



Опубликован ATOFINA Chemicals, Inc. Фторсодержащие соединения, 2000 Market Street, Филадельфия, Пенсильвания 19103

## Forane<sup>®</sup>

### СОДЕРЖАНИЕ

Холодильные агенты .....	1
134a .....	2
404A(FX-70) .....	4
407C .....	6
408A(FX-10) .....	7
409 A (FX-56) .....	9
410 A .....	14
Основные свойства продуктов серии Forane .....	15
Диаграммы давление/температура...	16

### ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

Для удовлетворения потребностей потребителей мы расширили нашу серии холодильных агентов типа Forane<sup>®</sup>. Эти холодильные агенты используются во всех случаях, где требуется охлаждение или замораживание, включая приборы, автомобили, конструкции, переработку пищи, промышленное охлаждение, супермаркеты и транспортные рефрижераторы. Все холодильные агенты серии Forane<sup>®</sup> характеризуются низким потенциалом разрушения озона и получили одобрение Страховых Лабораторий (UL); некоторые из этих соединений легко можно использовать для замены других.

Мы предоставляем информацию, которая поможет Вам выбрать правильный продукт для Вашей цели, а также детальные инструкции по работе с этим продуктом.

Вы можете сравнить диаграммы температура – давление для хлорированных фторуглеродов (ХФУ) и новых альтернативных продуктов. Кроме того, Вы можете проверить данные по основным свойствам наших продуктов

Forane <sup>®</sup> 134a	Forane <sup>®</sup> 404A	Forane <sup>®</sup> 407C	Forane <sup>®</sup> 408A	Forane <sup>®</sup> 409A	Forane <sup>®</sup> 410A
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

# Forane<sup>®</sup> 134a

Forane<sup>®</sup> 134a представляет собой хлорированный фторуглеродный (ХФУ) холодильный агент с нулевым потенциалом разрушения озона (ODP). Свойства этого продукта очень похожи на свойства R-12. Он может быть использован как в качестве индивидуального холодильного агента в ряде традиционных для холодильного агента R12 применений, так и в качестве компонента охлаждающих смесей, используемых для систем, работающих с холодильными агентами R-502 и R-22.

Производители компрессоров и охлаждающих систем продают новое оборудование, которое специально разработано для R-134a. Кроме того, лабораторные и промышленные испытания подтверждают, что R-134a может работать во многих существующих установках, где ранее использовали R-12 и R-500.

## Новое оборудование

Замену холодильного агента R-12 на R-134a можно легко осуществить в следующих приборах и аппаратах: автомобильное кондиционирование воздуха, специальное кондиционирование воздуха или приспособление для регулирования климата, центробежные холодильники с повышенным давлением, коммерческие холодильники, работающие при умеренных температурах, охлаждающие приборы, а также транспортные рефрижераторы.

## Использование существующего оборудования

Системы, в которых R-134a может надежно заменить R-12, включают центробежные холодильники, полу-герметичные, поршневые и винтовые охлаждающие системы, промышленные холодильники, автомобильные системы и некоторые герметичные компрессоры. Для получения более детальной информации см. раздел *Petrofium Forane 134a в существующее оборудование*.

Эта брошюра имеет своей целью дать широкий обзор свойств и технических показателей, чтобы помочь Вам определить, будет ли Forane 134a отвечать требованиям, предъявляемым к хладагентам при замене альтернативных ХФУ.

## Эксплуатационные показатели Forane<sup>®</sup> 134a при работе на новом оборудовании

### Масла

Для всех систем, использующих R-134a, масло играет очень важную роль.

- Способность холодильного агента смешиваться с используемым для смазки маслом имеет критическое значение для большинства оборудования. Смешивание этих веществ необходимо, чтобы гарантировать возврат масла в компрессор.
- R-134a не смешивается с минеральными маслами. Для использования с R-134a различными изготовителями оборудования рекомендуются полиэфирные масла (POE) и полиалкиленгликольные (PAG) масла
- POE и PAG масла гигроскопичны и быстро поглощают влагу. В связи с этим работу с такими соединениями следует проводить соответствующим образом, чтобы избежать длительного пребывания смазочных материалов на воздухе.

Вообще, новое оборудование должно поступать от производителя уже, снабженное совместимым с R-134a маслом. При работе этого нового оборудования необходимо выполнять все рекомендации производителя.

## **Эксплуатационные показатели системы**

### **Регулировка климата**

Холодильники и специально разработанные А/С системы спроектированы таким образом, чтобы при использовании R-134a достигался такой же коэффициент полезного действия, как и в случае R-12.

- Производители успешно внедряли оборудование для мобильного кондиционирования воздуха и холодильники с повышенным давлением, использующие R-134a.

### **Охлаждение**

#### **Низкая температура**

- При более низких температурах кипения (ниже 24°F (-5°C)), степень сжатия R-134a возрастает по сравнению с R-12, а производительность может существенно понижаться. Проконсультируйтесь с производителями оборудования на предмет получения специальных рекомендаций относительно использования их оборудования с R-134a при более низких температурах.

