

Гарькавый К.А., канд. техн. наук, проф.,
Бегдай С.Н., канд. техн. наук, доц.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

219@mail.ru

На Черноморском побережье с высокими летними нагрузками на систему электроснабжения использование холодильных машин бывает осложнено из-за ограничений по мощности со стороны энергосетевых организаций. Возможным направлением по снижению нагрузки на систему электроснабжения сооружений, построенных в последние годы, с разной степенью легальности, это использование абсорбционных холодильных машин. Абсорбционные холодильные машины отличаются от компрессорных относительно небольшим потреблением электрической энергии, их использование поможет уменьшить как эксплуатационные затраты, и как следствие нагрузку на электрические сети.

Понижение использования электрической энергии это главное преимущество абсорбционных холодильных машин. В данных машинах охлаждение осуществляется не за счет электрической энергии затрачиваемой на работу компрессора, а энергии тепла. Тепловую энергию можно получить как за счет солнечного коллектора или непосредственного сжигания топлива, так и за счет утилизации энергии.

Далее рассмотрим принцип действия, классификацию абсорбционных холодильных машин и возможность применения пассивных систем в кондиционировании.

Ключевые слова: солнечный коллектор, абсорбционная холодильная машина, солнечная энергетика, геопрофиль.

Введение. Обще известно что первая абсорбционная холодильная машина была создана французом Фердинандом Карре которая была им запатентована 1860. Рабочим телом выступала смесь воды и аммиака [5, 16].

Рассмотрим абсорбционные холодильные машины одноступенчатого двух и трех ступенчатого типа. В одноступенчатых машинах рабочее тело постепенно переходит через четыре разных элемента машины – испаритель, абсорбер, десорбер и конденсатор. У одноступенчатой абсорбционной холодильной машины как и у пароконденсационной холодильной установки рабочие холодильные циклы схожи. В данной системе Хладагент испаряется при понижении давления в испарителе. Необходимо отметить, что данный процесс идет с поглощением теплоты. Если сравнивать с пароконденсационной холодильной машиной, то процедура снижения давления рабочего тела в испарителе происходит не из-за подводимой мощности компрессора, а из-за поглощения хладагента жидким абсорбентом в абсорбере установки. После чего абсорбент с поглощенным им хладагентом направляется в десорбер. В десорбере раствор нагревается за счет подведения внешней теплоты, например от солнечного коллектора и т. д., следствием чего является выделение хладагента из абсорбента. Далее обедненная смесь абсорбента из десорбера направляется в абсорбер. Далее под значительным давлением хладагент поступает в конденсатор, где трансформируется в

жидкое агрегатное состояние с выделением тепла которое утилизируется, а затем через дроссель направляется в испаритель, после чего цикл возобновляется. Изменение концентрации хладагента в десорбере и абсорбере как правило идет с изменением температуры насыщения. Чтобы снизить потери энергии при передвижении абсорбента между абсорбером и десорбером монтируется теплообменник [6, 11].

Одноступенчатая идеальная абсорбционная холодильная машина теоретически может достигнуть холодильного эффекта, который равен количеству подведенной тепловой энергии, полученной генератором, но в силу необратимости и неравновесности процессов в работающих установках, холодильный эффект будет непременно ниже, нежели затраты энергии. У одноступенчатых абсорбционных холодильных машин коэффициент полезного действия достаточно низок, что немного ограничивает их область применения. Одноступенчатые абсорбционные холодильные машины зачастую устанавливаются в тех зданиях, где есть легкодоступные источники тепла. Машины этого типа используются в системах кондиционирования. Номинальная мощность одноступенчатых абсорбционных холодильных машин, как правило, составляет до 5 МВт. У одноступенчатых абсорбционных холодильных установок холодильный коэффициент, находится в диапазоне 0,6–0,8 (при идеальных газах 1,0) [14, 8, 9].

Высокой эффективностью в сравнении с одноступенчатыми являются двухступенчатые абсорбционные холодильные машины. Эти машины, в отличие от холодильных установок одноступенчатого типа, используется пара конденсаторов либо пара абсорберов, для того чтобы получить возможность более эффективно выделять хладагент из абсорбента при меньших потреблении тепловой энергии [7, 12].

