

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 10136

(13) U

(46) 2014.06.30

(51) МПК

F 24D 11/02 (2006.01)

F 25B 13/00 (2006.01)

F 25B 29/00 (2006.01)

(54)

РЕВЕРСИВНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТЕПЛОТЫ

(21) Номер заявки: u 20130840

(22) 2013.10.24

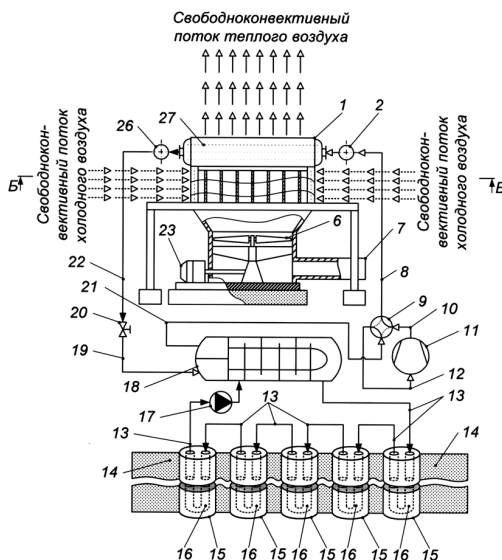
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный техно-
логический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Филатов Святослав Олегович;
Кунтыш Владимир Борисович; Воло-
дин Виктор Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
технологический университет"
(ВУ)

(57)

Реверсивный трансформатор теплоты, содержащий газожидкостный теплообменник, вентилятор, четырехходовой двухпозиционный клапан, компрессор, рекуперативный теплообменный аппарат, терморегулирующий вентиль, грунтовые теплообменники с возможностью нагрева воздуха в газожидкостном теплообменнике в холодное время года, **отличающийся** тем, что газожидкостный теплообменник с возможностью конденсации в нем пара хладагента при естественной конвекции воздуха содержит воздухопровод с боковыми проемами, снабженными регулируемыми жалюзи, при этом четырехходовой двухпозиционный клапан вследствие его возможности изменения направления движения хладагента через газожидкостный теплообменник и рекуперативный теплообменный аппарат реализует в газожидкостном теплообменнике возможность охлаждения воздуха для целей потребления в дневное время и нагрева воздуха в ночное время летнего периода года.



Фиг. 3

ВУ 10136 U 2014.06.30

(56)

1. Коляда В.В. Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. - С. 102.

2. Мацевитый Ю.М., Тарасова В.А., Харлампики Д.Х. Восстановление теплового потенциала грунта за счет выбора рациональных режимов работы теплонасосной системы // Тезисы докладов и сообщений: 14 Минский международный форум по тепло- и массообмену. - Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова, 2012. - Т. 1. - Ч. 2. - С. 736-739 (прототип).

3. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием тепловой энергии поверхностных слоев Земли. - М.: Издательский дом "Граница", 2006. - С. 13-17.

4. Соколова И.В., Чабан Н.В. Охлаждение пищевых продуктов наружным воздухом // Холодильная техника. - № 6. - 1989. - С. 42-45.

5. Патент Российской Федерации 2416761, МПК F24D 11/02, F28D 5/00, 2009.

6. Накорчевский А.И., Басок Б.И. Оптимальная конструкция грунтовых теплообменников // Промышленная теплотехника. - Т. 27. - № 6. - 2005. - С. 27-31.

7. Патент US 005816314A, МПК F28D 21/00, 1998.

8. Патент US 20080289795A1, МПК F24J 3/08, 2008.

9. Патент Российской Федерации 2436016, МПК F24D 11/00, 2010.

10. Патент Российской Федерации 2351850, МПК F24D 11/02, F24D 1/00, 2007.

11. Басок Б.И., Накорчевский А.И., Беляева Т.Г. Экспериментальный модуль гелиогеотермальной установки для теплоснабжения // Промышленная теплотехника. - Т. 28. - № 1. - 2006. - С. 69-78.

Полезная модель относится к тепловым насосам, а более конкретно к парокомпрессионным реверсивным трансформаторам теплоты, работающим сезонно в режимах холодо-снабжения и теплоснабжения.

Процессы охлаждения широко используются в ряде областей техники. В жаркий период года имеет место необходимость охлаждения приточного воздуха в системах вентиляции зданий. Процессы охлаждения широко применяются в перерабатывающей, нефтяной, газовой и химической промышленности, на предприятиях торговой отрасли, в агропромышленном комплексе.

Реверсивные трансформаторы теплоты (РТТ) представляют собой устройства, работающие по обратному термодинамическому циклу, то есть позволяют отнимать теплоту от объекта с низкой температурой и переносить ее к объекту с более высокой температурой. При этом требуются затраты механической работы. Особенность РТТ заключается в том, что в зависимости от режима работы охлаждаемый и нагреваемый объекты могут меняться, что в основном имеет место в технологиях, где существенное влияние на характер энергопотребления оказывают сезонные изменения параметров климата. РТТ служит как для охлаждения, так и для нагрева различных сред.

Потребность в тепловой энергии имеет место в основном в зимнее время для отопления зданий. При этом тепловая энергия используется для восполнения потерь теплоты через окружающие конструкции за счет теплопередачи, за счет инфильтрации и тепловых потерь в системах вентиляции. При этом выполняется основная задача - поддержание требуемого микроклимата помещений.

Известны сплит-системы [1] для сезонного кондиционирования и отопления зданий - парокомпрессионные РТТ, содержащие основные элементы: компрессор, испаритель, конденсатор, дроссель, четырехходовой клапан. Испаритель и конденсатор представляют собой газожидкостные теплообменники. В летний период года в испарителе охлаждается воздух, который подается в помещения. Отведенная от него теплота передается в конден-

ВУ 10136 U 2014.06.30

саторе атмосферному воздуху. На принудительное перемещение воздуха в конденсаторе и в испарителе затрачивается дополнительная энергия на привод вентиляторов.

