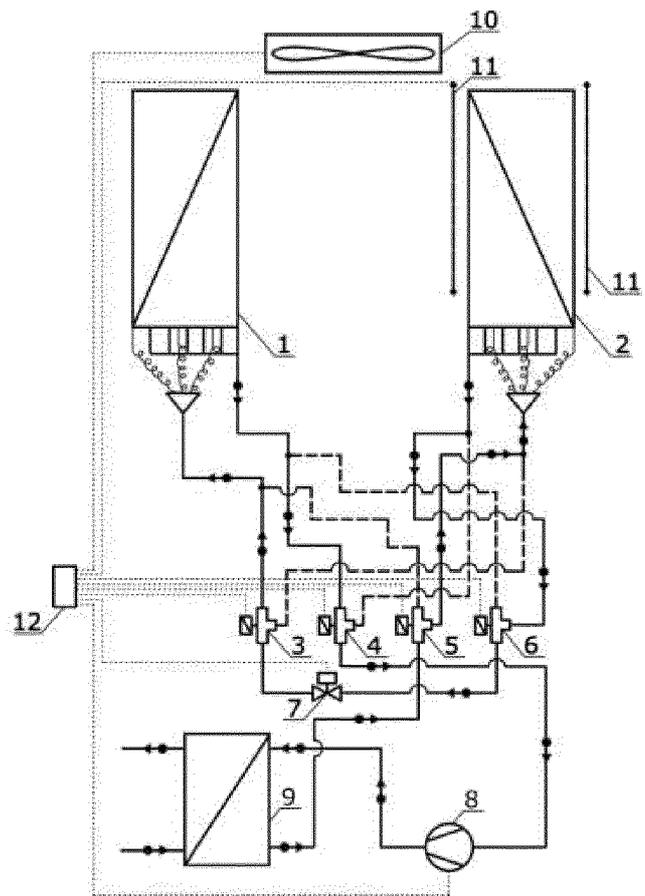
10. Теплонасосная система по п. 1, отличающаяся тем, что контур теплового насоса нагревает воду или гликолевый раствор в верхнем источнике тепла.

11. Способ оптимизации работы воздухо-водяного теплового насоса, в котором используется попеременная работа, по меньшей мере, двух испарителей, отличающийся тем, что процесс оттайки второго испарителя (2) выполняется путем направления хладагента из первого испарителя (1) в компрессор (8) через сквозное отверстие второго трехходового клапана (4), затем хладагент направляется в конденсатор (9), затем ожиженный хладагент подается во второй испаритель (2) через байпас третьего трехходового клапана (5), затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль (7) через байпас четвертого трехходового клапана (6), а затем дросселированный хладагент направляется в первый испаритель (1) через сквозное отверстие первого трехходового клапана (3), при этом заслонка (11) одновременно направляется в положение перекрытия второго испарителя (2);

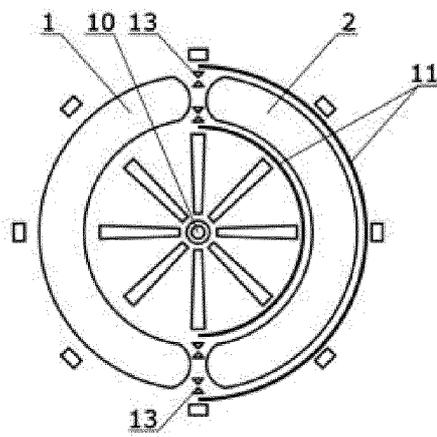
при этом процесс оттайки первого испарителя (1) выполняется путем направления хладагента из второго испарителя (2) в компрессор (8) через байпас второго трехходового клапана (4), затем хладагент направляется в конденсатор (9), затем ожиженный хладагент подается в первый испаритель (1) через сквозное отверстие третьего трехходового клапана (5), затем переохлаждённый хладагент направляется в регулирующий вентиль (7) через сквозное отверстие четвертого трехходового клапана (6), а затем дросселированный хладагент направляется во второй испаритель (2) через байпас первого трехходового клапана (3), при этом заслонка (11) одновременно направляется в положение перекрытия первого испарителя (1) для ограничения теплообмена между наружным воздухом и перекрытым первым испарителем (1);

при этом непрерывно работающий вентилятор (10) принудительно нагнетает наружный воздух, заставляя его обтекать находящийся в потоке испаритель (1) или (2); и

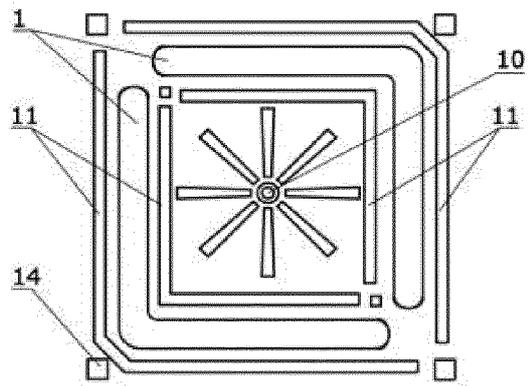
при этом процесс оттайки испарителя (1) или (2) выполняется до тех пор, пока не будет завершен цикл оттайки теплообменника, при этом контроллер (12) – путем переключения режима работы трехходовых клапанов – инициирует еще одно изменение направления циркуляции хладагента, изменяя тем самым функции испарителей (1, 2) и переводя заслонку (11) в положение перекрытия испарителя (1) или (2), проходящего оттайку.



