

Маслов Олег Сергеевич

студент

Никишин Владислав Викторович

студент

Кожмяченко Александр Васильевич

д-р техн. наук, профессор

Петросов Сергей Петрович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)

ФГБОУ ВО «Донской государственной

технический университет»

г. Шахты, Ростовская область

РАЗРАБОТКА ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИХ ЗАРЯДКИ

***Аннотация:** в статье представлена конструкция абсорбционно-компрессионного холодильного агрегата с кожухообразным теплообменником внутренний трубопровод, которого на входе подсоединен к конденсатору, а на выходе – к регенеративному теплообменнику компрессионного контура. На базе этого агрегата рассмотрено два варианта двухступенчатых абсорбционно-компрессионных холодильных машин. В статье также представлена конструкция стенда для зарядки выше рассмотренных типов холодильных машин.*

***Ключевые слова:** двухступенчатая холодильная машина, стенд, зарядка, компрессор, конденсатор, испаритель, хладагент, абсорбер, водоаммиачный раствор, дефлегматор, ректификатор, зарядный ключ, электродвигатель.*

В статье рассматривается абсорбционно-компрессионный агрегат, два варианта двухступенчатой абсорбционно-компрессионной холодильной установки и стенд для зарядки абсорбционной ступени рассматриваемого холодильного оборудования.

На рисунке 1 представлена схема абсорбционно-компрессионный холодильного агрегата [1].

Холодильный агрегат состоит из хладонового контура, включающий компрессор 1, всасывающий трубопровод 2, низкотемпературный испаритель 3, высокотемпературный испаритель 4, нагревательный трубопровод 5, конденсатор 6, капиллярную трубку 7, регенеративный теплообменник 8, в компрессоре 1 размещен змеевик 9 маслоохладителя, связанный с помощью трубок 10 и 11 с водомаммиачным контуром, содержащим бачок 12 абсорбера, трубку 13 слабого раствора, змеевик 14 абсорбера с рубашкой 15 охлаждения, уравнительную трубку 16, испаритель 17, конденсатор 18, газовый теплообменник 19, пароотводящий трубопровод 20, дефлегматор 21, поддоны 22 и 23, с помощью трубок 24 и 25, соединенные с рубашкой 15 охлаждения, трубопровод 20, который выведен в атмосферу. В линии талой воды установлен электромагнитный вентиль 26, связанный с датчиков уровня в рубашке 15 охлаждения и подключенный посредством трубопровода 27 с емкостью 28. Причем конденсатор 6 подсоединен к внутреннему трубопроводу 29 кожухотрубного теплообменника 30. В абсорбционном контуре установлен также ректификатор 31.

