



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 4789
(51) F25B 25/00 (2006.01)
F25B 23/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2020/0098.2

(22) 02.10.2018

(45) 13.03.2020, бюл. №10

(72) Цой Александр Петрович; Грановский Александр Сергеевич; Цой Диана Александровна

(73) Акционерное общество «Алматинский технологический университет»

(56) WO 2006/054897 A 1 26.05.2006

(54) **СИСТЕМА ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ С РАДИАЦИОННЫМ ОТВОДОМ ТЕПЛОТЫ**

(57) Полезная модель относится к холодильной технике, а именно к комбинированным системам хладоснабжения, в которых понижение температуры охлаждаемого объекта производится за счёт совместного действия парокompрессионной холодильной машины и радиационного охлаждения путем сброса тепла в виде инфракрасного излучения через атмосферу планеты в окружающее космическое пространство, и может быть использована для охлаждения жилых, коммерческих и производственных зданий, а также для поддержания низких температур в промышленных технологических процессах.

Задачей настоящей полезной модели является создание системы хладоснабжения для применения в условиях климата со значительным изменением температур атмосферного воздуха в течение года с пониженным энергопотреблением, в которой в теплый период года, когда температура воздуха выше требуемой температуры охлаждаемого объекта, парокompрессионная холодильная машина используется со сниженным давлением конденсации и увеличенным переохлаждением холодильного агента, а в остальную часть года отвод тепла от

охлаждаемого объекта производится исключительно за счёт радиационного охлаждения.

Техническим результатом от использования полезной модели является снижение давления конденсации холодильного агента в парокompрессионной холодильной машине в теплый период года, увеличение его переохлаждения, что приведет к сокращению энергопотребления компрессора парокompрессионной холодильной машины, отказ от использования парокompрессионной холодильной машины в холодный период года, что снизит энергопотребление системы хладоснабжения в течение года, сокращение общего количества энергии, затраченного системой хладоснабжения для поддержания температуры охлаждаемого объекта в течение годового цикла работы, сокращение годовой наработки компрессора, что снизит его износ и увеличит срок эксплуатации парокompрессионной холодильной машины, используемой в составе системы хладоснабжения.

Указанный технический результат достигается тем, что в составе системы хладоснабжения с радиационным отводом теплоты, состоящей из гидравлического контура для циркуляции теплоносителя, содержащего радиатор, и контура парокompрессионной холодильной машины, содержащего компрессор, конденсатор, конденсатор-переохладитель, дросселирующее устройство и испаритель, из радиатора имеется два выхода с кранами, первый из которых соединен трубопроводом с входом в охлаждающий теплообменник, а второй трубопроводом соединен с входом в конденсатор-переохладитель.

(19) KZ (13) U (11) 4789

Полезная модель относится к холодильной технике, а именно к комбинированным системам хладоснабжения, в которых понижение температуры охлаждаемого объекта производится за счёт совместного действия парокомпрессионной холодильной машины и радиационного охлаждения путем сброса тепла в виде инфракрасного излучения через атмосферу планеты в окружающее космическое пространство, и может быть использована для охлаждения жилых, коммерческих и производственных зданий, а также для поддержания низких температур в промышленных технологических процессах.

Любой физический объект, если его температура выше абсолютного нуля является источником теплового излучения. При температуре объекта близкой к 300К большая часть тепла излучается в виде волн инфракрасной части спектра. Если объект излучает больше тепла, чем получает обратно от окружающей среды, происходит понижение его температуры (охлаждение).

Если объект разместить на поверхности планеты таким образом, чтобы его поверхность была обращена к небу, инфракрасное излучение от поверхности объекта проходит через атмосферу планеты и уходит в окружающее космическое пространство. Поверхность объекта в тоже время поглощает излучение от атмосферы, окружающей планету. Если поверхность объекта обладает высокой излучательной способностью, в определенных условиях она может излучать больше тепла, чем поглощать обратно от атмосферы. При этом она способна охлаждаться до температуры ниже температуры атмосферы в приземном слое. Данный эффект можно использовать для искусственного охлаждения.

Способ охлаждения, заключающийся в сбросе теплоты от охлаждаемого объекта при помощи инфракрасного излучения через атмосферу планеты в окружающее космическое пространство широко известен как радиационное охлаждение (РО).

