

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044064**

(13) **B1**

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

- | | |
|--|--|
| (45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.20 | (51) Int. Cl. <i>F24F 3/147</i> (2006.01)
<i>B01D 53/26</i> (2006.01)
<i>F24F 11/83</i> (2018.01)
<i>F24F 12/00</i> (2006.01)
<i>F24F 110/10</i> (2018.01)
<i>F24F 140/20</i> (2018.01) |
| (21) Номер заявки
202290859 | |
| (22) Дата подачи заявки
2020.09.11 | |

(54) **ОСУШИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА**

- | | |
|--|----------------------|
| (31) 1951038-7 | (56) JP-A-2015145000 |
| (32) 2019.09.13 | JP-A-2009208001 |
| (33) SE | JP-A-2004278943 |
| (43) 2022.07.29 | US-A1-20130298580 |
| (86) PCT/SE2020/050854 | JP-A-2012159235 |
| (87) WO 2021/049998 2021.03.18 | US-B1-6935131 |
| (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
МУНТЕРС ЕУРОП АКТИБОЛАГ
(SE) | |
| (72) Изобретатель:
Карлссон Магнус (SE) | |
| (74) Представитель:
Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.
(KZ) | |

(57) Предложена осушительная система (1), содержащая сорбционный осушитель (2); контур (3) технологического воздуха, выполненный с возможностью проводить поток технологического воздуха через осушающий материал в осушителе (2); контур (4) регенерационного воздуха, выполненный с возможностью проводить поток регенерационного воздуха через осушающий материал в осушителе (2); и тепловой насос (5), содержащий испаритель (6) и конденсатор (7), при этом система дополнительно содержит промежуточный контур (8) текучей среды с охлаждающей текучей средой (C), выполненный с возможностью охлаждения технологического воздуха в теплообменнике (9) перед входом технологического воздуха в осушитель (2), причем упомянутый промежуточный контур (8) текучей среды содержит насос (11) текучей среды и основной трубопровод (8a), выполненный с возможностью проводить охлаждающую текучую среду (C) через теплообменник (9), охлаждающий технологический воздух и через испаритель (6) теплового насоса, и при этом промежуточный контур (8) текучей среды дополнительно содержит систему (10) управления потоком, выполненную с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды (C) в промежуточном контуре (8) текучей среды для получения значения (T1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, в промежуточном контуре (8) текучей среды выше по потоку от теплообменника (9), охлаждающего технологический воздух, которое соответствует некоторому заданному уставочному значению (T1_{уст}) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды.

044064 B1

044064 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к осушительной системе и способу эксплуатации осушительной системы.

Уровень техники

Для отделения и удаления влаги из воздуха используют осушители, такие как сорбционные осушители и конденсационные осушители. Сорбционный осушитель в типичных случаях содержит осушающий элемент в форме колеса или ротора, содержащий осушающий материал, эффективно притягивающий и задерживающий пары воды. Ротор с осушающим материалом может быть разделен на две секции - технологическую секцию и регенерирующую секцию. Поток воздуха, подлежащий осушению, т.е. технологический воздух, будет проходить через технологическую секцию ротора с осушающим материалом, осушающий материал в роторе извлекает влагу из технологического воздуха, так что последний может покинуть ротор в виде осушенного воздуха. Осушающий материал попутно регенерируется еще одним потоком воздуха, который протекает через регенерационную секцию, а ротор с осушающим материалом все это время может медленно вращаться вокруг своей собственной оси. Посредством одновременного осушения технологического воздуха и регенерации осушающего материала осушитель можно эксплуатировать непрерывно. В документе US 2007/056307 раскрыт пример осушителя, имеющего колесо с осушающим материалом.

Для того чтобы процесс регенерации был эффективным, поток воздуха, используемый для регенерации осушающего материала в роторе, должен иметь относительно высокую температуру, а в типичных случаях нужно нагревать его. Может оказаться выгодным охлаждение технологического воздуха перед входом осушителя, чтобы удалить влагу благодаря охлаждению. Тепло, отбираемое из потока технологического воздуха во время охлаждения, может быть передано регенерационному потоку воздуха за счет наличия теплового насоса в осушительной системе. Пример этого показан в документе US 2005/0050906 A1, где речь идет об охлаждении технологического воздуха испарителем теплового насоса перед входом осушителя и нагревании регенерационного воздуха конденсатором теплового насоса.

По экономическим причинам и для учета климатических аспектов, существует постоянная заинтересованность в минимизации энергозатратности процесса осушения и в получении стабильной работы осушительного блока.

Сущность изобретения

Целью данного изобретения является разработка энергоэффективной осушительной системы, которая обеспечивает стабильное и надежное осушение технологического воздуха.

