

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201992887** (13) **A2**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.07.31

(51) Int. Cl. **F01K 13/00** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.12.30

**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТА,
ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В ОХЛАДИТЕЛЕ ВОЗДУШНОГО КОМПРЕССОРА**

(31) **201811623848.4**

(72) Изобретатель:

(32) **2018.12.28**

Бриглия Ален (CN)

(33) **CN**

(74) Представитель:

(71) Заявитель:

**Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ
АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э
Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ
ЖОРЖ КЛОД (FR)**

**Веселицкий М.Б., Веселицкая И.А.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Соколов Р.А. (RU)**

(57) Согласно настоящему изобретению раскрыты система и способ рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, при этом система содержит впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала, воздушный компрессор, систему охлаждения воздушного компрессора, содержащую промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуар для хранения водяного конденсата, систему фильтрации и нагнетания водяного конденсата и устройство образования тумана из водяного конденсата; и при приведении воздушного компрессора в действие конденсационной паровой турбиной дополнительно содержит конденсационную паровую турбину, конденсатор с воздушным охлаждением и котел для промежуточного перегрева пара, который образует термодинамический цикл пара. Воздух в качестве исходного материала, который был сжат в воздушном компрессоре, может быть охлажден в охладителе с созданием водяного конденсата, при этом впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала соединен с воздушным компрессором, промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель системы охлаждения воздушного компрессора соединены/соединен последовательно с резервуаром для хранения водяного конденсата и системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата. Система фильтрации и нагнетания водяного конденсата соединена с устройством образования тумана из водяного конденсата и/или конденсатором с воздушным охлаждением соответственно, таким образом в жаркую погоду по меньшей мере часть водяного конденсата распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала, и/или по меньшей мере часть водяного конденсата поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением. Рециркуляция водяного конденсата описанным способом согласно настоящему изобретению может снизить энергопотребление воздушного компрессора и/или конденсатора с воздушным охлаждением, снизить сброс отработанного расходного материала, защитить окружающую среду и сохранить водные ресурсы.

A2

201992887

201992887

A2

СИСТЕМА И СПОСОБ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В ОХЛАДИТЕЛЕ ВОЗДУШНОГО КОМПРЕССОРА

Область техники

Настоящее изобретение относится к системе и способу рециркуляции водяного конденсата, в частности к системе и способу рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора.

Предпосылки создания изобретения

Воздушные компрессоры широко используются в таких областях, как сталелитейная промышленность, электроэнергетика, химическая промышленность, добыча нефти и природного газа, горная промышленность и машиностроение. Для повышения выходной мощности больших воздушных компрессоров обычно применяются способы снижения входной температуры газа, подвергаемого сжатию, в том числе туманообразование, влажное сжатие, испарительное охлаждение и т.д. Если воздушный компрессор приводится в действие конденсационной паровой турбиной, на выходную мощность паровой турбины также оказывает влияние соединенный с ней конденсатор с воздушным охлаждением. Чем более полным является охлаждение пара в конденсаторе с воздушным охлаждением, тем выше выходная мощность паровой турбины. Когда насыщенность воздуха влагой является низкой, эффективность охлаждения конденсатора с воздушным охлаждением можно повысить путем повышения влажности воздушного потока.

И для туманообразования в воздухе на входе в воздушный компрессор, и для повышения влаги воздушного потока в конденсаторе с воздушным охлаждением требуется деминерализованная вода, и эта потребность особенно актуальна в жаркую погоду. Однако в засушливых регионах использование больших количеств деминерализованной воды значительно увеличивает эксплуатационные расходы; поэтому вышеупомянутые меры по экономии энергии и сокращению потребления часто невозможно реализовать.

В промежуточных охладителях и последовательно включенном охладителе большого многоступенчатого воздушного компрессора обычно образуется водяной конденсат. В известном уровне техники водяной конденсат данного типа часто не используют и загрязняют окружающую среду, сбрасывая его как отработанную воду.

В документе CN205940194U описана система отделения и централизованного сброса водяного конденсата для воздушного компрессора, в которой водяной конденсат, накапливаемый при помощи многоступенчатого газо-/водоотделителя и водосборника,

собирается для сброса в трубе централизованного сброса отработанного расходного материала.

