

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039194**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.16

(21) Номер заявки
202090341

(22) Дата подачи заявки
2018.07.25

(51) Int. Cl. *F25C 3/04* (2006.01)
F25B 23/00 (2006.01)
F25D 31/00 (2006.01)
F25C 1/16 (2006.01)

(54) **ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА**

(31) **1757207**

(32) **2017.07.28**

(33) **FR**

(43) **2020.06.30**

(86) **PCT/FR2018/051907**

(87) **WO 2019/020940 2019.01.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АЛЬПИНОВ С (FR)

(72) Изобретатель:
**Винар Тома, Бюр Себастьян, Жирар
Жером (FR)**

(74) Представитель:
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.
(RU)**

(56) JP-A-2004251541
EP-A1-1247024
WO-A1-2015092730
CN-A-103822420
FR-A-924606
US-B1-6328527
US-A-1061206

(57) Изобретение относится к холодильной установке (5), содержащей первую камеру (10), содержащую воду (14) в жидком состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды или выше температуры тройной точки воды менее чем на 10°C, и воду (11) в газообразном состоянии при первом давлении, равном давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды (14) в жидком состоянии, вторую камеру (30) при втором давлении, строго превышающем первое давление по меньшей мере в два раза, компрессионное устройство (32), соединяющее первую камеру со второй камерой, конденсационное устройство (34), выполненное с возможностью конденсации воды в газообразном состоянии во второй камере в воду в жидком состоянии, и устройство (24) для извлечения энергии холода в первой камере.

B1

039194

039194

B1

Настоящая патентная заявка испрашивает приоритет по французской патентной заявке FR 17/57207, которая рассматривается как неотъемлемая часть настоящего описания.

Область техники

Настоящая заявка относится к холодильной установке.

Уровень техники

Холодильная установка имеет множество различных областей применения.

Примером применения холодильной установки является система кондиционирования воздуха, в частности, в контексте городской сети охлаждения или для центра обработки данных.

Другим примером применения холодильной установки является система производства искусственного снега, например, для изготовления снега на горнолыжных курортах при нехватке выпадения снега из-за погодных условий или географического расположения курортов.

В целом для любого термомеханического преобразователя энергии и, в частности, для холодильной установки, коэффициентом полезного действия (КПД) называют соотношение между тепловой мощностью, производимой системой (количество горячего тепла Q_{ch} или количество холодного тепла Q_{ref}), и работой, совершенной системой (работа W). Обычно требуется, чтобы КПД был как можно выше, что отражает энергетическую эффективность системы и имеет следствием низкое энергопотребление, с учетом того, что энергопотребление включает в себя потребление электроэнергии системы.

Существуют различные типы холодильных установок, которые могут применяться, в частности, в системах производства искусственного снега. Первые системы производства искусственного снега представляют собой системы, открытые для атмосферного воздуха, типа снежной пушки или снежного шеста, и обычно предполагают осуществление распыления смеси воды и воздуха, которая кристаллизуется при контакте с окружающим воздухом. Воздух может поступать из источника сжатого воздуха, расширение которого приводит к образованию снега. Недостаток этих систем состоит в том, что они могут работать только в диапазоне пониженных температур и гигрометрии, обычно при температуре ниже -2°C и при гигрометрии выше 30%. Вторые системы производства искусственного снега включают в себя открытые системы, как описанные в заявке на патент WO 2012/104787. Потребление электроэнергии такими системами производства снега обычно варьируется от 20 до 40 кВт/ч на кубический метр произведенного снега, что ниже, чем у вторых и третьих систем производства снега. Однако такие системы производства требуют строительства охлаждающих башен и, следовательно, имеют слишком высокую стоимость строительства для эксплуатации в больших масштабах.

Третьи системы производства искусственного снега включают в себя закрытые системы рефрижераторного типа, содержащие компрессор, конденсатор, редуктор давления и испаритель. Недостаток состоит в том, что КПД обычно низкий, обычно порядка 2-4. Кроме того, потребление электроэнергии такими системами производства снега может быть высоким, например, от 40 до 120 кВт/ч на кубический метр произведенного снега.

Четвертые системы производства искусственного снега включают в себя закрытые системы, в которых реализованы криогенные процессы, включающие в себя, в частности, образование смеси воды и криогенного газа, в частности азота или диоксида углерода. Даже если КПД такой системы производства снега может быть высоким, необходимо учитывать энергию, необходимую для производства криогенной жидкости. В результате общее потребление таких систем производства снега может превышать несколько сотен кВт/ч на кубический метр произведенного снега, что приводит к слишком высоким эксплуатационным расходам для эксплуатации в больших масштабах и существенным материально-техническим ограничениям.

Представляется необходимым создать холодильную установку, в частности, для системы кондиционирования воздуха или системы производства искусственного снега, имеющую высокое КПД, в частности, более 6, предпочтительно более 10, с низким потреблением электроэнергии, в частности, когда холодильная установка установлена в системе производства снега, потребление которой составляет менее 5 кВт/ч, предпочтительно менее 3 кВт/ч на кубический метр произведенного снега. Представляется необходимым также, чтобы холодильная установка могла нормально работать в широком диапазоне температур окружающей среды, в частности, при положительных температурах и предпочтительно до 25°C или даже до 35°C .

Раскрытие сущности изобретения

Таким образом, задача, решаемая при осуществлении изобретения, состоит в преодолении, по меньшей мере частично, недостатков холодильных установок, описанных выше.

Другая задача, решаемая при осуществлении изобретения, состоит в обеспечении КПД холодильной установки более 6, предпочтительно более 10.

Другая задача, решаемая при осуществлении изобретения, состоит в снижении потребления электроэнергии холодильной установкой, в частности, когда холодильная установка установлена в системе производства снега, до менее 5 кВт/ч на кубический метр произведенного снега, предпочтительно до менее 3 кВт/ч на кубический метр произведенного снега.

Другая задача, решаемая при осуществлении изобретения, состоит в возможности функционирова-

ния холодильной установки при температуре окружающей среды от -30°C до $+25^{\circ}\text{C}$, предпочтительно от -30°C до $+35^{\circ}\text{C}$.

Другая задача, решаемая при осуществлении изобретения, состоит в снижении стоимости построения холодильной установки.

Таким образом, вариантом осуществления изобретения предусмотрена холодильная установка, содержащая первую камеру, содержащую воду в жидком состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды или выше температуры тройной точки воды менее чем на 10°C , предпочтительно менее чем на 5°C , и воду в газообразном состоянии при первом давлении, равном в пределах 10%, давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды в жидком состоянии в первой камере, в частности, равном в пределах 10% давлению насыщенного пара воды при температуре тройной точки воды; вторую камеру при втором давлении, строго превышающем первое давление по меньшей мере в два раза; компрессионное устройство, соединяющее первую камеру со второй камерой; конденсационное устройство, частично размещенное во второй камере и выполненное с возможностью конденсации воды в газообразном состоянии во второй камере в воду в жидком состоянии; и устройство извлечения энергии холода в первой камере.

Согласно варианту осуществления изобретения установка содержит устройство нагревания воды в газообразном состоянии в первой камере для питания компрессионного устройства.

Согласно варианту осуществления изобретения первая камера дополнительно содержит воду в твердом состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды.

Согласно варианту осуществления изобретения вода циркулирует в замкнутом контуре в установке.