Осушительная система согласно изобретению содержит сорбционный осушитель; контур технологического воздуха, выполненный с возможностью проводить поток технологического воздуха через осушающий материал в осушителе; контур регенерационного воздуха, выполненный с возможностью проводить поток регенерационного воздуха через осушающий материал в осушителе; и тепловой насос, содержащий испаритель и конденсатор. Система дополнительно содержит промежуточный контур текущей среды с охлаждающей текучей средой (С), выполненный с возможностью охлаждения технологического воздуха в теплообменнике перед входом технологического воздуха в осушитель, причем упомянутый промежуточный контур текучей среды содержит насос текучей среды и основной трубопровод, выполненный с возможностью проводить охлаждающую текучую среду (С) через теплообменник, охлаждающий технологический воздух и через испаритель теплового насоса, и при этом промежуточный контур текучей среды дополнительно содержит систему управления потоком, выполненную с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды (С) в промежуточном контуре текучей среды для получения значения (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, в промежуточном контуре текучей среды выше по потоку от теплообменника, охлаждающего технологический воздух, которое соответствует некоторому заданному уставочному значению (Т1_{уст}) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды. Система управления потоком промежуточного контура текучей среды предпочтительно может содержать блок (СУ) управления, выполненный с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды в промежуточном контуре текучей среды посредством управления насосом текучей среды и/или одним или несколькими клапанами управления текучей средой, расположенными в промежуточном контуре текучей среды. Промежуточный контур текучей среды предпочтительно содержит байпасный трубопровод, позволяющий части охлаждающей текучей среды (С) обходить теплообменник, охлаждающий технологический воздух.

Параметр, зависящий от значения температуры охлаждающей текучей среды, предпочтительно представляет собой температуру охлаждающей текучей среды, а заданное уставочное значение (Т1_{уст}) для температуры охлаждающей текучей среды предпочтительно задают равным некоторой температуре ниже 10°C, предпочтительнее ниже 5°C, наиболее предпочтительно ниже 0,5°C. Теплообменнику, охлаждающему технологический воздух, преимущественно придают размеры, позволяющие охлаждать технологический воздух на входе технологического воздуха осушителя до некоторого заданного постоянного значения (Т2) температуры входящего воздуха, причем упомянутое значение (Т2) температуры входящего воздуха предпочтительно ниже 10°C.

Контур регенерационного воздуха предпочтительно соединен с конденсатором теплового насоса выше по потоку от осушителя. Промежуточный контур текучей среды предпочтительно содержит теплообменник, расположенный выше по потоку от испарителя теплового насоса, для охлаждения регенерационного воздуха ниже по потоку от осушителя. Контур регенерационного воздуха может содержать электрический нагреватель выше по потоку от осушителя, выполненный с возможностью необязательно нагревания регенерационного воздуха, если потребуется.

Система управления потоком преимущественно выполнена с возможностью управления потоком охлаждающей жидкости в промежуточном контуре текучей среды таким образом, что тепло, отбираемое из технологического воздуха в теплообменнике, охлаждающем технологический воздух, и из регенерационного воздуха в теплообменнике регенерационного воздуха, по существу, соответствует теплу, которое требуется передать регенерационному воздуху в конденсаторе теплового насоса, чтобы достичь некоторой заданной температуры (T_3) на входе регенерационного воздуха осушителя.

Данное изобретение также относится к способу эксплуатации вышеупомянутой осушительной системы, включающему в себя этапы, на которых:

a) определяют фактическое значение (T_1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника, охлаждающего технологический воздух; и

b) если фактическое значение (T_1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, отклоняется от заданного уставочного значения ($T_{1уст}$) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, регулируют поток охлаждающей текучей среды (C) в промежуточном контуре 8 текучей среды путем регулирования пропускной способности насоса 11 текучей среды и/или одного или нескольких клапанов управления текучей средой, расположенных в промежуточном контуре текучей среды; и

c) повторяют этапы a) и b) до тех пор, пока не достигается $T_1 = T_{1уст}$.

Данное изобретение также относится к компьютерной программе, предназначенной для эксплуатации вышеупомянутой осушительной системы и содержащей команды, которые при исполнении их по меньшей мере на одном процессоре вызывают осуществление вышеупомянутого способа упомянутым по меньшей мере одним процессором. Данное изобретение также относится к машиночитаемому носителю информации, несущему компьютерную программу для эксплуатации осушительной системы.

Краткое описание чертежей

Предлагаемая осушительная система описывается здесь со ссылками на чертежи, при этом:

на фиг. 1 изображен первый пример осушительной системы, содержащей промежуточный контур текучей среды, который используется для управления температурой охлаждающей текучей среды выше по потоку от входа теплообменника, охлаждающего технологический воздух;

на фиг. 2 изображен второй пример осушительной системы, в которой охлаждающая текучая среда промежуточного контура текучей среды собирает тепло с выхода регенерационного воздуха ниже по потоку от осушительного блока;

на фиг. 3 изображен третий пример осушительной системы, в которой промежуточный контур текучей среды выполнен с возможностью обеспечить отдельный поток охлаждающей текучей среды через выход теплообменника, охлаждающего регенерационный воздух;

на фиг. 4 представлена схематическая иллюстрация способа эксплуатации осушительной системы.

Подробное описание

Предлагаемая осушительная система описывается здесь со ссылками на прилагаемые чертежи, где изображены примеры установок, соответствующих изобретению.

