

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042164**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.20

(21) Номер заявки
202190173

(22) Дата подачи заявки
2019.07.24

(51) Int. Cl. **F24F 3/14** (2006.01)
F24F 5/00 (2006.01)
F24F 3/16 (2021.01)

(54) **ВЛАЖНОСТНЫЙ НАСОС НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ,
ИСПАРИТЕЛЬНЫЙ ОХЛАДИТЕЛЬ И СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА**

(31) **62/711,890; 62/757,350**

(32) **2018.07.30; 2018.11.08**

(33) **US**

(43) **2021.07.01**

(86) **PCT/IB2019/056332**

(87) **WO 2020/026084 2020.02.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**КИНГ АБДУЛЛА ЮНИВЕРСИТИ
ОФ САЙЕНС ЭНД ТЕКНОЛОДЖИ
(SA)**

(72) Изобретатель:

**Леферс Райан Майкл, Тестер Марк
Альфред, Лейкнес ТорУве, Хун Пэйин
(SA)**

(74) Представитель:

Нилова М.И. (RU)

(56) **US-A1-2018177140
GB-A-2548590
WO-A1-2017176114
EP-A1-0517432
US-A1-2014245769
JP-A-2005233435
WO-A1-2004078322
WO-A2-2007066212**

(57) Система (100) на основе жидкого поглотителя для регулирования температуры внутри закрытого пространства. Система (100) включает в себя систему (110) испарительного охладителя на основе жидкого поглотителя (LDEC), выполненную с возможностью охлаждения потока (AA) воздуха, входящего в закрытое пространство, с использованием первого жидкого поглотителя (312); систему (120) жидкостного насоса на основе жидкого поглотителя (LDHR), выполненную с возможностью удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха, находящегося внутри закрытого пространства, с использованием второго жидкого поглотителя (412); и систему (130) хранения, соединенную по текучей среде с системой LDEC (110) и с системой LDHR (120) и выполненную с возможностью отдельного хранения первого жидкого поглотителя (312) и второго жидкого поглотителя (412). Поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды из первого жидкого поглотителя (312) и изнутри закрытого пространства.

042164 B1

042164 B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет согласно предварительной заявке на патент США № 62/711,890, поданной 30 июля 2018 г, озаглавленной "Влажностный насос на основе жидкого поглотителя для испарительного охлаждения и экономии воды в регулируемой сельскохозяйственной среде", и предварительной заявке на патент США № 62/757,350, поданной 8 ноября 2018 г. и озаглавленной "Влажностный насос на основе жидкого поглотителя и испарительный охладитель", содержание которой полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Область техники

Варианты реализации объекта изобретения, раскрытого в настоящем документе, в целом относятся к использованию системы на основе жидкого поглотителя в регулируемой среде, а более конкретно, к системе жидкого поглотителя и системы испарительного охладителя (liquid desiccant humidity pump and evaporative cooler, LDHPEC), в которой жидкий поглотитель используется для улавливания влажности и нагрева воздуха в регулируемой среде, и/или системе очистки воздуха с помощью жидкого поглотителя (liquid desiccant air purification, LDAP) для удаления переносимых по воздуху твердых частиц и/или патогенных веществ в варианте реализации с регулированием.

Уровень техники

Технология жидкого поглотителя уже давно применяется для осушения поступающего воздуха в регулируемую среду, и с использованием этой технологии были проведены многочисленные исследования и созданы коммерческие продукты, см., например, ESTPC, 2012; Kassem, 2013, Kozubal et al., 2011; Lowenstein, 2008; Mahmud et al., 2010; Mohammad et al., 2013a; Mohammad et al., 2013b; and и Oberg и Goswami, 1998. Однако в целом эти системы на основе жидких поглотителей в основном используются для осушения воздуха, а не для охлаждения испарением, см., например, El Hourani et al., 2014; Mahmud et al., 2010; и Seyed-Ahmadi et al., 2009. Удаление захваченной влаги из поглотителей представляет собой дополнительный этап процесса, который требует дополнительной энергии, обычно в виде источников солнечного тепла или тепла отработанных газов, а захваченная влага выводится за пределы регулируемой среды. Кроме того, использование жидких поглотителей в сельском хозяйстве для охлаждения регулируемой среды все еще находится на стадии исследований и разработок, см., например, Davies, 2005, Lefers, 2017, Lefers et al., 2016, и Lychnos и Davies, 2012.

Таким образом, существующие системы не используют поглощенные/испарившиеся водяные пары на всесторонней основе, как для повышения, так и для понижения температуры регулируемой среды в зависимости от дневных/ночных условий. Следовательно, существует потребность в системе, которая объединяет два аспекта испарения/абсорбции воды и/или скрытого теплообмена от жидкого поглотителя в регулируемой среде.

Сущность изобретения

Согласно одному варианту реализации, существует система жидкого поглотителя для регулирования температуры внутри закрытого пространства. Система включает в себя испарительный охладитель с жидким поглотителем (LDEC), выполненный с возможностью охлаждения потока (AA) воздуха, поступающего в камеру, с использованием первого жидкого поглотителя, системы рекуперации влаги на основе жидкого поглотителя (liquid desiccant humidity recovery, LDHR), выполненный с возможностью удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха, который вытекает из закрытого пространства, с использованием второго жидкого поглотителя, и системы хранения, соединенной по текучей среде с системой LDEC и с системой LDHR и выполненной с возможностью раздельного хранения первого жидкого поглотителя и второго жидкого поглотителя. Поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды из первого жидкого поглотителя и из других источников, находящихся внутри закрытого пространства.

Согласно другому варианту реализации существует теплица, оснащенная системой жидкого поглотителя для регулирования температуры внутри теплицы, при этом теплица включает в себя систему испарительного охладителя с жидким поглотителем (LDEC), подключенную к теплице и выполненную с возможностью охлаждения потока (AA) входящего воздуха при помощи первого жидкого поглотителя, систему рекуперации влаги на основе жидкого поглотителя (LDHR), подключенную к теплице и выполненную с возможностью удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха с помощью второго жидкого поглотителя, и систему хранения, соединенную по текучей среде с системой LDEC и с системой LDHR, при этом система хранения расположена за пределами теплицы и выполнена с возможностью раздельного хранения первого жидкого поглотителя и второго жидкого поглотителя. Поток (AA) входящего воздуха отбирается снаружи закрытого пространства, а поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды от первого жидкого поглотителя и от растений, расположенных внутри теплицы, и/или от дополнительного источника водяного пара.

Согласно еще одному варианту реализации существует способ регулирования температуры внутри закрытого пространства. Способ включает процедуру включения насоса P₁, связанного с системой испарительного охладителя с жидким поглотителем (LDEC) для охлаждения потока (AA) входящего воздуха с помощью первого жидкого поглотителя, процедуру включения насоса P₄, связанного с системой рекуперации влаги на основе жидкого поглотителя (LDHR) для удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха, который течет через закрытое пространство, при помощи второго жидкого поглотителя, переноса

первого жидкого поглотителя из системы LDEC в систему хранения, переноса второго жидкого поглотителя из системы LDHR в систему хранения, и отдельного хранения первого жидкого поглотителя и второго жидкого поглотителя в системе хранения. Поток (AA) входящего воздуха отбирается снаружи закрытого пространства, а поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды от первого жидкого поглотителя и от растений, расположенных внутри теплицы, и/или от дополнительного источника водяного пара.

Согласно еще одному варианту реализации существует система очистки воздуха с помощью жидкого поглотителя, которая включает в себя среду, выполненную с возможностью приема потока входящего воздуха и потока жидкого поглотителя; канал, по которому протекает жидкий поглотитель; и насос, выполненный с возможностью перекачивания жидкого поглотителя через трубопровод и среду, так что поток входящего воздуха смешивается с жидким поглотителем. Жидкий поглотитель удаляет из потока входящего воздуха твердые частицы, создавая на выходе поток очищенного воздуха.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены в описание и составляют его часть, иллюстрируют один или несколько вариантов реализации и вместе с описанием объясняют эти варианты реализации. На этих чертежах:

на фиг. 1 показана система, состоящая из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

на фиг. 2 показаны детали системы влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

на фиг. 3 показана система испарительного охладителя на основе жидкого поглотителя, относящаяся к системе, состоящей из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

на фиг. 4 показан влажностный насос на основе жидкого поглотителя системы, состоящей из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

на фиг. 5 показан контроллер, управляющий системой, состоящей из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

фиг. 6 представляет собой блок-схему способа управления системой, состоящей из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

фиг. 7 представляет собой блок-схему способа контроля температуры внутри закрытого пространства, связанного с системой, состоящей из влажностного насоса на основе жидкого поглотителя и испарительного охладителя;

на фиг. 8 показан принцип системы очистки воздуха на основе жидкого поглотителя, в которой используется принцип испарительного охлаждения и доувлажнения;

на фиг. 9 показана система очистки воздуха на основе жидкого поглотителя, в которой используется принцип скруббера;

на фиг. 10 показана система очистки воздуха на основе жидкого поглотителя, в которой используется принцип уплотненного слоя;

на фиг. 11 показана конфигурация системы очистки воздуха на основе жидкого поглотителя, в которой из жидкого поглотителя удаляются твердые частицы и уничтожаются патогенные организмы;

на фиг. 12 показана конфигурация, в которой система очистки воздуха на основе жидкого поглотителя объединена с системой охлаждения воздуха на основе жидкого поглотителя для кондиционирования воздуха внутри камеры; и

на фиг. 13 показана конфигурация, в которой система очистки воздуха на основе жидкого поглотителя используется в виде отдельной системы внутри камеры.

Подробное описание

Приведенное ниже описание вариантов реализации ссылается на прилагаемые чертежи. Одинаковые ссылочные позиции на разных чертежах обозначают одинаковые или подобные элементы. Приведенное ниже подробное описание не ограничивает изобретение. Вместо этого, объем изобретения определяется прилагаемой формулой изобретения. Приведенные ниже варианты реализации обсуждаются для простоты в отношении теплицы, оборудованной влажностным насосом на основе жидкого поглотителя и системой испарительного охладителя (LDHPEC) для регулирования внутренней температуры и/или влажности в теплице. Однако систему LDHPEC можно использовать не только в теплице, но и в любом другом помещении. Некоторые дополнительные варианты реализации обсуждаются в отношении системы очистки воздуха на основе жидкого поглотителя (LDAP), используемой в регулируемой среде, связанной с животноводством. Однако систему LDAP можно использовать в любой регулируемой среде, связанной с целями, отличными от животноводства, например, для проживания людей или выращивания растений.