#### **Системы, работающие при средних и высоких температурах**

- R-134a может использоваться в большинстве систем, работающих в диапазоне средних и высоких температур, для которых ранее использовался R-12.
- Анализ идеального теоретического цикла, использующий термодинамические свойства R-134a, показывает небольшое уменьшение производительности и эффективности. При внесении в анализируемые уравнения некоторых усовершенствований, например, при использовании переохлажденной жидкости, эксплуатационные показатели R-134a становятся такими же, как и для R-12. Производители оборудования должны воспользоваться этими данными.

## ***Ретрофит оборудования для работы с Forane® 134a***

При ретрофите системы, предназначенной для работы с R-12, к использованию R-134a необходимо заменить применявшуюся ранее смазку на масла POE. Исключение составляют некоторые автомобильные системы охлаждения (см. Автомобильные системы охлаждения А/С). В большинстве случаев количество минерального масла или масла на основе алкилбензола должно составлять менее 5 % от заправки POE. Проконсультируйтесь с OEM на предмет получения специальных рекомендаций по поводу использования масел или способа проведения работы. Наиболее популярный метод промывки системы от масла заключается в удалении по возможности максимального количества существующего масла, добавлении POE и эксплуатации системы в течение некоторого времени при использовании R-12. После того, как концентрация оставшегося смазочного масла достигнет подходящего значения, замените масло, холодильный агент и осушительные фильтры.

### **Подгоняемые охлаждающие системы**

#### **Центробежные холодильники**

Если установка не подверглась никаким изменениям, то после ретрофита холодильников, работающих с R-12, для работы с R-134a, они будут иметь пониженную производительность и эффективность. Для получения более хороших эксплуатационных показателей производители холодильников предоставят технические рекомендации и комплекты оборудования для модернизации.

### **Автомобильный А/С**

R-134a является единственным альтернативным холодильным агентом, одобренным обслуживающими организациями и OEM для использования в системах автомо-

бильного кондиционирования воздуха вместо применявшихся ранее холодильных агентов.

Некоторые OEM рекомендуют удалить из системы использовавшееся ранее минеральное масло и добавить вместо него PAG или POE. Это позволит более быстро и легко использовать R-134a в таких системах. См. OEM по поводу совместимости специальных деталей и материала.

### **Охлаждение**

Более крупные системы охлаждения могут быть успешно подогнаны для применения новых холодильных агентов, если соблюдаются следующие условия:

- Удаление масла - большинство систем охлаждения требует, чтобы перед ретрофитом для работы с R-134a в системе оставалось не более 5% старого масла.
- Должна быть проверена совместимость материалов. Любые материалы, которые могут привести к утечке или отказу системы, должны быть заменены.
- Температурный интервал работы системы — эксплуатационные показатели R-134a должны быть оценены в интервале температур, в котором будет работать система.

### **Небольшие герметичные установки**

Поскольку трудно удалить масло из герметичной системы, рекомендуется не использовать R-134a для замены холодильного агента в таких системах. Вместо этого, мы рекомендуем 409A (FX-56), который в большинстве случаев можно использовать с существующим маслом (см. раздел 409A).

## **Forane<sup>®</sup> 404A**

Forane<sup>®</sup> 404A (FX-70) имеет нулевой потенциал разрушения озона (ODP). Свойства этого продукта очень похожи на свойства R-12. Forane<sup>®</sup> 404A представляет собой смесь, по составу близкую к азеотропной, хлорированных фторуглеродных холодильных агентов R-125, R-143a и R-134a. Свойства композиции Forane<sup>®</sup> 404A близки к свойствам R-502, что позволяет успешно использовать эти композиции в различных охлаждающих системах, работающих при средних и низких температурах.

### **Новые системы**

Forane<sup>®</sup> 404A одобрен большинством производителей компрессоров и охлаждающих систем для использования в новом охлаждающем оборудовании. Системы, в которых можно использовать R-404A, включают помещения для хранения продовольствия, холодильные камеры, льдогенераторы, а также различные процессы охлаждения.

### **Ретрофит существующего оборудования**

Forane<sup>®</sup> 404A может быть использован для работы со многими системами, ранее использовавшими R-502. Физические и охлаждающие свойства смеси способствуют тому, что при использовании в существующих процессах она ведет себя подобно R-502; однако эта смесь не предназначена для прямого обслуживания R-502 систем без их соответствующей модификации.

### **Условия использования смесей, состав которых близок к азеотропному**

Используемые ранее обычные холодильные агенты представляли собой либо индивидуальные соединения, либо азеотропные смеси, которые при использовании в охлаждающих системах вели себя как индивидуальные соединения. Смеси, состав которых близок к азеотропному составу, такие, например, как R-404A, по всем своим физическим показателям будут вести себя как азеотропные смеси, например R-502.