В документе CN202073793U описана внешняя система охлаждения основного агрегата воздушного компрессора при помощи гидроструйного туманообразования. Для достижения целей рационального использования водных ресурсов, быстрого снижения температуры основного агрегата воздушного компрессора и температуры рабочей среды, снижения энергопотребления и продления срока службы водяной конденсат, образующийся в ходе работы воздушного компрессора, распыляется в виде тумана на корпус основного агрегата воздушного компрессора и, испаряясь, охлаждает основной агрегат.

Краткое описание сущности изобретения

Техническая проблема, подлежащая решению в рамках настоящего изобретения, заключается в способах снижения энергопотребления такого оборудования, как воздушные компрессоры, конденсационные паровые турбины и конденсаторы с воздушным охлаждением, и улучшения их эксплуатационных характеристик с одновременным снижением потребления дополнительной воды, особенно в жарких и сухих условиях окружающей среды.

Для решения вышеупомянутой технической проблемы используется система для рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, при этом система содержит впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала, воздушный компрессор, систему охлаждения воздушного компрессора, содержащую промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуар для хранения водяного конденсата, систему фильтрации и нагнетания водяного конденсата и устройство образования тумана из водяного конденсата, при этом впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала соединен с воздушным компрессором, промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель системы охлаждения воздушного компрессора соединены/соединен с резервуаром для хранения водяного конденсата, резервуар для хранения водяного конденсата последовательно соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, устройством образования тумана из водяного конденсата и впускным трубопроводом для воздуха в качестве исходного материала, и устройство образования тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала. Воздух в качестве исходного материала, который был сжат на разных ступенях воздушного компрессора, охлаждается в охладителе с созданием водяного конденсата, и

по меньшей мере часть водяного конденсата перемещается в резервуар для хранения водяного конденсата; при необходимости, по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала.

Вышеупомянутая система может дополнительно содержать конденсационную паровую турбину, приводящую в действие воздушный компрессор, конденсатор с воздушным охлаждением и котел для промежуточного перегрева пара, при этом конденсационная паровая турбина, конденсатор с воздушным охлаждением и котел соединены с образованием термодинамического цикла пара, система фильтрации и нагнетания водяного конденсата соединена с конденсатором с воздушным охлаждением, и по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

Необязательно может также использоваться другая система для рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, данная система содержит впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала, воздушный компрессор, систему охлаждения воздушного компрессора, содержащую промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуар для хранения водяного конденсата, систему фильтрации и нагнетания водяного конденсата, конденсационную паровую турбину, приводящую в действие воздушный компрессор, конденсатор с воздушным охлаждением и котел для промежуточного перегрева пара; при этом конденсационная паровая турбина, конденсатор с воздушным охлаждением и котел соединены с образованием термодинамического цикла пара, впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала соединен с воздушным компрессором, промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель системы охлаждения воздушного компрессора соединены/соединен с резервуаром для хранения водяного конденсата, и резервуар для хранения водяного конденсата последовательно соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата и конденсатором с воздушным охлаждением, при этом сжатый воздух в качестве исходного материала охлаждается в охладителе с созданием водяного конденсата, и по меньшей мере часть водяного конденсата перемещается в резервуар для хранения водяного конденсата; при необходимости, по меньшей мере часть

водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

Вышеупомянутая другая система может дополнительно содержать устройство образования тумана из водяного конденсата, один конец которого соединен с впускным трубопроводом для воздуха в качестве исходного материала, и другой конец которого соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата; при этом устройство образования тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала, при этом по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала.

Система охлаждения воздушного компрессора в каждой из вышеупомянутых систем содержит устройство нагнетания охлаждающей воды, впускной трубопровод для воды и выпускной трубопровод для воды.

Конденсатор с воздушным охлаждением содержит воздухоохладитель увлажнительного типа, воздухоохладитель оросительного типа и воздухоохладитель испарительного типа.

Предпочтительно резервуар для хранения водяного конденсата дополнительно соединен с трубопроводом для пополнения запаса воды.

Каждая из вышеупомянутых систем используется в устройстве криогенного разделения воздуха.