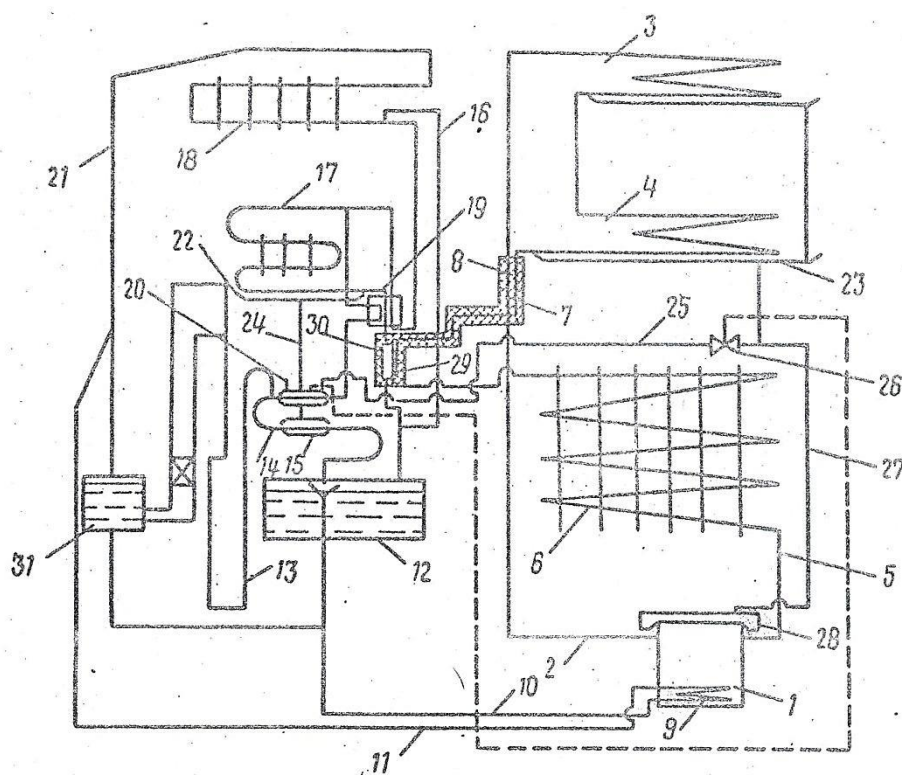


Рис. 1. Абсорбционно-компрессионный холодильный агрегат

1 – компрессор; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – низкотемпературный испаритель; 4 – высокотемпературный испаритель; 5 – нагревательный трубопровод; 6 – конденсатор; 7 – капиллярная трубка; 8 – регенеративный теплообменник; 9,14 – змеевик; 10,11,13,24,25 – трубки; 12 – бачок; 15- рубашка; 16 – уравнивательная трубка; 17 – испаритель; 18 – конденсатор; 19 – газовый теплообменник; 20 – пароотводящий трубопровод; 21 – дефлегматор; 22,23 – поддоны; 26 – электромагнитный вентиль; 27 – трубопровод; 28 – емкость; 29 – внутренний трубопроводу; 30 – кожухотрубный теплообменник; 31 – ректификатор;

Холодильный агрегат работает следующим образом. Компрессор 1 через всасывающий трубопровод 2 и регенеративный теплообменник 8 из испарителя 3 отсасывает пары хладагента и по нагнетательному трубопроводу 5 нагнетаются в конденсатор 6, в котором ожижаются. Из конденсатора 6 жидкий хладагент поступает во внутренний трубопровод 29 кожухотрубного теплообменника 30. Охлаждение масляной ванны реализуется путем испарения водоаммиачного раствора, подаваемого из бачка 12 абсорбера по трубке 10 в змеевик 9 маслоохладителя. Тепло масляной ванны используется для выпаривания водоаммиачного раствора, подаваемого в змеевик 9 маслоохладителя по трубке 10, соединенной с общим трубопроводом, подающим раствор в контуры охлаждения. Образующаяся парожидкостная эмульсия направляется по трубке 11 в дефлегматор 21 абсорбционного контура. Сюда же поступает пар с предварительным повышением концентрации в ректификаторе 31, при этом процесс порообразования реализуется включением нагревателя.

Слабый водоаммиачный раствор подается по трубке 13 слабого раствора в змеевик 14 абсорбера, а концентрированные пары аммиака поступают в конденсатор 18, где пары хладагента ожижаются. Полученная жидкость сначала переохлаждается в газовом теплообменнике 19, а затем поступает в верхнюю часть испарителя 17. Вследствие дросселирования, вызванного увеличением проходного сечения, в испарителе 17 жидкий хладагент кипит при отрицательной температуре с образованием паров аммиака. Навстречу жидкому аммиаку в

испаритель 17 поступает через внутреннюю трубку газового теплообменника 19 смесь водорода и слабого раствора. Богатая смесь, выходящая из испарителя 17, охлаждает бедную аммиаком парогазовую смесь, движущуюся навстречу в испаритель 17. Таким образом, в змеевик 14 абсорбера навстречу друг другу попадает слабый водоаммиачный раствор и крепкая, богатая аммиаком парогазовая смесь. Образовавшийся в процессе абсорбции крепкий водоаммиачный раствор стекает в бачок 12 абсорбера, а бедная аммиаком парогазовая смесь выталкивается более тяжелой парогазовой смесью обратно в испаритель 17. При повышении температуры окружающего воздуха нормальная работа аппарата обеспечивается уравнивающей трубкой 16, соединяющей конденсатор 18 с бачком 12 абсорбера.