Как показано на фиг. 1, осушительная система 1 согласно изобретению содержит сорбционный осушитель 2, контур 3 технологического воздуха, выполненный с возможностью проводить поток технологического воздуха через осушающий материал в осушителе, и контур 4 регенерационного воздуха, выполненный с возможностью проводить поток регенерационного воздуха через осушающий материал в осушителе. Система также содержит тепловой насос 5, содержащий испаритель 6 и конденсатор 7, посредством которого можно передавать тепло между потоками в пределах системы. Осушительная система дополнительно содержит промежуточный контур 8 текучей среды с циркулирующей текучей средой (которая здесь именуется охлаждающей текучей средой (C)), выполненный с возможностью охлаждения технологического воздуха в теплообменнике 9 перед входом технологического воздуха в осушитель. Охлаждая поток технологического воздуха выше по потоку от осушителя, можно снизить влагосодержание уже перед попаданием в осушительный блок, вследствие чего требуется меньше энергии для процесса осушения в осушителе.

Промежуточный контур текучей среды также содержит насос 11 текучей среды и основной трубопровод 8а, выполненный с возможностью проводить охлаждающую текучую среду (C) через теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух и через испаритель 6 теплового насоса. В основном трубопроводе 8а можно с удобством расположить клапан 12 управления текучей средой. Промежуточный контур текучей среды также содержит систему 10 управления потоком, выполненную с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды (C) в промежуточном контуре текучей среды для получения значения (T_1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, в проме-

жуточном контуре текучей среды выше по потоку от теплообменника, охлаждающего технологический воздух, которое соответствует некоторому заданному уставочному значению ($T_{1\text{уст}}$) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды. Посредством промежуточного контура текучей среды технологический воздух охлаждается не непосредственно испарителем теплового насоса, а косвенно - с помощью охлаждающей текучей среды (С), и система управления потоком обеспечивает управление температурой охлаждающей текучей среды, попадающей в теплообменник, охлаждающий технологический воздух. Таким образом, появляется возможность гарантировать, что температура охлаждающей текучей среды сохраняется на некотором управляемом уровне, вследствие чего можно избежать риска образования инея в теплообменнике, охлаждающем технологический воздух. Избежать образования инея в теплообменнике важно потому, что это может привести к образованию льда, что может замедлить поток воздуха через теплообменник и ухудшить теплопередачу, а также затруднить управление системой.

Параметр, подлежащий измерению и управлению посредством системы управления потоком, может быть любым параметром текучей среды, изменяющимся с температурой текучей среды, таким, как температура, плотность, вязкость и т.д., причем температура текучей среды предпочтительна, поскольку является параметром, который удобно измерять. Для упрощения понимания параметра, зависящий от значения температуры охлаждающей текучей среды, именуется в нижеследующем тексте температурой охлаждающей текучей среды, хотя может быть любым параметром, зависящим от температуры.

Заданное уставочное значение ($T_{1\text{уст}}$) для температуры охлаждающей текучей среды предпочтительно устанавливается равным температуре ниже 10°C , предпочтительнее ниже 5°C , наиболее предпочтительно ниже $0,5^{\circ}\text{C}$. Чем ниже температура охлаждающей текучей среды, тем эффективнее охлаждение технологического воздуха в теплообменнике, охлаждающем технологический воздух. В зависимости от конструкции теплообменника, охлаждающего технологический воздух, самая низкая величина заданного уставочного значения ($T_{1\text{уст}}$) для температуры охлаждающей текучей среды может быть близкой к 0 или ниже 0°C . Температура охлаждающей текучей среды несколько выше 0°C , например, такая как $0,1^{\circ}\text{C}$, позволяет использовать более простые противоточные теплообменники, тогда как температура охлаждающей текучей среды ниже 0°C может потребовать более сложной конструкции теплообменника. Охлаждающая текучая среда промежуточного контура текучей среды является жидкостью и остается в жидком состоянии всегда, а подходящей является вода, необязательно содержащая некоторое количество добавки, понижающей температуру замерзания. Предпочтительно употреблять термин "охлаждающая текучая среда", поскольку это вещество используют для охлаждения поступающего технологического воздуха выше по потоку от входа технологического воздуха осушителя, но в испарителе теплового насоса это вещество действует как нагревающая текучая среда.

Теплообменнику 9, охлаждающему технологический воздух, преимущественно придают размеры, позволяющие охлаждать технологический воздух выше по потоку от входа технологического воздуха осушителя до некоторого заданного постоянного значения (T_2) температуры входящего воздуха. Это означает придание теплообменнику таких размеров, что, безотносительно свойств технологического воздуха, попадающего в теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух, температура (T_2) технологического воздуха ниже по потоку от теплообменника будет всегда одинаковой. Вследствие этого теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух, может иметь несколько избыточные размеры в некоторые моменты времени. Предварительно определенная постоянная температура технологического воздуха, попадающего в осушительный блок, может улучшить процесс осушения, поскольку осушительный блок можно оптимизировать для входа технологического воздуха, обладающего определенными предсказуемыми свойствами, а работа в процессе осушения будет стабильной. Значение (T_2) температуры технологического воздуха выше по потоку от осушительного блока будет зависеть от заданного уставочного значения ($T_{1\text{уст}}$) для температуры охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника 9, охлаждающего технологический воздух, а предпочтительно как можно более низкой, предпочтительно ниже 10°C , а подходящая составит выше 0°C . Измерение параметров, зависящих от температуры в потоке текучей среды, оказывается стабильным и надежным по сравнению с измерением аналогичных параметров в потоке воздуха, и поэтому управление осушительной системой на основе температуры (T_1) охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника 9, охлаждающего технологический воздух, приводит к стабильной работе системы.

