

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042496**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.20

(51) Int. Cl. **B61D 27/00** (2006.01)
F24F 5/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202192779

(22) Дата подачи заявки
2020.07.21

(54) СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ РЕЛЬСОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, СОДЕРЖАЩАЯ БЛОК НАКОПЛЕНИЯ ХОЛОДА, И СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТАКОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

(31) **10 2019 120 719.3**

(32) **2019.07.31**

(33) **DE**

(43) **2022.04.12**

(86) **PCT/DE2020/100636**

(87) **WO 2021/018346 2021.02.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФАЙВЕЛЕ ТРАНСПОРТ ЛЕЙПЦИГ
ГМБХ & КО. КГ (DE)**

(72) Изобретатель:

Бёк Луц, Кестнер Лоренц (DE)

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) **DE-A1-19860057
US-A1-2018283709
EP-B1-2570280
DE-U1-202010007146**

(57) Изобретение относится к системе кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, содержащей по меньшей мере один чиллер и один блок накопления холода, выполненный в виде системы накопления РСМ, содержащей один материал с изменением агрегатного состояния, причем холодильная мощность, необходимая для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке, и холодильная мощность, необходимая для зарядки системы накопления РСМ, создается с помощью чиллера, и при этом холод, накапливаемый в системе накопления РСМ, подается в агрегаты для кондиционирования пассажирского отсека в выбранных рабочих состояниях рельсового подвижного состава. Задача, решаемая в данном изобретении, заключается в проектировании указанной системы кондиционирования воздуха с возможностью отвода достаточно большого количества холода от материала с изменением агрегатного состояния из системы накопления РСМ в пассажирский отсек, с тем чтобы во время более длинных туннельных переходов в большинстве случаев прерывалась работа чиллера системы кондиционирования воздуха, предназначенного для выработки холода, и в результате предотвращался выпуск в туннель больших количеств тепла от рельсового подвижного состава. Данная задача решается за счет разделения холодильного контура на первичный контур, содержащий холодильный агент, и вторичный контур, содержащий водно-гликолевую смесь, причем каждый из обоих указанных контуров содержит особые агрегаты, с помощью функционального сопряжения и режима работы которых при эксплуатации во время движения за пределами туннеля чиллер в первую очередь заряжает холодом блок накопления холода, при том что во время прекращения работы чиллера энергия холода, накопившаяся в системе накопления РСМ, подается на водяной теплообменник.

B1**042496****042496****B1**

Изобретение относится к системе кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, содержащей по меньшей мере один чиллер и один блок накопления холода, выполненный в виде системы накопления РСМ, содержащей один материал с изменением агрегатного состояния, причем холодильная мощность, необходимая для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке, и холодильная мощность, необходимая для зарядки системы накопления РСМ, создаются с помощью чиллера, и при этом холод, накапливаемый в системе накопления РСМ, подается в агрегаты для кондиционирования пассажирского отсека в выбранных рабочих состояниях рельсового подвижного состава. Кроме того, изобретение относится к способу эксплуатации такой системы кондиционирования воздуха.

Известны многие технические решения для кондиционирования воздуха в рельсовом подвижном составе для пассажирских перевозок, с помощью которых достигается обогрев или охлаждение пассажирских отсеков.

Например, в документе DE 10 2009 056 968 B3 описывается система кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, в которой агрегаты, необходимые для кондиционирования воздуха, расположены на крыше подвижного состава. Такие агрегаты помещаются в технологической нише. Технологическая ниша закрыта сверху отдельным элементом, в результате чего она образует часть формы крыши и не выходит за пределы внешнего профиля рельсового подвижного состава.