Упоминание во всем описании "одного варианта реализации" или "варианта реализации" означает, что конкретная функция, конструкция или характеристика, описанные в связи с вариантом реализации, включены по меньшей мере в один вариант реализации раскрытого объекта изобретения. Таким образом, появление выражений "в одном варианте реализации" или "в варианте реализации" в различных местах

описания не обязательно относится к одному и тому же варианту реализации. Кроме того, конкретные функции, конструкции или характеристики могут быть объединены любым подходящим образом в одном или нескольких вариантах реализации.

Согласно варианту реализации существует система LDHPEC 100, которая расположена рядом с полностью закрытым пространством 102 (в данном варианте - теплица, но система работает для любого закрытого пространства), как показано на фиг. 1. Система LDHPEC 100 включает в себя систему 110 испарительного охладителя на основе жидкого поглотителя (LDEC), систему 120 рекуперации влажности на основе жидкого поглотителя (LDHR), систему 130 хранения, систему 140 трубопроводов, которые соединяют систему LDEC, систему LDHR и систему хранения, и систему 150 управления, которая управляет каждым компонентом системы LDHPEC 100. Каждая из этих систем обсуждается более подробно со ссылками на приведенные далее фигуры.

Окружающий воздух AA втягивается снаружи закрытого пространства 102 в систему LDEC 110, где он охлаждается и его влажность повышается, в результате чего образуется поток AB воздуха, который имеет более низкую температуру и более высокую влажность, чем входящий поток AA воздуха. Поток AB охлажденного и увлажненного воздуха выпускается внутрь закрытого пространства 102 как поток AC воздуха, предназначенный для понижения температуры закрытого пространства в течение дня, когда волны солнечной энергии 104, поступающие в закрытое пространство, максимально велики. В одном варианте реализации поток AC воздуха выпускается через выпускной механизм 160 на большую площадь закрытого пространства 102. В одном варианте реализации выпускной механизм 160 может включать в себя различные трубопроводы с соответствующими отверстиями, и трубопровод расположен под грядкой 107 растений 106, обеспечивая равномерный выпуск потока AC воздуха по всему полу закрытого пространства 102. Различные растения 106, имеющиеся внутри закрытого пространства 102, взаимодействуют с потоком AC воздуха и выделяют часть своей влаги, что приводит к потоку AD теплого воздуха с высокой влажностью. Поток AD теплого воздуха с высокой влажностью поглощается системой LDHR 120. Для этой цели можно использовать один или несколько вентиляторов 108 для перемещения различных потоков воздуха внутрь, наружу и через закрытое пространство 102.

Система LDHR 120 удаляет влагу из потока AD теплого воздуха с высокой влажностью и преобразует ее в поток AE воздуха с низкой влажностью, который может выводиться за пределы закрытого пространства 102 в виде потока AF воздуха. Этот процесс приводит к нагреванию потока AE воздуха. Поглотитель, используемый как в системе LDEC 110, так и в системе LDHR 120, перекачивается в систему 130 хранения и обратно, когда давление пара поглотителя становится меньше или больше, чем давление пара соответствующего потока воздуха, чтобы в каждой системе использовался поглотитель с низким или высоким давлением пара. Система 130 хранения предпочтительно расположена под землей, то есть ниже поверхности 101 Земли. Однако систему 130 хранения можно разместить над землей. В одном варианте реализации система 130 хранения расположена под закрытым пространством 102 с целью уменьшения длины системы 140 трубопроводов, а также для уменьшения занимаемой системой площади. Теперь мы обсудим более подробно каждую компонентную систему системы LDHPEC 100.

На фиг. 2 схематично показаны различные подсистемы системы LDHPEC 100 и их гидравлические соединения. Более конкретно, поток AA воздуха поступает в систему LDEC 110 через входное отверстие 300 (для получения более подробной информации о системе LDEC 110 см. фиг. 3) и проходит через прокладку 310. Прокладка 310 имеет много каналов (это пористая среда), что способствует протеканию через нее потока воздуха. Например, прокладка может включать полуволоконные мембраны, плоские листовые мембраны, слои уплотненной среды, картонные прокладки, пластиковые прокладки и т.д., но не ограничиваться ими. В то же время насос P_1 перекачивает жидкий поглотитель 312 из контейнера 314 к верхней части 310А прокладки 310 через трубу 316. В трубе 316 предусмотрен клапан V_1 для регулирования количества жидкого поглотителя 312. В качестве альтернативы у клапана могут использоваться насосы регулируемой скорости или более одного насоса. Жидкий поглотитель 312 течет через каналы, образованные в прокладке 310, вниз под действием силы тяжести и взаимодействует с входящим потоком AA воздуха.

Жидкий поглотитель 312 изначально имеет давление пара выше, чем давление пара входящего потока AA воздуха. Следовательно, вода испаряется из жидкого поглотителя, охлаждая как поток AA воздуха, так и жидкий поглотитель 312. Кроме того, влажность выходящего потока AB воздуха увеличивается по мере того, как водяной пар передается от жидкого поглотителя 312 к потоку AA воздуха. Когда давление пара жидкого поглотителя 312, которое измеряется блоком датчиков WS_1 , расположенным в контейнере 314, падает до значения, равного давлению пара или меньшего, чем давление пара входящего потока AA воздуха, которое измеряется блоком датчиков AS_1 , расположенным во входном отверстии 300, испарительного охлаждения больше не происходит. Это происходит через некоторое время, когда жидкий поглотитель 312 под действием насоса P_1 непрерывно циркулирует через прокладку 310, и водяной пар постоянно испаряется из жидкого поглотителя. Когда это происходит, контроллер 150, который обменивается данными с датчиками, клапанами и насосами, направляет жидкостному насосу P_1 команду на отключение. Если давление пара во входящем потоке AA воздуха становится ниже давления пара поглотителя, контроллер включает насос P_1 .

В конце периодического цикла (периодический цикл может составлять полный день, час, полдня или любое другое время цикла, установленное оператором), контроллер 150 дает клапану V_1 команду на закрытие, чтобы прекратить дальнейшую подачу жидкого поглотителя 312 в прокладку 310, и открывает клапан V_2 для откачки при помощи насоса P_1 жидкого поглотителя 312 с низким давлением пара из системы LDEC 110 в пустой резервуар S_1 (см. фиг. 2), который является частью системы 130 хранения. Контроллер 150 для достижения этого результата также открывает клапан V_3 и закрывает клапан V_4 . После того, как система LDEC 110 опустеет, что определяется контроллером 150 на основе измеренных значений, полученных от сенсорного блока WS_1 , система LDEC 110 заполняется жидким поглотителем 412 с высоким давлением пара из полного другого резервуара S_2 (измеряется датчиком WS_3) при помощи насоса P_3 . В связи с этим контроллер 150 останавливает насос P_1 и запускает насос P_3 , который подключен ко второму накопительному резервуару S_2 . Контроллер 150 также закрывает клапаны V_5 и V_8 , так что жидкий поглотитель 412 из второго резервуара S_2 направляется в контейнер 314. Контроллер 150 позволяет насосу P_3 перекачивать жидкий поглотитель 412 в течение определенного периода времени, пока контейнер 314 не наполнится и/или второй бак S_2 не опустеет. Решение об использовании второго накопительного резервуара S_2 для подачи жидкого поглотителя 412 для системы LDEC 110 принимается контроллером 150 только в том случае, если давление пара жидкого поглотителя 412 (измеренное датчиком WS_3) выше, чем давление пара во входящем потоке AA воздуха, которое измеряется датчиком AS_1 .

Обратите внимание, что контроллер 150 может принять решение об опорожнении системы LDEC 110 даже до окончания периодического цикла, если, например, давление пара жидкого поглотителя 312 будет меньше, чем давление пара во входящем потоке AA воздуха, в течение времени, превышающего заданный временной интервал, причем данный временной интервал может принимать любое значение.

Материал, используемый для создания различных элементов системы LDHPEC 100, предпочтительно включает коррозионностойкие материалы, такие как пластмассы, но варианты не ограничиваются только пластмассой. Это связано с тем, что жидкие поглотители 312 и 314 могут вызывать коррозию. Обратите внимание, что жидкий поглотитель, используемый в этих вариантах реализации, может включать вещества, которые не имеют ничего общего с соленой водой, слабосоленой водой или сточными водами. Например, жидкий поглотитель может включать хлорид магния, хлорид кальция, бромид лития и т.д., но не ограничивается ими. Жидкий поглотитель также может сочетаться с триэтиленгликолем, ацетатом калия и т.д. Следует отметить, что обсуждаемая здесь система LDHPEC 100 лучше всего подходит для регионов с недостатком пресной воды, таких как пустынные и полупустынные районы, в которых наблюдается дефицит пресной воды. Также отметим, что в обсуждаемой здесь системе LDHPEC 100 используются элементы, требующие минимального количества электроэнергии, такие как клапан или насос. Таким образом, хотя система LDHPEC 100 способна регулировать температуру воздуха внутри закрытого пространства 102, традиционные устройства кондиционирования воздуха не используются, поскольку эти устройства потребляют значительное количество электроэнергии. Следовательно, система LDHPEC 100 для кондиционирования воздуха внутри закрытого пространства 102 использует небольшое количество электроэнергии, а также небольшое количество пресной воды.

Хотя на фиг. 1 показана одна система LDEC 110, используемая для охлаждения входящего потока AA воздуха, для выполнения этой задачи можно использовать несколько систем LDEC 110. В одном варианте реализации для охлаждения большего количества поступающего воздуха несколько систем LDEC 110 подключены параллельно. Однако в другом варианте реализации можно последовательно соединить систему LDEC 110 и другую систему 110', как показано на фиг. 3, для дальнейшего снижения температуры потока AB воздуха. Дополнительная система 110' может включать в себя такие же насос P_1' , контейнер 314' и прокладку 310', что и в первой системе LDEC 110. В другом варианте реализации дополнительная система 110' может представлять собой традиционную систему испарительного охлаждения, в отличие от системы 110. В еще одном варианте реализации дополнительная система 110' может быть модифицирована для работы в качестве системы удаления аэрозолей для удаления из воздуха солевых аэрозолей, образующихся из жидкого поглотителя 312. Это позволяет защищать атмосферу закрытого пространства от проникновения солевых аэрозолей внутрь закрытого пространства. В еще одном варианте реализации дополнительная система 110' может представлять собой традиционную установку для механического сжатия пара или аналогичную установку для охлаждения воздуха.