Свойства технологического воздуха, попадающего в осушительную систему, такие как влажность и температура, могут существенно изменяться время от времени. В частности, если технологическим воздухом является окружающий воздух, взятый снаружи помещения, эти свойства могут существенно изменяться из-за сезонных изменений и времени суток, а это может оказаться значимым, в частности, в определенных географических регионах. Однако, если технологический воздух также берется из некоторого ограниченного пространства, такого как промышленное здание, упомянутые свойства могут изменяться в зависимости от различных обстоятельств, таких как работы, проводимые в здании, и изменения погоды снаружи здания. Следовательно, чтобы получить постоянную температуру технологического воздуха выше по потоку от осушителя, теплообменнику 9, охлаждающему технологический воздух, нужно будет придать размеры, соответствующие конкретным обстоятельствам того места, где воплощают систему.

Температурой (T_1) охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника 9, охлаждаю-

шего технологический воздух, управляют путем регулирования потока охлаждающей текучей среды в промежуточном контуре текучей среды. Чтобы достичь этого, система управления потоком промежуточного контура текучей среды соответственно содержит блок (CU) управления, выполненный с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды в промежуточном контуре 8 текучей среды путем управления насосом 11 текучей среды и/или одним или несколькими клапанами 12, 13 управления текучей средой, расположенными в промежуточном контуре текучей среды. Насос текучей среды может соответственно иметь частотно-регулируемый привод, позволяющий управлять пропускной способностью насоса, и/или один или несколько клапанов управления текучей средой можно открывать или закрывать по потребности, чтобы получить охлаждающий поток, необходимый для поддержания температуры (T1) охлаждающей текучей среды на уровне уставочного значения (T1_{уст}). Управление потоком охлаждающей текучей среды в основном трубопроводе 8а является косвенным и осуществляется, по меньшей мере частично, на основе потребности в холодопроизводительности в теплообменнике 9, охлаждающем технологический воздух. Если температура (T1) охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника 9, охлаждающего технологический воздух, превышает уставочное значение (T1_{уст}), это будет обнаружено блоком (CU) управления, который воздействует на насос текучей среды и/или один или несколько клапанов управления текучей средой, уменьшая поток в основном трубопроводе 8а до тех пор, пока температура (T1) охлаждающей текучей среды не вернется к уставочному значению (T1_{уст}), и наоборот, если температура (T1) падает ниже уставочного значения (T1_{уст}), поток в основном трубопроводе 8а увеличится.

Промежуточный контур текучей среды предпочтительно может содержать байпасный трубопровод 8b, соответственно оснащенный клапаном (13) управления текучей средой, что позволяет некоторой части охлаждающей текучей среды (C) обойти теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух. Это увеличивает универсальность осушительной системы, поскольку отдельным потоком охлаждающей текучей среды в основном трубопроводе 8а промежуточного контура текучей среды можно управлять как путем регулирования пропускной способности насоса 11 и/или клапана 12 управления текучей средой в основном трубопроводе, так и путем пропускания некоторой части потока охлаждающей текучей среды в обход теплообменника 9 через байпасный трубопровод 8b, например, за счет открывания клапана 13 управления текучей средой. Конечно, клапаны 12, 13 управления текучей средой в основном трубопроводе и байпасном трубопроводе можно заменить трехходовым клапаном, если это желательно.

Как упоминалось выше, осушительная система содержит контур 4 регенерационного воздуха, выполненный с возможностью проводить поток регенерационного воздуха через осушающий материал в осушителе 2. Осушитель может быть узлом любого типа, пригодным для осушения технологического воздуха посредством осушающего материала и регенерационного воздуха. Например, сорбционный осушитель 2 может соответственно содержать осушающий элемент в форме ротора, удерживающего осушающий материал, например, силикагель, который эффективен в притяжении и задержании паров воды. Ротор с осушающим материалом может быть разделен на две секции - осушительную секцию и регенерирующую секцию. Технологический воздух 3, подлежащий осушению, будет проходить через осушительную секцию ротора с осушающим материалом, при этом осушающий материал, присутствующий в роторе, извлекает влагу из технологического воздуха таким образом, что тот может покидать ротор как высушенный воздух 3b. В то же самое время влагонесущий осушающий материал регенерируется в регенерационной секции, где влага передается в поток 4b регенерационного воздуха, который протекает через регенерационную секцию, и все это время ротор с осушающим материалом медленно вращается. Посредством мгновенного осушения технологического воздуха и регенерации осушающего материала осушитель 2 можно эксплуатировать непрерывно. Можно предусмотреть и другие конфигурации осушителя, например, содержащие несколько роторов, удерживающих осушающий материал, роторов, имеющих больше двух секций, и/или такие, в которых один или оба потока - технологического воздуха и регенерационного воздуха - разделяются на несколько потоков воздуха в пределах осушителя. Осушитель необязательно должен быть единственным технологическим узлом, а может предусматривать несколько этапов или секций, последовательных или параллельных.