Такая и многие аналогичные конструкции по своей сути пригодны для кондиционирования пассажирских отсеков в рельсовом подвижном составе. В то же время для некоторых конкретных условий эксплуатации необходимо принимать во внимание и другие аспекты. Например, в дополнение к техническим характеристикам работы системы кондиционирования воздуха (соотношение электрический ток/напряжение, холодильная мощность/тепловая мощность, объем воздуха и т.д.) становятся все более актуальными требования к продолжительным поездкам через туннели, поскольку пути для высокоскоростных поездов на дальние расстояния и для местных поездов в районах с высокой плотностью населения в последние годы во многих случаях оборудуют туннелями. В результате выпуска нагретого воздуха наружу из системы кондиционирования воздуха температура воздуха в туннелях резко возрастает и может только незначительно охлаждаться между проездами следующих друг за другом подвижных составов. По этой причине специалисту в данной области техники совершенно очевидно, что агрегаты чиллера системы кондиционирования воздуха, необходимые для охлаждения воздуха, отключают во время движения подвижного состава по туннелю.

Относящееся к этому техническое решение предлагается в документе WO 2005/014 365 A1. В то же время для гарантированного функционального охлаждения рельсовый подвижный состав оборудован совокупностью систем накопления холодильного агента, в которых замороженная вода в виде льда или другие низкотемпературные жидкости содержатся в отдельных контейнерах. Во время движения по туннелям для охлаждения воздуха используют лед или, в качестве альтернативы, жидкости, в результате чего действующий чиллер может быть выключен, и какой-либо дополнительный нагретый воздух по сути не выделяется в пространство туннеля. В то же время недостатком является то, что систему накопления холодильного агента необходимо регулярно пополнять.

Регулярная дозаправка систем накопления холодильного агента не требуется, если для временного накопления холода применяются так называемые системы накопления РСМ («материал с изменением агрегатного состояния»), такие системы также называют системами накопления с изменением агрегатного состояния или системами накопления латентной теплоты. Функционально такая система является системой накопления тепла, которая накапливает поступающую тепловую энергию и выделяет ее посредством изменения агрегатного состояния. Системы накопления РСМ могут накапливать тепловую энергию с низкими потерями и большим количеством повторяющихся циклов. Предпочтительно используют изменение агрегатных состояний типа твердое тело-жидкость, что иначе говоря означает затвердевание-плавление. Помимо воды или льда в качестве носителей применяются специальные соли или парафиновые воски. Системы накопления РСМ первоначально применялись только для охлаждающих пакетов, грелок и подобных небольших предметов, но теперь они также применяются для более крупных предметов.

Например, в документе DE 10 2009 058 842 A1 описывается система кондиционирования воздуха для транспортных средств, в которой материал с изменением агрегатного состояния может быть приведен в тепловой контакт с пассажирским отсеком и/или с элементами привода транспортного средства. Такое техническое решение предназначено для автомобилей с приводом от электромотора. Описываются варианты реализации изобретения, в которых пассажирский отсек нагревают посредством передачи тепла от материала с изменением агрегатного состояния в пассажирский отсек, или в которых пассажирский отсек охлаждают посредством отвода тепла из пассажирского отсека в материал с изменением агрегатного состояния, или посредством отвода холода от материала с изменением агрегатного состояния в пассажирский отсек.

Для рельсового подвижного состава аналогичное техническое решение известно из документа EP 2 570 280 B1. Техническое решение относится к охлаждению воздуха в пассажирском отсеке с использованием холодильного контура для выполнения циклов охлаждения. В первом цикле охлаждения генерируется больше холода, чем требуется в заданный момент времени для охлаждения пассажирского отсека.

Такой избыток холода накапливается в блоке накопления холода, выполненном в виде системы накопления РСМ. Во втором цикле охлаждения накопленный холод отбирается из блока накопления холода в определенных рабочих состояниях и также используется для охлаждения воздуха в пассажирском отсеке. Выполнение первого или второго цикла охлаждения зависит от того, находится ли рельсовый подвижный состав на стадии торможения или на стадии хода. В то же время в таком документе не предоставляется никакая-либо информация, относящаяся к работе системы накопления РСМ в зависимости от того, проходит ли подвижный состав снаружи или внутри туннеля.