В рамках настоящего изобретения также описан способ рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, который включает: предоставление впускного трубопровода для воздуха в качестве исходного материала, воздушного компрессора, системы охлаждения воздушного компрессора, содержащей промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуара для хранения водяного конденсата, системы фильтрации и нагнетания водяного конденсата и необязательно а) устройства образования тумана из водяного конденсата и/или б) конденсационной паровой турбины, приводящей в действие воздушный компрессор, конденсатора с воздушным охлаждением и котла для промежуточного перегрева пара, при этом воздух в качестве исходного материала, который был сжат в

ступенях воздушного компрессора, охлаждается в охладителе с созданием водяного конденсата, и по меньшей мере часть водяного конденсата перемещается в резервуар для хранения водяного конденсата; при необходимости водяной конденсат в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем необязательно с) по меньшей мере часть водяного конденсата распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала, и/или d) по меньшей мере часть водяного конденсата поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

Система и способ согласно настоящему изобретению используются для рециркуляции водяного конденсата, созданного в системе охлаждения воздушного компрессора, так, что избыток водяного конденсата сохраняется, что уменьшает сброс водяного конденсата в окружающую среду; в жарких и сухих условиях окружающей среды находящийся на хранении водяной конденсат может быть использован для распыления в воздух/увлажнения воздуха в качестве исходного материала воздушного компрессора и/или воздуха на входе в конденсатор с воздушным охлаждением, что снижает энергопотребление воздушного компрессора и конденсатора с воздушным охлаждением, повышает их эффективность и, таким образом, в результате позволяет достичь экономии энергии, экономии воды и защиты окружающей среды.

Описание сопроводительных графических материалов

Сопроводительные графические материалы в данном описании служат исключительно для иллюстрации настоящего изобретения с тем, чтобы сделать понятной и разъяснить сущность настоящего изобретения, но ни в каком отношении не ограничить настоящее изобретение. Для ясности, различные составные части настоящего изобретения вычерчены не в реальном масштабе.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема варианта осуществления настоящего изобретения.

1 – воздушный компрессор; 2 – промежуточный охладитель; 3 – последовательно включенный охладитель; 4 – компрессор первой ступени; 5 – компрессор второй ступени; 6 – конденсационная паровая турбина; 7 – конденсатор с воздушным охлаждением; 8 – котел; 9 – резервуар для хранения водяного конденсата; 10 – система фильтрации и нагнетания водяного конденсата; 11 – устройство образования тумана из водяного конденсата; 12 – впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала; 21 –

система охлаждения воздушного компрессора; 22 – трубопровод для водяного конденсата; 23 – трубопровод для пополнения запаса воды.

Конкретные варианты осуществления

Воздушные компрессоры представляют собой машины, используемые для сжатия воздуха и, таким образом, повышения давления воздуха, и обычно они включают три основных типа, а именно: поршневые воздушные компрессоры, ротационные воздушные компрессоры и центробежные воздушные компрессоры. При возникновении необходимости в повышении давления газа до высокого уровня сжатие воздуха часто выполняется в воздушном компрессоре ступенчато. В процессе сжатия температура газа значительно повышается, однако газ при высокой температуре потребляет большее количество энергии. По этой причине между камерами сжатия различных ступеней располагаются промежуточные охладители, т.е. перед попаданием в следующую ступень газ с высокой температурой, покидающий промежуточную ступень сжатия, сначала подается в промежуточный охладитель для охлаждения, а охлажденный газ с низкой температурой затем направляется в следующую ступень сжатия. Перед дальнейшим использованием полностью сжатый выходной газ также соответственно требует охлаждения до температуры менее 40°C в последовательно включенном охладителе.

Выходную мощность воздушного компрессора также можно повысить путем уменьшения температуры воздуха в качестве исходного материала на впуске. Во впускном газоподводящем трубопроводе, предназначенном для воздуха в качестве исходного материала, размещают устройство образования тумана, обычно представляющее собой форсунки. При прохождении нагнетаемой деминерализованной воды через ряд форсунок под давлением, например, 200 фунтов/кв. дюйм образуются мелкие капли воды с диаметром в микронном масштабе, и эти капли чрезвычайно быстро испаряются во входящем газовом потоке из воздуха в качестве исходного материала, эффективно снижая температуру воздуха в качестве исходного материала.