В холодный период года переключением четырехходового клапана РТТ переводится в режим теплового насоса таким образом, что в одном из теплообменников - испарителе - происходит охлаждение атмосферного воздуха. В другом теплообменнике - конденсаторе - происходит нагрев воздуха, поступающего в помещения.

В таких установках значительными являются затраты энергии на перемещение воздуха вентиляторами.

В теплое время года, когда наблюдаются максимумы температуры атмосферного воздуха, имеет место максимальная потребность в мощности на охлаждение. При этом высокие температуры приемника теплоты - атмосферного воздуха, поступающего в конденсатор РТТ, - обуславливают его низкие холодильные коэффициенты и холодопроизводительность в режиме охлаждения воздуха. В случае, когда РТТ проектируется на максимальную холодопроизводительность при максимально возможной температуре атмосферного воздуха, при снижении температуры окружающей среды и падении потребности в нагрузке на охлаждение мощность РТТ используется не полностью и он работает в ненормальном режиме.

При работе РТТ в режиме теплового насоса в зимнее время также имеют место негативные факторы - снижение теплопроизводительности и коэффициента трансформации, обусловленные падением температуры атмосферного воздуха, который в данном случае является источником теплоты. Весьма негативным в данном случае также является то, что наблюдаемое падение теплопроизводительности и коэффициента трансформации имеет место в периоды максимальной потребности в тепловой мощности.

В случае, когда РТТ проектируется на максимальную теплопроизводительность при минимально возможной температуре атмосферного воздуха, при увеличении температуры окружающей среды и падении потребности в тепловой нагрузке мощность РТТ используется не полностью и он работает в ненормальном режиме.

Таким образом, основные недостатки сплит-систем на основе РТТ:

большие затраты энергии на перемещение воздушных потоков;

жесткая зависимость энергетических параметров РТТ (теплопроизводительность, коэффициент трансформации, холодопроизводительность, холодильный коэффициент) от температуры атмосферного воздуха, подверженной значительным суточным и сезонным колебаниям.

Одним из решений проблемы падения энергетических параметров РТТ с утилизацией теплоты атмосферного воздуха при изменении температуры окружающей среды является использование в качестве окружающей среды массива грунта.

Известен РТТ с грунтовыми теплообменниками (ГТО) [2]. В этом случае один из теплообменных аппаратов контура РТТ соединен в циркуляционный контур с герметичными ГТО. ГТО представляют собой систему герметичных труб, которые могут располагаться в грунте горизонтально на небольшой глубине в виде змеевиков и коллекторных систем различной конфигурации либо в виде коаксиальных и U-образных труб, располагаемых вертикально в скважинах [3].

В летний сезон, когда имеется потребность в холоде, РТТ работает в режиме холодильной машины. В испарителе охлаждается непосредственно воздух либо жидкий хладагент системы холодоснабжения. Теплообменный аппарат, соединенный в контур с ГТО, работает как конденсатор, конденсирующийся в нем ХА отдает теплоту промежуточному теплоносителю, который затем охлаждается в ГТО, нагревая прилегающий массив грунта.

В летний период года температура грунта меньше температуры атмосферного воздуха на 10...20 °С. Более низкая температура грунта как приемника теплоты способствует тому, что холодильный коэффициент и холодопроизводительность РТТ значительно возрастает.

тают по сравнению с РТТ, в котором в качестве приемника теплоты выступает атмосферный воздух с большей температурой. По сравнению с температурой атмосферного воздуха, температура грунта подвержена меньшим колебаниям, а на глубине нескольких метров и вовсе постоянна в течение года. Это способствует тому, что в случае использования грунта в качестве приемника сбросной теплоты конденсатора меньшим колебаниям подвергается и холодопроизводительность как в течение суток, так и в течение всего периода потребности в холодильной мощности. С течением времени прилегающий к ГТО грунтовой массив нагревается, при этом соответственно уменьшаются холодопроизводительность и холодильный коэффициент РТТ. Для того чтобы повышение температуры грунта не приводило к значительному падению холодопроизводительности и холодильного коэффициента, выбираются соответствующие достаточные размеры ГТО. Малое количество ГТО с небольшой поверхностью теплообмена будет сопровождаться значительным ростом температуры прилегающего грунта и соответствующим значительным падением холодопроизводительности и холодильного коэффициента РТТ. Большое количество ГТО с большой поверхностью будет сопровождаться небольшим ростом температуры прилегающего грунта и соответственно небольшим падением холодопроизводительности и холодильного коэффициента РТТ. Тем не менее создание большого количества ГТО с большой теплообменной поверхностью связано с большими затратами на земельные работы и материалы.

В зимнее время потребность в кондиционировании воздуха зданий отсутствует. А если имеется потребность холодного воздуха для нужд технологического комплекса потребителя, то она может быть покрыта за счет использования холодного атмосферного воздуха [4].

В этом случае РТТ переводится в режим теплового насоса. Теплообменный аппарат, который ранее работал в качестве испарителя, переводится в режим конденсации ХА. При этом в нем происходит нагрев либо воздуха, поступающего в помещения, либо теплоносителя системы теплоснабжения. Теплообменный аппарат, соединенный в контур с ГТО, работает в режиме испарителя. При этом от прилегающего к грунтовому теплообменнику массива грунта отводится аккумулированная теплота, которая сбрасывалась в теплый период года в конденсаторе. Температура грунта как источника теплоты в этот период значительно выше температуры атмосферного воздуха, это способствует высоким значениям теплопроизводительности и коэффициента трансформации РТТ. По сравнению с температурой атмосферного воздуха температура грунта практически не подвержена колебаниям. Это способствует тому, что в случае использования грунта в качестве источника теплоты при работе РТТ в режиме теплового насоса меньшим колебаниям подвергается и теплопроизводительность как в течение суток, так и в течение всего периода потребности в тепловой мощности. С течением времени за отопительный период прилегающий к ГТО грунтовой массив охлаждается, при этом уменьшаются теплопроизводительность и коэффициент трансформации РТТ.