Охлажденный поток AC воздуха теперь взаимодействует с растениями внутри закрытого пространства 102 и, по мере прорастания растений, начинает набирать влажность. Кроме того, к потоку AC воздуха добавляется тепло благодаря теплу, создаваемому солнечным излучением, воздействующим на закрытое пространство 102 в течение дня. Таким образом, поток AD воздуха, поступающий через входное отверстие 400 (см. фиг. 4) системы LDHR 120, имеет "высокую" влажность и "высокую" температуру. Как показано на фиг. 1, один или несколько вентиляторов 108 (или подобных устройств для создания потока воздуха) могут использоваться для проталкивания воздуха через закрытое пространство 102 от впускного отверстия 300 к выпускному отверстию 420 системы LDHR 120. На фиг. 4 показана система LDHR 120 с прокладкой 410, изготовленной из пористого материала, так что поток AD воздуха проходит через прокладку и выходит с другой стороны в виде потока AE воздуха, содержащего меньше водяного пара. Жидкий поглотитель 412, который хранится в контейнере 414, перекачивается насосом P_4 в верх-

ную область 410А прокладки 410 и нагнетается в прокладку. Жидкий поглотитель 412 протекает через различные каналы внутри прокладки 410 под действием силы тяжести или давления (в зависимости от системы), пока не возвращается обратно в контейнер 414. В это время жидкий поглотитель 412 взаимодействует с потоком AD воздуха и удаляет из него воду, в результате чего получается поток AE воздуха. Это происходит потому, что давление пара в жидком поглотителе 412 ниже, чем давление пара в потоке AD воздуха. Затем поток AE воздуха выводится из закрытого пространства 102 через выпускное отверстие 420. Датчики AS₃ и AS₄ расположены внутри впускного отверстия 400 и выпускного отверстия 420, соответственно, и используются для контроля давления пара в соответствующих потоках воздуха. Датчик WS₄ расположен внутри контейнера 414 для измерения наличия жидкого поглотителя 412. Хотя показано, что насос P₄ расположен внутри контейнера 414, этот насос также можно разместить снаружи контейнера.

Как теперь обсуждается, поток AD влажного воздуха прокачивается через систему LDHR 120. Первоначально система LDHR 120 содержит жидкий поглотитель 412, давление пара в котором ниже, чем у потока AD влажного воздуха. Следовательно, когда поток AD влажного воздуха проходит через прокладку 410 одновременно с жидким поглотителем 412, из потока AD воздуха восстанавливается влага и поглощается жидким поглотителем 412. Жидкий поглотитель 412 непрерывно циркулирует под воздействием насоса P₄ через прокладку 410. Когда давление пара жидкого поглотителя 412, которое измеряется датчиком WS₄, увеличивается до уровня, равного давлению пара в потоке AD влажного воздуха, которое измеряется датчиком AS₃, контроллер 150 дает команду на выключение насоса P₄. Если давление пара в потоке AD воздуха снова увеличивается по сравнению с давлением пара в жидком поглотителе 412, контроллер 150 снова дает команду на включение насоса P₄. В конце цикла клапан V₁₁ получает от контроллера 150 команду на закрытие, а клапан V₁₂ получает от контроллера 150 команду на открытие для выполнения цикла перекачивания слабого жидкого поглотителя 412 за пределы контейнера 414 во второй накопительный резервуар S₂.

Возвращаясь к фиг. 2, когда выполняется этот шаг, контроллер 150 закрывает клапан V₉ и открывает клапан V₁₀, чтобы жидкий поглотитель 412 перетекал во второй резервуар S₂. Когда жидкий поглотитель 412 удалится из контейнера 414, и это определяется датчиком WS₄, контроллер 150 запускает насос P₂ первого накопительного резервуара S₁, открывает клапан V₆ и закрывает клапаны V₅ и V₈, чтобы перекачать жидкий поглотитель 312 из первого накопительного резервуара S₁, давление пара которого ниже, чем давление пара влажного воздуха AD, для повторного наполнения контейнера 414.

Таким образом, контроллер 150 использует первый и второй резервуары S₁ и S₂ для поочередной подачи жидкого поглотителя для системы LDEC 110 и системы LDHR 120, в некотором смысле меняя друг на друга жидкий поглотитель 312 и жидкий поглотитель 412 в зависимости от того, низким или высоким является давление пара в них. Поглотитель 312 с низким давлением пара в первом накопительном резервуаре S₁ - это поглотитель, который был получен из системы LDEC 110, что означает, что влага, извлеченная из жидкого поглотителя 312, добавляется к входящему потоку AA воздуха, а затем нагнетается внутрь закрытого пространства 102, а затем такое же количество влаги извлекается из потока AD воздуха с помощью жидкого поглотителя 412 системы LDHR 120, и эта влага возвращается обратно в систему LDEC 110 через систему 130 хранения.

Например, в одном варианте реализации для выполнения цикла обмена система LDEC 110 перекачивает первый жидкий поглотитель 312 в первый (пустой) накопительный резервуар S₁, затем второй накопительный резервуар S₂ перекачивает второй жидкий поглотитель 412 в систему LDEC 110, так что теперь второй накопительный резервуар S₂ становится пустым, затем система LDHR 120 перекачивает второй жидкий поглотитель 412 в опорожненный второй накопительный резервуар S₂, а затем первый резервуар S₁ перекачивает первый жидкий поглотитель 312 в систему LDHR 120. Таким образом, в конце цикла обмена в системе LDEC находится свежий жидкий поглотитель с высоким давлением пара, в системе LDHR находится свежий жидкий поглотитель с низким давлением пара, первый накопительный резервуар S₁ пуст, а второй накопительный резервуар S₂ содержит жидкий поглотитель с высоким давлением пара.

Подобно варианту реализации, показанному на фиг. 3, для системы LDEC 110, система LDHR 120 на фиг. 4 может включать в себя второе устройство 120', которое может быть подключено последовательно или параллельно с первым устройством. Второе устройство 120' может быть выполнено таким образом, что оно сможет работать как система LDHR или как система удаления аэрозоля.

Обсуждаемые выше датчики могут включать в себя один или несколько следующих датчиков: датчик температуры, датчик относительной влажности, датчик давления, датчик проводимости, датчик показателя преломления, датчик плотности, датчик уровня жидкости или любой другой датчик или комбинацию этих датчиков.

Контроллер 150 может быть реализован как вычислительное устройство, проиллюстрированное на фиг. 5. Для выполнения различных этапов и операций, описанных в настоящем документе, могут использоваться аппаратное обеспечение, микропрограммное обеспечение, программное обеспечение или их комбинация.

Вычислительное устройство 500, подходящее для выполнения действий, описанных в приведенных

вариантах реализации, может включать в себя сервер 501. Такой сервер 501 может включать в себя центральный процессор (ЦП) 502, связанный с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) 504 и постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) 506. ПЗУ 506 также может быть носителем данных других типов для хранения программ, например, программируемым ПЗУ (ППЗУ), стираемым ПЗУ (ЭППЗУ) и т.д. Процессор 502 может связываться с другими внутренними и внешними компонентами посредством цепи ввода-вывода 508 и шины 510 для передачи сигналов управления и т.п. Процессор 502 выполняет множество функций, известных в данной области техники, в соответствии с инструкциями программного обеспечения и/или микропрограммного обеспечения.

Сервер 501 также может включать в себя одно или несколько устройств хранения данных, включая жесткие диски 512, приводы CD-ROM 514 и другое оборудование, способное считывать и/или сохранять информацию, например приводы DVD и т.д. В одном варианте реализации программное обеспечение для выполнения обсуждаемых выше шагов может быть сохранено и распространено на CD-ROM или DVD 516, запоминающем устройстве USB 518 или другом виде носителя, способного хранить информацию. Эти носители данных могут быть подключены и прочитаны такими устройствами, как привод для компакт-дисков CD-ROM 514, дисковод 512 и т.д. Сервер 501 может быть соединен с дисплеем 520, который может представлять собой дисплей или экран для презентаций любого известного типа, например ЖК-дисплей, плазменный дисплей, дисплей на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и т.д. Предусмотрен интерфейс пользовательского ввода 522, включая один или несколько механизмов пользовательского интерфейса, таких как мышь, клавиатура, микрофон, сенсорная панель, сенсорный экран, система распознавания голоса и т.д.

Сервер 501 может быть связан с другими устройствами, такими как насосы, датчики и клапаны. Сервер может быть частью более крупной сетевой конфигурации, такой как глобальная вычислительная сеть (GAN), например Интернет 528, которая обеспечивает возможность подключения к различным стационарным и/или мобильным вычислительным устройствам.

Хотя система LDHPEC 100, описанная выше, как показано, включает только систему LDEC 110 и систему LDHR 120, могут быть добавлены другие системы, например, традиционное устройство кондиционирования воздуха, фотоэлектрическая система, система освещения, система для очистки прозрачных стен закрытого пространства, чтобы солнечная энергия достигала растений, система очистки воздуха, о которой будет сказано ниже, и т.д.

Контроллер 150 может быть запрограммирован для управления системами, изображенными на фиг. 2, как теперь обсуждается со ссылкой на фиг. 6. На шаге 600 контроллер 150 связывается с каждым насосом, датчиком и клапаном для присвоения каждому элементу идентификатора. На шаге 602 контроллер получает результат измерения давления пара от датчика AS_1 входящего потока AA воздуха и сравнивает его с давлением пара жидкого поглотителя 312, измеренным датчиком WS_1 . Если давление пара в потоке AA воздуха меньше, чем давление пара жидкого поглотителя 312, контроллер 150 на шаге 604 включает насос P_1 , открывает клапан V_1 и закрывает клапан V_2 , чтобы позволить жидкому поглотителю 312 протекать через прокладку 310, а также для охлаждения и увеличения влажности потока AA воздуха. Если результат сравнения на шаге 602 отрицательный, контроллер на шаге 604 выключает насос системы LDEC.