Все промежуточные охладители на разных ступенях и последовательно включенный охладитель составляют часть системы охлаждения воздушного компрессора. Охладители можно классифицировать по типам охладителей с воздушным охлаждением и водяным охлаждением; обычно типы охладителей с водяным охлаждением используют совместно с многоступенчатыми воздушными компрессорами, так как водяное охлаждение является более эффективным, и температура, достигаемая при помощи такого охлаждения, является более низкой. Разновидности охладителей включают трубчатые, пластинчатые, зонтичные и т.д., например, газоподводящие трубопроводы расположены в кожухотрубном охладителе с каналом для охлаждающей воды между газоподводящими

трубопроводами и корпусом охладителя. Один конец каждого газоподводящего трубопровода соединен патрубком с выпуском камеры сжатия газа предыдущей ступени, тогда как другой его конец соединен патрубком с впуском камеры сжатия следующей ступени или с отверстием для выпуска газа.

Помимо охладителей система охлаждения дополнительно содержит устройство нагнетания охлаждающей воды, впускной трубопровод для воды и выпускной трубопровод для воды. Охлаждающая вода сначала поступает в промежуточный охладитель через трубопровод, а затем поступает в последовательно включенный охладитель для охлаждения сжатого газа. За счет охлаждения газа в охладителях возможно образование водяного конденсата, поэтому после промежуточного охладителя и последовательно включенного охладителя обычно расположены устройства сбора и отвода водяного конденсата. Обычно встречающиеся устройства данного типа содержат водоотделители, расположенные на газоподводящих трубопроводах, водосборники или фильтры/водовыпускные клапаны и т.д.

Воздушные компрессоры обычно приводятся в действие электродвигателями или паровыми турбинами. Паровая турбина относится к типу поворотного источника движущей силы, который преобразует тепловую энергию пара в механическую работу. Вследствие их высокой эффективности, низкого энергопотребления и низких расходов на производство, паровые турбины широко используются в таких областях, как электроэнергетика и разделение воздуха. Конденсационные паровые турбины и турбины отработанного пара представляют собой два общеизвестных типа паровой турбины, при этом конденсационные паровые турбины для реализации термодинамического цикла пара объединены с конденсатором и котлом. Конденсатор играет в вышеупомянутом термодинамическом цикле роль источника холода; более того, в пароотводной трубе паровой турбины создается и поддерживается высокий уровень вакуума, а чистый водяной конденсат подается в качестве питательной воды котла. Тепловой КПД цикла можно повысить путем снижения давления выпуска пара и температуры выпуска пара паровой турбины, поэтому чрезвычайно важным является использование конденсатора с высокой эффективностью конденсации.

В соответствии с используемой охлаждающей технологической средой конденсаторы классифицируются на конденсаторы с водяным охлаждением и воздушным охлаждением. По сравнению с водяным охлаждением воздушное охлаждение имеет преимущества экономии воды, небольшого загрязнения окружающей среды и низких эксплуатационных расходов, однако их недостатками являются большая занимаемая площадь (или пространство), потребность в значительном однократном

капиталовложении и ограниченность температурой технологической среды и температурой окружающей среды. Воздушное охлаждение предпочтительно в засушливых регионах. Однако если само по себе повышение температуры воздуха основано на отводе тепла, то, поскольку энтальпия воздуха является слишком низкой, температура его охлаждения зависит от температуры воздуха по сухому термометру, поэтому горячее текучее вещество в трубе можно охладить лишь до температуры на 15-20°C выше температуры окружающей среды; в жарких пустынных регионах это не позволяет удовлетворить требования высокоэффективной конденсации. Поэтому в последние годы в широком масштабе применяются конденсаторы с охлаждением влажным воздухом, сокращенно называемые мокрыми воздухоохладителями, т.е. воздухоохладителями, которые основываются на увеличении температуры воздуха для отвода тепла и основаны на ребристых трубах, вентиляторах и распылении воды для увеличения влаги с целью охлаждения и усиленной теплопередачи. В зависимости от способа, которым впрыскивается вода, мокрые воздухоохладители можно дополнительно разделить на три типа, а именно: мокрые воздухоохладители увлажнительного типа, мокрые воздухоохладители оросительного типа и мокрые воздухоохладители испарительного типа. Например, воздухоохладитель увлажнительного типа распыляет воду на впуске воздуха в виде тумана так, что сухой воздух увлажняется, приближается к температуре насыщения и охлаждается. Чем ниже относительная влажность сухого воздуха, тем больше степень охлаждения после увлажнения, и тем более значительным является эффект охлаждения. С другой стороны, воздухоохладитель оросительного типа распыляет воду в виде тумана непосредственно на ребристые трубы связки труб, и передача тепла усиливается вследствие испарения воды и увлажнения и охлаждения воздуха. Количество воды, используемой при орошении, составляет лишь 2-3% количества, используемого в водяном охладителе, а интенсивность теплопередачи может быть в 2-4 раз выше, чем в сухом воздухоохладителе.