В документе EP 3 290 288 B1 описывается система кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, в которой холод, требуемый для проезда через туннели, заранее подается в систему накопления и вновь отбирается из нее во время движения по туннелю. Указанная система содержит совокупность холодильных агрегатов, распределенных по подвижному составу, чиллер, который снабжает такие холодильные агрегаты холодом, и накопительный блок, который также может заряжаться холодом с помощью чиллера. Находясь за пределами туннеля или подобного частично закрытого участка пути, чиллер снабжает холодом холодильные агрегаты системы кондиционирования воздуха. Если имеется избыток холодопроизводительности, таким избытком заряжается блок накопления. При более длительных переходах через туннель накопленный холод отбирается из блока накопления и подается в агрегаты для охлаждения пассажирского отсека. Во время этого процесса чиллер отключается и не выделяет какого-либо дополнительного тепла в туннельном пространстве. В то же время недостатком является то, что блок накопления холода заряжается только при избытке холода. Вследствие этого количество холода, поступающего из блока накопления холода, во многих случаях оказывается недостаточным для более длинных туннельных переходов или для последовательных коротких участков пути через несколько туннелей. По этой причине чиллер не может быть выключен или может быть выключен только временно, так что на отдельных участках сильно нагретый воздух продолжает выпускаться в туннель.

В документе DE 198 60 057 A1 описывается система кондиционирования воздуха транспортного средства, содержащая первичный контур охлаждения холодильного агента, вторичный водно-гликолевый контур и пластинчатый теплообменник, последовательно их соединяющий. Во вторичном контуре последовательно расположена система накопления холода и теплообменник. Это позволяет осуществлять кондиционирование воздуха, когда первичный контур не находится в состоянии работы.

Задачей данного изобретения является создание системы кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, содержащей блок накопления холода, выполненный в виде системы накопления РСМ, причем достаточно большое количество холода может отводиться от материала с изменением агрегатного состояния системы накопления РСМ в пассажирский отсек, так что во время более длинных туннельных переходов чиллер системы кондиционирования воздуха, предназначенный для выработки холода, в большинстве случаев отключается, и в результате предотвращается выпуск в туннель больших количеств тепла от рельсового подвижного состава.

Данная задача решается за счет разделения холодильного контура на первичный контур, содержащий холодильный агент, и вторичный контур, содержащий водно-гликолевую смесь, причем первичный контур создает холодильную мощность для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке и для зарядки системы накопления РСМ, и при этом холодильная мощность передается во вторичный контур через пластинчатый теплообменник.

Система накопления РСМ и водяной теплообменник для охлаждения воздуха в пассажирском отсеке расположены последовательно друг за другом в направлении потока во вторичном контуре. Таким способом может быть достигнут более низкий уровень температуры для блока накопления холода. Получаемый в результате несколько более высокий уровень температуры холодильного агента на выходе из блока накопления холода все еще достаточен для теплообменника в пассажирском отсеке. Вследствие этого блок накопления холода находится на более низком уровне температуры, чем теплообменник в пассажирском отсеке. При работе от блока накопления холода нет значительного изменения уровня температуры по сравнению с работой действующего чиллера.

Материал с изменением агрегатного состояния выполнен в виде небольших пластинчатых сегментов, расположенных в контейнере системы накопления РСМ, а водно-гликолевая смесь вторичного контура протекает вокруг материала с изменением агрегатного состояния в таком контейнере.

Одна байпасная линия расположена у системы накопления РСМ, а другая линия расположена у водяного теплообменника во вторичном контуре, причем такие байпасные линии открываются или закрываются с помощью трехходового клапана в зависимости от текущего режима работы системы кондиционирования воздуха.

С точки зрения технологии процесса такая система кондиционирования воздуха работает таким образом, что при эксплуатации рельсового подвижного состава во время его движения за пределами туннеля чиллер в первую очередь заряжает холодом блок накопления холода, и что во время прекращения работы чиллера энергия холода, накопившаяся в системе накопления РСМ, подается на водяной теплообменник. Возможны и различные альтернативные варианты реализации изобретения.