Существует ряд систем хладоснабжения с использованием РО (Патенты US 2342211, опубликован 22.02.1944; SU 66203, опубликован 30.03.1946; US 3043112, опубликован 10.06.1962; WO 2011/062649 A1; МПК F24J 2/44, опубликован 26.05.2011).

Обычная система хладоснабжения с использованием РО состоит из: устройства для передачи теплоты от теплоносителя в окружающую среду при помощи инфракрасного излучения (радиатора); устройства для накопления охлажденного вещества (аккумулятора холода); устройства для передачи тепла от охлаждаемого объекта к теплоносителю (охлаждающего теплообменника); насосов для циркуляции теплоносителя; и трубопроводной арматуры для регулирования направления потока теплоносителя; трубопроводов, соединяющих все перечисленные элементы.

Системы хладоснабжения с использованием РО работают следующим образом. В любое время

(обычно ночью при отсутствии солнечной радиации), когда РО возможно, теплоноситель из аккумулятора холода насосом подается в радиатор, где отдает тепло в окружающую среду за счет теплового излучения и охлаждается. После этого теплоноситель подается в аккумулятор холода, где забирает тепло от вещества-наполнителя аккумулятора холода, а сам нагревается. После этого теплоноситель возвращается в насос. Таким образом, в аккумуляторе холода создается запас охлажденного вещества. В периоды, когда требуется произвести охлаждение некоторого объекта, теплоноситель из аккумулятора холода забирается вторым насосом и подается в охлаждающий теплообменник, где забирает тепло от охлаждаемого объекта, а сам нагревается. После этого теплоноситель возвращается в аккумулятор холода.

Если наблюдается совпадение периода времени, когда возможно РО, с периодом времени, когда необходим отвод тепла от охлаждаемого объекта, аккумулятор холода не требуется. Тогда теплоноситель из радиатора может подаваться сразу к охлаждаемому теплообменнику для отвода тепла от охлаждаемого объекта.

До недавнего времени радиационное охлаждение могло быть осуществлено лишь в ночное время, когда отсутствовал теплоприток от солнечной радиации. Однако в последние годы были разработаны конструкции радиаторов, в которых радиационное охлаждение может быть осуществлено и в дневное время (Патент US 2014/0131023 A1, МПК F28F 3/00, опубликован 15.05.2014).

Существующие конструкции радиаторов позволяют производить РО теплоносителя только в определенные периоды времени, когда температура атмосферного воздуха не более чем на 30 К выше требуемой температуры охлаждаемого объекта. Поэтому непрерывное поддержание требуемой температуры в течение всего года в большинстве случаев при помощи только РО оказывается невозможным. Вследствие этого системы хладоснабжения с использованием РО приходится применять в сочетании с холодильными машинами другого типа (например, парокомпрессионными холодильными машинами).

Такие комбинированные системы хладоснабжения работают следующим образом. В условиях, когда РО возможно, теплоноситель охлаждается только в радиаторах. Если же по каким-либо причинам охлаждения в радиаторах недостаточно, включается парокомпрессионная холодильная машина, в испарителе которой происходит охлаждение теплоносителя системы до требуемой температуры.

При размещении системы хладоснабжения в регионе со значительным сезонным изменением температур атмосферного воздуха в течение года, в холодный период года (зимой), когда температура воздуха будет достаточно низкой (на 5... 10 К ниже требуемой температуры охлаждаемого объекта), охлаждение можно производить исключительно за счет действия радиаторов. Включение

парокомпрессионной холодильной машины в таких условиях не требуется, так как радиаторы имеют достаточную холодопроизводительность. В теплый период года, когда температура воздуха выше требуемой температуры охлаждаемого объекта, охлаждение будет производиться только за счёт действия парокомпрессионной холодильной машины. При этом радиаторы не будут работать.

Парокомпрессионная холодильная машина при работе потребляет как минимум в три раза больше энергии, чем требуется для насоса, используемого для прокачки теплоносителя через радиаторы. Также в наиболее жаркий период года при высокой температуре воздуха парокомпрессионная холодильная машина работает при повышенном давлении конденсации. В результате компрессору парокомпрессионной холодильной машины приходится работать при большом перепаде давлений, что вызывает повышенное энергопотребление. Поэтому целесообразно в жаркий период года радиаторы использовать для охлаждения конденсатора парокомпрессионной холодильной машины.