Согласно варианту осуществления изобретения конденсационное устройство содержит первый теплообменник снаружи второй камеры и средства циркуляции первого теплоносителя вокруг второй камеры через первый теплообменник.

Согласно варианту осуществления изобретения первый теплоноситель представляет собой окружающий воздух или воду из водопровода, водоема и/или грунтовых вод.

Согласно варианту осуществления изобретения второе давление во второй камере меньше или равно 10000 Па (100 мбар), предпочтительно меньше или равно 6000 Па (60 мбар).

Согласно варианту осуществления изобретения устройство извлечения энергии холода содержит гидравлический контур, в котором циркулирует часть воды или вся вода в жидком состоянии, находящаяся в первой камере, при этом гидравлический контур содержит второй теплообменник, расположенный снаружи первой камеры.

Согласно варианту осуществления изобретения устройство извлечения энергии холода содержит замкнутый гидравлический контур, в котором циркулирует второй теплоноситель, при этом гидравлический контур содержит второй теплообменник, расположенный снаружи первой камеры, и третий теплообменник, расположенный в первой камере.

Согласно варианту осуществления изобретения холодильная установка содержит третью камеру, в которой расположен второй теплообменник, доставляющий холодную энергию конечному пользователю, при этом третья камера содержит, например, воду в твердом состоянии.

Согласно варианту осуществления изобретения нагревательное устройство содержит источник инфракрасного излучения и/или источник микроволнового излучения.

Согласно варианту осуществления изобретения нагревательное устройство выполнено с возможностью нагревания воды в газообразном состоянии по меньшей мере на 2°C , предпочтительно по меньшей мере на 10°C , более предпочтительно по меньшей мере на 20°C в первой камере для питания компрессионного устройства.

Согласно варианту осуществления изобретения компрессионное устройство содержит по меньшей мере один компрессор типа турбомашин, в частности центробежный компрессор и/или осевой компрессор.

Согласно варианту осуществления изобретения компрессионное устройство содержит последовательность ступеней, при этом каждая ступень содержит ротор и статор.

Согласно варианту осуществления изобретения компрессионное устройство представляет собой компрессор Тесла.

Согласно варианту осуществления изобретения компрессионное устройство содержит первую компрессорную ступень с фиксированной степенью сжатия и вторую компрессорную ступень с управляемой степенью сжатия.

Согласно варианту осуществления изобретения холодильная установка в первой камере дополнительно содержит механическое устройство защиты компрессионного устройства от попадания частиц в твердом и/или жидком состоянии.

Согласно варианту осуществления изобретения холодильная установка содержит трубу для подачи воды в жидком состоянии в первую камеру.

Согласно варианту осуществления изобретения конденсационное устройство содержит по меньшей мере одну форсунку для распыления капель воды в жидком состоянии во второй камере.

Согласно варианту осуществления изобретения установка дополнительно содержит систему регулирования перепада давления между второй камерой и первой камерой.

Согласно варианту осуществления изобретения система регулирования содержит турбодетандер, конфигурированный для снижения давления воды в газообразном состоянии из второй камеры и подачи под давлением смеси, содержащей воду в газообразном состоянии и воду в жидком состоянии, в первую камеру.

Согласно варианту осуществления изобретения, первая камера содержит по меньшей мере одну емкость для воды в жидком состоянии, при этом указанная смесь нагнетается в воду в жидком состоянии, находящуюся в указанной емкости.

Согласно варианту осуществления изобретения предложена также система производства искусственного снега, содержащая холодильную установку как описано выше.

Согласно варианту осуществления изобретения предложена также система кондиционирования воздуха для промышленных, общественных и частных установок, содержащая холодильную установку как описано выше, в частности, как часть городской сети охлаждения или центра обработки данных.

Согласно варианту осуществления изобретения предложен также способ производства холода, включающий в себя следующие этапы: вводят в первую камеру воду в жидком состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды или выше температуры тройной точки воды менее, чем на 10°C, предпочтительно менее, чем на 5°C, и приводят воду в газообразное состояние при первом давлении, равном, в пределах 10%, давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды в жидком состоянии в первой камере, нагнетают воду в газообразном состоянии из первой камеры во вторую камеру при втором давлении, строго превышающем первое давление по меньшей мере в два раза, конденсируют воду в газообразном состоянии во второй камере в воду в жидком состоянии, и извлекают энергию холода в первой камере.

Согласно варианту осуществления изобретения, способ дополнительно включает в себя этап нагревания в первой камере подлежащей нагнетанию воды в газообразном состоянии.

Краткое описание чертежей

Эти и другие признаки и преимущества подробно поясняются в нижеследующем описании конкретных неограничивающих вариантов осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых

фиг. 1 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе варианта осуществления холодильной установки,

фиг. 2-4 представляют собой диаграммы давления-энтальпии воды, иллюстрирующие функционирование холодильной установки, представленной на фиг. 1,

фиг. 5 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе более подробного варианта осуществления части холодильной установки с фиг. 1,

фиг. 6 и 7 представляют собой частичные и схематические виды в разрезе более подробных вариантов осуществления другой части холодильной установки с фиг. 1,

фиг. 8 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе другого варианта осуществления холодильной установки,

фиг. 9 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе более подробного варианта осуществления части холодильной установки с фиг. 8 и

фиг. 10 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе другого варианта осуществления холодильной установки.

Подробное описание

Для ясности одни и те же элементы имеют одинаковые обозначения на разных фигурах, при этом разные фигуры выполнены не в масштабе. Кроме того, показаны и описаны только те элементы, которые необходимы для понимания настоящего описания. В частности, компрессоры и теплообменники хорошо известны специалистам в данной области техники и не описаны подробно. В нижеследующем описании при указании относительного положения такие термины как "сверху", "снизу", "верхний", "нижний" и т.д., или при указании ориентации такие как термины "горизонтальный", "вертикальный" и т.д., относятся к ориентации чертежей или холодильной установки в нормальном положении использования. В нижеследующем описании, если не указано иное, "по существу", "около", "приблизительно" и "порядка" означают "с точностью до 10%", предпочтительно "с точностью до 5%".

В остальной части заявки "вода" означает химическое соединение H₂O, которое может находиться в жидком, твердом или газообразном состоянии. При этом выражения "вода в газообразном состоянии" или "водяной пар" используются взаимозаменяемо. В остальной части заявки выражение "жидкая вода" или "вода в жидком состоянии" используется для обозначения либо чистой воды в жидком состоянии, либо воды в жидком состоянии, соответствующей растворителю для водного раствора, дополнительно содержащего по меньшей мере одно растворенное вещество. При этом в нижеследующем описании выражение "тройная точка воды" означает "тройную точку чистой воды".

Далее описаны варианты осуществления холодильных установок, в которых используется вода в жидком состоянии. Очевидно, что в этих вариантах осуществления вода в жидком состоянии может соответствовать растворителю водного раствора, то есть, что к воде в жидком состоянии могут быть добав-

лены добавки.

Фиг. 1 представляет собой вариант осуществления холодильной установки 5.