В отличие от практики сброса водяного конденсата через трубопровод для сброса отработанного расходного материала в известном уровне техники, в настоящем изобретении водяной конденсат, образующийся и накапливаемый в каждом промежуточном охладителе и последовательно включенном охладителе, при помощи трубопровода перемещается в резервуар для хранения водяного конденсата. Климатические колебания в пустынях являются значительными; когда температура окружающей среды является слишком высокой, например жарким летом в пустынном регионе, водяной конденсат в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается в системе фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем может

перемещаться в устройство образования тумана из водяного конденсата, расположенное во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала, и/или в конденсатор с воздушным охлаждением для усиления эффекта теплопередачи воздухоохладителя в виде распыленной жидкости. Подходящие конденсаторы с воздушным охлаждением включают мокрые воздухоохладители увлажнительного типа и мокрые воздухоохладители оросительного типа. Для обеспечения подачи воды в устройства образования тумана и распыления, резервуар для хранения водяного конденсата также может быть соединен с трубопроводом для пополнения запаса воды.

Некоторые возможные варианты осуществления настоящего изобретения в демонстративных целях описаны ниже в сочетании с фиг. 1.

В устройстве разделения воздуха впускной трубопровод 12 для воздуха в качестве исходного материала соединен с основным воздушным компрессором 1. Упомянутый воздух в качестве исходного материала является предварительно охлажденным в устройстве предварительного охлаждения и очищен в устройстве очистки; для простоты эти устройства не представлены на фиг. 1. Воздушный компрессор 1 может приводиться в действие электродвигателем, паровой турбиной или газовой турбиной и т.д. Для достижения лучшего результата сжатия обычно принято многоступенчатое сжатие в воздушном компрессоре, и воздух, поступающий в камеру сжатия на следующей ступени, охлаждается охладителем, расположенным между камерами сжатия на разных ступенях. Воздушный компрессор, схематически изображенный на фиг. 1, содержит камеры 4 и 5 сжатия на двух ступенях, а также промежуточный охладитель 2 и последовательно включенный охладитель 3, соединенные посредством системы 21 охлаждения воздушного компрессора. Учитывая эффект охлаждения, обычно используется водяное охлаждение; таким образом, система 21 охлаждения воздушного компрессора содержит устройство нагнетания охлаждающей воды, впускной трубопровод для воды и выпускной трубопровод для воды. Сжатый воздух при охлаждении образует водяной конденсат; этот водяной конденсат накапливается в охладителях и необязательно после предварительной фильтрации (не представлена на фиг. 1) перемещается в резервуар 9 для хранения водяного конденсата при помощи общего трубопровода 22 для водяного конденсата.

Накопленный и находящийся на хранении водяной конденсат используется в течение года различными способами. Один из способов его использования является следующим: в жаркую погоду по меньшей мере часть водяного конденсата, хранящегося в резервуаре 9 для хранения водяного конденсата, обрабатывается в устройстве 10 фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем перемещается по трубопроводу в устройство 11 образования тумана из водяного конденсата. Устройство 11 образования

тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе 12 для воздуха в качестве исходного материала; водяной конденсат распыляется при помощи форсунки с образованием водяного тумана с диаметром капель в микронном масштабе и распыляется в воздух в качестве исходного материала для снижения его температуры, за счет чего улучшается энергопотребление и повышается выходная мощность воздушного компрессора.

Еще один способ использования водяного конденсата является пригодным в ситуации, когда для приведения в действие воздушного компрессора 1 используется конденсационная паровая турбина 6. Конденсационная паровая турбина 6, конденсатор 7 с воздушным охлаждением и котел 8 соединены последовательно и образуют термодинамический цикл пара. В конденсаторе может использоваться водяное охлаждение и воздушное охлаждение; в данном случае выбрано воздушное охлаждение. В жаркую погоду по меньшей мере часть водяного конденсата, хранящегося в резервуаре 9 для хранения водяного конденсата, обрабатывается в устройстве 10 фильтрации и нагнетания водяного конденсата, затем поступает в конденсатор 7 с воздушным охлаждением и в виде распыленной жидкости увеличивает степень охлаждения и эффективность конденсатора 7 с воздушным охлаждением так, что температура газа на выходе из конденсационной паровой турбины 6 падает, при этом тепловой КПД цикла повышается, и падает энергопотребление конденсационной паровой турбины 6.