Энергетическая эффективность описанной системы может быть увеличена за счет повышения теплоаккумуляционных свойств грунта [5] тем, что процессы в ГТО проводятся в таких тепловых режимах, при которых поровая влага грунта претерпевает фазовые переходы: в случае процессов охлаждения грунта - конденсацию и замораживание, в случае нагрева грунта - таяние и испарение. При этом для увеличения тепловой емкости грунтового массива предлагается по дополнительному трубопроводу подводить в грунтовой массив воду под давлением. Преимуществом данного способа является повышенная тепловая аккумуляционная способность увлажненного грунта. Тем не менее для данного способа характерны недостатки. В первую очередь, неоднократные процессы фазового перехода в грунтовой массиве могут сопровождаться его деформацией, образованием областей повышенной влажности, грязи. Данные деформации особенно негативны в случае, когда подвергаемый тепловому воздействию грунт также должен воспринимать механи-

ческие нагрузки, например, от зданий и сооружений. Предлагаемое нагнетание воды в близлежащие области грунта также будет существенно влиять на механические свойства грунта, что является нежелательным фактором. Также в этом случае имеют место значительные затраты на попку воды, что может быть весьма существенным.

Также эффективность таких систем может быть увеличена за счет использования ГТО более сложной конструкции [6-8]. Повысить эффективность РТТ в режиме теплового насоса можно также за счет комбинации с системами утилизации теплоты вентиляционных выбросов и аккумуляторами теплоты [9, 10], с системами солнечного теплоснабжения [11].

Приведенные решения не лишают основного недостатка РТТ с ГТО - падения энергетических параметров при росте температуры грунта в режиме холодоснабжения и уменьшении температуры грунта в режиме теплоснабжения.

В качестве прототипа выбирается РТТ с ГТО, описанный в работе [2]. Основные недостатки прототипа: снижение холодопроизводительности и холодильного коэффициента при работе в режиме холодоснабжения вследствие разогрева грунта; снижение теплопроизводительности и коэффициента трансформации в режиме теплоснабжения вследствие охлаждения грунта.

Цель полезной модели - повышение холодопроизводительности реверсивного трансформатора теплоты при работе в режиме холодоснабжения с охлаждаемой средой - воздухом.

Поставленная задача достигается тем, что реверсивный трансформатор теплоты, содержащий газожидкостный теплообменник, вентилятор, четырехходовой двухпозиционный клапан, компрессор, рекуперативный теплообменный аппарат, терморегулирующий вентиль, грунтовые теплообменники с возможностью нагрева воздуха в газожидкостном теплообменнике в холодное время года, отличается тем, что газожидкостный теплообменник с возможностью конденсации в нем пара хладагента при естественной конвекции воздуха содержит воздухопровод с боковыми проемами, снабженными регулируемым жалюзи, при этом четырехходовой двухпозиционный клапан вследствие его возможности изменения направления движения хладагента через газожидкостный теплообменник и рекуперативный теплообменный аппарат реализует в газожидкостном теплообменнике возможность охлаждения воздуха для целей потребления в дневное время и нагрева воздуха в ночное время летнего периода года.

В теплый период года в дневное время, когда у потребителя имеется потребность в холодном воздухе, четырехходовой двухпозиционный клапан устанавливается в положение, при котором конденсат хладагента (ХА) после рекуперативного теплообменного аппарата (РТА) поступает в терморегулирующий вентиль (ТРВ), где расширяется до давления, при котором температура кипения ХА будет меньше температуры охлаждаемого воздуха. После ТРВ парожидкостная смесь ХА поступает в коллектор, через который распределяется по теплообменным секциям газожидкостного теплообменника (ГЖТ). ГЖТ представляет собой аппарат воздушного охлаждения, теплообменные секции которого содержат несколько рядов труб с внешним оребрением. Трубы расположены параллельно движению ХА, ХА при движении в трубах кипит за счет более теплого потока воздуха, который поперечно обтекает оребренные трубы. Принудительное движение воздуха обеспечивается вентилятором, приводимым в движение двигателем через редуктор. После теплообменных секций ГЖТ охлажденный воздух поступает в воздухопровод с боковыми проемами, которые содержат закрытые регулируемые жалюзи, что препятствует прохождению воздуха через боковые проемы. После воздухопровода с боковыми проемами воздух проходит лопасти вентилятора и направляется в воздухопровод потребителя. В трубах ГЖТ ХА полностью выкипает и частично перегревается, затем поступает из теплообменных секций в общий коллектор, из которого направляется во всасывающий патрубок компрессора, который обеспечивает движение ХА по трубопроводам и его сжатие до давления, при котором температура конденсации будет выше температуры теплоносителя ГТО. После компрессора ХА в перегретом состоянии поступает в РТА, где охлажда-

ется до температуры конденсации и конденсируется, отдавая теплоту жидкому теплоносителю, циркулирующему в контуре с ГТО. После РТА конденсат ХА направляется на расширение в ТРВ. За счет того что температура грунта вблизи ГТО меньше температуры жидкого теплоносителя, он, двигаясь по трубам ГТО, охлаждается. Циркуляция теплоносителя осуществляется за счет работы циркуляционного насоса (ЦН).