Чтобы процесс регенерации стал эффективным, поток воздуха, используемый для регенерации осушающего материала в роторе, должен иметь относительно высокую температуру, а в типичных случаях его надо нагревать. В осушительной системе согласно данному изобретению контур 4 регенерационного воздуха может предпочтительно быть соединен с конденсатором 7 теплового насоса выше по потоку от осушителя. Это означает, что тепло, отбираемое из охлаждающей текучей среды (C) в испарителе 6 теплового насоса, может быть передано входящему регенерационному воздуху 4а через контур 16 хладагента теплового насоса и конденсатора, т.е. тепло, отбираемое из технологического воздуха 3 в теплообменнике 9, охлаждающем воздух, можно использовать для нагревания входящего регенерационного воздуха 4а посредством промежуточного контура 8 текучей среды и контура 16 хладагента теплового насоса 5. В контуре 4 регенерационного воздуха выше по потоку от осушителя может содержаться электрический нагреватель 15, выполненный с возможностью необязательного нагревания входящего регенерационного воздуха 4а при необходимости.

Когда регенерационный воздух покидает выход 4b осушительного блока, он имеет более высокое влагосодержание и более низкую температуру, чем на входе 4a осушительного блока. Выходящий регенерационный воздух можно высвободить в окружающую среду, а поскольку он в типичных случаях может иметь температуру существенно выше, чем окружающая температура, может оказаться выгодной рекуперация, по меньшей мере, некоторого тепла в процесс. Поэтому в потоке выходящего регенерационного воздуха соответственно расположен теплообменник 14, обеспечивающий рекуперацию сохраняемого здесь тепла. Теплообменник 14 предпочтительно включен в состав промежуточного контура 8 текучей среды и тогда предпочтительно расположен в промежуточном контуре 8 текучей среды выше по потоку от испарителя 6 теплового насоса с тем, чтобы охлаждать регенерационный воздух 4b ниже по потоку от осушителя, тем самым отбирая тепло из потока 4b регенерационного воздуха. Когда температура регенерационного воздуха уменьшается во время охлаждения в теплообменнике 14, влагосодержание в потоке воздуха уменьшается из-за конденсации и, если это желательно, выходящий регенерационный воздух 4b может быть возвращен в контур 4 регенерационного воздуха, необязательно после дальнейшего удаления влаги в качестве входящего регенерационного воздуха 4a, так что контур 4 регенерационного воздуха оказывается замкнутым контуром.

Таким образом, тепло, отбираемое из регенерационного воздуха 4b в теплообменнике 14, можно использовать для нагревания входящего регенерационного воздуха 4a посредством теплового насоса 5. В теплообменнике 14 тепло регенерационного воздуха соответственно передается охлаждающей текучей среде, которая предпочтительно может быть охлаждающей текучей средой (С) промежуточного контура текучей среды, как упоминалось выше, или ее частичным потоком, как показано на фиг. 2.

Следовательно, с помощью контура 4 регенерационного воздуха, соединенного с конденсатором 7 теплового насоса выше по потоку от осушительного блока, оказывается возможной передача тепла из выходящего регенерационного воздуха 4b через промежуточный контур 8 текучей среды и контур 16 хладагента во входящий регенерационный воздух 4a.

Как описано выше, теплообменник 14 выходящего регенерационного воздуха может оказаться особенно полезным в ситуациях, где тепло, передаваемое в теплообменнике 9, охлаждающем технологический воздух, т.е. из входящего технологического воздуха 3 в текучую среду (С) промежуточного контура текучей среды, не удовлетворяет энергетической потребности испарителя 6 теплового насоса, необходимую для достаточного нагревания входящего регенерационного воздуха 4 в конденсаторе 7 теплового насоса. Такие ситуации могут возникать, например, когда температура 3 технологического воздуха, попадающего в теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух, оказывается низкой или когда выходящий технологический воздух 3 должен быть особо сухим (например, имеющим точку росы ниже -20°C), что может оказаться характерным в определенных промышленных процессах. Тогда теплообменник 14 выходящего регенерационного воздуха может обеспечивать дополнительное нагревание охлаждающей текучей среды (С) в промежуточном контуре текучей среды, поскольку температура (Т6) выходящего регенерационного воздуха в типичных случаях существенно выше, чем температура (Т4) охлаждающей текучей среды (С), покидающей теплообменник 9, охлаждающий технологический воздух.

Когда в осушительной системе располагают теплообменник 14 выходящего регенерационного воздуха, вышеупомянутый байпасный трубопровод 8b дает возможность проводить частичный поток холодной охлаждающей текучей среды (С) ниже по потоку от испарителя 6 непосредственно в теплообменник 14 регенерационного воздуха, вследствие чего разность температур между температурой (Т5) охлаждающей текучей среды (С) и температурой (Т6) регенерационного воздуха, попадающего в теплообменник 14, станет большей. Промежуточный контур текучей среды может быть расположен таким образом, что можно будет провести отдельный поток охлаждающей текучей среды (С) между теплообменником 14 и испарителем 6 теплового насоса для передачи тепла из регенерационного воздуха 4b в контур 16 хладагента теплового насоса. Это может быть получено, например, за счет расположения байпасного трубопровода 8b таким образом, что он станет проводить холодную охлаждающую текучую среду (С) непосредственно из испарителя 6 в теплообменник 14 выходящего регенерационного воздуха, как показано на фиг. 3, вследствие этого достигается максимальная разность температур между температурой (Т6) выходящего регенерационного воздуха и температурой (Т5) охлаждающей текучей среды. Если клапан 13 управления текучей средой закрыт, так что байпасный трубопровод 8b не используется, температура (Т4) охлаждающей текучей среды после теплообменника 9, охлаждающего технологический воздух, окажется такой же, как температура (Т5) охлаждающей текучей среды перед теплообменником 14 выходящего регенерационного воздуха.