Кроме того, на шаге 608 контроллер также принимает измерения давления пара в потоке AD воздуха, входящем в систему LDHR 120, и жидком поглотителе 412, протекающем через систему LDHR 120, и сравнивает эти значения давления пара. Если давление пара в потоке AD воздуха больше, чем давление пара в жидком поглотителе, контроллер включает насос P_4 системы LDHR 120 и клапан V_{11} , который регулирует поток жидкого поглотителя в систему, и закрывает клапан V_{12} , через который жидкий поглотитель удаляется из системы LDHR на шаге 610. Однако, если давление пара в потоке AD воздуха ниже, чем давление пара в жидком поглотителе, контроллер на шаге 612 отключает насос системы LDHR 120. На шаге 614, если периодический цикл системы LDEC или LDHR закончился или было выполнено определенное условие (например, давление пара в жидком поглотителе 312 меньше, чем давление пара во входящем потоке AA воздуха, в течение некоторого времени дольше заданного временного интервала, где данный временной интервал может принимать любое значение), контроллер 150 открывает клапан V_2 и/или V_{12} и закрывает клапаны V_1 и V_{11} для удаления жидкого поглотителя из одной или обеих систем 110 и 120. Обратите внимание, что две системы 110 и 120 могут работать одновременно, последовательно или поочередно. Жидкий поглотитель из каждой системы 110 и 120 удаляется в соответствующие накопительные резервуары S_1 и S_2 , соответственно, через клапаны V_2 и V_3 для системы LDEC и клапаны V_{12} и V_{10} для системы LDHR. Затем, на шаге 616, контроллер 150 может принять решение повторно наполнить одну или обе системы 110 и 120 другим жидким поглотителем, например, наполнить систему LDEC 110 жидким поглотителем 412 из второго накопительного резервуара S_2 , а систему LDHR 120 - жидким поглотителем 312 из первого накопительного резервуара S_1 . Таким образом, жидкий поглотитель, выпускаемый одной системой, повторно используется другой системой, и наоборот. Затем процесс возвращается к шагу 602, где снова измеряется давление пара входящего потока воздуха и выходящего потока воздуха, а также жидких поглотителей в обеих системах, и процесс повторяется. Контроллер 150 может быть запрограммирован на выполнение этого цикла только в течение дня, только в ночное время,

как днем, так и ночью, или в течение любого желаемого периода времени.

В то время как вышеупомянутый процесс описывает использование предлагаемой системы LDHPEC в жарком и сухом климате для обеспечения охлаждения и увлажнения воздуха во внутренней среде, описанная система может быть изменена так, чтобы обеспечивать нагрев и осушение холодного и влажного воздуха во внутренней среде. Выбор между охлаждением и увлажнением воздуха или нагревом и осушением воздуха будет зависеть от заданных желаемых условий в закрытом пространстве, местного климата, а также температуры и влажности кондиционируемого воздуха (который может включать наружный воздух, циркулирующий в закрытом пространстве воздух или любое их сочетание).

Была создана модель для оценки процента влажности, вносимого в процесс испарительного охлаждения системой LDEC 110 и системой TEC 110', чтобы оценить количество воды, которое можно было бы сэкономить, внедрив систему LDHPEC 100 в сухом жарком климате. В качестве основы для модели использовался среднемесячный климат (температура и влажность) Эр-Рияда, Саудовская Аравия, с октября 2012 года по сентябрь 2013 года. Особое значение имеют теплые месяцы с апреля по октябрь, когда охлаждение за счет испарения широко используется для поддержания низких температур в сельском хозяйстве с регулируемой окружающей средой. Модель разработана для теплицы длиной 40 м, шириной 10 м и высотой 3 м. Эффективность испарительного охлаждения системы LDEC 110 была оценена на уровне 0,75, а системы TEC 110' - на уровне 0,80. Эффективность рекуперации влаги для системы LDHR 120 была оценена на уровне 0,75. Для стандартных теплиц, используемых в Королевстве Саудовская Аравия, расчетная урожайность томатов составляет 30 кг/м² в год, а расчетные затраты водных ресурсов - 350 л/кг произведенных томатов (согласно презентации профессора Абдулазиза аль-Харби из Университета короля Сауда, представленной на Всемирном форуме инноваций в сельском хозяйстве в Абу-Даби, ОАЭ, 5 февраля 2018 г.); или около 875 л на м² теплицы в месяц. Для теплиц, используемых в жарком сухом климате, по оценкам, испарительный охладитель расходует 80-90% от общего водопотребления сельскохозяйственной системы (см. Lefers et al., 2016, и Sabeh, 2007). С использованием разработанной модели было подсчитано, что на систему LDEC 110 будет приходиться около 75-80% от общего потребления испарительной охлаждающей воды, что составляет примерно 60-75% от общего использования воды в теплице. Согласно модели, система LDHPEC 100, по оценкам, позволяет сэкономить от 45000 до 50000 м³ воды на гектар теплицы, установленной в Саудовской Аравии. Если экономию воды оценивать по цене опресненной воды (т.е. около 2,50 \$/м³), то, согласно оценке, при использовании системы LDHPEC 100 общая стоимость сэкономленной воды может достичь 125 000 долларов США на гектар теплицы в год. Общая производственная площадь теплиц в Саудовской Аравии в 2015 году составила 3019 гектаров. Следовательно, если эту систему применить только к 10% существующих теплиц, может быть достигнута общая экономия воды, превышая 37 миллионов долларов США в год.

Описанная система улавливает влагу из воздуха, выходящего из закрытого пространства, и "перекачивает" ее обратно в воздух, поступающий в закрытое пространство, для испарительного охлаждения с использованием жидкого поглотителя. Система может работать в обратном направлении, чтобы нагревать и осушать воздух в закрытом пространстве, так же используя жидкий поглотитель. Самое главное, обсуждаемая система может сэкономить большое количество воды, которая необходима для традиционной теплицы в жарком сухом климате. И наоборот, система может сэкономить энергию, которая будет использоваться для отопления или осушения.

Способ управления температурой внутри теплицы, как обсуждалось выше, может включать, как показано на фиг. 7, шаг 700 включения насоса P₁, связанного с системой адсорбционного испарительного охладителя (LDEC) 110, для охлаждения входящего потока воздуха (AA) посредством использования первого жидкого поглотителя 312, шаг 702 включения насоса P₄, связанного с системой рекуперации влаги на основе жидкого поглотителя (LDHR) 120, для удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха с использованием второго жидкого поглотителя 412, шаг 704 передачи первого жидкого поглотителя 312 из системы LDEC 110 в систему 130 хранения, шаг 706 передачи второго поглотителя 412 из системы LDHR 120 в систему 130 хранения, и шаг 708 отдельного хранения первого жидкого поглотителя 312 и второго жидкого поглотителя 412 в системе 130 хранения. Поступающий поток (AA) воздуха отбирается снаружи закрытого пространства, а поток (AD) влажного воздуха включает водяные пары от первого жидкого поглотителя (312) и от растений, находящихся внутри теплицы. В одном варианте реализации первый жидкий поглотитель из системы хранения подается в систему LDEC, а второй жидкий поглотитель из системы хранения подается в систему LDHR. Способ может дополнительно включать сравнение при помощи контроллера показаний одного из множества датчиков, которые показывают давление пара во входящем потоке воздуха, с показаниями другого из множества датчиков, которые показывают давление пара в первом жидком поглотителе, и определение необходимости насоса, связанного с системой LDEC, и/или сравнение при помощи контроллера показаний одного из нескольких датчиков, которые показывают давление пара в потоке влажного воздуха, с показаниями другого из множества датчиков, которые показывают давление пара во втором жидком поглотителе, и определение необходимости включения насоса, связанного с системой LDHR.

Помимо возможности контролировать влажность и температуру с помощью системы на основе жидкого поглотителя, жидкие поглотители обеспечивают уникальную возможность очистки воздуха, что

позволяет контролировать распространение болезней, переносимых по воздуху спор, пыльцы, а также удалять пыль и твердые частицы. Высокая концентрация солей в жидких поглотителях (например, до 40% по весу, что составляет примерно в 10 раз больше, чем в морской воде) смертельна для многих штаммов микроорганизмов и грибковых спор. Кроме того, переносимая по воздуху пыль и другие твердые частицы могут эффективно удаляться с помощью систем жидкого поглотителя посредством прямого контакта воздуха с жидкостью, при использовании в скрубберах, системах прокладок и вентиляторов, а также в слоях уплотненной среды.

Поскольку к переносимой по воздуху пыли и частицам могут прикрепляться болезнетворные микроорганизмы, удаление этой пыли из потока воздуха помогает предотвратить распространение болезней. Этот процесс необходим для многих применений, особенно для птицеводства с регулируемой средой, где в последнее время наблюдаются высокие показатели смертности кур в результате передачи болезней между фермами и плохой санитарии на фермах. Это также важно для отрасли растениеводства, которая подвержена переносу болезней и патогенных грибов вместе с переносимой по воздуху пылью, спорами и микроорганизмами.

Однако традиционные промышленные скрубберы в своей работе используют пресную воду. Эта пресная вода охлаждает обрабатываемый воздух и увеличивает его влажность из-за разницы в давлении пара между водой и воздухом ниже точки насыщения (ниже 100% относительной влажности). Охлаждение и увлажнение потока воздуха, необходимое для очистки воздуха, не всегда желательно, и происходит расходование водных ресурсов, поскольку запас воды в блоке очистки должен постоянно пополняться по причине потерь на испарение. Это делает существующие системы на основе пресной воды нежелательными для очистки потоков воздуха от твердых частиц в холодном климате, в системах, в которых желательно поддерживать уровни влажности ниже определенного значения и/или в регионах, в которых наблюдается нехватка воды или ограниченный доступ к воде. Кроме того, использование пресной воды в скрубберах не позволяет очищать воздух от микроорганизмов; эти системы удаляют только твердые частицы и могут даже способствовать распространению таких болезней, как легионелла.

В отличие от этих проблем, характерных для существующих очистителей воздуха, новая система LDAP, которая будет обсуждаться далее, предлагает одно или несколько из следующих преимуществ по сравнению с очистителями воздуха на основе пресной воды: (1) удаление загрязнений без изменения тепловых свойств воздуха и его влажности, (2) экономия пресной воды и/или (3) обезвоженное состояние жидкости с высоким содержанием соли не способствует размножению патогенов, например, легионеллы.

Что касается первого преимущества новой системы LDAP, то есть ее способности очищать воздух, не влияя на его тепловые свойства (в климатических условиях, где это желательно), поскольку жидкие поглотители могут иметь давление пара, равное давлению окружающего воздуха, система может удалять загрязнители из воздуха путем очистки без изменения тепловых свойств воздуха. Это важное преимущество перед обычными очистителями пресной воды, особенно в кондиционируемых закрытых пространствах.

Предлагаемое использование жидких поглотителей вместо пресной воды в этих системах позволяет адаптировать жидкий поглотитель таким образом, чтобы давление пара поглотителя соответствовало или почти соответствовало давлению пара обрабатываемого потока воздуха. Таким образом, как испарение водяного пара из раствора поглотителя, так и сбор водяного пара в растворе поглотителя сводятся к минимуму, и обрабатываемый поток воздуха может быть очищен без увеличения или уменьшения его влажности.

