

# R717 И R404A: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

В рамках проекта «Усовершенствование холодильного оборудования в Европе» (ICE-E) был опубликован отчет, в котором перечислены основные преимущества и недостатки хладагентов, чаще всего используемых в холодных складах и на пищевом производстве, а именно R404A и R717 (аммиак). Разбор проводился на примере компрессионных чиллеров.

Согласно отчету в Европе, несмотря на растущую популярность аммиака, R404A остается довольно распространенным хладагентом. В Северной Америке, напротив, лидирует аммиак, как минимум в крупных охлаждаемых складах и терминалах.

С точки зрения зависимости давления от температуры насыщения, объемной холодопроизводительности и термодинамического КПД оптимального контрольного цикла эти хладагенты можно назвать взаимозаменяемыми. В этой связи в информационном документе «Хладагенты» из информационного пакета ICE-E применяются другие критерии анализа основных преимуществ и недостатков R404A и R717: стоимость хладагента, обнаружение утечек, соответствие требованиям охраны окружающей среды или совместимость хладагента с другими материалами.

## Преимущества аммиака перед R404A

К преимуществам аммиака перед R404A относятся стоимость, коэффициент теплопередачи, размер трубопровода, взаимодействие с водой, простота обнаружения утечек, соответствие требованиям охраны окружающей среды.

- **Стоимость.** На настоящий момент стоимость килограмма безводного аммиака, используемого в холодильном оборудовании,



в несколько раз ниже стоимости R404A. Если сравнивать стоимость одинакового объема двух взаимозаменяемых жидкостей, выходит, что аммиак вдвое дешевле R404A, так как в жидком состоянии плотность R404A в два раза больше плотности аммиака.

- **Теплопередача.** Преимущества, обеспечиваемые высоким коэффициентом теплопередачи аммиачного хладагента, можно использовать двояко. С одной стороны, уменьшив поверхность теплообмена, можно снизить стоимость установки. С другой стороны, уменьшив

разницу температур с жидкостями во внешнем контуре, можно повысить коэффициент теплопередачи установки и снизить стоимость ее эксплуатации.

- **КПД процесса сжатия.** Благодаря использованию аммиака в поршневых компрессорах повышается изэнтропийный КПД сжатия. При этом экономия энергии относительно невелика: не выше 10%. Использование аммиака в винтовых компрессорах также положительно влияет на КПД сжатия, но в этом случае экономия энергии увеличивается про-

порционально повышению степени сжатия.

- **Трубопровод.** Преимущество аммиака перед галоидзамещенными хладагентами состоит в том, что для него требуется трубопровод меньшего диаметра, как в газообразной фазе при высоком или низком давлении, так и в жидкой фазе в затопленном испарителе, куда хладагент подается насосом.

- **Взаимодействие с водой.** При нормальных рабочих условиях в хладагенте могут присутствовать следы воды из-за недостаточного осушения установки или в результате просачивания через места утечек в те части холодильного контура, где давление ниже атмосферного. С R404A вода не смешивается и может замерзнуть на входном или выходном отверстии дроссельного устройства, что приведет к остановке работы. С аммиаком вода остается в смеси, и это не имеет никаких вредных последствий. Для предотвращения химической реакции со смазочным маслом, образования органических кислот с коррозионными свойствами, концентрация воды в аммиаке не должна превышать 300 м.д.

- **Обнаружение утечек.** Присутствие аммиака легко почувствовать по запаху, ощущаемому уже при концентрации в воздухе 50 м.д. Поскольку у R404A запаха нет, то его утечка становится заметной только после выхода большей части хладагента. Все это приводит к остановке рабочего процесса и экономическому ущербу.

- **Взаимодействие со смазочным маслом.** Оптимальным решением в этом случае является крупный централизованный холодильник непосредственного испарения с затопленными испарителями и отдельными источниками питания. В нем аммиак и смазка не смешиваются, что исключает возможность образования пузырьков. Для удаления небольшого количества смазки, попадающего в холодильный контур, используют специальные маслоуловители, размещаемые в тех частях установки, где происходит осаждение смазки вследствие ее большей плотности, чем у жидкого

аммиака. Из маслоуловителя смазка перенаправляется в картер компрессора.

- **Соответствие требованиям охраны окружающей среды.** Выпуск аммиака в атмосферу не приносит вреда окружающей среде. Реагируя с углекислым газом и водой, присутствующими в воздухе, аммиак образует безвредный двууглекислый аммоний ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ). R404A же относится к веществам с относительно высоким потенциалом глобального потепления — 3260. Вследствие этого использование R404A и других ГФУ в больших количествах ограничено законодательством, которое становится все более и более строгим.

К преимуществам R404A перед аммиаком относятся взаимодействие с материалами, конечная температура адиабатического сжатия и безопасность.

- **Взаимодействие с материалами.** В то время как R404A полностью совместим с распространенными металлами (сталь, алюминий, медь и их сплавы), аммиак (при наличии в нем воды) агрессивно реагирует с медью, цинком и их сплавами. Таким образом, единственным пригодным материалом для установок с аммиаком является сталь, а использование обычных герметичных и полугерметичных компрессоров исключено. Однако в больших централизованных установках это ограничение не играет большой роли.

- **Конечная температура адиабатического сжатия.** Конечная температура адиабатического сжатия аммиака намного выше, чем у R404A. Высокая температура входящих газов, как правило, сильно снижает КПД вследствие необходимости устранения перегрева, а потери при перегреве не компенсируются потерями на дросселирование и в поршневых компрессорах, что уменьшает максимальную степень одноступенчатого сжатия в установках с аммиаком. В установках с винтовыми компрессорами это свойство аммиака можно практически не принимать в расчет, так как в фазе сжатия происходит жидкостное охлаждение мас-

ла, впрыскиваемого в компрессор. Следует отметить, что высокая степень перегрева у аммиака может стать преимуществом при утилизации тепловой энергии из перегретого пара. Регенерация тепла из маслоохладителей винтовых компрессорных агрегатов, в которых в качестве хладагента используется аммиак, все чаще становится обычной практикой.

- **Горючесть и токсичность.** Согласно Стандарту 34-2010 ASHRAE ANSI/ASHRAE хладагент R404A относится к группе безопасности A1, а аммиак — B2 (горючие и токсичные вещества). Температура вспышки чистого R404A составляет 728 °C, аммиака — 630 °C. Практический предел (максимальная концентрация в жилом помещении, не требующая немедленного реагирования, например, срочной эвакуации людей) R404A составляет 0,48 кг/м<sup>3</sup>, аммиака — 0,00035 кг/м<sup>3</sup>. Однако запах аммиака служит предупреждающим сигналом, в то время как концентрация R404A может возрастать незаметно.

## О проекте ICE-E

Проект ICE-E организован Европейским агентством по конкуренции и инновациям. Его цель — содействие владельцам холодильных складов в сокращении потребления энергии и уменьшении выбросов парниковых газов путем оказания бесплатных консультаций.

Кроме математических моделей в отчетную документацию проекта входят предметные исследования и информационные документы по технологиям и их применимости в различных типах холодильного оборудования. Рабочая группа проекта также тесно сотрудничает с некоторыми владельцами складов, проводя полный аудит энергопотребления и использования хладагентов на местах, а также информируя о нетехнических препятствиях внедрению новых технологий, например, социальных, политических, экономических и организационных аспектах.

По материалам сайта  
[ammonia21.com](http://ammonia21.com)