С течением времени за период суток, когда в РТТ происходит процесс охлаждения воздуха за счет сброса теплоты охлаждения и конденсации ХА в грунтовой массив, происходит его нагрев от первоначальной температуры t_0 до некоторой температуры t_1 . При этом наблюдается падение холодопроизводительности и холодильного коэффициента РТТ.

Когда потребность в холодном воздухе в летний период отсутствует, например в вечернее, ночное и утреннее время, РТТ переключается в режим холодильной машины. Двигатель, приводящий в движение вентилятор, отключается, регулируемые жалюзи полностью открываются.

В этом случае РТА работает с кипением ХА. Устанавливается такой тепловой режим, при котором температура теплоносителя в трубах ГТО меньше температуры прилегающего грунта. В таких условиях теплоноситель нагревается в ГТО, благодаря работе ЦН поступает в РТА, где отдает теплоту кипящему ХА. ХА, поступающий в РТА, полностью выкипает и частично перегревается, затем поступает во всасывающий патрубок компрессора. В компрессоре ХА сжимается до давления, при котором его температура конденсации будет больше температуры атмосферного воздуха в данное время суток. После компрессора ХА в перегретом состоянии поступает в коллектор, через который распределяется по теплообменным секциям ГЖТ. Двигаясь параллельно в трубах ГЖТ, ХА охлаждается до температуры конденсации и конденсируется. Теплота охлаждения и конденсации хладагента передается атмосферному воздуху, который поперечно обтекает оребренные трубы ГЖТ за счет естественной конвекции. Необходимый свободноконвективный поток воздуха обеспечивается за счет того, что плотность более теплого воздуха у оребренной поверхности труб ГЖТ меньше плотности слоев более холодного атмосферного воздуха, находящихся выше оребренных труб. Создаваемый градиент плотностей приводит к тому, что воздух свободно течет вверх от теплообменной поверхности, вытесняя более холодные слои атмосферного воздуха, а к теплообменным трубам снизу поступает поток воздуха, подсосываемый через боковые проемы воздухопровода с открытыми регулируемые жалюзи.

В течение этого периода работы РТТ происходит отведение теплоты от грунтового массива к окружающему атмосферному воздуху. В течение этого периода прилегающий к ГТО грунт охлаждается от температуры t_1 до температуры t_2 . При этом температура t_2 может быть равна естественной температуре грунта t_0 , больше ее либо меньше.

В том случае когда температура $t_2 = t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовой массиве, количественно равная количеству холода, затрачиваемого на охлаждение воздуха в дневное время с учетом теплоты, выделяющейся дополнительно за счет работы компрессора. В этом случае следующий дневной цикл охлаждения воздуха происходит с той же температурой грунта вначале, что и предыдущий цикл охлаждения. Энергетические параметры РТТ в этом случае незначительно отличаются в каждом цикле охлаждения и зависят в основном от температуры поступающего на охлаждение воздуха. К началу отопительного периода независимо от характера расположения ГТО температура грунта близка к естественной температуре грунта t_0 .

В том случае когда температура $t_2 < t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовой массиве в количестве большем, чем было отведено теплоты от воздуха в предыдущем дневном цикле охлаждения. В этом случае на начало следующего дневного цикла охлаждения температура грунта как приемника теплоты меньше температуры грунта в предыдущем цикле охлаждения, что сопровождается большими холодильными коэф-

фициентами и большей холодильной мощностью. При этом с каждым циклом температура грунта в конце ночной регенерации и соответственно в начале дневного цикла охлаждения постепенно падает. При плотном расположении ГТО к началу отопительного периода его температура ниже естественной температуры грунта вследствие того, что поступление теплоты от прилегающих областей грунта в этом случае малоинтенсивно. В том случае когда ГТО располагаются на достаточно большом расстоянии друг от друга, температура грунта к началу отопительного периода за счет теплопритоков от близлежащих областей грунта восстанавливается до значения, близкого к естественной температуре грунта t_0 .

В том случае когда температура $t_2 > t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовом массиве в количестве меньшем, чем было отведено теплоты от воздуха в предыдущем дневном цикле охлаждения. В этом случае на начало следующего дневного цикла охлаждения температура грунта как приемника теплоты больше температуры грунта в предыдущем цикле охлаждения, что сопровождается меньшими холодильными коэффициентами и меньшей холодильной мощностью РТТ. При этом с каждым циклом температура в конце ночной регенерации и соответственно в начале дневного цикла охлаждения постепенно растет. Это происходит за счет аккумуляции части теплоты охлаждения и конденсации ХА. При плотном расположении ГТО аккумулятивная теплота не рассеивается в прилегающие области грунта.

При этом на начало холодного периода года, когда имеет место потребность в тепловой энергии, температура грунта выше естественной температуры грунта. При расположении ГТО на достаточно большом расстоянии друг от друга к началу отопительного периода теплота, аккумулятивная в грунте около ГТО, может рассеиваться в прилегающие более холодные области грунта, вследствие чего к началу отопительного периода температура грунта около ГТО становится близка к естественной температуре грунта.

При проектировании РТТ с ГТО выбираются такой размер ГТО и расстояние между ними, чтобы к началу отопительного периода температура близлежащего грунта была не ниже естественной температуры грунта, так как при низкой температуре грунта будут наблюдаться невысокие коэффициенты трансформации РТТ при работе в режиме нагрева воздуха и подачи его потребителю.