В ситуациях, когда требуется задавать определенную влажность (например, относительную влажность 50%), раствор жидкого поглотителя может быть приготовлен для кондиционирования потока воздуха посредством испарения из раствора поглотителя или конденсации жидкого поглотителя в растворе поглотителя, в зависимости от исходного и желаемого состояния очищаемого потока воздуха. Как только давление пара в воздухе совпадает с давлением пара в жидком поглотителе, испарение из поглотителя и/или конденсация водяного пара в поглотителе прекращается, в то время как поглотитель продолжает очищать поток воздуха. Таким образом, системы на основе поглотителя не требуют постоянного пополнения воды и теоретически могут работать без необходимости замены раствора поглотителя, при условии, что в системе нет неисправностей (утечек и т.д.).

В дополнение к экономии воды и потенциальной возможности изменять/поддерживать потоки воздуха на желаемом уровне влажности, системы на основе жидких поглотителей обеспечивают возможность очищать воздух от различных форм загрязнений, включая микроорганизмы. Возможность очищать воздух от потенциальных патогенов делает системы LDAP очень привлекательными для снижения заболеваемости и распространения болезней и загрязненного воздуха в регулируемой среде.

Согласно варианту реализации, показанному на фиг. 8, система LDAP может быть реализована как система 800 с прокладкой и вентилятором, которая включает в себя прокладку 802, закрепленную над лотком 804. Жидкий поглотитель 806 хранится в резервуаре 808 и перекачивается при помощи насоса 810 через трубопровод 812 в верхнюю часть 802А прокладки 802. Жидкий поглотитель 806 протекает через прокладку 802 под действием силы тяжести и скапливается в лотке 804 в нижней части 802В прокладки, из которой он возвращается в резервуар 808. Необработанный поток воздуха 820 под воздейст-

вием вентилятора 822 (или аналогичного механизма) проходит через прокладку и, таким образом, посредством прямого контакта взаимодействует с жидким поглотителем 806. В результате этого взаимодействия различные примеси и патогены переносятся в жидкий поглотитель и, таким образом, удаляются из потока 820 необработанного воздуха, что приводит к образованию потока 824 очищенного воздуха. Прокладка 802 может иметь ту же конструкцию, что и прокладка 310, описанная выше.

На фиг. 9 показан еще один вариант реализации системы LDAP в виде скрубберной системы 900. Скрубберная система 900 включает в себя корпус 902, который выполнен с возможностью приема на верхнем конце 902А жидкого поглотителя 904 из распылителя 906. Распылитель 906 соединен по текучей среде к трубе 908, по которой течет жидкий поглотитель 904 из насоса 910. Насос 910 соединен по текучей среде с нижней частью 902В корпуса 902 и перекачивает жидкий поглотитель через замкнутый контур, образуемый трубой 908 и корпусом 902. Поток 920 неочищенного воздуха поступает в корпус 902 на входе 912. После того, как частицы 922 воздуха непосредственно взаимодействуют с жидким поглотителем 904, поток очищенного воздуха 924 вытекает из корпуса 902 на выходе 914. Как и в предыдущем варианте реализации, в результате прямого взаимодействия между частицами воздуха и частицами жидкого поглотителя различные примеси и патогены переносятся в жидкий поглотитель и, таким образом, удаляются из потока необработанного воздуха 920, что приводит к получению потока очищенного воздуха 924.

Еще один возможный вариант реализации системы LDAP показан на фиг. 10. В этом варианте реализации используется система 1000 на основе слоя уплотненного материала. Уплотненный материал 1002 может быть изготовлен из того же материала, что и прокладка 802. В этой системе жидкий поглотитель 1004 из лотка/контейнера 1006 насосом 1008 перекачивается по трубе 1010 к распределительному устройству 1012, расположенному в верхней части уплотненного материала 1002. Уплотненный материал 1002 под действием силы тяжести плотно прилегает к корпусу 1001 системы 1000. Частицы жидкого поглотителя под действием силы тяжести движутся вниз через уплотненный материал 1002 и напрямую взаимодействуют с частицами воздуха 1022 из потока необработанного воздуха 1020. Поток необработанного воздуха 1020 поступает в корпус 1001 через впускное отверстие 1014, то есть, под уплотненным материалом 1002. Частицы 1022 воздуха движутся вверх через уплотненный материал 1002 и выходят через выпускное отверстие 1016 в виде потока 1024 обработанного воздуха. Затем жидкий поглотитель 1004 собирается в лотке 1006 и перекачивается насосом 1008. Как и в предыдущих вариантах реализации, в результате прямого взаимодействия между частицами воздуха и частицами жидкого поглотителя различные примеси и патогены переносятся в жидкий поглотитель и, таким образом, удаляются из потока необработанного воздуха 1020, что приводит к образованию потока очищенного воздуха 1024.

В любой из систем LDAP, описанных выше (следует отметить, что могут использоваться и другие варианты реализации этой системы), для очистки поступающего необработанного воздушного потока используется жидкий поглотитель, например, в сельскохозяйственном применении с регулируемой средой. Загрязненный воздух в любой из систем, изображенных на фиг. 8-10, контактирует с жидким поглотителем, и жидкий поглотитель удаляет переносимые по воздуху загрязнители посредством прямого контакта воздуха с жидкостью, при этом протекают дополнительные процессы дезинфекции.

Поскольку в процессе циркуляции жидкого поглотителя пыль и твердые частицы продолжают накапливаться в системе жидкого поглотителя, необходимо либо отфильтровывать/удалять пыль из жидкостной системы, чтобы обеспечить непрерывную работу, либо заменять весь поток жидкости. Удаление пыли из системы жидкого поглотителя может осуществляться при помощи картриджного фильтра, мембранной системы, песочного фильтра, вихревого фильтра или аналогичного фильтрующего устройства (этот список не является исчерпывающим). Удаление пыли из потока жидкости позволяет системе LDAP продолжать работу без замены раствора поглотителя.

Одно такое возможное расположение фильтрующего устройства 1102 для удаления собранных твердых частиц из входящего потока 1104 жидкого поглотителя в системе LDAP 1100 показано на фиг. 11. Специалистам в данной области техники будет понятно, что в другом варианте системы возможны и могут быть реализованы другие варианты расположения. Система 1100 также включает в себя насос 1106, который перекачивает жидкий поглотитель через различные элементы. Насос 1106 может быть соединен по текучей среде с модулем 1108 УФ-обработки, выполненным с возможностью дезинфекции жидкого поглотителя и уничтожения организмов, которые могут выживать в гиперсоленых условиях поглотителя. Элементы, показанные на фиг. 11, могут быть соединены по текучей среде друг с другом в любом порядке. Выходящий поток 1110 жидкого поглотителя готов к подаче в любую из систем 800, 900 или 1000, описанных выше. В одном варианте реализации насос 1106 представляет собой насос, показанный в каждой из систем 800, 900 или 1000, а фильтрующее устройство 1102 и модуль 1108 УФ-обработки добавляются в трубах 812, 908 или 1010.

Поскольку микроорганизмы накапливаются в системе LDAP, некоторые из них погибают под воздействием высокой солености жидкого поглотителя в растворе и/или в результате высокого осмотического давления, что может приводить к разрушению клеток микроорганизмов и/или другим летальным процессам. Другие организмы, однако, могут оставаться жизнеспособными и позже могут снова попасть в поток воздуха, если и когда их численность превысит определенное критическое значение. Хотя эти

микроорганизмы могут выживать в соленых условиях с высоким осмотическим давлением жидкого поглотителя, они могут быть уничтожены или дезактивированы с помощью ультрафиолетового (УФ) излучения, создаваемого модулем 1108 УФ-обработки. В одном варианте реализации УФ-излучение может подаваться в систему через УФ-лампу модуля 1108 УФ-обработки. Однако в одном варианте реализации модуль 1108 УФ-обработки просто подвергает протекающий раствор воздействию естественного солнечного света, который содержит УФ-излучение. Встроенная УФ-лампа занимает меньше места, но для ее работы требуется электричество.

Естественный солнечный свет не требует электричества, но может потребовать большую площадь.

Система LDAP может быть сконфигурирована иначе, чем традиционное устройство очистки воздуха на основе пресной воды в том смысле, что зона хранения жидкости будет спроектирована так, чтобы противостоять коррозии и учитывать колебания объема жидкого поглотителя, поскольку влажность окружающего воздуха и объем получаемой жидкости меняются.

В дополнение к очистке воздуха система LDAP также может использоваться для термического кондиционирования входящего потока воздуха посредством испарительного охлаждения, нагревания поглотителя, осушения и/или обмена теплом/энергией. Размещая одну или несколько систем LDAP на входе и выходе системы ОВиКВ здания, можно реализовать скрытый и явный теплообмен для предварительного кондиционирования наружного воздуха и снижения нагрузки на другие компоненты системы ОВиКВ. Такая система может собирать явное и/или скрытое тепло и холод от выхода системы и переносить их к отверстию для входа воздуха в однопроходной системе ОВиКВ, где воздух в закрытом пространстве постоянно заменяется наружным воздухом. В этом отношении, на фиг. 12 показана такая система 1200, которая включает в себя камеру 1210 с регулируемой средой, которая подключена к системе ОВиКВ 1212. Под камерой 1210 здесь понимается любая конструкция с регулируемой средой, независимо от того, используется ли эта конструкция для проживания людей, выращивания животных или урожая. Входящий поток 1240 воздуха сначала обрабатывается первой системой LDAP 1220 (может представлять собой любую из систем 800, 900 или 1000, описанных выше), затем он охлаждается системой ОВиКВ 1212, а затем подается в камеру 1210. В этом варианте реализации камера 1210 может представлять собой сарай или аналогичное закрытое пространство, в котором содержатся животные. Затем поток воздуха, выходящий из камеры 1210, обрабатывается второй системой LDAP 1230, и выходящий поток 1242 воздуха выпускается в окружающую среду. Этот процесс скрытого теплообмена более подробно описан в вариантах реализации, приведенных на фиг. 1-4.