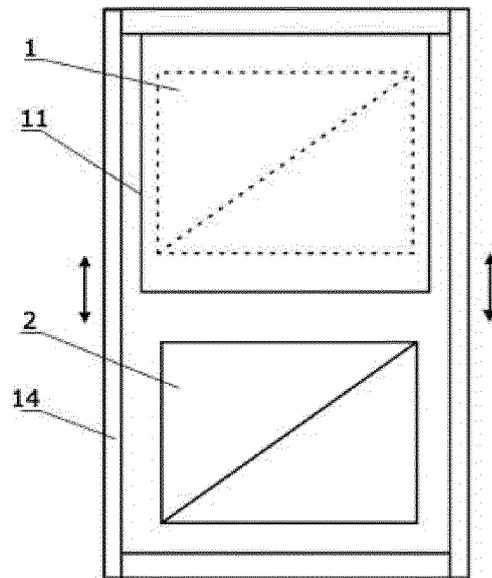
ФИГ. 1



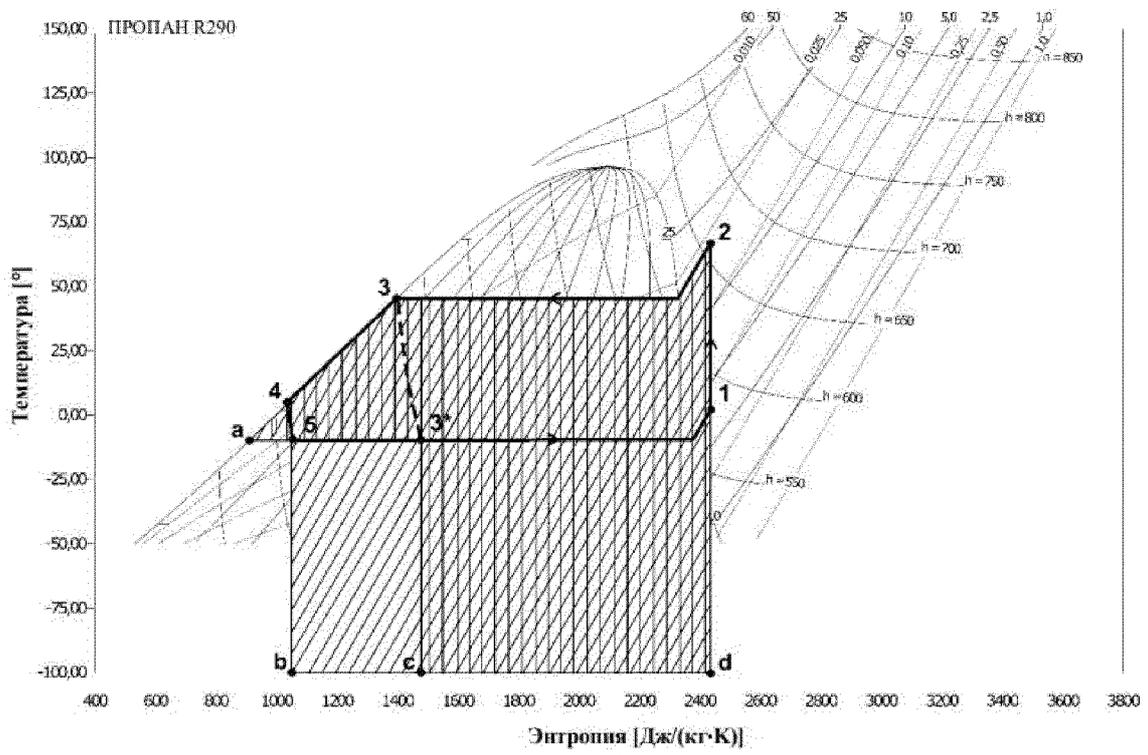
ФИГ. 2