Например, во время работы, когда рельсовый подвижный состав движется за пределами туннеля, чиллер может вначале только заряжать холодом блок накопления холода и создавать холод для охлажде-

ния пассажирского отсека только после полной зарядки блока накопления холода.

В то же время предпочтительно, чтобы система кондиционирования воздуха работала в параллельной конфигурации, в которой чиллер заряжает холодом блок накопления холода во время его работы при движении за пределами туннеля и вместе с этим также создает холод для охлаждения пассажирского отсека. В таком варианте реализации изобретения предпочтительно, чтобы процентное соотношение между количеством холода для зарядки или подачи в блок накопления холода и количеством холода для пассажирского отсека было регулируемым. При этом топография маршрута, внутренняя и внешняя температура, количество пассажиров, частота и продолжительность открывания дверей на станциях, а также аналогичные параметры могут, например, приниматься во внимание в качестве основы для управления или контроля.

Независимо от конкретного выбранного варианта, сразу после зарядки блока накопления холода может быть также оптимизировано и охлаждение пассажирского отсека. Возможны изменения приоритетов в распределении доступной мощности охлаждения между пассажирским отсеком и блоком накопления холода, из которых три возможных альтернативных варианта реализации перечислены ниже.

а) Отказ от зарядки блока накопления холода в случае очень высокой потребности в холодильной мощности для пассажирского отсека, например, это типично для пригородных перевозок в час пик.

б) Зарядка блока накопления холода исключительно в случае низкой потребности в холодильной мощности с использованием верхнего предела температуры для пассажирского отсека.

с) Целенаправленное упреждающее снижение температуры пассажирского отсека в пределах допустимого диапазона регулирования температуры и, вследствие этого, использование пассажирского отсека в качестве системы накопления.

Техническое решение в соответствии с изобретением обеспечивает несколько преимуществ по сравнению с традиционными конструкциями, используемыми до настоящего времени. Например, система накопления энергии холода должна накапливать меньше энергии, чем система накопления теплоты, поскольку энергия компрессора не требует ее накопления. Достигается более высокий коэффициент полезного действия (КПД), в виде соотношения производимой холодильной мощности и затрачиваемой на это энергии в режиме накопления. Еще одно преимущество заключается в том, что за счет применения вторичного холодильного контура уменьшается количество используемого холодильного агента. Аналогичным образом требуется меньше агрегатов, поскольку один и тот же теплообменник применяется для охлаждения приточного воздуха в гибридном режиме и в обычном режиме охлаждения. Отсутствует необходимость в изменении потока приточного воздуха за счет добавления еще одного теплообменника.

Техническое решение в соответствии с данным изобретением предпочтительно пригодно для высокоскоростных поездов, движущихся на дальние расстояния, и для местных поездов в городских центрах, для которых путь содержит более протяженные участки туннелей или аналогичных закрытых участков пути. Кроме того, может быть сокращено время работы без источника питания, например, для предварительного охлаждения припаркованного рельсового подвижного состава перед началом работы при высоких наружных температурах или для аварийного охлаждения в случае внезапных сбоев. Независимо от конкретного применения достаточно большое количество холода отводится от материала с изменением агрегатного состояния системы накопления РСМ в пассажирский отсек, что гарантирует достаточное охлаждение пассажирского отсека без выпуска большого количества тепла от рельсового подвижного состава даже в том случае, когда чиллер системы кондиционирования воздуха, предназначенный для выработки холода, не находится в состоянии работы.

Далее подробно поясняется пример варианта реализации изобретения. В данном документе на фигуре представлена базовая схема системы кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, выполненной в соответствии с данным изобретением и содержащей систему накопления РСМ в качестве блока накопления холода.