Ближайшим аналогом настоящей полезной модели является система хладоснабжения (патент WO 2006/054897 A1, МПК F25B 23/00, F25B 25/00). Указанная система хладоснабжения содержит гидравлический контур циркуляции теплоносителя, включающий в себя радиатор для сброса теплоты от теплоносителя в окружающую среду в виде излучения, насос для циркуляции теплоносителя через радиатор, и контур парокомпрессионной холодильной машины, содержащий компрессор для сжатия холодильного агента, конденсатор для сброса теплоты конвекцией от холодильного агента в окружающую среду, теплообменник (конденсатор-переохладитель) для передачи теплоты от сконденсированного холодильного агента потоку теплоносителя, дросселирующее устройство и испаритель для передачи теплоты от охлаждаемого объекта к холодильному агенту. В указанной системе хладоснабжения теплоноситель, охлажденный в радиаторе, подается насосом в конденсатор-переохладитель и используется для отвода всей теплоты конденсации холодильного агента или только части этой теплоты для переохладения холодильного агента на выходе из конденсатора.

Таким образом увеличивается переохладение холодильного агента и снижается давление конденсации холодильного агента, сокращается энергопотребление компрессора парокомпрессионной холодильной машины.

Недостатком указанной системы хладоснабжения является невозможность использования теплоносителя, охлажденного в радиаторах, для непосредственного отвода теплоты от охлаждаемого объекта, что могло бы быть осуществлено в холодный период года. В результате парокомпрессионная холодильная машина должна работать весь год, и даже в те периоды, когда на выходе из радиаторов может быть получена температура теплоносителя, достаточно низкая для

непосредственного отвода теплоты от охлаждаемого объекта.

Задачей настоящей полезной модели является создание системы хладоснабжения для применения в условиях климата со значительным изменением температур атмосферного воздуха в течение года с пониженным энергопотреблением, в которой в теплый период года, когда температура воздуха выше требуемой температуры охлаждаемого объекта, парокомпрессионная холодильная машина используется со сниженным давлением конденсации и увеличенным переохладением холодильного агента, а в остальную часть года отвод тепла от охлаждаемого объекта производится исключительно за счёт радиационного охлаждения.

Техническим результатом от использования полезной модели является снижение давления конденсации холодильного агента в парокомпрессионной холодильной машине в теплый период года, увеличение его переохладения, что приведет к сокращению энергопотребления компрессора парокомпрессионной холодильной машины, отказ от использования парокомпрессионной холодильной машины в холодный период года, что снизит энергопотребление системы хладоснабжения в течение года, сокращение общего количества энергии, затраченного системой хладоснабжения для поддержания температуры охлаждаемого объекта в течение годового цикла работы, сокращение годовой наработки компрессора, что снизит его износ и увеличит срок эксплуатации парокомпрессионной холодильной машины, используемой в составе системы хладоснабжения.

Указанный технический результат достигается тем, что в составе системы хладоснабжения с радиационным отводом теплоты, состоящей из гидравлического контура для циркуляции теплоносителя, содержащего радиатор для сброса теплоты от теплоносителя в окружающую среду в виде инфракрасно излучения, и контура парокомпрессионной холодильной машины, содержащего компрессор для сжатия холодильного агента, конденсатор для сброса теплоты конвекцией от холодильного агента в окружающую среду, конденсатор-переохладитель для передачи теплоты от сконденсированного холодильного агента потоку теплоносителя, дросселирующее устройство и испаритель для передачи теплоты от теплоносителя к холодильному агенту, на выходе из радиатора установлены два крана (шаровых крана, клапана, соленоидных клапана или задвижки), первый из которых соединен трубопроводом с входом в охлаждающий теплообменник, а второй трубопроводом соединен с входом в конденсатор-переохладитель. Через первый кран, открываемый в холодный период года, теплоноситель поступает из радиаторов системы хладоснабжения непосредственно к охлаждаемому объекту. Через второй кран, открываемый в теплый период года, теплоноситель поступает из

радиаторов в конденсатор-переохладитель для отвода теплоты от холодильного агента парокомпрессионной холодильной машины. При этом радиаторы в теплый период года могут использоваться либо для отвода всей теплоты, выделяемой на конденсаторе, либо только для переохлаждения холодильного агента, выходящего из конденсатора.