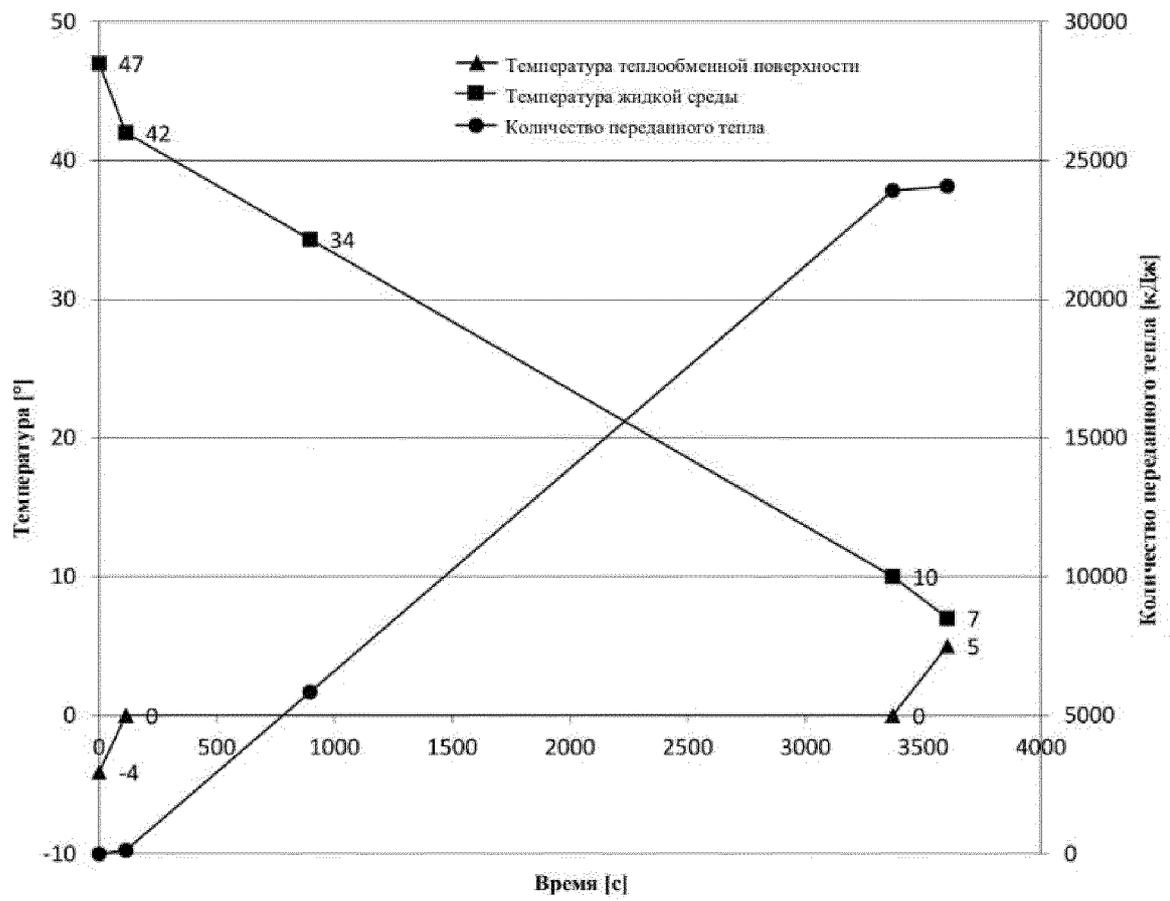


**ФИГ. 3**

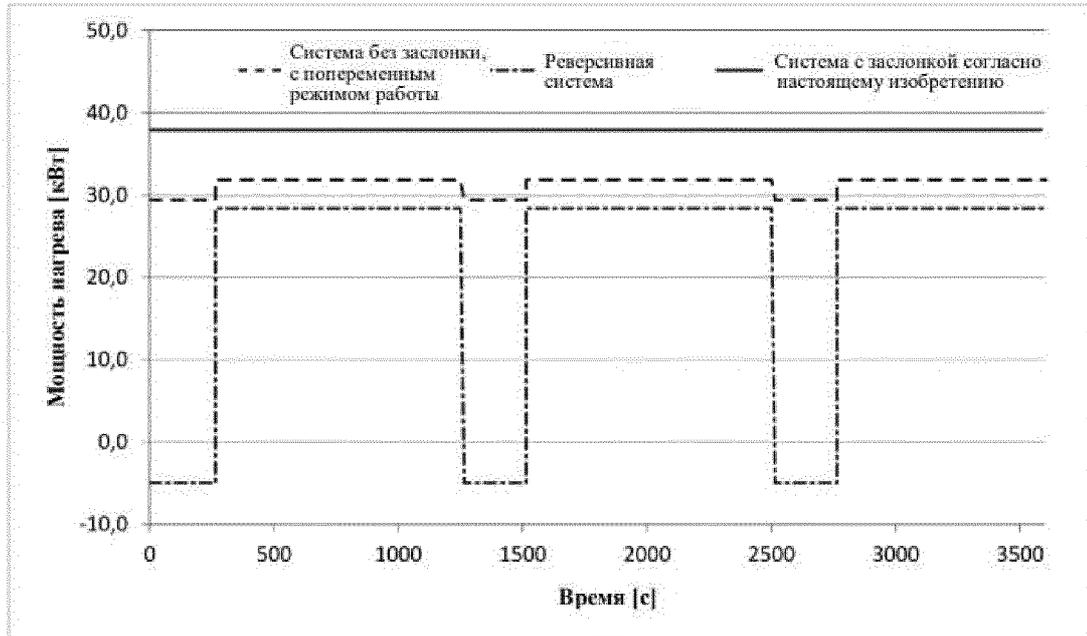


**ФИГ. 4**





ФИГ. 6



ФИГ. 7