Система кондиционирования воздуха, представленная в упрощенном виде на фигуре, выполнена для рельсового подвижного состава и содержит чиллер 1 и блок 12 накопления холода. Блок 12 накопления холода выполнен в виде системы накопления РСМ, содержащей материал с изменением агрегатного состояния. Чиллер 1 создает холодильную мощность, необходимую для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке (не показан), и холодильную мощность, необходимую для зарядки системы 12 накопления РСМ. Холод, накапливаемый в системе 12 накопления РСМ, подается в агрегаты для кондиционирования воздуха пассажирского отсека в выбранных рабочих состояниях рельсового подвижного состава, предпочтительно во время движения по туннелю.

Из графического материала видно, что контур охлаждения разделен на первичный контур (сверху), содержащий холодильный агент, и вторичный контур (снизу), содержащий водно-гликолевую смесь. Все имеющиеся на рынке холодильные агенты пригодны в качестве холодильных агентов для первичного контура, то есть как синтетические (например, R134a), так и естественного происхождения (например, CO₂ или пропан) холодильные агенты.

Первичный контур, содержащий чиллер 1, конденсатор 2 и редукционный клапан 9, создает холодильную мощность, необходимую для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке (не показан), и холодильную мощность, необходимую для зарядки системы 12 накопления РСМ.

Для решения этой задачи холодильная мощность передается из первичного контура во вторичный контур через пластинчатый теплообменник 10. В таком вторичном контуре система 12 накопления РСМ и водяной теплообменник 3 для охлаждения воздуха в пассажирском отсеке расположены последовательно в направлении потока от пластинчатого теплообменника 10. Водяной насос 11 расположен в направлении потока за водяным теплообменником 3, который, в свою очередь, находится в функциональном сопряжении с пластинчатым теплообменником 10.

Материал с изменением агрегатного состояния, который подробно не показан, выполнен в форме небольших пластинчатых сегментов и расположен в контейнере системы 12 накопления РСМ, который также подробно не показан. Водно-гликолевая смесь вторичного контура в таком контейнере протекает вокруг материала с изменением агрегатного состояния. Материал с изменением агрегатного состояния может представлять собой любой материал, имеющийся для этого на рынке, предпочтительно парафиновые воски с температурой плавления от 0°C до 15°C или вода.

Кроме того, каждое из системы 12 накопления РСМ и водяного теплообменника 3 во вторичном контуре функционально сопряжены с отдельным трехходовым клапаном 14. Два трехходовых клапана 14 могут переключаться таким способом, который позволяет обходить систему 12 накопления РСМ и водяной теплообменник 3 с помощью соответствующей байпасной линии, причем это зависит от текущего режима работы системы кондиционирования воздуха.

Выполненная в таком виде система кондиционирования воздуха работает в режиме, при котором при эксплуатации рельсового подвижного состава во время его движения за пределами туннеля чиллер 1 в первую очередь заряжает холодом блок накопления холода/систему 12 накопления РСМ. Блок 12 накопления холода может заряжаться холодом, и холод может одновременно создаваться для охлаждения пассажирского отсека. В этом рабочем состоянии может быть выбрано процентное соотношение между количеством холода для зарядки или подачи в блок 12 накопления холода и количеством холода для пассажирского отсека. В альтернативном варианте реализации изобретения также возможно, что вначале холод создается только для зарядки холодом блока 12 накопления холода, а для охлаждения пассажирского отсека холод создается только после полной зарядки блока 12 накопления холода. Если чиллер 1 не находится в состоянии работы, то есть предпочтительно во время движения в туннеле, то энергия холода, накопленная в системе 12 накопления РСМ, подается в водяной теплообменник 3.