Холодильная установка 5 содержит: первую камеру 10 низкого давления, газонепроницаемую по отношению к внешней среде и теплоизолированную по отношению к внешней среде, при этом первая камера 10 низкого давления содержит при работе по существу водяной пар 11, емкость 12, содержащую жидкую воду 14, и, при работе в стационарном режиме холодильной установки 5, воду 15 в твердом состоянии, при этом емкость 12 размещена в первой камере 10 низкого давления и открыта для внутреннего объема первой камеры 10 низкого давления, трубу 18 подачи жидкой воды в емкость 12, защитный элемент 20, расположенный в первой камере 10 низкого давления, закрывающий свободную поверхность жидкой воды 14 и предотвращающий проникновение брызг жидкой воды из емкости 12, по меньшей мере одно устройство 22 нагревания по меньшей мере части водяного пара в первой камере 10 низкого давления, устройство 24 извлечения энергии холода из емкости 12, например, устройство рекуперации воды в твердом состоянии, соединенное с емкостью 12, вторую камеру 30 низкого давления, газонепроницаемую по отношению к внешней среде и теплоизолированную по отношению к внешней среде, при этом давление во второй камере 30 низкого давления больше, чем давление в первой камере 10 низкого давления, компрессор 32, также называемый компрессионным устройством, например турбокомпрессор, турбина или компрессор Тесла, соединяющий первую камеру 10 низкого давления со второй камерой 30 низкого давления, в который поступает строго пар из первой камеры 10 низкого давления и который обеспечивает подачу сжатого водяного пара во вторую камеру 30 низкого давления, конденсационное устройство 34, также называемое конденсатором 34, выполненное с возможностью сжижения водяного пара, находящегося во второй камере 30 низкого давления, при этом конденсатор 34 частично размещен во второй камере 30 низкого давления и содержит, например, теплообменник, охлаждаемый посредством окружающего воздуха, при этом конденсатор 34 содержит средства, например, вентилятор 36, для обеспечения циркуляции окружающего воздуха через теплообменник, труба 38 для рекуперации жидкой воды, образующейся в конденсаторе 34, и процессорный модуль 40, соединенный с нагревательным устройством 22, с компрессором 32 и с конденсатором 34 и выполненный с возможностью управления нагревательным устройством 22, компрессором 32 и конденсатором 34.

Когда холодильная установка 5 работает в режиме открытого цикла, жидкая вода 14, находящаяся в емкости 12, может представлять собой воду, поступающую непосредственно из системы распределения проточной воды, или пресную воду, в частности водоема или воду из водохранилища в холмистой местности. В случае, когда холодильная установка 5 функционирует в режиме замкнутого цикла, труба 38 может быть соединена с трубой 18. Холодильная установка 5 также может содержать систему 42 регулирования перепада давления между второй камерой 30 низкого давления и первой камерой 10 низкого давления. Система 42 может соответствовать системе управляемых клапанов, капиллярной системе, системе с турбодетандером или водосливной системе и может поддерживать перепад давления между второй камерой 30 низкого давления и первой камерой 10 низкого давления при, по существу, постоянном значении.

Процессорный модуль 40 может соответствовать выделенному контуру или может содержать процессор, например, микропроцессор или микроконтроллер, обеспечивающий возможность выполнения команд компьютерной программы, хранящейся в памяти. Холодильная установка 5 также может содержать датчики, в частности, датчики температуры, датчики давления, датчики уровня, датчики расхода и т.д., не показанные на чертежах, соединенные с процессорным модулем 40, в частности, для определения температуры и давления в камерах 10 и 30.

Согласно варианту осуществления изобретения компрессор 32 представляет собой осевой компрессор или центробежный компрессор, который обеспечивает поток сжатого пара по существу вдоль оси вращения компрессора. Компрессор содержит последовательность компрессионных ступеней, при этом каждая ступень содержит ротор и статор. Ротор содержит лопасти, приводимые во вращение посредством приводного вала. Ротор ускоряет поток газа благодаря энергии, передаваемой приводным валом компрессора. Статор содержит неподвижные лопасти. Статор преобразует кинетическую энергию потока газа в давление посредством формы статора.

Нагревательное устройство 22 предпочтительно представляет собой радиационный нагреватель, содержащий источник электромагнитного излучения, способный обеспечить образование водяного пара. Нагревательное устройство 22 содержит, например, систему нагревания водяного пара посредством инфракрасного излучения или, например, систему нагревания водяного пара посредством микроволнового излучения. Согласно варианту осуществления изобретения, нагревательное устройство 22 содержит как источник инфракрасного излучения, так и источник микроволнового излучения. В зависимости от предполагаемого применения нагревательное устройство 22 может отсутствовать.

Размеры холодильной установки 5 зависят от выбранного применения. Объем первой камеры 10 низкого давления может составлять от 1 л до нескольких тысяч кубических метров, в частности от 10 до 10000 л. Объем второй камеры 30 низкого давления может составлять от 1 л до тысячи кубических метров, в частности от 1 до 10000 л. Объем жидкой воды 14 в емкости 12 может составлять от 1 л до нескольких тысяч кубических метров, в частности от 1 л до 3000 м³, в частности от 9 до 9999 л.

Холодильная установка 5 содержит первичный вакуумный насос, который не показан, соединенный с первой камерой 10 низкого давления и/или со второй камерой 30 низкого давления.

Фиг. 2 представляет собой диаграмму давления-энтальпии воды, иллюстрирующую функционирование холодильной установки 5 в начале ее функционирования.

Точки, обозначенные А-Г на фиг. 2, иллюстрируют последовательные состояния, через которые проходит вода, циркулирующая в холодильной установке 5.

Точка А относится к жидкой воде, которая будет вводиться в емкость 12 по трубе 18, например, для заполнения емкости 12 в начале функционирования установки 5. Давление жидкой воды в точке А соответствует первому значению давления и температура жидкой воды в точке А соответствует первому значению температуры.

Согласно варианту осуществления изобретения первое значение давления больше или равно 0,1 МПа (1 бар), например больше или равно 0,1 МПа (1 бар) и меньше или равно 10 МПа (100 бар). Согласно варианту осуществления изобретения первое значение температуры больше или равно 5°C, например больше или равно 5°C и меньше или равно 10°C. Вода, подаваемая в емкость 12, поступает, например, из водораспределительной сети, к которой подключена холодильная установка 5. Затем первое значение температуры может соответствовать температуре воды, подаваемой из распределительной сети.

После введения в емкость 12 давление жидкой воды 14 уменьшается с первого значения давления до давления в первой камере 10 низкого давления, которое соответствует второму значению давления. Это соответствует переходу от точки А к точке В. При работе второе значение давления равно давлению насыщенного пара жидкой воды 14, находящейся в емкости 12. Согласно варианту осуществления изобретения второе значение давления в первой камере 10 низкого давления обычно составляет от 600 Па (6 мбар) до 2500 Па (25 мбар), предпочтительно от 600 Па (6 мбар) до 1500 Па (15 мбар). Например, для воды при 5°C давление в первой камере 10 низкого давления может быть равно 870 Па (8,7 мбар). Температура жидкой воды, введенной в емкость 12 при падении давления, остается практически постоянной и равной первому значению температуры.

Температура жидкой воды 14 в емкости 12 соответствует второму значению температуры. В начале работы холодильной установки 10 второе значение температуры по существу равно первому значению температуры, так что температура воды, введенной в емкость 12, давление которой понизилось, существенно не изменяется.