Еще один способ применения водяного конденсата является следующим: водяной конденсат, хранящийся в резервуаре 9 для хранения водяного конденсата, обрабатывается в устройстве 10 фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем одновременно перемещается в устройство 11 образования тумана из водяного конденсата и поступает в конденсатор 7 с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости, за счет чего дополнительно улучшается энергопотребление всей системы.

Во избежание ситуации, в которой водяного конденсата, образующегося в воздушном компрессоре 1, будет недостаточно для подачи, для добавления деминерализованной воды в резервуар 9 для хранения водяного конденсата добавляются трубопровод 23 для пополнения запаса воды.

Описываемый ниже вариант осуществления 1 соответствует устройству криогенного разделения воздуха путем ректификации с выходом кислорода 2000 тонн в сутки. Производительность основного воздушного компрессора устройства составляет 300000 $\text{нм}^3/\text{ч}$. нм^3 — нормальные кубические метры, обозначает единичный объем при 0°C и 1 стандартных атмосфер. В приведенной ниже таблице для каждого месяца в определенном регионе приведены средняя относительная влажность, средняя температура,

среднее содержание воды в воздухе и соответственно общее содержание воды в воздухе, подвергаемом сжатию в каждом месяце, а также общее количество водяного конденсата, образующегося в каждом месяце в воздушном компрессоре:

	Средняя относительная влажность [%]	Средняя температура [°C]	Среднее содержание воды в воздухе [кг/м ³]	Общее содержание воды в воздухе, подвергаемом сжатию в каждом месяце [тонн]	Общее количество водяного конденсата, образующегося в каждом месяце в воздушном компрессоре [тонн]	
Август	75	23	0,0155	3460	2724	
Сентябрь	80	17	0,0166	2589	1853	
Октябрь	80	10	0,0075	1674	938	
Ноябрь	70	5	0,0048	1071	335	
Декабрь	60	2	0,0034	759	23	
Январь	70	-3	0,0028	625	0	
Февраль	60	0	0,0029	647	0	
Март	70	4	0,0045	1004	11	
Апрель	80	13	0,0091	2031	1295	
Май	75	18	0,0115	2567	1831	
Июнь	75	22	0,0146	3259	2523	
Июль	60	28	0,0164	3660	2701	
				Общее ежегодное количество [тонн]	23347	14235

Как показано в приведенной выше таблице, содержание воды во всем воздухе, подвергнутом сжатию за один год при помощи воздушного компрессора, выполненного с возможностью переработки 300000 нормальных кубических метров воздуха в час, представляет собой сумму за 12 месяцев, приблизительно 23347 тонн, из которых приблизительно 14235 тонн может быть сконденсировано в охладителях и направлено на хранение в резервуар для хранения водяного конденсата. Эта часть водяного конденсата может быть использована в соответствии с перечисленным выше одним или несколькими вариантами осуществления в течение того периода времени, когда температура воздуха является в рассматриваемом регионе самой высокой (в разных регионах будут иметь место разные максимальные температуры, но обычно выбирают период времени, когда температура воздуха превышает 25°C или 30°C). Например, он может поступать во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала в виде распыленной жидкости, в этом случае каждый год будет потребляться 270 тонн водяного конденсата; или направляться в виде распыленной жидкости в конденсатор с воздушным охлаждением, в этом случае каждый год будет потребляться приблизительно 9100 тонн

водяного конденсата. С использованием накопленного водяного конденсата могут быть удовлетворены по сути эти обе потребности; таким образом, может быть значительно снижено потребление водных ресурсов с одновременной экономией энергии.