Повышения эффективности процесса абсорбции достигается путем охлаждения змеевика 14 абсорбера талой водой, подаваемой из поддонов 22 и 23, которые с помощью трубок 24 и 25 и регулирующего электромагнитного вентиля 26 соединены с рубашкой 15 охлаждения, установленной вокруг змеевика 14 абсорбера. Электромагнитный вентиль 26 регулирует подачу воду в рубашку 15 охлаждения и его работой управляет датчик уровня, установленный в верхней части рубашки 15 охлаждения. При заполнении рубашки 15 охлажденная подача талой воды осуществляется по трубопроводу 27 в емкость 28, установленной на кожухе компрессора 1.

Выше рассмотренные холодильные агрегаты могут быть использованы в двухступенчатых абсорбционно-компрессионных холодильных установках. На рисунке 2 схематично представлена предлагаемая установка [2].

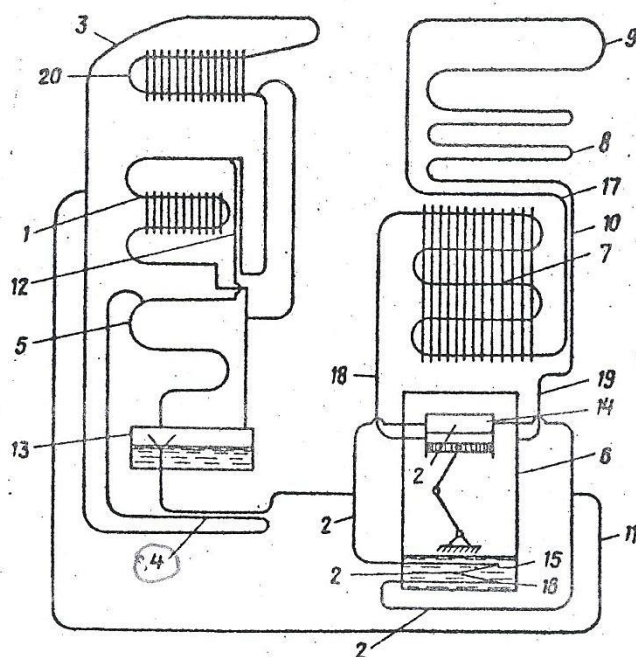


Рис. 2. Двухступенчатая абсорбционно-компрессионная холодильная установка

1 – испаритель; 2 – генератор; 3 – дефлегматор; 4 – теплообменник-регенератор; 5 – абсорбер; 6 – компрессор; 7, 20 – конденсатор; 8 – высокотемпературный испаритель; 9 – низкотемпературный испаритель; 10 – регенеративный теплообменник; 11 – термосифон; 12 – газовый теплообменник; 13 – ресивер; 14 – головка; 15 – маслосборник; 16 – змеевик; 17 – капиллярную трубку; 18 – нагнетательный трубопровод; 19 – всасывающий трубопровод.

Установка содержит абсорбционную холодильную машину с испарителем 1, генератором 2, дефлегматором 3, теплообменником-регенератором 4 и абсорбером 5, компрессионную холодильную машину с компрессором 6, имеющим тепловой контакт с генератором 2, конденсатом 7, высокотемпературным 8 и низкотемпературным 9 испарителями и регенеративным теплообменником 10, термосифон 11, газовый теплообменник 12, ресивер 13 абсорбера 5, головку 14 компрессора 6, маслосборник 15 компрессора 6, змеевик 16, капиллярную трубку 17, нагнетательный трубопровод 18, всасывающий трубопровод 19, и конденсатор 20 абсорбционной компрессионной машины.