В емкости 12 происходит испарение части жидкой воды 14, которое приведет к изменению температуры воды с первого значения температуры до второго значения температуры. Это соответствует переходу от точки В к точке С. Поскольку давление в камере 10 низкого давления равно давлению насыщенного пара воды при втором значении температуры, испарение представляет собой кипение жидкой воды 14, которое включает в себя, в частности, образование пузырьков 43 (см. фиг. 1) в жидкой воде 14. Затем в первой камере 10 низкого давления получают водяной пар при втором значении температуры и втором значении давления. Защитный элемент 20 позволяет предотвратить попадание брызг жидкой воды в компрессор 32 или вытекание жидкой воды из емкости 12 во время кипения жидкой воды 14. Кроме того, защитный элемент 12 обеспечивает возможность увеличения теплообменной поверхности путем добавления в его конструкцию частей, проникающих в жидкую воду.

Согласно варианту осуществления изобретения весь водяной пар или его часть в первой камере 10 низкого давления нагревается посредством нагревательного устройства 22. Затем температура части водяного пара в первой камере 10 низкого давления изменяется от второго значения температуры до третьего значения температуры. Согласно варианту осуществления изобретения водяной пар нагревается посредством компрессора 32 в часть первой камеры 10, где он нагревается. Это соответствует переходу от точки С к точке D. Согласно варианту осуществления изобретения третье значение температуры больше или равно 0°C и меньше или равно 100°C. Предпочтительно третье значение температуры больше, чем второе значение температуры по меньшей мере на 2°C, предпочтительно по меньшей мере на 10°C, более предпочтительно по меньшей мере на 20°C. На этапе нагрева давление водяного пара существенно не изменяется и остается по существу равным второму значению давления. Использование радиационного нагревательного устройства 22 делает возможным нагрев всего водяного пара, который подводится в компрессор 32. Действительно, с помощью контактного или конвекционного нагревательного устройства было бы трудно нагреть весь водяной пар, который подводится в компрессор 32, из-за низкого давления и, следовательно, слишком низкой плотности вещества в первой камере 10 низкого давления.

Водяной пар, нагретый до третьего значения температуры, поступает в компрессор 32, который выпускает сжатый пар во вторую камеру 30 низкого давления. Это соответствует переходу из точки D в точку E. Согласно варианту осуществления изобретения степень сжатия компрессора 32 больше или равна 2 и, например, меньше или равна 14. Давление во второй камере 30 низкого давления равно третьему значению давления, превышающему второе значение давления по меньшей мере в 2 раза. Например, третье значение давления больше или равно 600 Па (6 мбар) и меньше или равно 10000 Па (100 мбар), предпочтительно меньше или равно 6000 Па (60 мбар). Например, когда второе значение давления равно 870 Па (8,7 мбар), а степень сжатия компрессора 32 равна 2, третье значение давления по существу равно

1740 Па (17, 4 мбар). Сжатие водяного пара компрессором 32 вызывает нагрев водяного пара, температура которого переходит от третьего значения температуры к четвертому значению температуры, превышающему третье значение температуры.

Водяной пар, сжатый в камере 30 низкого давления, охлаждается и затем сжижается в жидкой воде, охлаждаемой конденсатором 34. Это соответствует переходу от точки Е к точке F и переходу от точки F к точке G. Давление воды на этапе охлаждения и сжижения существенно не изменяется и остается равным третьему значению давления. Температура воды изменяется от четвертого значения температуры до пятого значения температуры, которое строго ниже, чем четвертое значение температуры. Например, для третьего значения давления, равного 1740 Па (17,4 мбар), пятое значение температуры может быть равно 15,3°C. Чем выше степень сжатия, тем больше воды может быть сконденсировано при высоких внешних температурах и тем быстрее может быть выполнена конденсация.

Жидкая вода, образовавшаяся в конденсаторе 34, выводится из емкости 30 низкого давления по трубе 38. В случае замкнутого цикла труба 38 соединяется с трубой 18, так что жидкая вода, отводимая из камеры 30, возвращается в емкость 12.

Конденсация вызывает вакуумную откачку, связанную с разницей в массовом объеме между жидкой водой и газообразной водой (соотношение приблизительно между 1600 и 200000 между жидкой и газообразной фазами), что поддерживает уровень вакуума в камерах 10 и 30. Поддержание перепада давления между камерой 30 низкого давления и камерой 10 низкого давления обеспечивает процессорный модуль 40, который для этого управляет нагревательным устройством 22, компрессором 32, конденсатором 34, системой 42 и, возможно, первичным вакуумным насосом.

Первичный вакуумный насос работает при запуске холодильной установки 5 до тех пор, пока давление в первой камере 10 низкого давления не достигнет давления насыщенного пара при первом значении температуры. Затем вакуумный насос может быть отключен, и давление в камере 10 будет поддерживаться вакуумом, создаваемым на уровне конденсатора 34, и механической работой компрессора 32. При необходимости вакуумный насос также может участвовать в поддержании давления в первой камере 10 низкого давления.

Фиг. 3 и 4, каждая, представляет собой диаграмму давления-энтальпии воды, иллюстрирующую функционирование холодильной установки 5 в стационарном режиме соответственно для открытого цикла и для замкнутого цикла.

В стационарном режиме емкость 12 заполнена жидкой водой 14. Дополнительная вода поступает по трубе 18 в емкость 12 для компенсации потерь жидкой воды из емкости 12, например, непрерывно или периодически. В случае открытого цикла дополнительная вода находится в точке А (фиг. 3). В случае замкнутого цикла дополнительная жидкая вода за счет конденсаторов, рекуперированных в камере 30, и поэтому находится в точке G.

При испарении жидкой воды 14 из емкости 12, описанной выше, тепло, необходимое для образования водяного пара, извлекается из жидкой воды 14, поскольку первая камера 10 низкого давления термоизолирована по отношению к внешней среде. Таким образом обеспечивается охлаждение жидкой воды 14 в емкости 12. Это отображено на фиг. 3 и 4 дополнительным состоянием, представленным точкой В' в цепи состояний, которой следует вода, циркулирующая в установке 5. По факту, когда вода вводится в емкость 12 при первом значении температуры и первом значении давления для открытого цикла (точка А на фиг. 3), пятом значении температуры и третьем значении давления для замкнутого цикла (точка G на фиг. 4), наблюдается снижение давления этой воды при втором значении давления, что соответствует переходу из точки А в точку В и снижению температуры воды от первого значения температуры до второго значения температуры, которое строго ниже первого значения температуры, соответствующего переходу из точки В в точку В'.

Давление в первой камере 10 низкого давления уменьшается одновременно с уменьшением температуры жидкой воды 14 в емкости 12, так чтобы оно оставалось равным давлению насыщенного пара при температуре жидкой воды 14 в емкости 12. Поддержание давления в камере 10 под давлением насыщенного пара при температуре жидкой воды 14 в емкости 12 обеспечивается процессорным модулем 40, который для этого управляет нагревательным устройством 22, компрессором 32 и конденсатором 34, системой 42 и, опционально, первичным вакуумным насосом.

