

Литература

1. Будович Д.В. Простое устройство для проверки газоанализаторов аммиака //Холодильная техника. № 4 ,2009. стр. 51-54
2. Конопелько Л.А. Поэлементно-эквивалентные методы и средства газоанализаторов. Автореф. дисс.... канд. техн. наук.— М.: МИХМ, 1987.— 15 с.
3. Научно-производственное объединение «Химавтоматика» <http://www.chimavtomatika.ru>
4. ЗАО «Экодатчик» [http:// www.ekod.ru](http://www.ekod.ru)

Разработка и исследование холодильной машины с дозированной заправкой аммиака

Кривцов Д.В., Порутчиков А.Ф.
Университет машиностроения
krivtsovdv@gmail.com

Аннотация. Представлена аммиачная холодильная машина малой холодопроизводительности для охлаждения промежуточного теплоносителя. Предложены новые технические решения, направленные на уменьшение аммиакоемкости системы, повышения безопасности эксплуатации, а также на обеспечение работы в безнадзорном автоматическом режиме. Изложен метод построения математической модели и анализа работы холодильной машины.

Ключевые слова: аммиачная холодильная машина, дозированная заправка, маневровый ресивер, лабораторный образец.

В 1987 г. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, ограничил производство и применение фреонов, содержащих атомы хлора и брома. В 1997 г. в Киото был принят протокол, направленный на ограничение выбросов парниковых газов развитыми странами. К числу парниковых газов, ответственных за глобальное потепление, отнесены все без исключения синтетические хладагенты: гидрофторуглеродороды (HFC), перфторуглеродороды (FC). В Киотский протокол попали все так называемые озонобезопасные хладагенты. В связи с этим в последнее десятилетие интерес специалистов привлекают возможности более широкого применения природных рабочих веществ, таких как аммиак, углеводороды, диоксид углерода, воздух и вода, не входящих в число озоноразрушающих и парниковых газов.

В качестве рабочего вещества для холодильных машин в диапазоне температур от 0 до минус 50 °С особое внимание уделяется аммиаку. Аммиак, имея нулевые значения потенциалов истощения озонового слоя (ODP) и глобального потепления (GWP), обладает высоким термодинамическим совершенством и благоприятными теплофизическими характеристиками. Аммиак не случайно имеет столь высокий интерес у компаний-разработчиков современной холодильной техники. Широкое применение аммиака в холодильной технике, высокая степень изученности теплофизических свойств и накопленный за последнее столетие опыт эксплуатации аммиачных холодильных машин и работы с аммиаком являются неоспоримыми преимуществами перед новыми типами синтетических рабочих веществ.

Применение природных рабочих хладагентов должно решать не только экологические проблемы, но одновременно и повышать уровень энергоэффективности холодильных машин. Ввиду отсутствия субсидий или налоговых льгот на холодильное оборудование, работающее на природных рабочих веществах, особое внимание должно уделяться и конечной стоимости нового оборудования. Капзатраты на ввод в эксплуатацию холодильного оборудования на аммиаке должны быть сопоставимы со стоимостью уже имеющихся на рынке фреоновых холодильных машин.

На современном этапе развития холодильной техники можно констатировать, что в

сегменте холодопроизводительности от 100 до 500 кВт аммиачное холодильное оборудование успешно конкурирует с фреоновым. Однако малые холодильные машины холодопроизводительностью до 100 кВт преимущественно фреоновые. Резюмируя обозначенные требования, для того чтобы открыть путь малым аммиачным холодильным машинам, необходимо чтобы они не уступали фреоновым аналогам по энергетической эффективности, безопасности, надежности, степени автоматизации и безнадзорности работы, а также конечной стоимости оборудования.

Решая данные задачи при разработке аммиачной холодильной машины малой холодопроизводительности, были применены следующие технические решения:

- применение оригинальной схемы – дозированной заправки, с отказом от линейного ресивера, обеспечивающей малоаммиакоемкость и упрощающей автоматизацию;
- применение высоконадежного бессальникового поршневого компрессора с энергоэффективной системой регулирования холодопроизводительности;
- применение малоаммиакоемкого пластинчатого теплообменного аппарата, испарителя для охлаждения промежуточного хладагента;
- использование современных хладагентов, нейтральных к металлам, экологически безопасных, имеющих низкую температуру замерзания и при этом незначительную вязкость;
- применение растворимого в аммиаке масла, исключая сложную систему отделения и возврата масла.

Применение безрессиверной схемы, то есть отсутствие линейного ресивера после конденсатора, позволяет снизить удельную аммиакоемкость холодильной машины и упростить систему питания испарителя. В лабораторном образце холодильной машины реализованы две схемы питания испарителя (рисунок 1). Дроссельный регулирующий прибор выполнен в двух вариантах. В первом варианте регулирование расхода жидкого аммиака в испарителе осуществляется ТРВ в зависимости от перегрева паров аммиака в испарителе. Во втором варианте дроселирование осуществляется электронным расширительным вентилем.