Абсорбционная холодильная машина выполнена диффузионного типа и заполнена раствором (преимущественного водоаммиачным) водородом, а

компрессионная холодильная машина в качестве хладагента использует преимущественно хладон.

Генератором 2 абсорбционной холодильной машины служит головка 14 компрессора 6, змеевик 16 и система их соединительных трубопроводов.

Установка работает следующим образом. Компрессор 6 через всасывающий трубопровод 19 и регенеративный теплообменник 10 из испарителя 9 и 8 отсасывает пары хладагента (хладона) и нагнетаются в конденсатор 7, в котором превращаются в жидкое состояние. Полученный жидкий хладагент охлаждается обратным паровым потоком в регенеративном теплообменнике 10 и через капиллярную трубку 17 поступает последовательно в низко- и высокотемпературный испарители 9 и 8, в котором кипит при низком давлении, производя холодильный эффект. Пары низкого давления отсасываются снова компрессором 6.

Тепло, выделяемое в головке 14 и маслоборнике 15 компрессора 6, используется для выпаривания водоаммиачного раствора в генератор 2. Образующаяся парожидкостная эмульсия проходит через термосифон 11, после которого разделяется на паровую фазу, направляемую в дефлегматор 3, и жидкостную фазу (слабый раствор), идущую в теплообменник-регенератор 4. После дефлегматора 3 пары хладагента (аммиака) поступают в конденсатор 20, в котором сжижаются, а образующийся жидкий хладагент поступает через газовый теплообменник 12 в испаритель 1, в котором, испаряясь при низком парциальном давлении аммиака в водороде, происходит холод. Образующаяся богатая аммиачно-водородная смесь через газовый теплообменник 12 поступает в абсорбер 5, в котором также через теплообменник-регенератор 4 приходит слабый раствор. При этом происходит поглощение раствором паров аммиака их аммиачно-водородной смеси, раствор становится крепким и сливается в ресивер 13, а очищенная водородная смесь через газовый теплообменник 12 снова направляется в испаритель 1. Крепкий раствор из ресивера 13 поступает в генератор 2 для последующей выправки.

Также предлагается двухступенчатая абсорбционно-компрессионная холодильная установка, отличающиеся тем, что целью снижения энергозатрат и повышения эксплуатационной надежности, всасывающий трубопровод

компрессионной холодильной машин снабжен змеевиком, размещенном в абсорбере абсорбционной холодильной машины. Схема установки представлена на рисунке 3 [3; 4].

Установка состоит из хладоного контура, который содержит компрессор 1, всасывающий трубопровод 2, испаритель 3, конденсатор 4, капиллярную трубку 5, регенеративный теплообменник 6, трубчатый теплообменник 7, соединенный на входе с регенеративным теплообменником 6 посредством всасывающего трубопровода 2, а на выходе с патрубком 8 компрессора 1, и из водоаммиачного контура, который содержит генератор состоящий из змеевика 9 охлаждения масла и головки 10 охлаждения цилиндра компрессора 1 хладоного контура, внутреннюю трубку 11 жидкостного теплообменника 12, трубку 13 слабого раствора, змеевик 14 абсорбера, ректификатор 15, конденсатор 16, газовый теплообменник 17, испаритель 18 и бачок 19 абсорбера, в котором размещен змеевик трубчатого теплообменника 7 хладоного контура.

