



Технические вопросы: высокие температуры окружающей среды

Предыстория: ГХФУ и ГФУ главным образом применяются в охлаждении, кондиционировании воздуха и тепловых насосах (RACHP). На эти сектора приходится около 86% взвешенного по ПГП потребления ГХФУ и ГФУ (см. Информационный листок Кигали №2). В Кигалийской поправке отмечается, что конструирование систем RACHP для эксплуатации при предельно высокой температуре окружающей среды (НАТ) сталкивается с рядом специфических проблем. Для систем кондиционирования воздуха этими проблемами являются:

- тепловая нагрузка выше, чем в умеренном климате,
- система кондиционирования воздуха отводит тепло при более высокой температуре конденсации, чем в умеренном климате.

Эти факторы означают, что системы кондиционирования воздуха, работающие при высокой температуре окружающей среды, должны обладать большей хладопроизводительностью для комнаты данных размеров и что они потребляют больше энергии, чем равные им системы кондиционирования воздуха в более умеренном климате.

В настоящем Информационном листке обсуждаются технические вопросы эксплуатации систем кондиционирования воздуха при высокой температуре окружающей среды. В настоящем Информационном листке также содержатся сведения о НАТ-исключении в рамках Кигалийской поправки.

Эти проблемы могут распространяться на все хладагенты: Важно осознавать, что технические проблемы в связи с эксплуатацией в условиях НАТ никак не вызваны сокращением хладагентов ГФУ. Многие хладагенты, включая ГФУ с высоким ПГП, идеально подходят для эксплуатации при высоких температурах наружного воздуха. Конструкторам холодильников и кондиционеров воздуха всегда приходилось учитывать высокую температуру окружающего воздуха и подбирать хладагент для эффективной и надежной работы в таких условиях. Оборудование, предназначенное для эксплуатации в странах с НАТ условиями, должно проектироваться несколько иначе, чем оборудование для умеренного климата. При выборе хладагента особо важны две характеристики:

Критическая температура. Свойством всех хладагентов является "критическая температура". Это температура в критической точке для хладагента, как видно на Рис. 1, который является диаграммой давление-энтальпия¹ для хладагента. Чтобы цикл кондиционирования воздуха работал с хорошим КПД, важно, чтобы температура конденсации не слишком приближалась к критической температуре. Температура конденсации всегда выше, чем температура окружающей среды, поэтому температура конденсации при НАТ-условиях будет выше, чем в умеренном климате, следовательно, она будет ближе к критической температуре и менее энергоэффективна.

Рис. 1

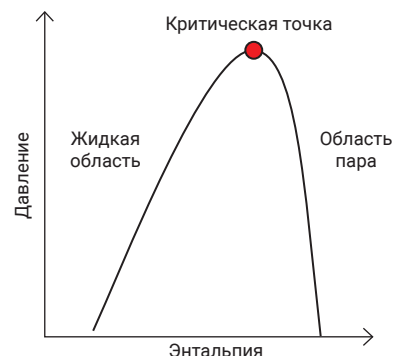
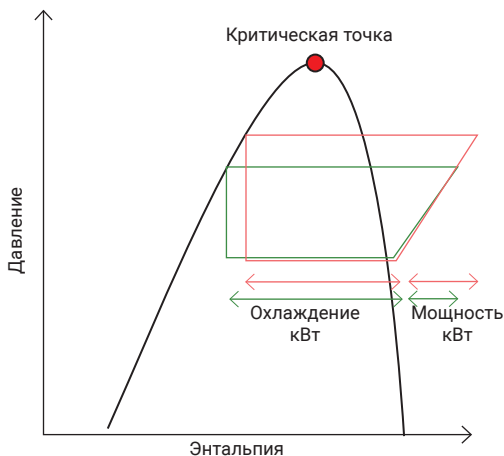


Рис. 2



На Рис. 2 показаны два цикла кондиционирования воздуха в виде диаграммы. Зеленый цикл показывает эксплуатацию в умеренном климате, а красный – при высокой температуре окружающей среды. При высокой температуре окружающей среды система кондиционирования воздуха:

- охлаждает меньше (красный отрезок охлаждения kW короче),
- потребляет больше электроэнергии (красный отрезок электроэнергии kW длиннее).

¹ См. глоссарий всех сокращений, в т.ч., диаграмму давление-энтальпия в Информационном листке Кигали №14.

Это показывает, почему все системы кондиционирования воздуха, работающие при высокой температуре окружающей среды, потребляют больше электроэнергии, чем при эксплуатации в более прохладных условиях.

Потери энергоэффективности становятся особенно высокими, если критическая температура применяемого хладагента низкая. В таблице приведены критические температуры ряда хладагентов, применяющихся в системах кондиционирования воздуха.

Важно отметить, что ГХФУ-22 обладает весьма высокой критической температурой. Самый распространенный ГФУ с высоким ПГП, который заменил ГХФУ-22 это - R-410A. Он обладает одной из самых низких критических температур и при высокой температуре окружающей среды будет работать хуже, чем ГХФУ-22.

Для малых сплит и канальных кондиционеров воздуха ГФУ-32 внедрен как заменитель R-410A с низким ПГП – 675, против 2088 у R-410A. Критическая температура ГФУ-32 выше, чем у R-410A, поэтому переход на альтернативу с низким ПГП будет выгодным в условиях НАТ. Однако ГФУ-32 является хладагентом низкой огнеопасности класса A2L (см. подробнее об огнеопасности [Информационный листок Кигали № 10](#)) и может не подходить для систем больших размеров во многих странах.

Пропан обладает высоким кпд, но принадлежит к высокому классу огнеопасности A3 и его применение может рассматриваться только в очень небольших системах.