Полезная модель может быть осуществлена на основе гидравлической схемы, изображенной на фиг. Система хладоснабжения с радиационным отводом теплоты содержит гидравлический контур для циркуляции теплоносителя и контур парокомпрессионной холодильной машины. Гидравлический контур для циркуляции теплоносителя включает в себя насосы 8 и 9, радиатор 7, конденсатор-переохладитель 3, охлаждающий теплообменник 6, краны 10, 11, 12, 13, 14. К выходу из насоса 8 присоединен радиатор 7. Далее на выходе из радиатора имеется разветвление, к которому подключено три крана 10, 11 и 12. Трубопровод, выходящий из крана 10, подсоединен к входу для теплоносителя в конденсатор-переохладитель. На выходе из крана 11 подсоединен трубопровод, идущий к входу для теплоносителя в испаритель. К крану 12 подсоединен трубопровод, идущий к входу в насос 9. На выходе из насоса 9 подсоединен охлаждающий теплообменник 6. На выходе из охлаждающего теплообменника 6 имеется разветвление, к которому подключены краны 13 и 14. Выход крана 14 соединен трубопроводом с входом в насос 8. Выход из крана 13 соединен трубопроводом с входом в испаритель 5. Выход для теплоносителя из конденсатора-переохладителя 3 соединен трубопроводом с входом в насос 8.

Контур парокомпрессионной холодильной машины образован последовательно соединенными компрессором 1, конденсатором 2, конденсатором-переохладителем 3, дросселирующим устройством 4 и испарителем 5.

Система хладоснабжения с радиационным отводом теплоты работает следующим образом. В теплый период года, когда температура атмосферного воздуха на 1...30 К выше требуемой температуры охлаждаемого объекта и в радиаторе 7 невозможно охладить теплоноситель до требуемой температуры охлаждаемого объекта, теплоноситель из радиатора 7 используют исключительно для понижения давления конденсации и переохлаждения холодильного агента, выходящего из конденсатора парокомпрессионной холодильной машины.

В данном режиме работы системы хладоснабжения включен компрессор 1, насосы 8 и 9 включены, краны 10 и 13 открыты, краны 11, 12 и 14 закрыты.

Насос 8 прокачивает теплоноситель через радиатор 7. При этом температура теплоносителя становится ниже температуры атмосферного воздуха. После этого теплоноситель через кран 10 подается в конденсатор-переохладитель 3, где забирает теплоту от потока холодильного агента. После этого

теплоноситель по трубопроводу возвращается в насос 8.

Компрессор 1 парокомпрессионной холодильной машины нагнетает холодильный агент в конденсатор 2. Здесь холодильный агент охлаждается и конденсируется при высоком давлении. После этого холодильный агент поступает в конденсатор-переохладитель 3. Здесь его температура опускается ниже температуры конденсации при заданном давлении. После этого холодильный агент дросселируется в дросселирующем устройстве 4.

При этом его давление и температура понижаются. После этого холодильный агент поступает в испаритель 5, где происходит его кипение, сопровождающееся поглощением теплоты от потока теплоносителя, входящего в испаритель.

Насос 9 забирает охлажденный теплоноситель из испарителя 5. Насосом теплоноситель подается в теплообменник 6. Далее теплоноситель попадает в кран 13 и возвращается в испаритель 5. Здесь тепло от теплоносителя передается кипящему холодильному агенту. В результате теплоноситель охлаждается.

В холодный период года, если температура атмосферного воздуха близка к требуемой температуре охлаждаемого объекта и на выходе из радиаторов может быть получен теплоноситель с температурой, достаточно низкой для поддержания температуры охлаждаемого объекта, компрессор 1 парокомпрессионной холодильной машины отключается. Насосы 8 и 9 остаются включенными. Краны 12 и 14 открываются, а краны 10, 11 и 13 закрываются.

Теплоноситель забирается насосом 8 из охлаждающего теплообменника 6 через кран 14 и подается в радиатор 7, где он сбрасывает тепло в окружающую среду и охлаждается. После этого теплоноситель проходит через кран 12 и возвращается насосом 9 в охлаждающий теплообменник 6, где забирает тепло от охлаждаемого объекта, а сам нагревается.