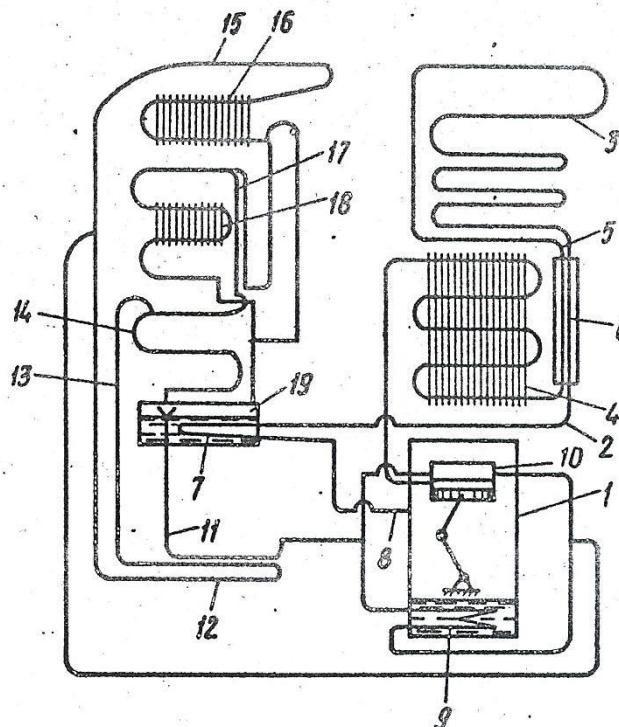


Рис. 3. Двухступенчатая абсорбционно-компрессионная холодильная установка

1 – компрессор; 2 – всасывающий трубопровод; 3, 18 – испаритель; 4, 16 – конденсатор; 5 – капиллярная трубка; 6 – регенеративный теплообменник; 7 –

трубчатый теплообменник; 8 – патрубок; 9, 14 – змеевик; 10 – головка; 11 – внутренняя трубка; 12 – жидкостной теплообменник; 13 – трубка; 15 – ректификатор; 17 – газовый теплообменник; 19 – бачок.

Установка работает следующим образом. Компрессор 1 хладонового контура отсасывает пары хладагента по всасывающему трубопроводу 2 и патрубку 8 из испарителя 3 и нагнетает их в конденсатор 4, где хладагент превращается в жидкость, которая дросселируясь в капиллярной трубке 5, подается в испаритель 3. В испарителе 3 жидкий хладагент кипит за счет отбора тепла из холодильной камеры. В парообразном состоянии хладагент поступает через регенеративный теплообменник 6, образованный капиллярной трубкой 5 и всасывающим трубопроводом 2, и змеевик теплообменника 7 в компрессор 1.

Крепкий водоаммиачный раствор из бачка 19 абсорбера по внутренней трубке 11 теплообменника 12 самотеком поступает в теплообменный контур компрессора 1. В змеевике 9 охлаждения масла и головке 10 охлаждения цилиндра он выпаривается за счет выделяемого компрессором 1 тепла. Часть раствора достигает уровня выше трубки 13 слабого раствора. При этом слабый раствор водоаммиачной смеси, проходя жидкостной теплообменник 12, подается по трубке 13 слабого раствора в змеевик 14 абсорбера, а концентрированные пары аммиака поступают в ректификатор 15, в котором образуется конденсат низкой концентрации, который каплями стекает в трубку 13 слабого раствора и высококонцентрированных паров аммиака, поступающих в конденсатор 16, в котором пары хладагента превращаются в жидкость, сначала переохлаждаются в газовом теплообменнике 17, а затем поступающую в верхнюю часть испарителя 18. Вследствие дросселирования, вызванного увеличением проходного сечения, в испарителе 18 жидкий хладагент кипит при отрицательных температурах, выделяя пары аммиака. Навстречу жидкому аммиаку в испаритель 18 поступает через внутреннюю трубку газового теплообменника 17 парогазовая смесь водорода с небольшим количеством паров слабого водоаммиачного раствора. В процессе кипения хладагента пары аммиака диффундируют в эту парогазовую смесь, обогащая ее аммиаком. Богатая аммиаком холодная парогазовая смесь поступает в

бачок 19 абсорбера. Проходя через наружную трубку газового теплообменника 17, она охлаждает бедную аммиаком парогазовую смесь, движущуюся навстречу в испаритель 18.