Системы LDAS 1220 и 1230 устанавливаются в однопроходной системе ОВиКВ 1200, в которой воздух в закрытом пространстве постоянно заменяется наружным воздухом. Такая система очищает как входящий, так и выходящий воздух, что позволяет защитить как животных, так и урожай в камере 1210 с регулируемой средой, а также остановить распространение любого заболевания или загрязнения за пределами камеры 1210. Кроме того, когда жидкий поглотитель циркулирует между входом и выходом камеры 1210 (то есть между первой и второй системами LSAD, как показано на фиг. 12), система функционирует как устройство для обмена теплом/холодом для снижения нагрузки на другие компоненты системы ОВиКВ. Таким образом, система 1200, показанная на фиг. 12, имеет первую систему LDAP на входе воздуха и служит для уменьшения нагрузки в виде патогенов и пыли, поступающих в камеру 1210, в то время как вторая система LDAP установлена на выходе воздуха и служит для уменьшения количества патогенов и пыли, вытекающих из камеры 1210. В одном варианте реализации система ОВиКВ 1212 представляет собой систему LDHPEC 100, показанную на фиг. 1. Система LDHPEC 100 включает в себя систему 110 испарительного охладителя на основе жидкого поглотителя, систему 120 рекуперации влаги на основе жидкого поглотителя, систему 130 хранения, трубопроводную систему 140 и систему 150 управления.

В качестве альтернативы, если не требуется, чтобы воздух внутри камеры 1210 постоянно обновлялся, как в варианте реализации, показанном на фиг. 12, то можно установить одну или несколько систем LDAP 1220 в качестве автономных систем внутри камеры 1210, как показано на фиг. 13, а затем входящий поток 1240 воздуха и выходящий поток 1242 воздуха ограничиваются внутренней частью камеры 1210. Система ОВиКВ 1212 все еще может использоваться для охлаждения воздуха внутри камеры 1210. Специалистам в данной области техники будет понятно, что использование систем LDAP в сочетании с закрытым пространством, в котором содержится домашний скот или выращиваются растения, является лишь одним из возможных применений данной системы очистки воздуха. Система LDAP может применяться в любой ситуации, в которой необходимо очищать воздух.

Принимая во внимание серьезные последствия вспышки различных заболеваний (например, птичьего гриппа) в животноводческой отрасли, ожидается, что обсуждаемые здесь системы LDAP позволят значительно улучшать качество воздуха в регулируемой среде и будут иметь особое значение для регулируемых сред в сельском хозяйстве, в том числе в птицеводстве. Обсуждаемые здесь системы LDAP могут быть установлены для очистки входящих, циркулирующих и/или выходящих потоков воздуха из регулируемой среды.

Раскрытые варианты реализации позволяют создать испарительную систему, объединенную с системой рекуперации влаги, причем в обеих системах для регулирования температуры и циркуляции влаги

внутри закрытого пространства используется жидкий поглотитель. Входящий в закрытое пространство поток воздуха содержит влагу за счет добавленного к нему жидкого поглотителя, тогда как такое же количество влаги восстанавливается непосредственно перед тем, как поток воздуха выходит за пределы закрытого пространства. Кроме того, система очистки воздуха с помощью жидкого поглотителя может использоваться как отдельная система или в сочетании с влажностным насосом с жидким поглотителем и системой испарительного охладителя. Следует понимать, что данное описание не ограничивает изобретение. Напротив, приведенные в качестве примеров варианты реализации предназначены для охвата альтернатив, модификаций и эквивалентных вариантов, которые включены в сущность и объем изобретения в соответствии с прилагаемой формулой изобретения. Кроме того, в подробном описании примерных вариантов реализации изложены многочисленные конкретные детали, которые позволяют обеспечить полное понимание формулы изобретения. Однако специалист в данной области техники поймет, что различные варианты реализации могут быть реализованы на практике без таких конкретных деталей.

Хотя характеристики и элементы настоящих вариантов реализации описаны в вариантах реализации в конкретных комбинациях, каждая характеристика или элемент может использоваться отдельно, без других характеристик и элементов вариантов реализации, или в различных комбинациях с другими характеристиками и элементами, раскрытыми в данном документе, а также без них.

В данном письменном описании используются примеры раскрытого объекта изобретения, чтобы дать возможность любому специалисту в данной области техники реализовать то же самое, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых включенных методов. Патентоспособный объем объекта изобретения определяется формулой изобретения и может включать другие примеры, которые могут прийти на ум специалистам в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем формулы изобретения.

Ссылки.

Davies, P.A. (2005). A solar cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Solar Energy* 79, 661-668.

El Hourani, M., Ghali, K., and Ghaddar, N. (2014). Effective desiccant dehumidification system with two-stage evaporative cooling for hot and humid climates. *Energy and Buildings* 68, 329-338.

ESTPC (2012). ESTCP Cost and Performance Report: Solar Powered Liquid Desiccant Air Conditioner for Low-electricity Humidity Control (Environmental Security Technology Certification Program, U.S. Department of Defense).

Kassem, T.K., Alosaimy, A.S., Hamed, A.M., Fazian, M. (2013). Solar powered dehumidification systems using desert evaporative coolers: Review. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 3, 115-128.

Kozubal, E., Woods, J., Burch, J., Boranian, A., and Merrigan, T. (2011). Desiccant Enhanced Evaporative Air-Conditioning (DEVap): Evaluation of a New Concept in Ultra Efficient Air Conditioning (National Renewable Energy Laboratory).

Lefers, R. (2017). A Liquid Desiccant Cycle for Dehumidification and Fresh Water Supply in Controlled Environment Agriculture. In *Water Desalination and Reuse Center* (Thuwal, Saudi Arabia: King Abdullah University of Science and Technology).

Lefers, R., Bettahalli, N.M.S., Nunes, S.P., Fedoroff, N., Davies, P.A., and Leiknes, T. (2016). Liquid desiccant dehumidification and

regeneration process to meet cooling and freshwater needs of desert greenhouses. *Desalination and Water Treatment* 57, 23430-23442.

Lowenstein, A. (2008). Review of Liquid Desiccant Technology for HVAC Applications. *Hvac&R Research* 14, 819-839.

Lychnos, G., and Davies, P.A. (2012). Modelling and experimental verification of a solar-powered liquid desiccant cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Energy* 40, 116-130.

Mahmud, K., Mahmood, G.I., Simonson, C.J., and Besant, R.W. (2010). Performance testing of a counter-cross-flow run-around membrane energy exchanger (RAMEE) system for HVAC applications. *Energy and Buildings* 42, 1139-1147.

Mohammad, A.T., Bin Mat, S., Sulaiman, M.Y., Sopian, K., and Al-abidi, A.A. (2013a). Survey of hybrid liquid desiccant air conditioning systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20, 186-200.

Mohammad, A.T., Mat, S.B., Sulaiman, M.Y., Sopian, K., and Al-Abidi, A.A. (2013b). Historical review of liquid desiccant evaporation cooling technology. *Energy and Buildings* 67, 22-33.

Oberg, V., and Goswami, D.Y. (1998). A review of liquid desiccant cooling. *Advances in Solar Energy* 12, 431-470.

Sabeh, N.C. (2007). Evaluating and Minimizing Water Use by Greenhouse Evaporative Cooling Systems in a Semi-Arid Climate. In Department of Agricultural and Biosystems Engineering (Tucson, Arizona: The University of Arizona).

Seyed-Ahmadi, M., Erb, B., Simonson, C.J., and Besant, R.W. (2009). Transient behavior of run-around heat and moisture exchanger system. Part I: Model formulation and verification. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 52, 6000-6011

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (100) жидкого поглотителя для регулирования температуры внутри закрытого пространства, при этом система (100) содержит:

систему (110) кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя, выполненную с возможностью охлаждения входящего в закрытое пространство потока (AA) воздуха;

систему (120) осушения на основе жидкого поглотителя, выполненную с возможностью удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха, который находится в закрытом пространстве; и

систему (130) хранения, соединенную по текучей среде с системой (120) осушения на основе жидкого поглотителя,

отличающаяся тем, что

система (110) кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя выполнена с возможностью использования первого жидкого поглотителя (312) для охлаждения входящего в закрытое пространство потока (AA) воздуха,

система (120) осушения на основе жидкого поглотителя выполнена с возможностью использования второго жидкого поглотителя (412) для удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха,

система (130) хранения соединена по текучей среде с системой (110) кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя и выполнена с возможностью хранения первого жидкого поглотителя (312) и второго жидкого поглотителя (412), и

при этом поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды из первого жидкого поглотителя (312) и изнутри закрытого пространства,

причем давление водяного пара первого жидкого поглотителя отличается от давления водяного пара второго жидкого поглотителя, а указанная система (100) также содержит:

контроллер и

множество датчиков,

причем контроллер выполнен с возможностью сравнения показания одного из множества датчиков, показывающего давление пара во входящем потоке воздуха, с показанием другого датчика из множества датчиков, показывающим давление пара первого жидкого поглотителя, и с возможностью определения, следует ли отключить насос, связанный с системой кондиционирования воздуха на основе жидкого по-

глотителя, причем насос, связанный с системой кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя, выполнен с возможностью перекачивания первого жидкого поглотителя из системы хранения в систему кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя или

контроллер выполнен с возможностью сравнения показания одного из множества датчиков, показывающего давление пара в потоке влажного воздуха, с показанием другого из множества датчиков, показывающим давление пара второго жидкого поглотителя, и с возможностью определения, следует ли отключить насос, связанный с системой осушения на основе жидкого поглотителя, причем насос, связанный с системой осушения на основе жидкого поглотителя, выполнен с возможностью перекачивания второго жидкого поглотителя из системы хранения в систему осушения на основе жидкого поглотителя.

2. Система по п.1, в которой система хранения содержит первый резервуар для хранения, в котором находится первый жидкий поглотитель, и второй резервуар для хранения, в котором находится второй жидкий поглотитель.

3. Система по п.2, в которой система кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя выполнена с возможностью передачи влаги от первого жидкого поглотителя к входящему потоку воздуха.

4. Система по п.3, в которой обеспечена возможность подачи первого жидкого поглотителя из первого накопительного резервуара в систему осушения на основе жидкого поглотителя, которая выполнена с возможностью передачи влаги из потока влажного воздуха ко второму жидкому поглотителю.

5. Система по п.4, в которой обеспечена возможность подачи второго жидкого поглотителя из второго накопительного резервуара в систему кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя.

6. Система по п.1, в которой закрытое пространство представляет собой теплицу, входящий поток воздуха представляет собой поток горячего сухого воздуха, а первый и второй жидкие поглотители содержат соленую воду.

7. Система по п.1, в которой система хранения находится под землей.

8. Система по п.1, в которой входящий поток воздуха отбирается снаружи закрытого пространства, а выходной поток воздуха из системы осушения на основе жидкого поглотителя выпускается за пределы закрытого пространства.