Также в холодный период года, возможна ситуация, когда теплоноситель, выходящий из охлаждающего теплообменника и проходящий через радиатор, имеет температуру лишь на несколько градусов выше требуемой для поддержания температуры охлаждаемого объекта. В данном случае возможен комбинированный режим работы системы хладоснабжения, когда теплоноситель, выходящий из радиаторов 7, охлаждается в испарителе 5 до требуемой температуры.

При этом компрессор 1 включен, насосы 8 и 9 включены, краны 11 и 14 открыты, а краны 10, 12 и 13 закрыты. Теплоноситель прокачивается насосом 8 из охлаждающего теплообменника 6 через кран 14 к радиатору 7. В радиаторе теплоноситель сбрасывает теплоту в окружающую среду, а сам охлаждается.

После этого теплоноситель через кран 11 подается в испаритель 5, где отдает тепло кипящему холодильному агенту, а сам охлаждается. После этого теплоноситель прокачивается насосом 9 в

охлаждающий теплообменник 6, где забирает тепло от охлаждаемого объекта, а сам нагревается.

В данном случае конденсатор-переохладитель 3 не работает, а вся теплота конденсации холодильного агента сбрасывается в конденсаторе воздушного охлаждения 2. Это не будет отражаться на работе парокомпрессионной холодильной машины, если конденсатор будет подобран таким образом, чтобы его производительности было достаточно для отвода всей теплоты конденсации холодильного агента при заданной температуре атмосферного воздуха, при которой включается описанный комбинированный режим работы системы хладоснабжения.

Предлагаемая система хладоснабжения может быть оснащена устройствами автоматического управления, которые осуществляют включение компрессора парокомпрессионной холодильной машины и насосов для циркуляции теплоносителя только в те периоды времени, когда это необходимо.

Охлаждающий теплообменник 6 представляет собой устройство для передачи теплоты от охлаждаемого объекта, которым может быть поток жидкого или газообразного вещества или твердое тело, потоку теплоносителя через разделяющую стенку. При этом передача теплоты может осуществляться за счёт конвекции, теплопроводности и излучения, а движение охлаждаемого вещества (воздуха) или (газа) может осуществляться как за счёт естественной, так и при искусственной конвекции. В частном случае в охлаждающем теплообменнике 6 теплота от охлаждаемого твердого тела может передаваться теплоносителю за счет непосредственного контакта теплоносителя с поверхностью твердого тела.

В качестве охлаждающего теплообменника 6 может быть использован теплообменник ребристой, пластинчатой, кожухотрубной или другой конструкции.

Конденсатор-переохладитель 3 представляет собой теплообменник типа «жидкость-жидкость», в котором жидкий или конденсирующийся холодильный агент отдаёт теплоту потоку теплоносителя.

Испаритель 5 представляет собой теплообменник типа «жидкость-жидкость», в котором кипящий холодильный агент забирает теплоту от потока теплоносителя.

Конструктивно конденсатор-переохладитель 3 и испаритель 5 могут представлять собой кожухотрубные, пластинчатые теплообменники или теплообменники типа «труба в трубе».

Компрессор 1 представляет собой устройство для сжатия парового холодильного агента. В составе системы хладоснабжения может быть установлен лишь один компрессор или группа компрессоров, соединенных последовательно или параллельно. В компрессоре может быть реализовано одно- или многоступенчатое сжатие паров холодильного агента. Корпус компрессора

может быть как герметичным, так и полугерметичным или открытым.

Насосы 8 и 9 представляют собой устройства объёмного или динамического принципа действия для перекачивания жидкого теплоносителя.

Радиатор 7 представляет собой устройство, в котором тепло от теплоносителя передается теплопроводностью к излучающей поверхности, с которой происходит его сброс инфракрасным излучением через атмосферу планеты в космическое пространство. Обычно конструкция радиатора представляет собой набор параллельных труб, по которым проходит теплоноситель. С верхней стороны труб к ним присоединены ребра из материала с высокой теплопроводностью.