Список ссылочных позиций:

- 1 чиллер,
- 2 конденсатор,
- 3 водяной теплообменник,
- 9 редуционный клапан,
- 10 пластинчатый теплообменник,
- 11 водяной насос,
- 12 блок накопления холода/система накопления РСМ,
- 14 трехходовой клапан.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава, содержащая по меньшей мере один чиллер и один блок накопления холода, выполненный в виде системы накопления РСМ, содержащей материал с изменением агрегатного состояния, причем холодильная мощность, необходимая для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке, и холодильная мощность, необходимая для зарядки системы накопления РСМ, создается с помощью чиллера, и при этом холод, накапливаемый в системе накопления РСМ, подается в агрегаты для кондиционирования воздуха пассажирского отсека в выбранных рабочих состояниях рельсового подвижного состава, отличающаяся тем, что

холодильный контур разделен на первичный контур, содержащий холодильный агент, и вторичный контур, содержащий водно-гликолевую смесь, причем чиллер расположен в первичном контуре, при этом между первичным контуром и вторичным контуром расположен пластинчатый теплообменник (10), причем система (12) накопления РСМ и водяной теплообменник (3) расположены последовательно в направлении потока во вторичном контуре, при этом материал с изменением агрегатного состояния, выполненный в виде небольших пластинчатых сегментов, расположен в контейнере системы (12) накопления РСМ, а водно-гликолевая смесь вторичного контура протекает вокруг материала с изменением агрегатного состояния в таком контейнере, причем соответственно в системе накопления РСМ (12) и на водяном теплообменнике (3) во вторичном контуре расположена байпасная линия, при этом такие байпасные линии могут быть открыты или закрыты с помощью соответствующего трехходового клапана (14) в зависимости от текущего режима работы системы кондиционирования воздуха.

2. Способ эксплуатации системы кондиционирования воздуха для рельсового подвижного состава по п.1, содержащей по меньшей мере один чиллер и один блок накопления холода, выполненный в виде системы накопления РСМ, содержащей материал с изменением агрегатного состояния, причем холодильная мощность, необходимая для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке, и холодильная

мощность, необходимая для зарядки системы накопления РСМ, создаются с помощью чиллера, и при этом холод, накапливаемый в системе накопления РСМ, подается в агрегаты для кондиционирования воздуха пассажирского отсека в выбранных рабочих состояниях рельсового подвижного состава, причем холодильный контур разделен на первичный контур, содержащий холодильный агент, и вторичный контур, содержащий водно-гликолевую смесь, при этом первичный контур создает холодильную мощность для кондиционирования воздуха в пассажирском отсеке и для зарядки системы накопления РСМ, причем холодильная мощность передается во вторичный контур через пластинчатый теплообменник, а в направлении потока в указанном контуре последовательно расположена система накопления РСМ и водяной теплообменник для охлаждения воздуха в пассажирском отсеке, при этом материал с изменением агрегатного состояния, выполненный в виде небольших пластинчатых сегментов, расположен в контейнере системы накопления РСМ, а водно-гликолевая смесь вторичного контура протекает вокруг материала с изменением агрегатного состояния в таком контейнере, причем система накопления РСМ и водяной теплообменник во вторичном контуре функционально сопряжены с соответствующим трехходовым клапаном для подключения байпасной линии, отличающийся тем, что

при эксплуатации рельсового подвижного состава во время его движения за пределами туннеля чиллер (1) в первую очередь заряжает холодом блок накопления холода (систему 12 накопления РСМ), и во время прекращения работы чиллера (1) энергия холода, накопившаяся в системе (12) накопления РСМ, подается на водяной теплообменник (3).

3. Способ эксплуатации системы кондиционирования воздуха по п.2, отличающийся тем, что при эксплуатации рельсового подвижного состава во время его движения за пределами туннеля чиллер (1) заряжает холодом блок (12) накопления холода и вместе с этим также создает холод для охлаждения пассажирского отсека.

4. Способ эксплуатации системы кондиционирования воздуха по п.3, отличающийся тем, что процентное соотношение между количеством холода для зарядки или подачи в блок (12) накопления холода и количеством холода для пассажирского отсека является регулируемым.

5. Способ эксплуатации системы кондиционирования воздуха по п.2, отличающийся тем, что во время работы, когда рельсовый подвижный состав движется за пределами туннеля, чиллер (1) вначале только заряжает холодом блок (12) накопления холода и только после полной зарядки блока (12) накопления холода создает холод для охлаждения пассажирского отсека.