Хладагент	Критическая температура °C
HFO-1233zd	165
R-717 (ammonia)	132
HFO-1234ze	110
ГФУ -134a	101
R-290 (propane)	96.7
HCFC-22	96.1
ГФУ -32	78.1
R-410A	71.4
R-744 (CO ₂)	31.0

R-744 обладает гораздо более низкой критической температурой, чем любой другой распространенный хладагент. В случае кондиционирования воздуха R-744 должен работать как «транскритический» цикл² (тепло отводится выше критической температуры). В результате кпд у R-744 ниже и, следовательно, он не подходит для кондиционирования воздуха в условиях НАТ.

Самая большая проблема возникает для мульти-сплит кондиционеров воздуха средних и больших размеров, в т.ч., с регулируемым расходом хладагента (VRF), в которых огнеопасный хладагент не годится и R-410A не подходит для эксплуатации в условиях высокой температуры окружающей среды

Большие установки кондиционирования воздуха в зданиях с водяным охлаждением вызывают меньше затруднений. Так как водоохладитель обычно расположен в местах ограниченного доступа (например, в особом машинном отделении или на крыше), то возможно рассматривать ряд хладагентов, в т.ч., огнеопасных, например, ГФУ-1234ze или R-290. Они обладают весьма высокими критическими температурами, что делает их хорошо приспособленными для работы в условиях высокой температуры окружающей среды. Для очень больших водоохладителей применимы хладагенты низкого давления, например, ГФУ-1233zd. Они обладают очень высокими критическими температурами и очень высокой энергоэффективностью.

Температура на выходе из компрессора. Другой важной характеристикой является температура на выходе из компрессора. В условиях НАТ компрессор кондиционера воздуха должен работать с большим перепадом давления, чем в умеренном климате. Это приводит к тому, что температура на выходе из компрессора повышается. В некоторых условиях это создает дополнительные технические проблемы, которые могут снизить надежность компрессора.

Очень высокая температура на выходе из компрессора может быть смягчена дополнительным охлаждающим компрессором, хотя это увеличивает капитальные затраты и снижает энергоэффективность. Важно, чтобы конструкторы обеспечили приемлемые пределы температуры на выходе из компрессора.

2 См. транскритический, докритический и каскадный циклы в [Информационном листке Кигали №14](#).

Постоянные исследования, тестирование, разработки: Ввиду важности высокоэффективного решения с низким ПГП для кондиционеров воздуха, производители оборудования и хладагентов ведут большие разработки. Также осуществляется ряд испытательных программ:

- PRAHA: продвижение хладагентов с низким ПГП для секторов кондиционирования воздуха в странах с высокой температурой окружающей среды.
- EGYPTA: Египетский проект альтернативных хладагентов.
- ORNL: Программа оценки хладагентов с низким ПГП национальной лаборатории Ок-Ридж для высоких температур окружающей среды.
- ASEP: Программа оценки хладагентов с низким ПГП (AHRI).

Эти независимые испытания показывают, как проявляют себя различные хладагенты в условиях НАТ. См. последние результаты тестовых программ: <http://ozone.unep.org>

Исключение для НАТ: Кигалийская поправка предусматривает механизм исключения для стран с высокой температурой окружающей среды в случае определенных применений, когда альтернативы с низким ПГП не могут использоваться. Исключения для НАТ – это дополнительный процесс исключения на основании критических и жизненно важных применений, предусмотренных в Монреальском протоколе и применимых к использованию ГФУ.

Определение НАТ: Чтобы исключение для НАТ распространялось на ту или иную страну, в последней в среднем, по меньшей мере, должно быть два месяца в году на протяжении 10 лет с пиковой ежемесячной температурой свыше 35°C³.

Выявленные страны. Следующие страны считаются соответствующими определению НАТ: Алжир, Бахрейн, Бенин, Буркина-Фасо, Центральная Африканская Республика, Чад, Кот-д'Ивуар, Джибути, Египет, Эритрея, Египет, Гамбия, Гана, Гвинея. Гвинея-Бисау, Иран, Ирак, Иордания, Кувейт, Ливия, Мали, Мавритания, Нигер, Нигерия, Оман, Пакистан, Катар, Саудовская Аравия, Сенегал, Судан, Сирия, Того, Тунис, Турмения, ОАЭ.

Регистрация для исключения по НАТ: для того, чтобы воспользоваться исключением, Страна должна входить в вышеприведенный перечень и должна формально оповестить Секретариат о своем намерении воспользоваться этим исключением не позднее чем за 1 год до даты замораживания ГФУ, и каждые 4 года после этого, если страна желает продлить исключение.

Типы оборудования, на которые распространяется исключение НАТ:

- (a) мульти-сплит кондиционеры воздуха (коммерческие и бытовые),
- (b) сплит канальные кондиционеры воздуха (коммерческие и бытовые),
- (c) канальные коммерческие агрегированные (компактные) кондиционеры воздуха.

Корректировка охваченного оборудования: Группа технико-экономической оценки и внешние эксперты по высоким температурам окружающей среды оценят пригодность ГФУ-альтернатив и порекомендуют, убавить или добавить подсектора из вышеприведенного списка, и доложат информацию на Встрече Сторон. Эти оценки будут проводиться периодически, через 4 года после даты замораживания ГФУ и каждые четыре года после этого.

Отчетность: Страна, на которую распространяется исключение для НАТ, должна отчетливо о своем производстве и потреблении для подсекторов, к которым относится исключение.

3 Это определение основано на пространственно взвешенных средних температурах, с выведением ежедневных пиковых температур, с использованием Центра архивирования экологических данных: http://browse.ceda.ac.uk/browse/badc/cru/data/cru_cy/cru_cy_3.22/data/tmx