Чтобы обеспечить независимое управление потоком в байпасном трубопроводе 8b, в этой части промежуточного контура текучей среды можно предусмотреть второй насос 18 текучей среды, а дополнительные соединения трубопроводов и клапанов 13, 17 можно скомпоновать так, что потоки основного трубопровода 8a и байпасного трубопровода 8b можно будет объединить, если это желательно, что придает осушительной системе повышенную универсальность.

В данной области техники доступны различные компоновки тепловых насосов, а их компоненты, такие как испаритель и конденсатор, выбирают в соответствии с выбранной наладкой для промежуточного контура текучей среды. Таким образом, могут оказаться подходящими разные конструкции испари-

телей и конденсаторов, а также можно предусмотреть применение многочисленных узлов испарителей и/или конденсаторов, расположенных последовательно или параллельно. То же самое относится к теплообменникам 9, 14 для охлаждения входящего технологического воздуха 3а и выходящего регенерационного воздуха 4б, где можно использовать различные конструкции теплообменников и многочисленные узлы, если это желательно.

Система 10 управления потоком преимущественно выполнена с возможностью управления потоком охлаждающей жидкости (С) в промежуточном контуре 11 текучей среды таким образом, что тепло, отбираемое из входящего технологического воздуха 3а в теплообменнике 9, охлаждающем технологический воздух, и из выходящего регенерационного воздуха 4б в теплообменнике 14 регенерационного воздуха, по существу, будки соответствовать теплу, которое требуется передать во входящий регенерационный воздух 4а в конденсаторе 7 теплового насоса, чтобы достичь некоторой заданной температуры (Т3) на входе регенерационного воздуха осушителя 2 и тем самым, по существу, исключить потребность в дополнительном нагревании посредством электрического нагревателя 15.

Система управления потоком предпочтительно включает в себя - в дополнение к блоку (CU) управления - измерительное оборудование для определения параметра, зависящего от значения температуры охлаждающей текучей среды, соответственно расположенное в системе в трубопроводе 8а между насосом 11 и теплообменником 9, охлаждающем технологический воздух. Предусмотрены средства для пересылки информации об определенном значении (Т1) параметра в блок (CU) управления, который выполнен с возможностью сравнения определенного значения (Т1) параметра с заданным уставочным значением (Т1_{уст}) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, характерным для охлаждающей текучей среды, и предусмотрены средства для воздействия на насос(ы) 11, 18 текучей среды и/или один или несколько клапанов 12, 13, 17 управления текучей средой для регулирования отдельного потока охлаждающей текучей среды в разных частях промежуточного контура текучей среды на основе значения (Т1).

Схематические иллюстрации примеров осушительной системы показаны на фиг. 1-3. На фиг. 1 изображен первый пример осушительной системы 1, содержащей промежуточный контур 11 текучей среды, который используют для управления температурой охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника, охлаждающего входящий технологический воздух. Также показано нагревание входящего регенерационного воздуха 4а конденсатором 7 теплового насоса. Во втором примере, изображенном на фиг. 2, охлаждающая текучая среда промежуточного контура текучей среды собирает тепло из выходящего регенерационного воздуха ниже по потоку от осушительного блока. На фиг. 3 изображен третий пример осушительной системы, в которой промежуточный контур текучей среды выполнен с возможностью обеспечить отдельный поток охлаждающей текучей среды через теплообменник, охлаждающий выходящий регенерационный воздух.

Как иллюстрируется на фиг. 4, данное изобретение также относится к способу 100 эксплуатации вышеупомянутой осушительной системы, включающему в себя этапы, на которых:

- а) обнаруживают 101 фактическое значение (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника 9, охлаждающего технологический воздух; и
- б) сравнивают 102 значение (Т1) с заданным уставочным значением (Т1_{уст}), и если фактическое значение (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, отклоняется (НЕТ) от заданного уставочного значения (Т1_{уст}) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, регулируют 103 поток охлаждающей текучей среды (С) в промежуточном контуре 8 текучей среды путем регулирования пропускной способности насоса 11 текучей среды и/или одного или нескольких клапанов 12, 13 управления текучей средой, расположенных в промежуточном контуре текучей среды; и
- с) повторяют этапы а) и б) до тех пор, пока не станет справедливым равенство $T1 = T1_{set}(ДА)$.

Способ предпочтительно осуществляют посредством компьютерной программы, предназначенной для эксплуатации вышеупомянутой осушительной системы и содержащей команды, которые при исполнении их по меньшей мере на одном процессоре вызывают осуществление вышеупомянутого способа упомянутым по меньшей мере одним процессором. Данное изобретение также относится к машиночитаемому носителю информации, несущему компьютерную программу для эксплуатации осушительной системы.