Согласно варианту осуществления изобретения температура жидкой воды 14 в емкости 12 снижается до температуры тройной точки воды, которая, например, для давления 611 Па (6,11 мбар) равна 0,01°C. Затем в емкости 12 образуются ледяные кристаллы 15, что соответствует переходу между точками В' и В'' на фиг. 3 и 4. Согласно варианту осуществления изобретения в стационарном режиме температура жидкой воды 14 в емкости 12 остается, по существу, постоянной и равной температуре тройной точки чистой воды, а давление в первой камере под низким давлением, по существу равно давлению насыщенного пара при температуре тройной точки воды. Согласно варианту осуществления, когда предусмотрены средства перемешивания воды или когда в воду добавляются подходящие добавки, в стационарном режиме температура жидкой воды 14 в емкости 12 остается, по существу, постоянной и равна температуре ниже температуры тройной точки чистой воды и давление в первой камере 10 низкого дав-

ления по существу равно давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды в жидком состоянии при температуре ниже температуры тройной точки воды. Затем вода в первой камере 10 низкого давления находится одновременно в газообразном состоянии, в жидком состоянии и в твердом состоянии. Согласно другому варианту осуществления, в частности, когда холодильная установка применяется в системе кондиционирования воздуха, температура жидкой воды 14 в емкости 12 снижается до температуры, превышающей температуру тройной точки воды менее, чем 10°C, предпочтительно менее чем на 5°C. Затем вода в первой камере 10 низкого давления находится одновременно в газообразном состоянии и в жидком состоянии.

Таким образом, испарение массы M_{ev} воды будет способствовать охлаждению массы M_{liq} воды, остающейся при втором значении температуры, а затем затвердеванию массы M_{sol} воды, возможно равной нулю, которая затем превращается в лед в соответствии со следующим соотношением (1):

$$M_{ev} * L_{ev} = M_{liq} * C_p * \Delta\theta + M_{sol} * L_{sol} \quad (1)$$

где L_{ev} - скрытая теплота испарения воды,

C_p - теплоемкость жидкой воды,

$\Delta\theta$ - разница между первым и вторым значениями температуры и

L_{sol} - скрытая теплота затвердевания воды.

В случае, когда образуется вода в твердом состоянии, в конце цикла можно получить массу M_{sol} льда в соответствии со следующим соотношением (2):

$$M_{ev} * L_{ev} = M_{sol} * (C_p * \Delta\theta + L_{sol}) \quad (2)$$

Другие переходы состояния воды аналогичны описанным выше со ссылкой на фиг. 2. В частности, этап нагревания, который соответствует переходу между точками С и D, направлен на повышение температуры водяного пара в камере 10 низкого давления по меньшей мере на 2°C, предпочтительно по меньшей мере на 10°C, предпочтительно по меньшей мере на 20°C. При этом, когда температура жидкой воды 14 в емкости 12 уменьшается, степень сжатия компрессора 32 может регулироваться, так чтобы поддерживать по существу то же самое третье значение давления во второй камере 30 низкого давления. Например, когда второе значение давления в первой камере 10 низкого давления равно 611 Па (6,11 мбар), степень сжатия компрессора 32, например, равна 3, а третье значение давления во второй камере 30 низкого давления равно 1830 Па (18,3 мбар). Например, пятое значение температуры жидкой воды, образованной конденсатором 34 при 1830 Па (18,3 мбар), например, равно 16,05°C для температуры окружающей среды около 6°C.

Согласно варианту осуществления изобретения устройство 24 извлечения энергии холода удаляет кристаллы льда 15, когда те образуются в емкости 12. Последующее использование кристаллов льда зависит от выбранного применения.

Для применения при производстве искусственного снега кристаллы льда 15 извлекаются для производства искусственного снега. Может быть предусмотрена система охлаждения для понижения температуры извлеченного льда и/или насосная установка для испарения остаточной воды и, таким образом, охлаждения и сушки льда. Также может быть предусмотрено устройство измельчения и вентиляции произведенного льда.

Для применения при кондиционировании воздуха или охлаждении и производстве искусственного снега кристаллы льда 15, находящиеся в емкости 12, могут действовать как поглотитель тепла.

Конденсатор 34 выполнен с возможностью сжижения водяного пара во второй камере 30 низкого давления за счет теплообмена между водяным паром во второй камере 30 низкого давления и хладагентом. Согласно варианту осуществления изобретения, охлаждающая жидкость представляет собой воздух снаружи холодильной установки 5. Конденсатор 34 может содержать средство перемешивания воздуха, например, осевой вентилятор 36, как показано на фиг. 1, при этом перемешивание воздуха схематично представлено стрелкой 44. Как вариант, конденсатор 34 может содержать вентилятор с эффектом Вентури или термосифон. Согласно другому варианту осуществления конденсатор 34 может содержать группу теплообменников жидкость-вода в камере 30 и группу теплообменников жидкость-воздух или жидкость/жидкость снаружи камеры 30, при этом хладагент циркулирует между этими двумя теплообменниками.

Предпочтительно конденсация воды в камере 30 не требует использования холодильной машины.

Производство жидкой воды посредством конденсатора 34 может осуществляться с использованием окружающего воздуха когда температура окружающего воздуха станет ниже пятого требуемого значения температуры. В описанном выше примере, в котором конденсатор 34 производит жидкую воду при 16,05°C, окружающий воздух можно применять в теплообменнике, как только его температура станет ниже 16°C, предпочтительно ниже 6°C, для получения разницы температур по меньшей мере в 10°C.

Максимально возможная температура окружающего воздуха, позволяющая использовать окружающий воздух в качестве хладагента конденсатором 34, в частности, определяется степенью сжатия компрессора 32. При степени сжатия, равной 10, можно считать, что давление насыщенного пара равно 6000 Па (60 мбар) во второй камере 30 низкого давления и пятое значение температуры равно 36°C, что

может быть без труда достигнуто, как только температура окружающего воздуха станет ниже 30°C. Предпочтительно, как только температура окружающей среды станет ниже 20°C, холодильная установка 5 может использоваться для производства искусственного снега, и, как только температура станет ниже 35°C, для кондиционирования воздуха.

Согласно варианту осуществления изобретения теоретический КПД холодильной установки 5 составляет порядка 19-20.

В приведенной ниже таблице объединены значения потребляемой электроэнергии в зависимости от температуры окружающего воздуха, выраженные в киловаттах на кубический метр произведенного снега, холодильной установки 5 для производства искусственного снега (INV), представленной на фиг. 1, установки типа снежной пушки (AA1), установки типа снежного шеста (AA2), испарительной установки низкого давления (AA3) от 0,01 МПа (100 мбар) до 0,02 МПа (200 мбар) и установки охлаждающего типа (AA4).

| Темпе- ратура окружающего воздуха (°C) | IN V | AA 1 | AA 2 | AA 3 | AA 4 |
|---|----------|---------|---------|----------|----------|
| -10 | 1,6 | 2 | 1,9 | 24 | 40 |
| -5 | 1,7 | 3,1 | 2,5 | 5 25, | 5 41, |
| 0 | 1,8 5 | 5,4 | 3 | 27 | 43 |
| 10 | 2,3 | NA | NA | 5 28, | 5 44, |

Потребление электроэнергии на кубический метр снега, производимого холодильной установкой 5 (INV), значительно ниже, чем у холодильных установок охлаждающего типа (AA4), и испарительного типа низкого давления от 0,01 МПа (100 мбар) до 0,02 МПа (200 мбар) (AA3).

Согласно варианту осуществления изобретения жидкая вода, поступающая от конденсатора 34, не используется повторно. Согласно другому варианту осуществления вода, поступающая от конденсатора 34, рециркулируется для подачи в емкость 12.

Фиг. 5 представляет собой частичный и схематический вид более подробного варианта осуществления емкости 10 низкого давления холодильной установки 5, проиллюстрированной на фиг. 1.