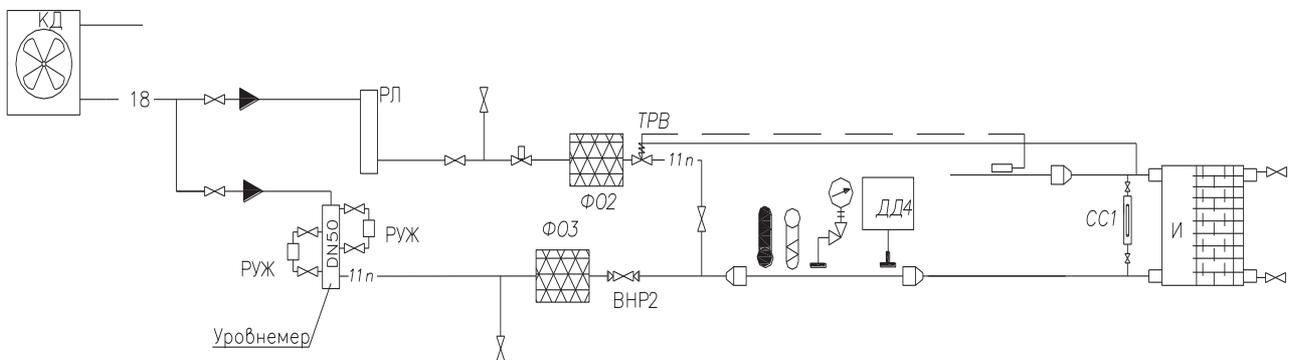


Рисунок 1. Схемы питания испарителя: КД – конденсатор, И – испаритель, ТРВ – термозлектрический вентиль, ВНР – расширительный вентиль, РЛ – ресивер линейный, РУЖ – регулятор уровня жидкости, ФО – фильтр-осушитель, СС – смотровое стекло

При работе холодильной машины с ТРВ питание испарителя жидким аммиаком обеспечивается за счет постоянного наличия жидкости в линейном ресивере, другими словами, необходимо наличие избыточного количества рабочего вещества в холодильном контуре. При дозированной заправке линейный ресивер отсутствует, весь жидкий хладагент из конденсатора поступает в испаритель.

Поскольку одна неизменная доза заправки может не обеспечить достаточную эффективность и безопасность работы холодильной машины во всем диапазоне рабочих температур, необходимо техническое решение для автоматической корректировки заправки во время работы. Для этой цели предложен термостатированный маневровый ресивер жидкого хлада-

гента (рисунок 2). При помощи системы термостатирования поддерживается давление, позволяющее принять избыточное количество хладагента со стороны высокого давления холодильного контура, а также добавить недостающее количество на сторону низкого давления. Маневровый ресивер может быть вынесен из рабочей зоны, что существенно снижает объем возможной утечки аммиака при разгерметизации холодильного контура, таким образом, обеспечивая надежную систему локализации и удаления аммиака при утечке.

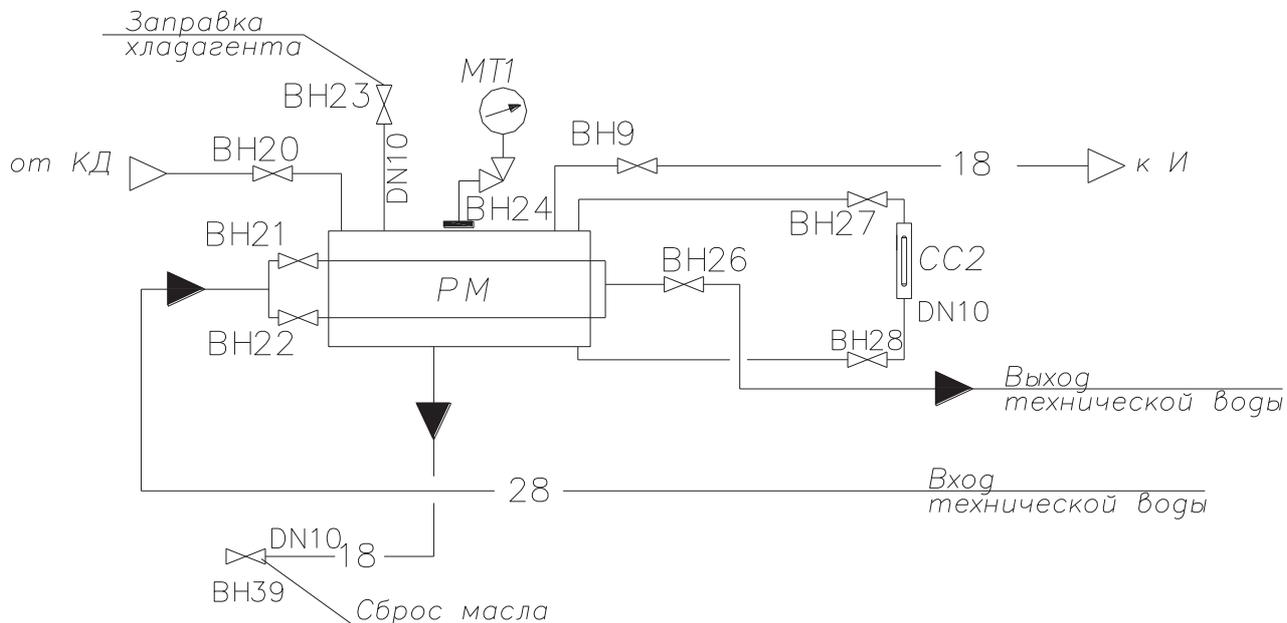


Рисунок 2. Маневровый ресивер: РМ – маневровый ресивер; СС – смотровое стекло; ВН9, ВН20 – соленоидные вентили; ВН21, ВН22, ВН26 – запорные вентили; МТ – манометр