Таким образом, в змеевик 14 абсорбера навстречу друг другу поступают слабый водоаммиачный раствор и крепкая богатая аммиаком парогазовая смесь. Образовавшийся в процессе абсорбции крепкий водоаммиачный раствор стекает в бачок 19 абсорбера, а бедная аммиаком парогазовая смесь выталкивается более тяжелой крепкой парогазовой смесью обратно в испаритель 18. В бачке 19 абсорбера за счет теплообмена между крепким водоаммиачным раствором и парами хладагента, проходящих по змеевику теплообменника 7, происходит дополнительный перегрев последних и охлаждение крепкого раствора, подаваемого в теплообменный контур компрессора 1 [5].

Стенд состоит из резервуара 1 насыщения с охлаждающим змеевиком 2, выходной патрубком 3 которого соединен с дозатором 4, выходной патрубком 5 которого, в свою очередь, соединен с зарядным ключом 6, соединенным с системой вакуумирования, которая содержит электродвигатель 7, вакуумный насос 8 с конденсаторным бачком 9 и подсоединена к коллектору 10 с вакуумметром 11. К вакуумному насосу 8 подключен коллектор 12, с помощью которого реализуется продувка аппарата воздухом или азотом.

Стенд снабжен также линией подачи аммиака, состоящей из баллона 13 запорной аппаратуры 14, линией раствора хромата натрия, состоящей из баллона 15 и запорной аппаратуры 16, и линией водорода, состоящей из баллона 17 и запорной аппаратуры 18.

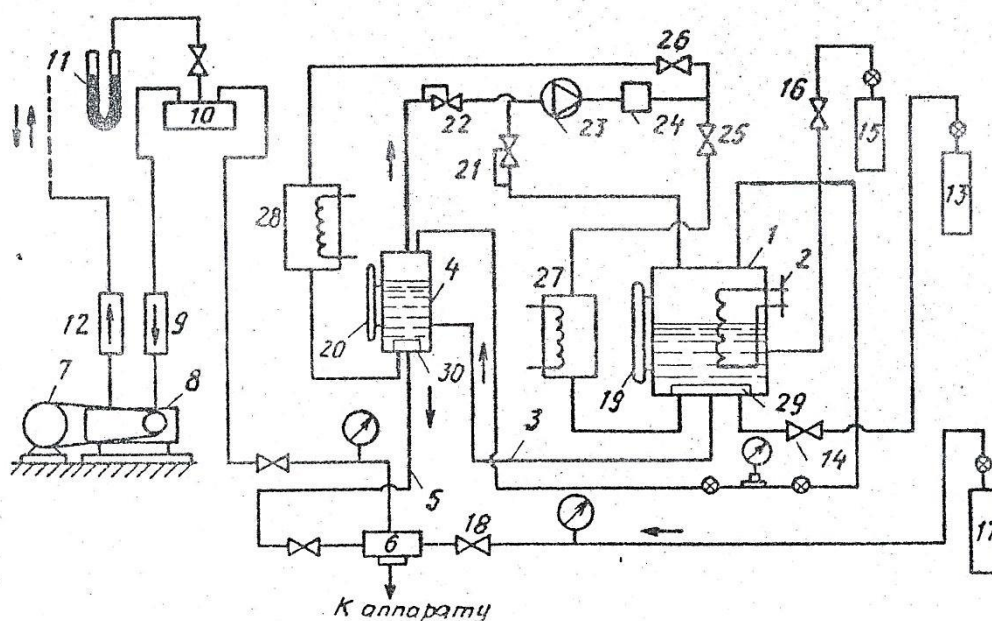


Рис. 4. Стенд для зарядки абсорбционного холодильного агрегата

1 – резервуара; 2 – охлаждающий змеевик; 3, 5 – выходной патрубок; 4 – дозатор; 6 – зарядный ключ; 7 – электродвигатель; 8 – вакуумный насос; 9 – конденсаторный бачок; 10, 12 – коллектор; 11 – вакуумметр; 13, 15, 17 – баллоны; 14, 16, 18 – запорная аппаратура; 19, 20 – стекла; 21, 22 – вентили; 23 – всасывающий патрубок; 24 – маслоотделитель; 25, 26 – запорные вентили; 27, 28 – водяные теплообменники; 29, 30 – аммиачные распылители.