Следует понимать, что вышеописанные варианты осуществления предназначены лишь для разъяснения технического решения настоящего изобретения без ограничения объема охраны настоящего изобретения; специалисты в данной области техники без каких-либо творческих усилий могут осуществить многочисленные поправки и изменения в соответствии с концепцией настоящего изобретения. Таким образом, все технические решения, которые могут быть получены специалистами в данной области техники путем логического анализа, вывода или ограниченного эксперимента, в соответствии с концепцией настоящего изобретения и на основе известного уровня техники, должны находиться в пределах объема охраны, определяемого формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, содержащая:

впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала, воздушный компрессор, систему охлаждения воздушного компрессора, содержащую промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуар для хранения водяного конденсата, систему фильтрации и нагнетания водяного конденсата и устройство образования тумана из водяного конденсата, при этом воздух в качестве исходного материала, который был сжат в воздушном компрессоре, может быть охлажден в охладителе с созданием водяного конденсата, при этом впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала соединен с воздушным компрессором, промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель системы охлаждения воздушного компрессора соединены/соединен с резервуаром для хранения водяного конденсата, резервуар для хранения водяного конденсата последовательно соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата и устройством образования тумана из водяного конденсата, и устройство образования тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала.

2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит:

конденсационную паровую турбину, приводящую в действие воздушный компрессор, конденсатор с воздушным охлаждением и котел для промежуточного перегрева пара,

при этом конденсационная паровая турбина, конденсатор с воздушным охлаждением и котел соединены с образованием термодинамического цикла пара, система фильтрации и нагнетания водяного конденсата соединена с конденсатором с воздушным охлаждением, и по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

3. Система для рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, содержащая:

впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала, воздушный компрессор, систему охлаждения воздушного компрессора, содержащую промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуар для хранения

водяного конденсата, систему фильтрации и нагнетания водяного конденсата, конденсационную паровую турбину, приводящую в действие воздушный компрессор, конденсатор с воздушным охлаждением и котел для промежуточного перегрева пара, при этом конденсационная паровая турбина, конденсатор с воздушным охлаждением и котел соединены с образованием термодинамического цикла пара, и воздух в качестве исходного материала, который был сжат в воздушном компрессоре, может быть охлажден в охладителе с созданием водяного конденсата, при этом впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала соединен с воздушным компрессором, промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель системы охлаждения воздушного компрессора соединены/соединен с резервуаром для хранения водяного конденсата, резервуар для хранения водяного конденсата последовательно соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата и конденсатором с воздушным охлаждением, и по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

4. Система по п. 3, отличающаяся тем, что дополнительно содержит:

устройство образования тумана из водяного конденсата, один конец которого соединен с впускным трубопроводом для воздуха в качестве исходного материала, и другой конец которого соединен с системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата; при этом устройство образования тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала, при этом по меньшей мере часть водяного конденсата в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала.

5. Система по любому из пп. 1-4, отличающаяся тем, что система охлаждения воздушного компрессора дополнительно содержит устройство нагнетания охлаждающей воды, впускной трубопровод для воды и выпускной трубопровод для воды.

6. Система по любому из пп. 2-4, отличающаяся тем, что:

конденсатор с воздушным охлаждением содержит воздухоохладитель увлажнительного типа, воздухоохладитель оросительного типа и воздухоохладитель испарительного типа.

7. Система по любому из пп. 1-4, отличающаяся тем, что резервуар для хранения водяного конденсата дополнительно соединен с трубопроводом для пополнения запаса воды.

8. Система по п. 7, отличающаяся тем, что используется в устройстве криогенного разделения воздуха.

9. Способ рециркуляции водяного конденсата, образующегося в охладителе воздушного компрессора, включающий:

предоставление воздушного компрессора, впускного трубопровода для воздуха в качестве исходного материала, системы охлаждения воздушного компрессора, содержащей промежуточный охладитель и/или последовательно включенный охладитель, резервуара для хранения водяного конденсата, системы фильтрации и нагнетания водяного конденсата и необязательно а) устройства образования тумана из водяного конденсата и/или б) конденсационной паровой турбины, приводящей в действие воздушный компрессор, конденсатора с воздушным охлаждением и котла для промежуточного перегрева пара;

при этом сжатый воздух в качестве исходного материала охлаждается в охладителе с созданием водяного конденсата, по меньшей мере часть водяного конденсата перемещается в резервуар для хранения водяного конденсата, и водяной конденсат в резервуаре для хранения водяного конденсата обрабатывается системой фильтрации и нагнетания водяного конденсата, а затем необязательно с) по меньшей мере часть водяного конденсата распыляется в устройстве образования тумана из водяного конденсата и поступает во впускной трубопровод для воздуха в качестве исходного материала для снижения температуры воздуха в качестве исходного материала, и/или d) по меньшей мере часть водяного конденсата поступает в конденсатор с воздушным охлаждением в виде распыленной жидкости для усиления эффекта теплопередачи конденсатора с воздушным охлаждением.