Согласно варианту осуществления изобретения защитный элемент 20 содержит мембрану или экран 46, покрывающий свободную поверхность жидкой воды 14. Мембрана или экран 46 проницаемы для водяного пара и по существу непроницаемы для жидкой воды. Защитный элемент 20 может дополнительно содержать элементы, погруженные в жидкую воду 14, которые не показаны и которые обеспечивают возможность регулирования образования пузырьков 43 при кипении жидкой воды 14.

Согласно варианту осуществления изобретения в части корпуса 10, в которой водяной пар нагревается посредством нагревательного устройства 22, могут быть размещены перегородки 48. Перегородки 48 обеспечивают возможность удлинения пути прохождения водяного пара до впускного отверстия компрессора 32, так чтобы обеспечить нагревание водяного пара до требуемой температуры.

Фиг. 6 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе более подробного варианта осуществления устройства 24 извлечения воды в твердом состоянии холодильной установки 5.

В данном варианте осуществления устройство 24 выполнено с возможностью извлечения воды в твердом состоянии из емкости 12. Такой вариант осуществления подходит, в частности, в случае, когда холодильная установка 5 используется для производства искусственного снега.

Устройство 24 может включать в себя вторичную камеру 50, соединенную с емкостью 12 посредством нижней трубы 52 и верхней трубы 54, расположенной над нижней трубой 52. Насос 56, предусмотренный на верхней трубе 54, обеспечивает возможность прохождения содержимого емкости 12 к вторичной камере 50, и насос 58, предусмотренный на нижней трубе 52, обеспечивает возможность прохождения содержимого вторичной камеры 50 в емкость 12. Давление во вторичной камере 50 может быть выше, чем в емкости 12, например, равным атмосферному давлению, так чтобы во вторичной камере 50 не происходило кипение. Затем кристаллы льда накапливаются над жидкой водой 62 путем декантации в плавающую массу льда 60. Устройство 24 содержит средства 64 извлечения кристаллов льда 60, включающие в себя, например, шнек или ковшовый элеватор.

Фиг. 7 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе более подробного другого варианта осуществления устройства 24. Устройство 24 может быть частью системы кондиционирования или охлаждения и может включать в себя замкнутый контур, в котором циркулирует хладагент и кото-

рый содержит первый теплообменник 66, расположенный в емкости 12, и второй теплообменник 68, расположенный снаружи камеры 10. Согласно другому варианту осуществления первый теплообменник 66 не предусмотрен, и жидкость, циркулирующая в теплообменнике 68, соответствует жидкой воде 14, находящейся в емкости 12.

Фиг. 8 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе варианта осуществления холодильной установки 70. Холодильная установка 70 содержит все элементы холодильной установки 5, проиллюстрированной на фиг. 1, с той разницей, что она дополнительно содержит средства поддержания жидкой воды в переохлажденном состоянии в первой камере 10 низкого давления. Согласно варианту осуществления изобретения средства поддержания жидкой воды в переохлажденном состоянии могут содержать мешалку 72, приспособленную для размешивания воды в жидком состоянии в первой камере 10 низкого давления. Мешалка 72 содержит, например, стержень или винт, вращающийся в воде 14 в жидком состоянии. Согласно другому варианту осуществления средства поддержания жидкой воды в переохлажденном состоянии могут содержать по меньшей мере одну добавку, добавленную в жидкую воду. Эта добавка, смешанная с водой, приводит к получению раствора, температура затвердевания которого ниже, чем температура затвердевания воды без добавки.

В данном варианте осуществления температура жидкой воды 14 в первой камере 10 низкого давления может быть ниже, чем температура тройной точки воды, и соответствовать, например, температуре, которая может изменяться от -40 до -1°C , предпочтительно от -20 до -1°C . Работа холодильной установки 70 аналогична работе, описанной выше для холодильной установки 5, с той разницей, что температура жидкой воды в первой камере 10 низкого давления может быть ниже, чем температура тройной точки воды.

Фиг. 9 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе более подробного варианта осуществления части холодильной установки, проиллюстрированной на фиг. 8, в которой устройство 24 для извлечения энергии холода в емкости 12 имеет конструкцию, проиллюстрированную на фиг. 7. Второй теплообменник 68 устройства 24 расположен в камере 80, содержащей воду в жидком состоянии 82, и обеспечивает возможность охлаждения воды в жидком состоянии 82 до получения в камере 80 воды 84 в твердом состоянии. Предпочтительно давление в камере 80 может превышать давление насыщенного пара воды при температуре тройной точки воды и быть, например, равным атмосферному давлению. Согласно другому варианту осуществления первый теплообменник 66 не предусмотрен, и жидкость, циркулирующая в теплообменнике 68, соответствует жидкой воде 14, находящейся в емкости 12.

Фиг. 10 представляет собой частичный и схематический вид в разрезе варианта осуществления холодильной установки 90. Холодильная установка 90 содержит все элементы холодильной установки 5, проиллюстрированной на фиг. 1, с разницей в том, что одна емкость 12 холодильной установки 5 заменена на N емкостей 12_1-12_N , расположенных в первой камере 10 низкого давления, где N представляет собой целое число от 1 до 100. Труба 18 для подачи воды соединена с каждой емкостью 12_1-12_N . Использование нескольких емкостей 12_1-12_N обеспечивает возможность увеличения поверхности раздела жидкость/пар для того же объема жидкой воды по сравнению с одной емкостью. Кроме того, встряхивание жидкой воды, в частности, путем образования пузырей, является более эффективным, когда уровень жидкой воды уменьшается. В данном варианте осуществления нагревательное устройство 22 показано в качестве примера внутри впускной трубы компрессора 32, которая выходит в первую камеру 10 низкого давления.

В данном варианте осуществления труба 38 для рекуперации жидкой воды, образующейся в конденсаторе 34, соединена с трубой 18, и жидкая вода, рекуперированная трубой 38, подается под давлением в емкость 12 посредством насоса 92, например посредством поршневого насоса. Согласно другому варианту осуществления насос 92 может быть не предусмотрен, тогда циркуляция жидкой воды в трубах 18 и 38 обусловлена только перепадом давления между камерами 10 и 30.

В данном варианте осуществления конденсатор 34 содержит форсунки 94 для распыления жидкой воды во второй камере 30 низкого давления в виде капель 96, при этом на фиг. 10 в качестве примера показаны три форсунки 94. Холодные капли 96 способствуют конденсации водяного пара, вытесненного во вторую камеру 30 низкого давления компрессором 32, путем увеличения границ раздела пар/жидкость, способствующих адсорбции водяного пара. Жидкая вода накапливается в емкости 98, образованной, например, дном второй камеры 30 низкого давления. Труба 38 обеспечивает рекуперацию части жидкой воды, находящейся в емкости 98. Конденсатор 34 дополнительно содержит гидравлический контур 100, в котором циркулирует часть жидкой воды, находящейся в емкости 98, выполненный с возможностью подведения в форсунки 94 охлажденной воды. Гидравлический контур 100 содержит насос 102 для обеспечения циркуляции жидкой воды и теплообменник 104, расположенный снаружи второй камеры 30 низкого давления, например теплообменник, охлаждаемый окружающим воздухом, при этом конденсатор 34 содержит средства, например вентилятор 36, описанный выше, для обеспечения циркуляции окружающего воздуха через теплообменник 104. Как вариант, теплообменник 104 может охлаждаться другим источником, например потоком воды. Жидкая вода, вытесняемая через форсунки 94, которая была охлаждена теплообменником 104, находится, например, при комнатной температуре. Согласно варианту осуществления изобретения температура капель 96 на выходе из форсунок 94 ниже, чем

температура жидкой воды, которая поступает в гидравлический контур 100 по меньшей мере на 10°C.