Благодаря тому что температура атмосферного воздуха как приемника теплоты в ночное время характеризуется суточными минимумами, а температура источника теплоты (грунта) достаточно высока, при работе РТТ в режиме теплового насоса в таких условиях имеют место высокие коэффициенты трансформации, что соответствует низкому потреблению электроэнергии на привод компрессора. За счет работы ГЖТ в режиме естественной конвекции воздуха работа вентилятора не требуется, соответственно отсутствуют затраты энергии на привод двигателя. В совокупности с низкими ночными тарифами на электроэнергию низкое электропотребление РТТ делает процесс ночной тепловой регенерации грунта финансово малозатратным.

В холодный период года четырехходовой двухпозиционный клапан устанавливается таким образом, что РТТ переводится в режим теплового насоса. Жалюзи проемов воздухопровода закрываются. В этом случае РТА работает с кипением ХА. При этом устанавливается такой тепловой режим, что температура теплоносителя в трубах ГТО меньше температуры прилегающего грунта. В таких условиях теплоноситель нагревается в ГТО, благодаря работе ЦН поступает в РТА, где отдает теплоту кипящему ХА. ХА, поступающий в РТА, выкипает и частично перегревается, затем поступает во всасывающий патрубок компрессора. В компрессоре ХА сжимается до давления, при котором его температура конденсации будет больше температуры атмосферного воздуха в данное время суток. После компрессора ХА в перегретом состоянии поступает в коллектор, через который распределяется по теплообменным секциям ГЖТ. Двигаясь параллельно в трубах ГЖТ, ХА охлаждается до температуры конденсации и конденсируется. Теплота охлаждения и кон-

ВУ 10136 U 2014.06.30

денсации ХА передается атмосферному воздуху, который принудительно поперечно обтекает оребренные трубы ГЖТ за счет работы вентилятора. После теплообменных секций ГЖТ теплый воздух поступает в воздухопровод с боковыми проемами, которые содержат закрытые регулируемые жалюзи, что препятствует проходу воздуха через проемы. После воздухопровода с боковыми проемами воздух проходит лопасти вентилятора и направляется в воздухопровод потребителя. Из теплообменных секций ГЖТ конденсат ХА собирается в коллекторе и направляется из него в ТРВ. В ТРВ происходит расширение ХА до давления, при котором температура его кипения будет ниже температуры теплоносителя, поступающего в РТА от ГТО. С течением времени за отопительный период температура грунта, прилегающего к ГТО, постепенно уменьшается. В случае плотного расположения ГТО относительно друг друга к периоду потребности в холоде температура грунта вблизи ГТО не восстанавливается до естественного значения вследствие низкой интенсивности теплопритока от соседних областей более нагретого грунта. При этом аккумулированный холод может быть использован в период потребности в холодном воздухе.

Таким образом, за счет аккумуляции холода в ночное время летнего периода по сравнению с прототипом холодопроизводительность РТТ в дневное время может быть увеличена на 30-50 % без существенных увеличений финансовых и энергетических затрат. Достижимый полезный эффект обеспечивается тем, что в ночное время, когда происходит активная тепловая регенерация грунта, благодаря низкой температуре окружающего воздуха (приемника теплоты) и высокой температуре грунта (источника теплоты) достигаются высокие коэффициенты трансформации РТТ, что соответствует низкому электропотреблению на привод компрессора. Работа ГЖТ в условиях естественной конвекции воздуха позволяет отключать вентилятор, что обеспечивает дополнительное снижение электропотребления двигателем вентилятора. Так как в ночное время имеют место низкие тарифы на электроэнергию (в 2-3 раза ниже дневных тарифов), обеспечивается и экономия средств за счет данной разности в тарифах.

Сформулированные в совокупности отличительные признаки позволили положительно решить задачу полезной модели.

Полезная модель поясняется на фиг. 1-6.

На фиг. 1 изображен РТТ в режиме охлаждения воздуха. РТТ содержит ГЖТ 1, состоящий из нескольких теплообменных секций, в котором параллельно по движению ХА расположены оребренные трубы 27; коллекторы 2 и 26, воздухопровод с боковыми проемами 4, содержащими регулируемые жалюзи 3; металлоконструкции 5; вентилятор 6; конфузор 25; редуктор 24; двигатель 23; воздухопровод потребителя 7; трубопроводы для движения ХА 8, 10, 12, 19, 21, 22; четырехходовой двухпозиционный клапан 9; компрессор 11; РТА 18; трубопроводы циркуляционного контура 13; ГТО 15 с U-образными трубами 16, расположенные в грунте 14; ЦН 17; ТРВ 20.

На фиг. 2 изображен разрез А-А воздухопровода с боковыми проемами 4, снабженными регулируемыми жалюзи 3, при работе РТТ в режиме охлаждения воздуха.

На фиг. 3 изображен РТТ в режиме нагрева воздуха с естественной конвекцией.

На фиг. 4 изображен разрез Б-Б воздухопровода с боковыми проемами 4, снабженными регулируемыми жалюзи 3, при работе РТТ в режиме нагрева воздуха с естественной конвекцией.

На фиг. 5 изображен РТТ в режиме нагрева воздуха при подаче его потребителю.

На фиг. 6 изображен разрез В-В воздухопровода с боковыми проемами 4, снабженными регулируемыми жалюзи 3, при работе РТТ в режиме нагрева воздуха при подаче его потребителю.

РТТ работает следующим образом.