9. Теплица (102), имеющая систему (100) жидкого поглотителя для регулирования температуры внутри теплицы (102), причем теплица (102) содержит:

систему (110) кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя, подключенную к теплице и выполненную с возможностью охлаждения входящего потока (AA) воздуха с использованием первого жидкого поглотителя (312);

систему (120) осушения на основе жидкого поглотителя, подключенную к теплице и выполненную с возможностью удаления влаги из потока (AD) влажного воздуха с использованием второго жидкого поглотителя (412); и

систему (130) хранения, соединенную по текучей среде с системой (110) кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя и с системой (120) осушения на основе жидкого поглотителя, причем система (130) хранения расположена за пределами теплицы и выполнена с возможностью раздельного хранения первого жидкого поглотителя (312) и второго жидкого поглотителя (412),

при этом входящий поток (AA) воздуха отбирается снаружи закрытого пространства, а поток (AD) влажного воздуха включает в себя пары воды из первого жидкого поглотителя (312) и растений, находящихся внутри теплицы,

причем система хранения содержит первый накопительный резервуар, в котором содержится первый жидкий поглотитель, и второй накопительный резервуар, в котором содержится второй жидкий поглотитель, причем давление водяного пара первого жидкого поглотителя отличается от давления водяного пара второго жидкого поглотителя,

а указанная система (100) также содержит:

контроллер и

множество датчиков,

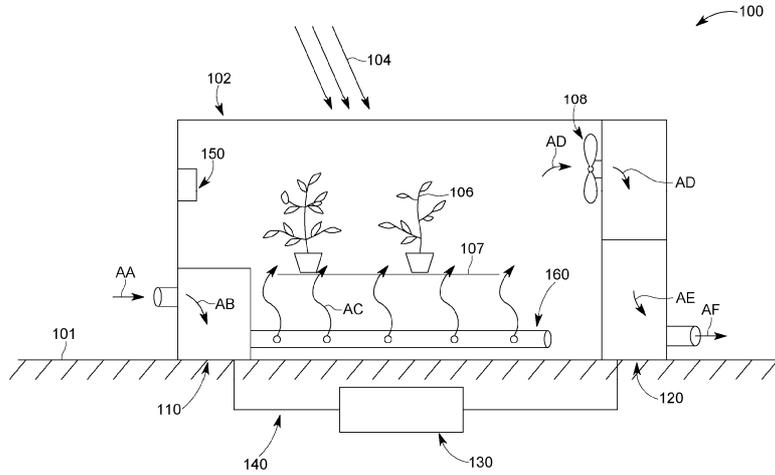
при этом контроллер выполнен с возможностью сравнения показания одного из множества датчиков, показывающего давление пара во входящем потоке воздуха, с показанием другого датчика из множества датчиков, показывающим давление пара первого жидкого поглотителя, и с возможностью определения, следует ли отключить насос, связанный с системой кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя, причем насос, связанный с системой кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя, выполнен с возможностью перекачивания первого жидкого поглотителя из системы хранения в систему кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя или

контроллер выполнен с возможностью сравнения показания одного из множества датчиков, показывающего давление пара в потоке влажного воздуха, с показанием другого датчика из множества датчиков, показывающим давление пара второго жидкого поглотителя, и с возможностью определения, следует ли отключить насос, связанный с системой осушения на основе жидкого поглотителя, причем насос, связанный с системой осушения на основе жидкого поглотителя, выполнен с возможностью перекачивания второго жидкого поглотителя из системы хранения в систему осушения на основе жидкого поглотителя.

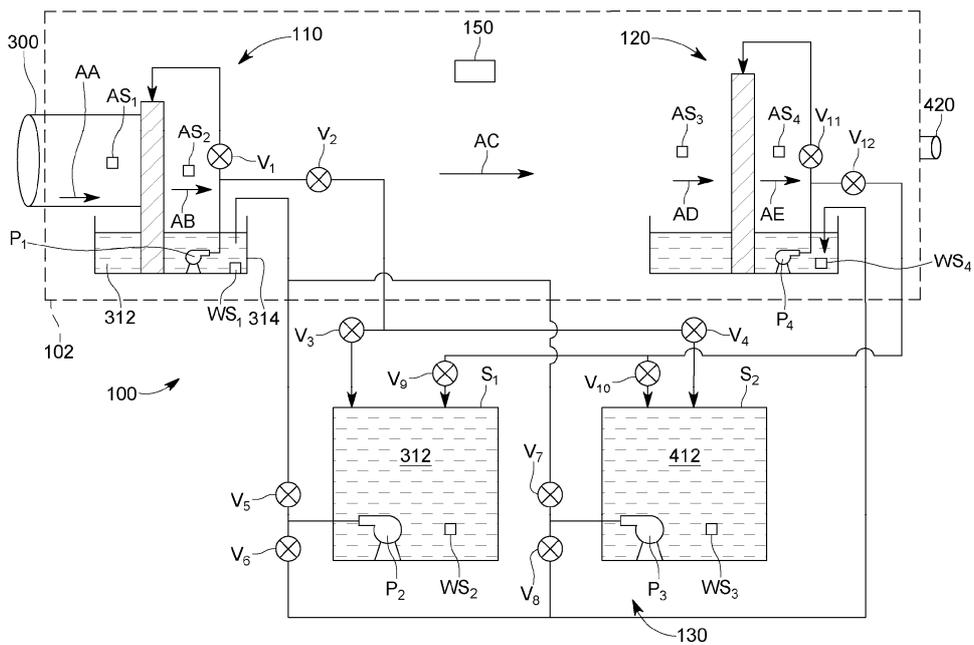
10. Теплица по п.9, в которой система кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя

выполнена с возможностью передачи влаги от первого жидкого поглотителя к входящему потоку воздуха, при этом обеспечена возможность подачи первого жидкого поглотителя в систему осушения на основе жидкого поглотителя, которая выполнена с возможностью передачи влаги от потока влажного воздуха ко второму жидкому поглотителю, и обеспечена возможность подачи второго жидкого поглотителя в систему кондиционирования воздуха на основе жидкого поглотителя.

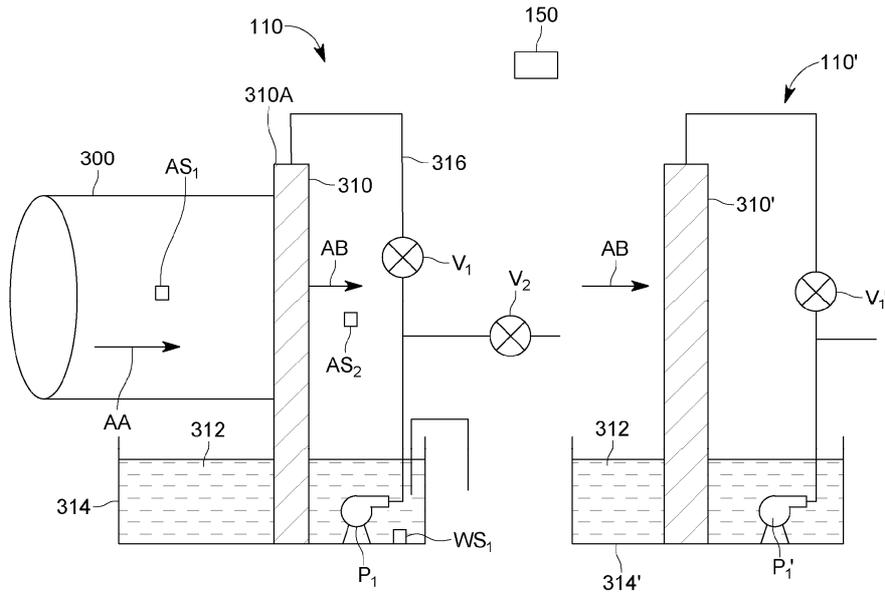
11. Теплица по п.9, в которой первый и второй жидкие поглотители включают в себя соленую воду.