Абсорбционные холодильные машины состоящие из двух ступеней бывают разных конструкций. Две основополагающие из них это системы с двумя конденсаторами и системы с двумя абсорберами. Их принцип действия основывается на том, что способность холодильной установки к охлаждению зависит, в основном, от количества хладагента, который может быть превращен в газовое состояние при нахождении в испарителе используя энергию тепла подводимого из внешней среды. Взятую у конденсатора либо появляющуюся на стадии абсорбции теплоту, можно использовать для повышения количества хладагента, выделяемого из абсорбента [15].

За счет подвода теплоты от внешнего источника наблюдается испарение хладагента и одновременной десорбции части хладагента из абсорбента, которые направляются в первый конденсатор. Далее бедная смесь направляется во второй десорбер. В следующем десорбере происходит финальная десорбция хладагента благодаря подводимой тепловой энергии, образующейся на этапе конденсации хладагента. После этого хладагент из второго десорбера поступает в конденсатор, где и осуществляется финальный процесс конденсации. В данном рассмотренном случае генератор разделен на низкопотенциальную и высокопотенциальную части. Пары хладагента направляются из испарителя во второй абсорбер, где отчасти абсорбируются. Оставшиеся пары хладагента направляются в первый абсорбер. Тепло паров хладагента в первом абсорбере направляется во второй низкопотенциальный десорбер чтоб обеспечить десорбцию паров рабочего тела из бинарного раствора. Также в свою очередь необходимо отметить, что для обеспечения десорбции паров рабочего тела из водоаммиачного раствора в высокопотенциальном десорбере берется тепловая энергия подводимая от внешнего источника теплоты. Источником тепловой энергии в машинах данного типа может служить как пар так и все виды горючего топлива, обычно это природный газ или пропан бутановые смеси. Двухступенчатые абсорбционные холодильные машины целесообразно использовать в случаях, когда. Этот тип машин более эффективен, одна-

ко отличаются значительно высокой изначальной стоимостью по сравнению с одноступенчатыми. Высокая стоимость объясняется тем что применяются более дорогие материалы с повышенной коррозионной стойкостью, а также значительными поверхностями теплообменника, относительно дорогими системами управления. Эффективность абсорбционной холодильной машины характеризуются холодильным коэффициентом, для двухступенчатого типа равен величине 1,0 (идеальный газ – 2,0) [13, 10].

Трехступенчатые абсорбционные холодильные машины являются следующим этапом развития двухступенчатых абсорбционных холодильных машин. В настоящее время эта технология находится в проработке. Трехступенчатая абсорбционная холодильная машина, как и двухступенчатая, может быть получена различными методами, число возможных конфигураций здесь еще больше в сравнении с двухступенчатыми абсорбционными холодильными машинами. Простейшая трехступенчатая абсорбционная холодильная машина это не что иное как комбинация нескольких отдельных одноступенчатых абсорбционных холодильных машин. Особенностью данных систем является то что тепловая энергия от одной машины используется в другой машине. Высокопотенциальный цикл обеспечивает внушительный холодильный эффект посредством внешнего источника тепла, и в то же время является источником для низкопотенциального цикла. Системы с трехступенчатыми абсорбционными холодильными машинами по эффективности сопоставимы с обычными парокомпрессионными системами. При всем при том стоимость при этом абсорбционных холодильных машин будет больше, следовательно экономическая сопоставляющая применения данных машин должна определяться в индивидуальном порядке в зависимости от местонахождения и особенностей отдельно взятого объекта. Прототипы трехступенчатых абсорбционных холодильных машин характеризуются величинами холодильного коэффициента от 1,4 до 1,6 [1, 3, 4].

Основная часть. Особенностью абсорбционной холодильной машины является то, что они в отличии от парокомпрессионных установок кондиционирования не имеют движущихся частей работающих с относительно большими давлениями в следствие в них отсутствуют вибрации выражающиеся шумом, то есть работают практически с нулевым уровнем шума. Названию абсорбционные холодильные машины обязаны процессам абсорбции, то есть поглощению жидкостью паров хладагента, происходящем в испарителе данной машины. В большинстве

своём в абсорбционных холодильных машинах используют два вида рабочего тела это водный раствор аммиака с температурой кипения хладагента -33 градуса Цельсия и водный раствор бромида лития с температурой кипения хладагента 100 градусов Цельсия. Очевидным является выбор хладагента, для системы кондиционирования с совместным использованием солнечного коллектора описанном в патенте Российской Федерации № 2367581, который имеет меньшую температуру кипения, то есть водоаммиачный раствор.