Поверхность ребер играет роль излучающей поверхности, и она располагается в пространстве таким образом, чтобы максимально увеличить количество тепла, сбрасываемое в виде инфракрасного излучения в направлении, перпендикулярном поверхности земли. Излучающая поверхность ребер может быть покрыта материалом с высокой излучательной способностью в инфракрасной части спектра. Над излучающей поверхностью может быть расположен слой материала, прозрачного для инфракрасного излучения. Данный слой необходим для снижения конвективного теплопритока от атмосферного воздуха к излучающей поверхности. Между излучающей поверхностью ребер и слоем материала, прозрачного для инфракрасного излучения, обычно имеется зазор, который может быть заполнен атмосферным воздухом или инертным газом, или же в этом зазоре может быть вакуум.

В системе хладоснабжения может быть установлен только один радиатор или группа радиаторов, соединенных параллельно или последовательно, в зависимости от требуемого расхода теплоносителя и его температуры на выходе из радиаторов.

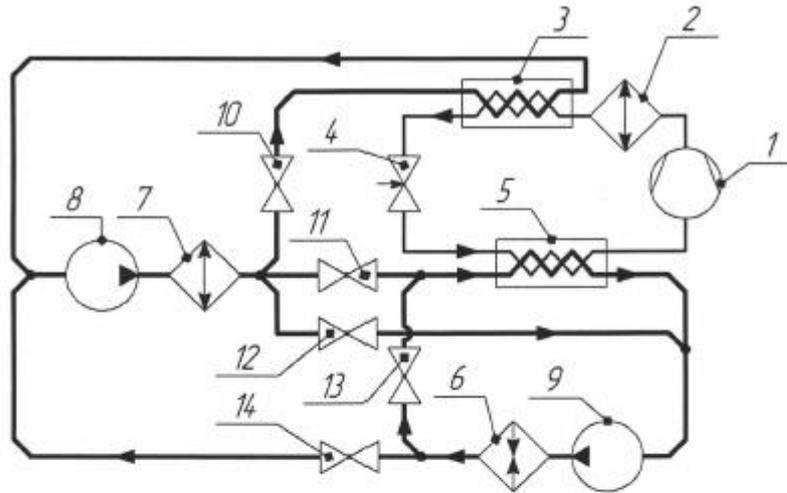
В качестве трубопроводной арматуры, обеспечивающей управление потоками теплоносителя, в данном варианте системы хладоснабжения использованы краны 10, 11, 12, 13, 14. Вместо них могут использоваться шаровые краны, соленоидные клапаны с управлением от электрического сигнала или же вентили, или задвижки с ручным приводом. Также группы из двух кранов 10 и 11, 11 и 12, 13 и 14 могут быть при необходимости заменены трехходовыми клапанами, что не изменит принцип действия системы хладоснабжения.

Предлагаемая система хладоснабжения может быть оснащена устройствами автоматического управления, которые осуществляют включение компрессора парокомпрессионной холодильной машины и насосов для циркуляции теплоносителя только в те периоды времени, когда это необходимо.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Система хладоснабжения с радиационным отводом теплоты, состоящая из гидравлического контура циркуляции теплоносителя, содержащего насос, радиатор для передачи теплоты от теплоносителя в окружающую среду в виде инфракрасного излучения, теплообменник, и гидравлического контура парокомпрессионной холодильной машины, содержащего

последовательно соединенные компрессор, конденсатор, конденсатор-переохладитель, дросселирующее устройство и испаритель, отличающаяся тем, что в ней из радиатора имеется два выхода с кранами, первый из которых соединен трубопроводом с входом в охлаждающий теплообменник, а второй соединен трубопроводом с входом в конденсатор-переохладитель.



Фигура – Система хладоснабжения с радиационным отводом теплоты

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – конденсатор-переохладитель; 4 – дросселирующее устройство; 5 – испаритель; 6 – охлаждающий теплообменник; 7 – радиатор; 8, 9 – насосы; 10, 11, 12, 13, 14 – краны

На фигуре представлена принципиальная гидравлическая схема системы хладоснабжения с радиационным отводом теплоты, в которой теплоноситель из радиаторов может подаваться либо к конденсатору парокомпрессионной холодильной машины, либо к теплообменнику для отвода теплоты от охлаждаемого объекта.

Верстка Э. Жетписбаева
Корректор Г. Косанова