В теплый период года в дневное время, когда у потребителя имеется потребность в холодном воздухе, четырехходовой двухпозиционный клапан 9 устанавливается в положение, при котором трубопровод 8 соединен с трубопроводом 12, а трубопровод 10 со-

ВУ 10136 U 2014.06.30

единен с трубопроводом 21. При этом конденсат ХА после РТА 18 по трубопроводу 19 поступает в ТРВ 20, где расширяется до давления, при котором температура кипения ХА будет меньше температуры охлаждаемого воздуха. После ТРВ 20 по трубопроводу 22 парожидкостная смесь ХА поступает в коллектор 26, через который распределяется по теплообменным секциям ГЖТ 1. ГЖТ 1 представляет собой аппарат воздушного охлаждения, теплообменные секции которого содержат несколько рядов труб 27 с внешним оребрением. Трубы расположены параллельно движению ХА, ХА при движении в трубах 27 кипит за счет более теплого потока воздуха, который поперечно обтекает оребренные трубы 27. Принудительное движение воздуха обеспечивается вентилятором 6, приводимым в движение двигателем 23 через редуктор 24. После теплообменных секций ГЖТ 1 охлажденный воздух поступает в воздухопровод с боковыми проемами 4, которые содержат закрытые регулируемые жалюзи 3, что препятствует проходу воздуха через боковые проемы. После воздухопровода с боковыми проемами 4 воздух проходит лопасти вентилятора и направляется в воздухопровод 7 потребителя. В трубах ГЖТ 1 ХА полностью выкипает и частично перегревается, затем поступает из теплообменных секций ГЖТ в общий коллектор 2, из которого по трубопроводу 8 через четырехходовой двухпозиционный клапан поступает в трубопровод 12, а затем во всасывающий патрубок компрессора 11, который обеспечивает движение ХА в контуре и его сжатие до давления, при котором температура конденсации будет выше температуры теплоносителя контура ГТО 15. После компрессора 11 ХА в перегретом состоянии по трубопроводу 10 поступает через четырехходовой двухпозиционный клапан 9 в трубопровод 21, по которому направляется в РТА 18, где охлаждается до температуры конденсации и конденсируется, отдавая теплоту теплоносителю, циркулирующему по трубопроводам 13 и ГТО 15 с U-образными трубами 16. После РТА 18 конденсат ХА по трубопроводу 19 направляется на расширение в ТРВ 20. За счет того что температура грунта 14 вблизи ГТО 15 меньше температуры теплоносителя, он, двигаясь по U-образным трубам 16, охлаждается. Циркуляция теплоносителя по циркуляционному контуру ГТО осуществляется за счет работы ЦН 17.

С течением времени за период суток, когда в РТТ происходит процесс охлаждения воздуха за счет сброса теплоты охлаждения и конденсации ХА в грунтовой массив 14, происходит его нагрев от первоначальной температуры t_0 до некоторой температуры t_1 . При этом наблюдается падение холодопроизводительности и холодильного коэффициента РТТ.

Когда потребность в холодном воздухе в теплый период года отсутствует, например в вечернее, ночное и утреннее время, РТТ переключается в режим холодильной машины. При этом четырехходовой двухпозиционный клапан 9 переключается в такое положение, при котором трубопровод 8 соединяется с трубопроводом 10, а трубопровод 21 - с трубопроводом 12. Двигатель 23, приводящий в движение вентилятор 6, отключается. Регулируемые жалюзи 3 полностью открываются.

В этом случае РТА 18 работает с кипением ХА. При этом устанавливается такой тепловой режим, при котором температура теплоносителя в U-образных трубах 16 ГТО 15 меньше температуры прилегающего грунта 14. В таких условиях теплоноситель нагревается в ГТО 15, благодаря работе ЦН 17 поступает в РТА 18, где отдает теплоту кипящему ХА. ХА, поступающий по трубопроводу 19 после ТРВ 20 в РТА 18, полностью выкипает и частично перегревается, затем по трубопроводу 21 через четырехходовой двухпозиционный клапан 9 поступает в трубопровод 12, сообщающийся со всасывающим патрубком компрессора 11. В компрессоре 11 ХА сжимается до давления, при котором его температура конденсации будет больше температуры атмосферного воздуха в данное время суток. После компрессора 11 по трубопроводу 10 через четырехходовой двухпозиционный клапан 9 ХА в перегретом состоянии поступает в трубопровод 8, по которому направляется в коллектор 2, через который распределяется по теплообменным секциям ГЖТ 1. Двигаясь параллельно в трубах 27 ГЖТ 1, ХА охлаждается до температуры конденсации и конден-

сируется. Теплота охлаждения и конденсации хладагента передается атмосферному воздуху, который поперечно обтекает оребренные трубы 27 ГЖТ 1 за счет естественной конвекции. Необходимый свободноконвективный поток воздуха обеспечивается за счет того, что плотность более теплого воздуха у оребренной поверхности труб 27 ГЖТ 1 меньше плотности слоев более холодного атмосферного воздуха, находящихся выше оребренных труб. Создаваемый градиент плотностей приводит к тому, что воздух свободно течет вверх от теплообменной поверхности, вытесняя более холодные слои атмосферного воздуха, а к теплообменным трубам 27 снизу поступает поток воздуха, подсасываемый через боковые проемы воздухопровода 4 с открытыми регулируемые жалюзи 3.

В течение этого периода работы РТТ происходит отведение теплоты от грунтового массива окружающему атмосферному воздуху. При этом прилегающий к ГТО 15 грунт 14 охлаждается от температуры t_1 до температуры t_2 . Температура t_2 может быть равна естественной температуре грунта t_0 , больше либо меньше ее.

В том случае когда температура $t_2 = t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовом массиве 14, количественно равного теплоте, отведенной от охлаждаемого воздуха в дневное время с учетом теплоты, выделяющейся дополнительно при сжатии ХА в компрессоре. В этом случае следующий дневной цикл охлаждения воздуха происходит с той же температурой грунта вначале, что и предыдущий цикл охлаждения. Энергетические параметры РТТ в этом случае незначительно отличаются в каждом цикле охлаждения и зависят в основном от температуры поступающего на охлаждение воздуха. К началу отопительного периода независимо от характера расположения ГТО температура грунта близка к естественной температуре грунта t_0 .