В состав экспериментальной пассивной абсорбционно-диффузионной системы кондиционирования воздуха входит:

Хладагент в виде аммиака,

Абсорбент в виде деионизированной воды,

Ингибитор коррозии ИФХАН-32-2,

Стабилизатор парциального давления в конденсаторе в виде гелия

Материалом для изготовления пассивного кондиционера была выбрана сталь 2СП в виде труб стальных бесшовных горячедеформированных.

Количество рабочего раствора составило одну целую шесть десятых литра при массовой концентрации аммиака 35,4 процента. Помимо водоаммиачного раствора в системе абсорбционной холодильной машины присутствует гелий под давлением 20 бар. Выбор пал на гелий так как газ является инертным и не вступает в химическую реакцию с аммиаком. Трубы были сварены плазменной сваркой в защищенной аргонной среде.

Описываемая система кондиционирования диффузного типа состоит также как и одноконтурная абсорбционная холодильная машина из:

1. Генератор предназначенный для генерации аммиачного пара и подъема раствора низкой концентрации в абсорбер.

2. Конденсатор предназначенный для изменения агрегатного состояния аммиака с генерацией тепла.

3. Испаритель предназначенный для изменения агрегатного состояния аммиака с генерацией холода.

4. Ресивер предназначенный для буферного хранения рабочего тела.

Работает собранная система кондиционирования воздуха следующим образом. Рабочее тело постепенно изменяет свою концентрацию в двух основных элементах системы - генераторе и соответственно в абсорбере циркулируя циклически. Раствор с высокой концентрацией получают из ресивера. В генераторе где происходит выделение аммиака из водоаммиачного раствора поступившего из ресивера результатом

является массовое снижение аммиака в растворителе. Раствор слабой концентрации по трубам направляется к абсорберу в котором происходит поглощение аммиачного пара полученного от испарителя. Далее раствор становится высококонцентрированным и самотеком подается обратно в ресивер. Высококонцентрированный раствор двигаясь от ресивера в сторону генератора проходит через теплообменник типа труба в трубе где получает небольшое количество теплоты от горячего раствора меньшей концентрации. Далее немного подогретый водоаммиачный раствор высокой концентрации поступает в регенерационный блок где частично поглощает тепловую энергию от горячего аммиачного пара, как следствие крепкий раствор становится еще горячее. Далее крепкий водоаммиачный раствор под действием гравитационных сил направляется в кожухотрубный теплообменник где происходит его вскипание с образованием влажного насыщенного пара аммиака и частичек воды, посредством тепловой энергии поступающей от солнечного коллектора. На выходе после кожухотрубчатого теплообменника пары аммиака направляются в ректификационную колонну где аммиачные пары отделяются от частиц воды, из за того что у водяного пара точка россы отличается от паров аммиака, а раствор небольшой концентрации направляется через теплообменник труба в трубе в адсорбер посредством гравитационных сил.

Конденсатор представляет собой одноходовой теплообменник подача пара осуществляется с верха. Непрерывно поступающий аммиачный пар постепенно вытесняет гелий из конденсатора, в следствии со временем начинает расти концентрация и неизбежно происходит процесс конденсации аммиака с образованием тепла. Конденсат в последствии охлаждается теплообменником труба в трубе прохладной паровой фракцией с испарителя.

Жидкий аммиак испаряется в испарителе охлаждая воздух в помещении представляющим собой фанерный короб утепленный экструдированным пенополистиролом объем модели помещения составил 62 литра. Испаритель тоже является как и конденсатор одноходовым с подачей в верхний бачек. Паровая фракция из испарителя направляется из нижнего бачка радиатора в ресивер через теплообменник труба в трубе и абсорбер.

Объектом эксперимента является солнечный коллектор патент № 2367581 интегрированный в малогабаритную одноконтурную абсорбционную аммиачную холодильную машину изготовленную в лаборатории ВИЭ кафедры.

Регулирование подводимой к абсорбцион-

ной холодильной установке тепловой мощности от гелиопрофиля осуществляется путем изменения электрической мощности нагревателя.