В данном варианте осуществления система 42 регулирования перепада давления между второй камерой 30 низкого давления и первой камерой 10 низкого давления содержит трубу 106, соединенную со второй камерой 30 низкого давления с частью камеры 30, содержащей водяной пар, труба 106 содержит управляемый клапан 108 для регулирования потока и подведения в турбину турбодетандер 110. Выход турбины 110 подсоединен к трубе 112, питающей каждую емкость 12₁-12_N. Турбина 110 получает пар под давлением из второй камеры 30 низкого давления, который уже охлажден капельным конденсатором 34, и производит двухфазную смесь, состоящую из жидкой воды и водяного пара. Скорость вращения турбины 110 регулируется так, что выбрасываемый водяной пар имеет требуемое давление. Согласно варианту осуществления изобретения, в двухфазной смеси на выходе турбины 110 жидкая вода охлаждена за счет расширения, и водяной пар по существу находится под требуемым давлением в первой камере 10 низкого давления. Предпочтительно водяной пар, отводимый по трубе 112 в каждую емкость 12₁-12_N, может обеспечивать перемешивание жидкой воды, находящейся в емкостях 12₁-12_N, и дополнительно способствует охлаждению жидкой воды, находящейся в емкостях 12₁-12_N. Турбина 110 и клапан 108 могут управляться процессорным модулем 40, не показанным на фиг. 10.

В данном варианте осуществления устройства 24 извлечения энергии холода из емкостей 12₁-12_N содержит гидравлический контур 114, соединенный с емкостями 12₁-12_N, в котором циркулирует часть воды, находящейся в емкостях 12₁-12_N. Гидравлический контур 114 содержит насос 116 для обеспечения циркуляции жидкой воды и теплообменник 118, расположенный снаружи первой камеры 10 низкого давления, например теплообменник, взаимодействующий с теплообменником 120 другого гидравлического контура 122, соединенного с устройством 124, подлежащим охлаждению. Как показано на фиг. 10, гидравлический контур 114 может быть соединен с трубой 18 для сброса жидкой воды, циркулирующей в гидравлическом контуре 114, в емкости 12₁-12_N.

В данном варианте осуществления турбокомпрессор 32 содержит две последовательные ступени 130 и 132. Первая ступень 130 имеет фиксированную степень сжатия, например, равную приблизительно 3, а вторая ступень 132 имеет управляемую переменную степень сжатия. Скорость вращения второй турбомашин 132 может управляться процессорным модулем 40, не показанным на фиг. 10. Предпочтительно каждая ступень 130, 132 соответствует турбокомпрессору. Первая ступень 130 используется для управления скоростью потока водяного пара, извлекаемого из первой камеры 10 низкого давления. Вторая ступень 132 позволяет установить давление водяного пара, поступающего во вторую камеру 30 низкого давления.

На фиг. 10 также показан первичный вакуумный насос 134, соединенный с первой камерой 10 низкого давления по трубе 136, содержащей регулируемый клапан 138.

Выше описаны конкретные варианты осуществления. Для специалистов будут очевидны их различные варианты и модификации. В частности, хотя в вариантах осуществления, описанных выше, конденсатор 34 представляет собой конденсатор, в котором водяной пар охлаждается и сжижается посредством окружающего воздуха, применимы конденсаторы 34 и других типов, например конденсатор с жидкостным охлаждением.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Холодильная установка (5, 70), содержащая первую камеру (10), содержащую воду (14) в жидком состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды или выше температуры тройной точки воды менее чем на 10°C и воду (11) в газообразном состоянии при первом давлении, равном в пределах 10% давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды (14) в жидком состоянии в первой камере, причем первая камера (10) содержит по меньшей мере одну емкость (12; 12₁-12_N) для воды в жидком состоянии; вторую камеру (30); компрессионное устройство (32), соединяющее первую камеру со второй камерой, причем компрессионное устройство (32) выполнено с возможностью нагнетания воды в газообразном состоянии из первой камеры (10) во вторую камеру (30) при втором давлении, строго превышающем первое давление по меньшей мере в два раза; конденсационное устройство (34), частично размещенное во второй камере и выполненное с возможностью конденсации воды в газообразном состоянии во второй камере в воду в жидком состоянии; и устройство (24) извлечения энергии холода в первой камере, причем устройство (24) извлечения энергии холода содержит гидравлический контур, в котором циркулирует часть воды или вся вода в жидком состоянии, находящаяся в первой камере (10), при этом гидравлический контур содержит второй теплообменник (68), расположенный снаружи первой камеры; или устройство (24) извлечения энергии холода содержит замкнутый гидравлический контур, в котором циркулирует второй теплоноситель, при этом гидравлический контур содержит второй теплообменник (68), расположенный снаружи первой камеры, и третий теплообменник (66), расположенный в первой камере (10); причем компрессионное устройство (32) содержит две последовательные ступени (130, 132), каждая ступень (130, 132) соответствует турбокомпрессору, при этом первая компрессионная ступень (130) имеет фиксированную степень сжатия и вторая компрессионная ступень (132) имеет управляемую степень сжатия, причем предусмотрен процессорный модуль (40), выполнен-

ный с возможностью управления скоростью вращения второго турбокомпрессора.

2. Холодильная установка по п.1, в которой первая ступень (130) управляет скоростью потока водяного пара, извлеченного из первой камеры (10), вторая ступень (132) устанавливает давление водяного пара, подаваемого во вторую камеру (30).

3. Холодильная установка по любому из пп.1 или 2, в которой температура жидкой воды (14) в емкости (12, 12₁-12_N) остается, по существу, постоянной и равной температуре ниже температуры тройной точки чистой воды, при этом давление в первой камере (10) по существу равно давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды в жидком состоянии при температуре ниже температуры тройной точки воды.

4. Холодильная установка по любому из пп.1 или 2, в которой температура жидкой воды (14) в емкости (12, 12₁-12_N) выше температуры тройной точки чистой воды или равна температуре тройной точки чистой воды.

5. Холодильная установка по любому из пп.1-4, дополнительно содержащая систему (42) регулирования перепада давления между второй камерой (30) и первой камерой (10), содержащую турбодетандер (110), конфигурированный для расширения воды в газообразном состоянии из второй камеры (30) и подачи смеси, содержащей воду в газообразном состоянии и воду в жидком состоянии, в первую камеру (10), причем указанная смесь подается в воду в жидком состоянии, содержащуюся в указанной емкости.

6. Холодильная установка по любому из пп.1-5, содержащая нагревательное устройство (22) для нагревания воды в газообразном состоянии в первой камере (10), предназначенное для питания компрессионного устройства (32), причем нагревательное устройство (22) содержит источник микроволнового излучения и/или источник инфракрасного излучения.

7. Холодильная установка по любому из пп.1-6, в которой первая камера (10) дополнительно содержит воду (15) в твердом состоянии при температуре ниже температуры тройной точки воды.

8. Установка по любому из пп.1-7, в которой вода циркулирует в замкнутом контуре в установке.