В том случае когда температура $t_2 < t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовом массиве 14 в количестве большем, чем было отведено теплоты от воздуха в предыдущем дневном цикле охлаждения. В этом случае на начало следующего дневного цикла охлаждения воздуха температура грунта как приемника теплоты меньше температуры грунта в предыдущем цикле охлаждения, что сопровождается большими холодильными коэффициентами и большей холодильной мощностью. При этом с каждым циклом температура в конце ночной регенерации и соответственно в начале дневного цикла охлаждения постепенно падает. При плотном расположении ГТО к началу отопительного периода температура прилегающего к ГТО 15 массива грунта 14 ниже естественной температуры грунта t_0 , вследствие того что поступление теплоты от прилегающих областей грунта в этом случае малоинтенсивно. В том случае когда ГТО располагаются на достаточно большом расстоянии друг от друга, температура грунта 14 к началу отопительного периода за счет теплопритоков от близлежащих областей грунта восстанавливается до значения, близкого к естественной температуре грунта t_0 .

В том случае когда температура $t_2 > t_0$, за ночной период происходит аккумуляция холода в грунтовом массиве 14 в количестве меньшем, чем было отведено теплоты от воздуха в предыдущем дневном цикле охлаждения. В этом случае на начало следующего дневного цикла охлаждения воздуха температура грунта как приемника теплоты больше температуры грунта в предыдущем цикле охлаждения, что сопровождается меньшими холодильными коэффициентами и меньшей холодильной мощностью. При этом с каждым циклом температура в конце ночной регенерации и соответственно в начале дневного цикла охлаждения постепенно растет. Это происходит за счет аккумуляции части теплоты охлаждения и конденсации ХА, не отведенной в окружающую среду в цикле регенерации. При плотном расположении ГТО 15 данная аккумуляция теплоты не рассеивается в прилегающие области грунта. При этом на начало холодного периода года, когда имеет место потребность в тепловой энергии, фактическая температура грунта выше естественной температуры грунта. При расположении ГТО на достаточно большом расстоянии друг от друга к началу отопительного периода теплота, аккумуляция в грунте около ГТО, может рассеиваться в прилегающие более холодные области грунта,

ВУ 10136 U 2014.06.30

вследствие чего к началу отопительного периода температура грунта около ГТО становится близка к естественной температуре грунта.

В холодный период года четырехходовой двухпозиционный клапан 9 устанавливается таким образом, что трубопровод 8 соединяется с трубопроводом 10, а трубопровод 21 - с трубопроводом 12. Регулируемые жалюзи 3 закрываются. В этом случае РТА 18 работает с кипением ХА. При этом устанавливается такой тепловой режим, что температура теплоносителя в U-образных трубах 16 ГТО 15 меньше температуры прилегающего грунта 14. В таких условиях жидкий теплоноситель нагревается в ГТО 15, благодаря работе ЦН 17 поступает в РТА 18, где отдает теплоту кипящему ХА. ХА, поступающий по трубопроводу 19 после ТРВ 20 в РТА 18, полностью выкипает и частично перегревается, затем по трубопроводу 21 через четырехходовой двухпозиционный клапан 9 поступает в трубопровод 12, сообщающийся со всасывающим патрубком компрессора 11. В компрессоре 11 ХА сжимается до давления, при котором его температура конденсации будет больше температуры атмосферного воздуха в данное время суток. После компрессора 11 по трубопроводу 10 через четырехходовой двухпозиционный клапан 9 ХА в перегретом состоянии поступает в трубопровод 8, по которому направляется в коллектор 2, через который распределяется по теплообменным секциям ГЖТ 1. Двигаясь параллельно в трубах 27 ГЖТ 1, ХА охлаждается до температуры конденсации и конденсируется. Теплота охлаждения и конденсации хладагента передается атмосферному воздуху, который принудительно поперечно обтекает оребренные трубы 27 ГЖТ 1 за счет работы вентилятора 6, приводимого в движение двигателем 23. После теплообменных секций ГЖТ 1 охлажденный воздух поступает в воздухопровод с боковыми проемами 4, которые содержат закрытые регулируемые жалюзи 3, что препятствует прохождению воздуха через боковые проемы. После воздухопровода с боковыми проемами 4 воздух проходит лопасти вентилятора и направляется в воздухопровод потребителя 7. Из теплообменных секций ГЖТ 1 конденсат ХА собирается в коллекторе 26 и направляется из него по трубопроводу 22 к ТРВ 20. В ТРВ 20 происходит расширение ХА до давления, при котором температура его кипения будет ниже температуры жидкого теплоносителя, поступающего в РТА 18 от ГТО 15.

С течением времени за отопительный период температура грунта 14, прилегающего к ГТО 15, постепенно уменьшается. В случае плотного расположения ГТО 15 относительно друг друга к периоду потребности в холоде температура грунта 14 вблизи ГТО 15 не восстанавливается до естественного значения вследствие низкой интенсивности теплопритоков от соседних областей более теплого грунта. При этом аккумулированный в грунтовом массиве 14 холод может быть использован в период потребности в холодном воздухе.

При проектировании РГТ с ГТО следует выбирать такие размер ГТО 15 и расстояние между ними, чтобы к началу отопительного периода температура близлежащего грунта 14 была не ниже естественной температуры грунта t_0 , так как при низкой температуре грунта 14 будут иметь место низкие коэффициенты трансформации РГТ при работе в режиме нагрева воздуха и подачи его потребителю.