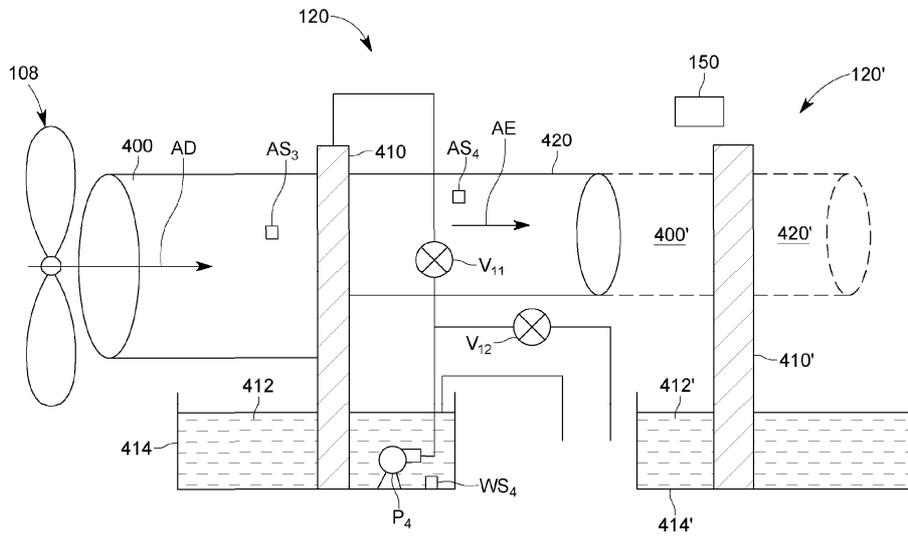
Фиг. 1



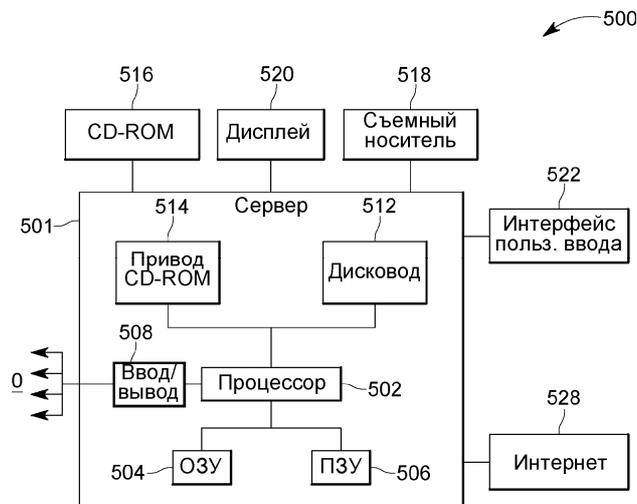
Фиг. 2



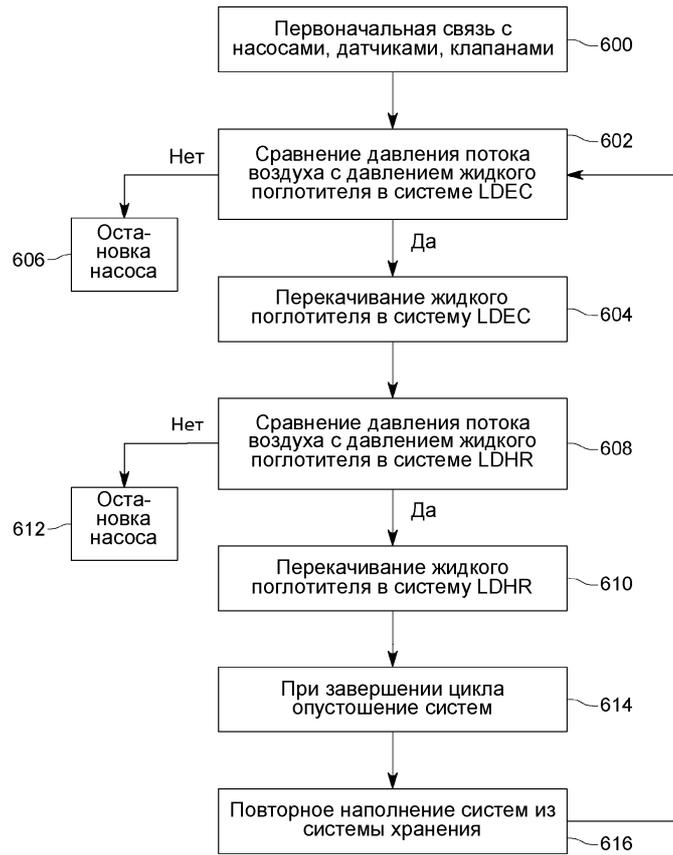
Фиг. 3



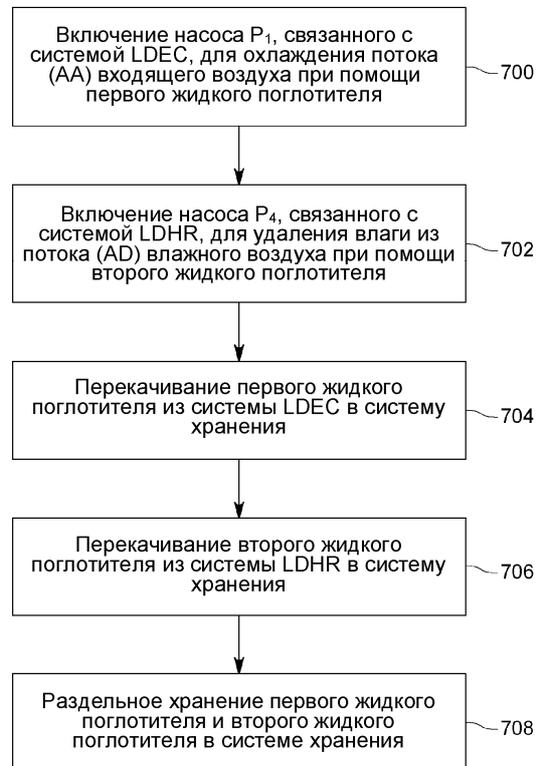
Фиг. 4



Фиг. 5

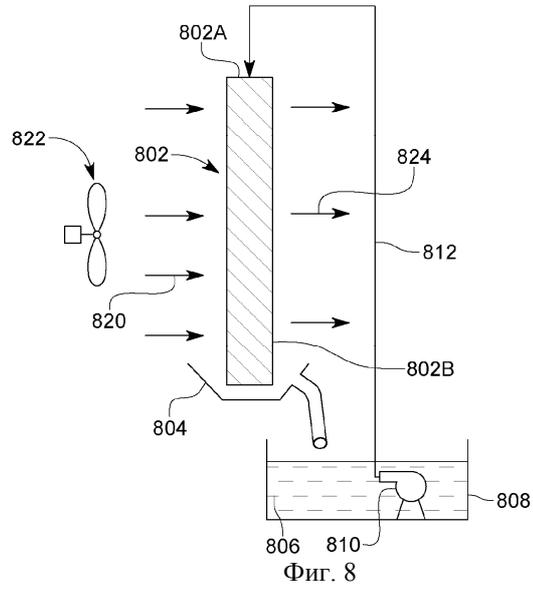


Фиг. 6



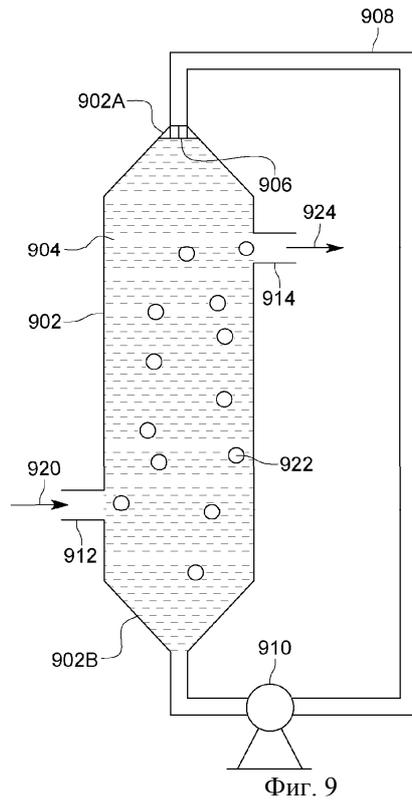
Фиг. 7

800

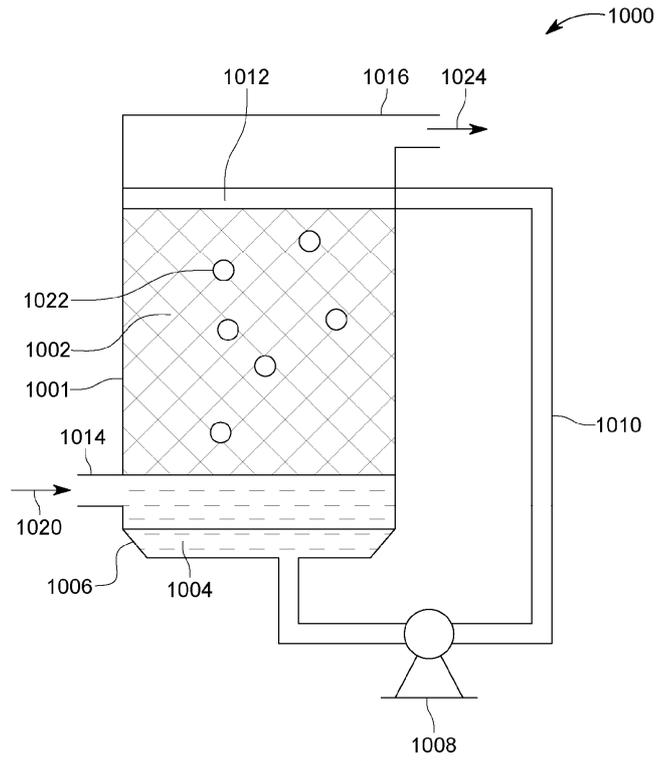


Фиг. 8

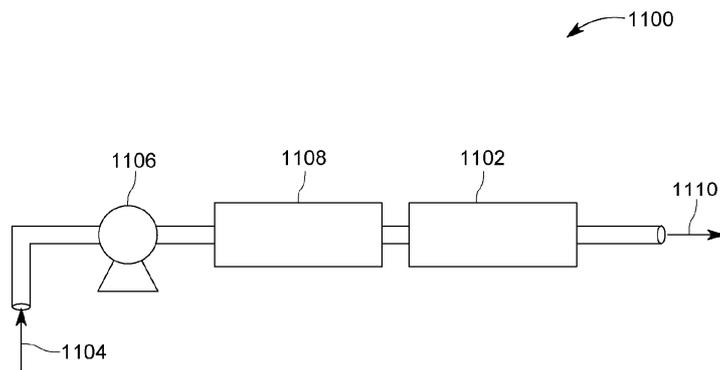
900



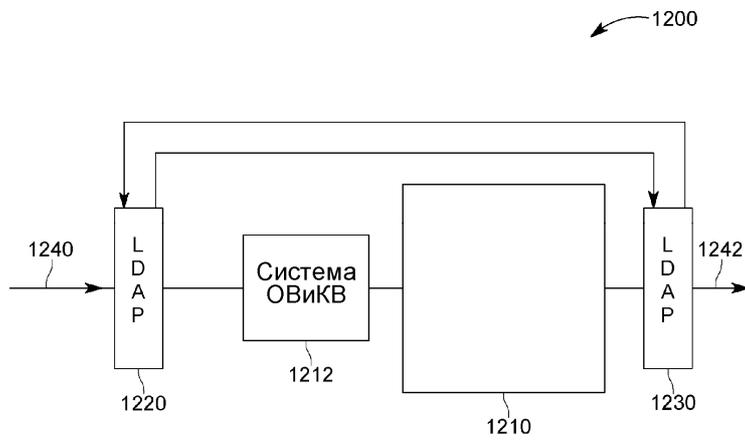
Фиг. 9



Фиг. 10

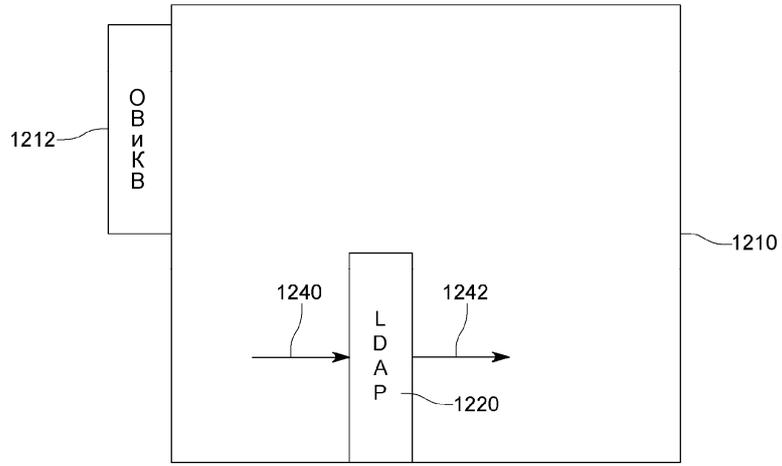


Фиг. 11



Фиг. 12

1300



Фиг. 13



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2