Следует отметить, что примеры, показанные на чертежах, приведены лишь в целях иллюстрации, а в рамках объема притязаний согласно данному изобретению можно предусмотреть многие другие альтернативы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Осушительная система (1), содержащая:
 - сорбционный осушитель (2);
 - контур (3) технологического воздуха, выполненный с возможностью проведения потока технологического воздуха через осушающий материал в осушителе (2);
 - контур (4) регенерационного воздуха, выполненный с возможностью проводить поток регенераци-

онного воздуха через осушающий материал в осушителе (2);

тепловой насос (5), содержащий испаритель (6) и конденсатор (7),

отличающаяся тем, что эта система дополнительно содержит промежуточный контур (8) текучей среды с охлаждающей текучей средой (С), выполненный с возможностью охлаждения технологического воздуха в теплообменнике (9) перед входом технологического воздуха в осушитель (2), причем упомянутый промежуточный контур (8) текучей среды содержит насос (11) текучей среды и основной трубопровод (8а), выполненный с возможностью проведения охлаждающей текучей среды (С) через теплообменник (9), охлаждающий технологический воздух, и через испаритель (6) теплового насоса, и при этом промежуточный контур (8) текучей среды дополнительно содержит систему (10) управления потоком, выполненную с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды (С) в промежуточном контуре (8) текучей среды для получения значения (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, в промежуточном контуре (8) текучей среды выше по потоку от теплообменника (9), охлаждающего технологический воздух, которое соответствует заданному уставочному значению ($T1_{уст}$) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды.

2. Осушительная система по п.1, в которой система (10) управления потоком промежуточного контура (8) текучей среды содержит блок (СU) управления, выполненный с возможностью управления потоком охлаждающей текучей среды в промежуточном контуре текучей среды посредством управления насосом (11) текучей среды и/или одним или более клапанами (12, 13) управления текучей средой, расположенными в промежуточном контуре текучей среды.

3. Осушительная система по п.1 или 2, в которой промежуточный контур (8) текучей среды содержит байпасный трубопровод (8b), позволяющий части охлаждающей текучей среды (С) обходить теплообменник (9), охлаждающий технологический воздух.

4. Осушительная система по любому из пп.1-3, в которой параметр, зависящий от значения температуры охлаждающей текучей среды, представляет собой температуру охлаждающей текучей среды, а заданное уставочное значение ($T1_{уст}$) для охлаждающей текучей среды установлено равным температуре ниже 10°C, предпочтительнее ниже 5°C, наиболее предпочтительно ниже 0,5°C.

5. Осушительная система по любому из пп.1-4, в которой теплообменник (9), охлаждающий технологический воздух, имеет размеры, позволяющие охладить технологический воздух на входе технологического воздуха осушителя (2) до заданного постоянного значения (Т2) температуры входящего воздуха, причем упомянутое значение (Т2) температуры входящего воздуха предпочтительно ниже 10°C.

6. Осушительная система по любому из пп.1-5, в которой контур (4) регенерационного воздуха соединен с конденсатором (7) теплового насоса (5) выше по потоку от осушителя (2).

7. Осушительная система по любому из пп.1-6, в которой промежуточный контур (8) текучей среды содержит теплообменник (14), расположенный выше по потоку от испарителя (6) теплового насоса, для охлаждения регенерационного воздуха ниже по потоку от осушителя (2).

8. Осушительная система по п.7, отличающаяся тем, что система управления потоком выполнена с возможностью управления потоком охлаждающей жидкости в промежуточном контуре текучей среды таким образом, что тепло, отбираемое из технологического воздуха в теплообменнике (9), охлаждающем технологический воздух, и из регенерационного воздуха в теплообменнике (14) регенерационного воздуха, по существу, соответствует теплу, которое требуется передать регенерационному воздуху в конденсаторе (7) теплового насоса (5), чтобы достичь заданной температуры (Т3) на входе (4а) регенерационного воздуха осушителя (2).

9. Осушительная система по любому из пп.1-8, в которой контур (4) регенерационного воздуха содержит электрический нагреватель (15) выше по потоку от осушителя (2), выполненный с возможностью необязательного нагревания регенерационного воздуха.

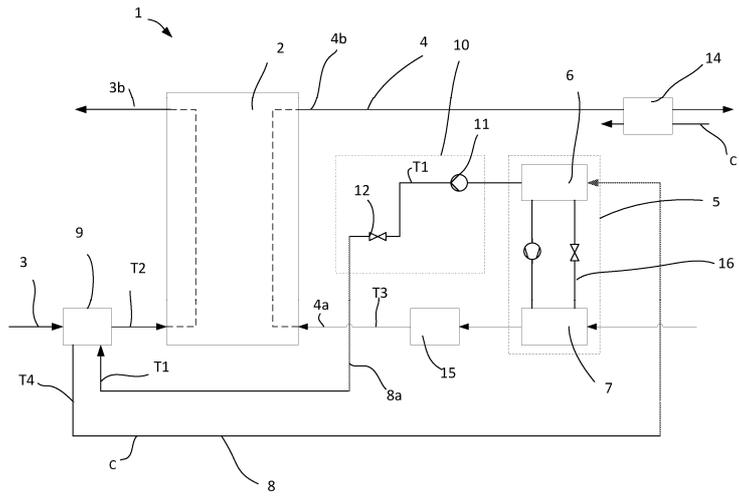
10. Способ эксплуатации осушительной системы по любому из пп.1-9, включающий в себя этапы, на которых:

а) определяют фактическое значение (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды выше по потоку от теплообменника (9), охлаждающего технологический воздух; и

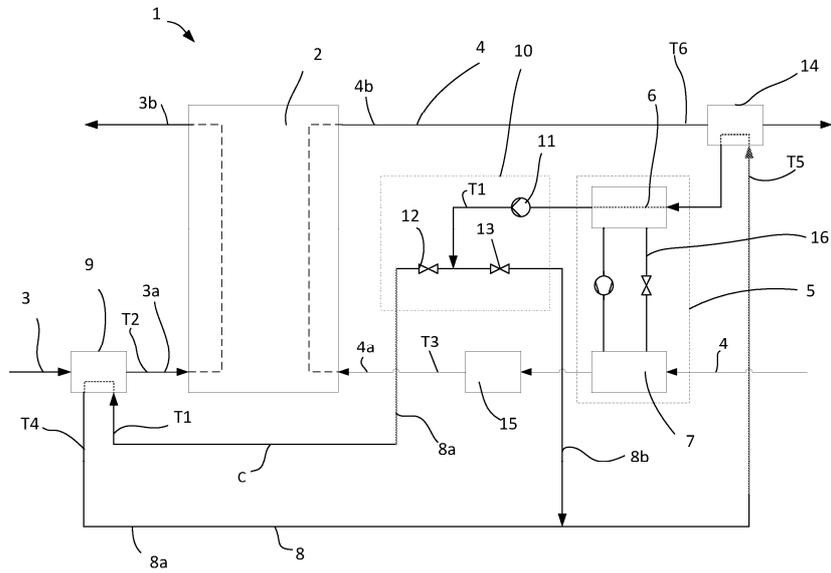
б) если фактическое значение (Т1) параметра, зависящего от температуры охлаждающей текучей среды, отклоняется от заданного уставочного значения ($T1_{уст}$) параметра, зависящего от значения температуры охлаждающей текучей среды, регулируют поток охлаждающей текучей среды (С) в промежуточном контуре (8) текучей среды путем регулирования пропускной способности насоса (11) текучей среды и/или одного или более клапанов (12, 13) управления текучей средой, расположенных в промежуточном контуре текучей среды; и

с) повторяют этапы а) и б) до тех пор, пока не достигается $T1=T1_{уст}$.

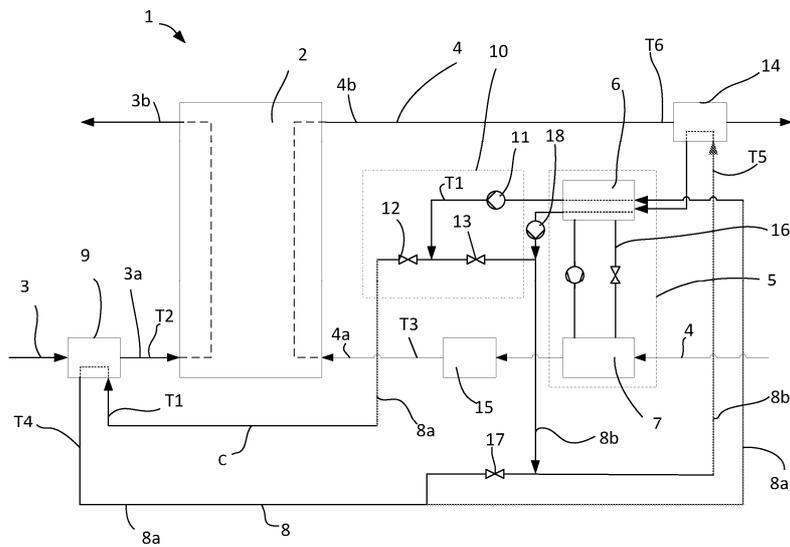
11. Машинночитаемый носитель информации, содержащий компьютерную программу, под управлением которой обеспечивается осуществление способа по п.10 при эксплуатации осушительной системы по любому из пп.1-9.



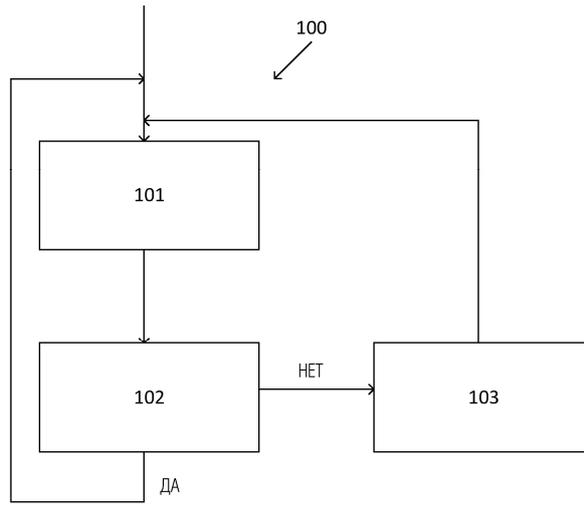
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4