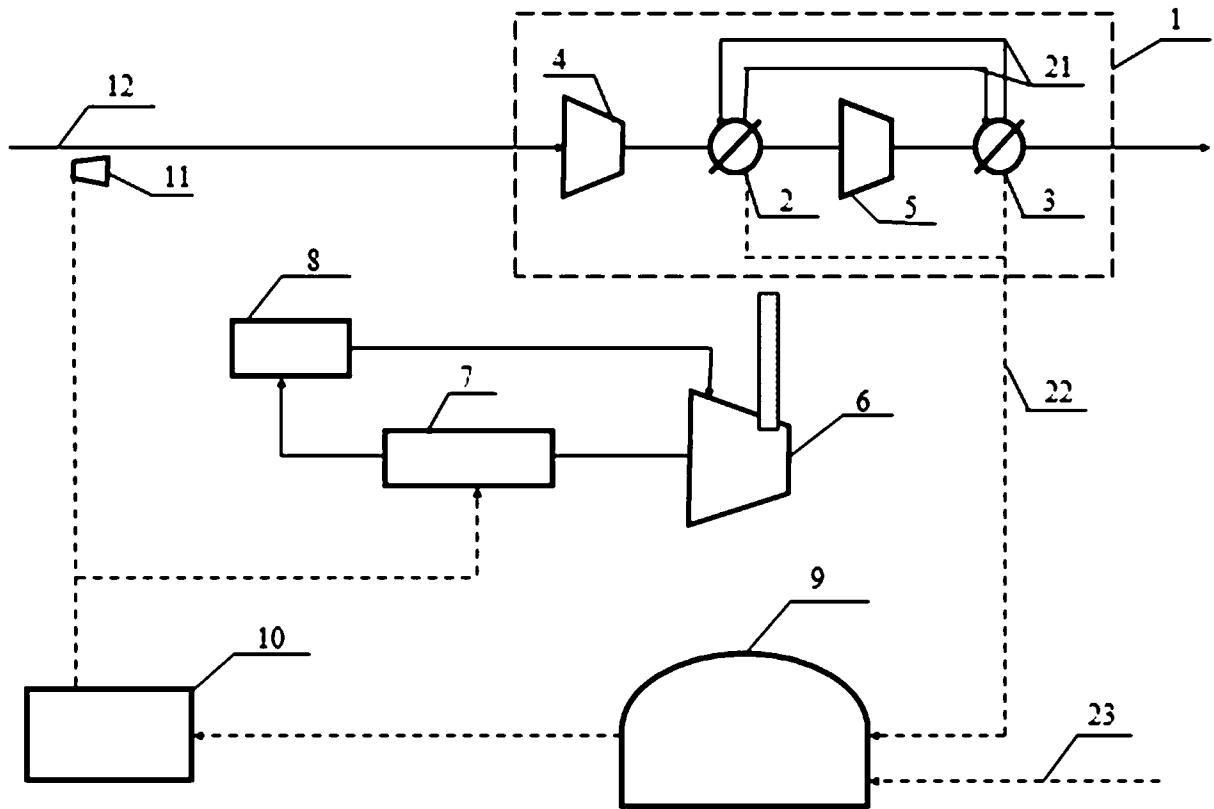
10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что система охлаждения воздушного компрессора дополнительно содержит устройство нагнетания охлаждающей воды, впускной трубопровод для воды и выпускной трубопровод для воды.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что устройство образования тумана из водяного конденсата содержит форсунку и расположено во впускном трубопроводе для воздуха в качестве исходного материала.

12. Способ по п. 10, отличающийся тем, что конденсатор с воздушным охлаждением содержит воздухоохладитель увлажнительного типа, воздухоохладитель оросительного типа и воздухоохладитель испарительного типа.

13. Способ по п. 10, отличающийся тем, что резервуар для хранения водяного конденсата дополнительно соединен с трубопроводом для пополнения запаса воды.

Сопроводительное изображение графических материалов



Фиг. 1