Регулирование заправки аммиаком холодильного контура происходит в автоматическом режиме по температуре перегрева паров аммиака на выходе из испарителя. При высоком значении перегрева, означающем недостаток рабочего вещества в контуре, снижается интенсивность теплопередачи в испарителе и тепловой поток в нем, снижается температура кипения, холодопроизводительность и значение холодильного коэффициента. При повышении величины перегрева выше нормы парообразный аммиак из маневрового ресивера поступает на линию всасывания после испарителя. При снижении значений перегрева, означающем избыток рабочего вещества в контуре, возникает опасность влажного хода компрессора. В случае возникновения опасности «залива» компрессора, парообразный аммиак из линии нагнетания перед конденсатором направляется в маневровый ресивер, где конденсируется. Открытие соответствующих соленоидных вентилях осуществляется импульсно с задаваемым интервалом времени.

Поскольку в безресиверной холодильной машине практически весь жидкий хладагент находится в испарителе, таким образом, доза заправки в большой степени зависит от выбранных конструктивных параметров испарителя и определяется с помощью его поэлементного теплового расчета по разработанной математической модели. Для данного типа холодильных машин рекомендовано использование пластинчатого испарителя, имеющего малое значение объема каналов при необходимой площади теплообмена, что снижает аммиакоемкость холодильной машины.

Для аммиачных холодильных машин малой производительности предлагается использование поршневого бессальникового компрессора, в котором статор электродвигателя отделен от аммиачного контура специальным стальным колпаком. Этот тип компрессоров имеет лучшие массогабаритные характеристики, а также исключается возможность утечек аммиака.

ка, имевших место в сальниковых уплотнениях компрессоров.

Немаловажным техническим решением является применение растворимого с аммиаком масла. Отсутствие системы отделения и возврата масла позволяет значительно снизить массогабаритные характеристики, а также свести к минимуму емкостное оборудование.

При исследовании применяемых технических решений рассматриваются две независимые задачи: определяется оптимальное значение объема заправки для каждого из заданных температурных режимов, а также определяется допустимый диапазон рабочих температур для одного объема заправки. Оба экспериментальных исследования проводятся за счет ручного изменения объема заправки при помощи маневерного ресивера.

При решении первой задачи определяется поле оптимальных значений доз заправки для исследуемого диапазона рабочих температур. Данные значения позволяют корректировать маневерный ресивер холодильной машины для известного диапазона рабочих температур. При решении второй задачи объем заправки рассчитывается для работы в спецификационном режиме исходя из требований потребителя холода и климатических условий. Затем изменяются значение температуры хладоносителя на выходе из испарителя, а также значение температуры теплоносителя для охлаждения конденсатора, в данном случае воздуха. Таким образом, определяется рабочий диапазон для неизменного объема заправки, ограниченный требованиями энергоэффективности и безопасности работы. Проведение данного эксперимента позволит также изучить работу испарителя при «заливе» или недостаточном питании жидким аммиаком. Поскольку пластинчатые испарители могут быть образованы из гофр различного профиля, соотношения объема каналов и теплопередающей поверхности также могут быть различны. При достаточной емкости испарителя возможен отказ и от корректировки дозированной заправки из маневерного ресивера.

Реализация двух систем питания испарителя позволит провести эксперимент с целью сранения энергоэффективности безресиверной схемы с «традиционной» при поступлении жидкого аммиака из линейного ресивера через ТРВ.

Результатом примененных технических решений является значительное сокращение емкостного оборудования, энергозатрат на производство холода, аммиакоемкости системы, её стоимости и повышения безопасности. Процесс производства и потребления холода осуществляется в безнадзорном автоматическом режиме.

Таким образом, современный уровень развития холодильной техники позволяет создавать малоаммиакоемкие чиллеры, отвечающие всем тенденциям экологической безопасности, а также способные конкурировать с фреоновыми аналогами.

Изучение изменения свойств осадков городских сточных вод на площадках естественной сушки

К.т.н. доц. Веригина Е.Л
Университет машиностроения
84992671970
verigina.61@mail.ru

Аннотация: Площадки естественной сушки являются самым распространенным в России сооружением обработки осадков сточных вод. Процесс обезвоживания осадков на иловых площадках включает 3 этапа удаления воды из осадка: гравитационное уплотнение, фильтрация и сушка. Проведены исследования изменения физико-химических свойств сброженного осадка городских сточных вод в процессе естественной сушки и вымораживания на иловых площадках. Установлено, что лучшими водоотдающими свойствами обладает осадок, замороженный при небольших отрицательных температурах, характеризующихся низкими скоростями движения фронта льда.