Резервуар 1 насыщения и дозатор 4 снабжены стеклами 19 и 20 и соединены посредством дросселирования вентилей 21 и 22 с всасывающим патрубком компрессора 23, нагнетательный патрубок которого через маслоотделитель 24 и запорные вентили 25 и 26 подключен к водяным теплообменникам 27 и 28. В объемах резервуара 1 насыщения и дозатора 4 установлены аммиачные распылители 29 и 30.

Стенд работает следующим образом. Холодильный аппарат, подготовленный к зарядке, подключают к зарядному ключу 6, который обеспечивает герметичность соединения стенда с аппаратом. Включив вакуумную систему, электродвигатель 7 вакуумного насоса 8, проверяют герметичность холодильного аппарата. Включение реализуется через коллектор 10 и контролируется вакуумметром 11. Продувку аппарата осуществляют через коллектор 12. Указанные

операции повторяют дважды. При этом предварительно, из резервуара 1 насыщения по выходному патрубку 3 подают водоаммиачный раствор в дозатор 4, одновременно включив компрессор 23. Последний отсасывает образующиеся пары аммиака в резервуаре 1 насыщения и подает их через маслоотделитель 24 при открытом вентиле 25 в аммиачный распылитель 29 и далее в водоаммиачный раствор, поступающий в дозатор 4.

Контроль дозы заправки дозатора 4 осуществляется по мерному стеклу 20.

Дроссельный вентиль 21 позволяет понизить давление всасывания компрессора 23, обеспечивая его работоспособность в условиях повышенного давления в соединенном с ним резервуаре 1 насыщения. Водяной теплообменник 27 обеспечивает требуемую температуру аммиака согласно условиям максимальной растворимости.

При зарядке холодильного аппарата открывают вентиль 26, и из дозатора 4 водоаммиачный раствор через зарядный ключ 6 поступает в аппарат. При этом одновременно включают компрессор 23, который отсасывает образующиеся пары и через маслоотделитель 24 и водяной теплообменник 28 подает их в аммиачный распылитель 30 дозатора 4. Дроссельный вентиль 22 понижает давление во всасывающей линии компрессора 23, обеспечивая его работоспособность при повышенном давлении в дозаторе 4. Водяной теплообменник 28 охлаждает сжатые пары аммиака до температуры, соответствующей его максимальной растворимости.

Список литературы

1. Левкин В.В. Абсорбционно-компрессионный холодильный агрегат / В.В. Левкин, А.В. Кожемяченко, В.В. Родионов, И.В. Гришин. – А.С.СССР №1673804. – 1991. – Бюл. №32.

2. Левкин В.В. Двухступенчатая абсорбционно-компрессорная холодильная установка/ В.В. Левкин, С.Н. Алехин, А.С. Чирской, А.Б. Евсеенко, А.В. Кожемяченко – А.С.СССР №1252624. – 1986. – Бюл. №31.

3. Левкин В.В. Двухступенчатая абсорбционно-компрессионная холодильная установка/ В.В. Левкин, С.Н. Алехин, А.В. Кожемяченко, А.Н. Тарасевич, В.Е. Масевич. – А.С.СССР №1377542. – 1987. – Бюл. №8.

4. Кожемяченко А.В. Двухступенчатый герметичный абсорбционно-компрессионный агрегат для бытовых холодильников/ А.В. Кожемяченко, В.В. Левкин. – ЦНИИТЭИлегпищемаш. Электробытовые машины, приборы и прочие товары хозяйственного обихода. Экспресс-информация. – 1987. – Вып. 2.

5. Кожемяченко А.В. Стенд для зарядки абсорбционного холодильного аппарата/ А.В. Кожемяченко, В.В. Левкин, М.Н. Занина [и др.]. – А.С.СССР №1670305. – 1991. – Бюл. №30.