Выводы. В первом приближении стало ясно что система является работоспособной, в относительно широком диапазоне начальных параметров воздуха солнечная система кондиционирования может обеспечить комфортные параметры воздуха в помещении только абсорбционным методом. В случаях когда площадь гелиоколлектора мала или температура теплоносителя в солнечном коллекторе не превышает 35 градусов Цельсия, системе требуется дублер. Из данного эксперимента понятно, что в дальнейшем необходимо увязать нелинейное изменение температуры внутри и с наружи помещения с холодильной мощностью машины. Недостатком данной системы, как выяснилось в процессе эксперимента является отсутствие бака аккумулятора который помог бы компенсировать вышеуказанные не линейные изменения нагрузок на систему кондиционирования. К недостаткам также следует отнести тот факт что здание должно иметь специфическую систему вентиляции. На сегодняшний момент остается не ясным как придать системе эстетический вид.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилкин Н.В. Абсорбционные холодильные машины. АВОК. 2008. №1
2. INTAS PROJECT, Reference Number: INTAS-96-1730. Alternative Refrigerating // Heat-Pumping and Air-Conditioning Systems on the basis of the open absorption cycle and Solar Energy. 1998.
3. Амерханов Р.А., Бегдай С.Н. К проблеме энергоэффективного здания // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. № 2 С. 91–94.
4. Гарькавый К.А., Бегдай С.Н. Анализ эффективности микроклимата помещения // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 6 С. 76–77.
5. Бегдай С.Н. Повышение тепловой эффективности одноэтажных зданий с гелиоколлектором. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Волгоград, 2008. 18с.
6. Гарькавый К.А., Цыганков Б.К. Анализ тенденций развития традиционных и возобновляемых источников энергии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 1. № 46. С. 207–212.
7. Гарькавый К.А., Амерханов Р.А. К вопросу экономической и энергетической эффективности систем, использующих возобновляемые источники энергии // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 4. С. 57–59.
8. Гарькавый К.А. Главный возобновляемый источник энергии // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 8 (148). С. 22–28.
9. Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2015. С.37–40
10. Амерханов Р.А., Кириченко А.С., Снисаренко В.П. Использование воздушного теплового насоса для теплоснабжения объектов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2015. № 1 (182). С. 73–79.
11. Scrosati B., Garche J. Lithium batteries: Status, prospects and future // Journal of Power Sources. 195 (2010). 2419–2430
12. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Кириченко А.С., Куличкина А.А., Чечерин М.О., Скороход А.А. Система геотермального теплохладоснабжения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 53. С. 203–209.
13. Амерханов Р.А., Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения зданий // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2015. № 9 (165). С. 62–65.
14. Weinreich B., Zehner M. Dimensioning aids in practice - a comparison // Sun, Wind Energy. 2009. № 12. P. 88–96.
15. Ertmer K. Expansion tanks and valves specialists abound // Sun, Wind Energy. 2010. № 9. P. 98–102.
16. Lamp P., Ziegler F. European research on solar-assisted air conditioning // Int. J. Refrig. 1998. Vol. 21. № 2.

Garkavy K.A., Begday S.N.

SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEMS

On the Black Sea coast with high summer loads on the power supply system, the use of refrigerating machines can be complicated due to power restrictions on the part of power grid organizations. A possible direction to reduce the load on the power supply system of structures built in recent years, with varying degrees of legality, is the use of absorption refrigeration machines. Absorption refrigerators differ from com-

pressor ones with relatively small consumption of electrical energy, their use will help to reduce both operating costs, and as a consequence, the load on electrical networks.

Lowering the use of electrical energy is the main advantage of absorption refrigerating machines. In these machines, cooling is performed not by the electric energy of the compressor expended on the work, but by the energy of heat. Thermal energy can be obtained either from the solar collector or from the direct combustion of fuel, or from the utilization of energy.

Next, consider the principle of operation, the classification of absorption refrigerators and the possibility of using passive systems in air conditioning.

Key words: *solar collector, absorption refrigerating machine, solar energy, helio-profile.*

Гарькавый Константин Алексеевич, профессор кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350044, Краснодар, ул. Калинина, д. 13.

E-mail: k08@mail.ru

Бегдай Станислав Николаевич, старший преподаватель кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350004, Краснодар, ул. Северная, д. 106.

E-mail: 219@mail.ru