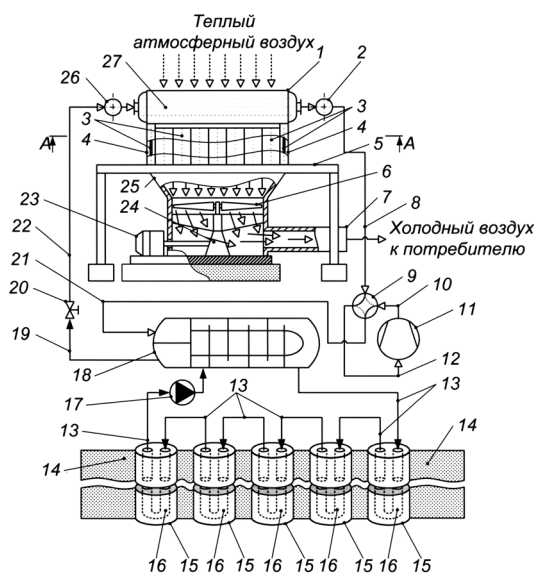
За счет аккумуляции холода в ночное время летнего периода по сравнению с прототипом холодопроизводительность РГТ в дневное время может быть увеличена на 30-50 % без существенного роста финансовых и энергетических затрат. Достижимый полезный эффект обеспечивается тем, что в ночное время, когда происходит активная тепловая регенерация грунта благодаря низкой температуре окружающего воздуха (приемника теплоты) и высокой температуре грунта (источника теплоты), достигаются высокие коэффициенты трансформации РГТ, что соответствует низкому электропотреблению на привод компрессора. Работа ГЖТ в условиях естественной конвекции воздуха позволяет отключать вентилятор, при этом отсутствует электропотребление двигателем вентилятора. Так как в ночное время имеют место низкие тарифы на электроэнергию (в 2-3 раза ниже дневных тарифов), обеспечивается и экономия финансовых средств.

ВУ 10136 U 2014.06.30

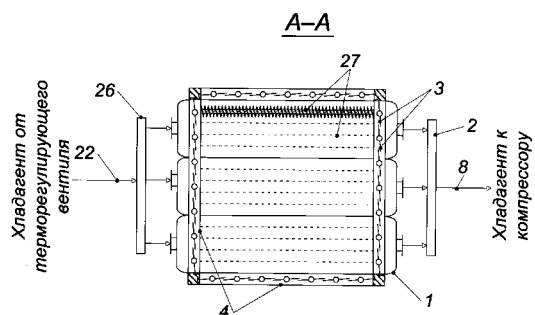
В качестве ГТО могут быть использованы горизонтальные грунтовые теплообменники в виде змеевиков различной формы; вертикальные грунтовые теплообменники с коаксиальными и U-образными трубами; тепловые трубы и термосифоны. Полезная модель может работать в комбинации с другими системами выработки холода и тепловой энергии.

Полезная модель может работать как в режиме холодильной машины, так и в режиме теплового насоса, в зимнее время может выполнять функции источника теплоты для отопления зданий и сооружений либо использоваться на нужды технологического комплекса. В этом случае по сравнению с системами, где тепловая энергия и холод вырабатываются различными установками, для РТТ будут характерны меньшие капитальные затраты, большая степень использования установленной мощности.

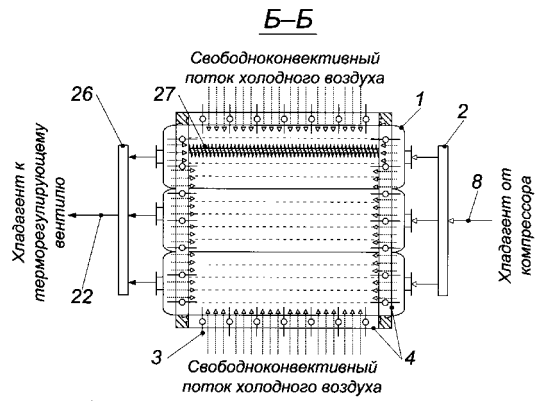
Полезная модель может быть использована в системах кондиционирования для поддержания микроклимата помещений; в технологических комплексах предприятий перерабатывающей, нефтяной, газовой и химической промышленности; на предприятиях торговой отрасли и агропромышленного комплекса для замораживания, охлаждения и хранения продуктов.



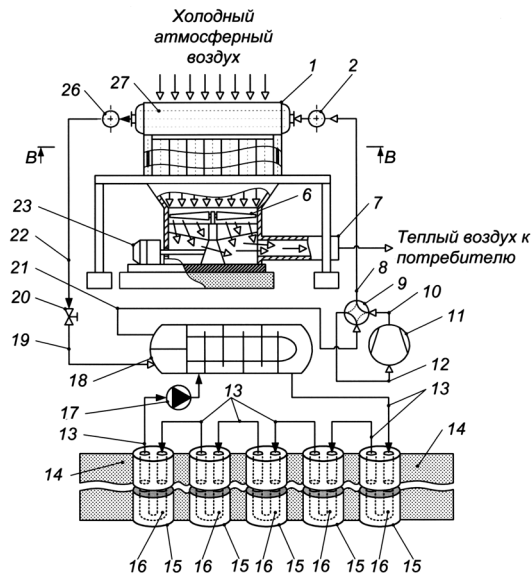
Фиг. 1



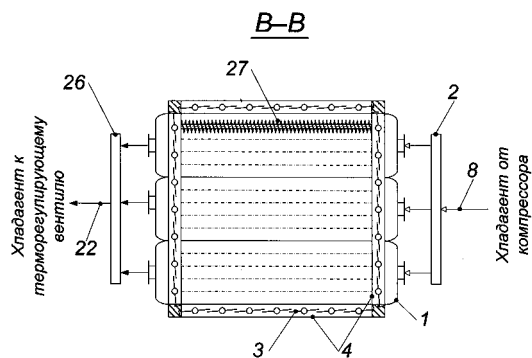
Фиг. 2



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6