9. Холодильная установка по любому из пп.1-8, в которой конденсационное устройство (34) содержит первый теплообменник снаружи второй камеры (30) и средства (36) циркуляции первого теплоносителя через первый теплообменник, причем первый теплоноситель предпочтительно представляет собой окружающий воздух или воду из водопровода, водоема и/или грунтовых вод.

10. Холодильная установка по любому из пп.1-9, содержащая в первой камере устройство (20) защиты компрессионного устройства (32) от попадания частиц в твердом и/или жидком состоянии.

11. Холодильная установка по любому из пп.1-10, в которой конденсационное устройство (34) содержит по меньшей мере одну форсунку (94) для распыления капель (96) воды в жидком состоянии во вторую камеру (30).

12. Система кондиционирования воздуха, предназначенная для промышленных установок, содержащая холодильную установку по любому из пп.1-11.

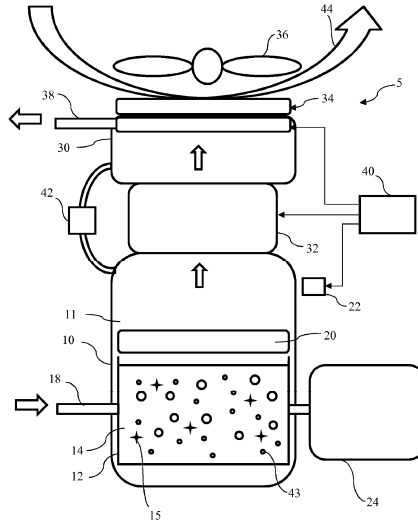
13. Система производства искусственного снега, содержащая холодильную установку (5) по любому из пп.1-11.

14. Способ производства холода посредством холодильной установки (5, 70) по любому из пп.1-10, причем способ включает следующие этапы:

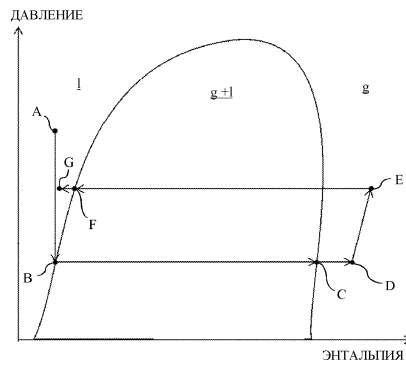
вводят в первую камеру (10) воду (14) в жидком состоянии при температуре ниже или равной температуре тройной точки воды или выше температуры тройной точки воды менее чем на 10°C и приводят воду в газообразное состояние при первом давлении, равном в пределах 10% давлению насыщенного пара воды в равновесии с давлением воды в жидком состоянии в первой камере;

нагнетают воду в газообразном состоянии из первой камеры во вторую камеру при втором давлении, строго превышающем первое давление по меньшей мере в два раза, посредством компрессионного устройства (32), содержащего две последовательные ступени (130, 132), причем каждая ступень (130, 132) соответствует турбокомпрессору, первая компрессионная ступень (130) имеет фиксированную степень сжатия, вторая компрессионная ступень (132) имеет управляемую степень сжатия, при этом скоростью вращения второго турбокомпрессора управляют посредством процессорного модуля (40);

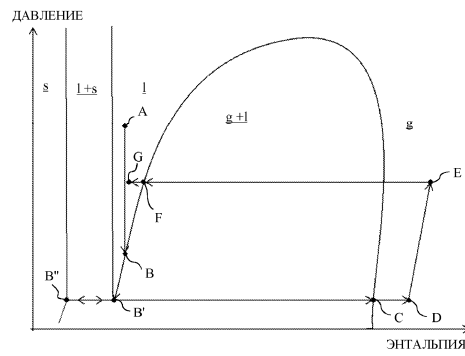
конденсируют воду в газообразном состоянии во второй камере в воду в жидком состоянии и извлекают энергию холода из первой камеры.



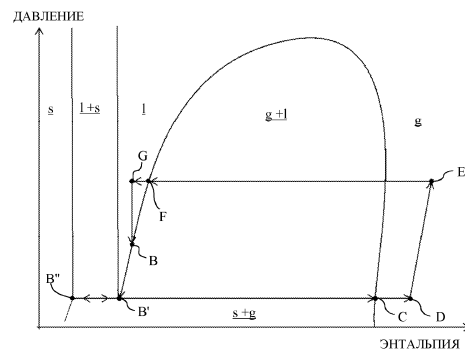
Фиг. 1



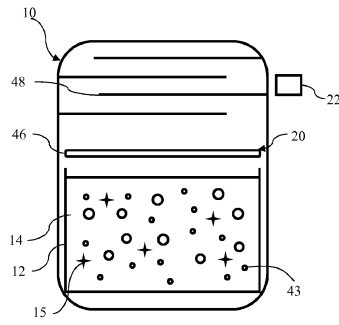
Фиг. 2



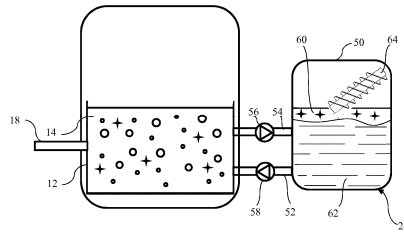
Фиг. 3



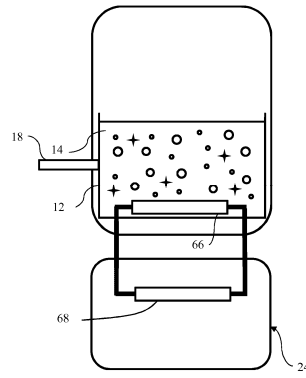
Фиг. 4



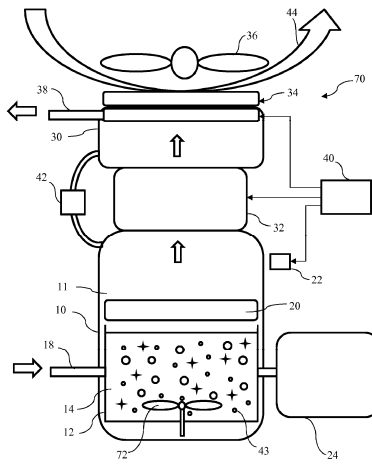
Фиг. 5



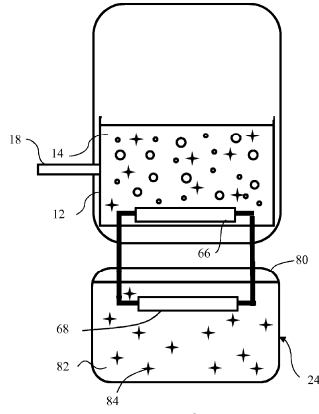
Фиг. 6



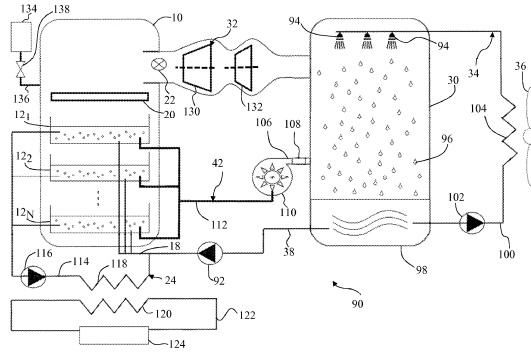
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