Температурный перепад для R-404A не превышает 1,5°Ф (0,8°С). В большинстве систем такой перепад не существенен по сравнению с обычным изменением температуры вследствие уменьшения давления. Производители оборудования указывают на по-

тенциальное влияние температурного перепада R-404A на конкретную систему охлаждения.

Состав продукта R-404A не будет существенно изменяться в результате фракционирования. Однако будет наблюдаться небольшое различие в составе паровой фазы, находящейся в равновесии с жидкостью (например, в баллоне).

В связи с этим необходимо удалять жидкий Forane® 404A из баллона в процессе заправки. В ситуациях, когда пар нормально поступает в систему, на линии заправки должен быть установлен клапан для отделения жидкости от пара в ходе заправки.

Проведенные нами испытания показали, что утечка в большинстве систем не представляет серьезной опасности. В случае утечки просто добавьте в систему дополнительное количество холодильного агента точно так же, как Вы делали бы это с R-502.

### *Использование Forane 404A в новых системах ретрофита*

#### **Эксплуатационные показатели**

В новых сооружениях подбора компрессоров и других узлов системы для использования в ней R-404A такой же, какой обычно применялся при работе с R-502. Производительность компрессора, размеры линии, и т.д. должны выбираться соответствующим образом. Проведенные работы не показали никакого существенного уменьшения эффективности систем, работающих с R-404A, по сравнению с эксплуатационными показателями этих систем, ранее работавших с R-502.

#### **Масла**

Чтобы обеспечить полное смешивание между маслом и холодильным агентом, в качестве масла при работе с R-404A следует использовать POE. Смешивание этих двух компонентов необходимо для возвращения масла в компрессор; это особенно важно при эксплуатации крупных систем с большой протяженностью трубопровода. Производители поставляют оборудование уже с загруженным соответствующим маслом или предоставляют специальные рекомендации по выбору типа или марки масла.

#### **Совместимость материала**

Новые системы изготовлены из материалов, совместимых с R-404A. Следуйте рекомендациям изготовителей относительно материалов, которые должны быть установлены в системе. Для работы с новыми гидрофторуглеродными холодильными агентами необходимо использовать самые новые осушители, смотровые стекла и другие узлы.

### *Условия для ретрофита системы, работавшей с R-502, для использования Forane® 404A*

Проекты по ретрофиту существующего оборудования должны являться частью полной программы по холодильным агентам. После ретрофита оборудования Forane® 404A может быть использован во многих существующих установках, предназначенных для работы с R-502, при выполнении следующих условий:

#### **Масла**

R-404A не смешивается с маслами, ранее использовавшимися в системах для R-502. Минеральное масло должно быть заменено маслом POE, причем количество оставшегося в системе минерального масла не должно превышать 5 %. Невыполнение этого условия может привести к отложению парафина на поверхности различных частей системы и неэффективности работы охлаждающей установки.

#### **Сброс давления**

Из-за более высокого давления при использовании Forane® R-404A по сравнению с R-502 при ретрофите существующих установок необходимо проконсультироваться с производителями специфического оборудования на предмет изменения давления и/или требований.

# Forane<sup>®</sup> 407C

Forane\* 407C имеет нулевой потенциал разрушения озона и представляет собой смесь гидрофторированных углеводородных холодильных агентов R-32, R-125 и R-134a. Состав этой смеси подобран таким образом, чтобы как можно лучше соответствовать свойствам R-22. Этот продукт будет использоваться различными системами кондиционирования воздуха и охлаждающими системами либо в новых сооружениях, либо после соответствующего ретрофита оборудования в существующих системах, предназначенных для работы с R-22. В этой брошюре приводится подробное описание свойств нового продукта, а также техническая информация, которая поможет потребителю выяснить вопрос, отвечает ли Forane\* 407C предъявляемым требованиям по кондиционированию воздуха и охлаждению.

## **Новые системы**

К этим системам относятся кондиционирование воздуха в жилых и других помещениях, холодильники незатопленного типа и коммерческое охлаждение. Поскольку свойства R-407C аналогичны свойствам R-22, возможно (после небольшой модификации) использовать новую смесь на существующем в настоящее время оборудовании, предназначенном для использования с R-22.

## **Ретрофит существующего оборудования**

Forane<sup>®</sup> 407C может быть использован также после соответствующего ретрофита оборудования для работы на многих существующих системах, использовавших R-22. Однако эта смесь не может быть использована в качестве непосредственной рабочей жидкости. Кроме того, из-за высокого температурного перепада (9-12°Ф (5-5,5°С) для большинства применений) и происходящего фракционирования смеси в пределах охлаждающей системы эта смесь не должна использоваться в центробежных холодильниках или другом охлаждающем оборудовании с заполненным испарителем. (См. "Зеотропные Смеси: Определение терминов" в разделе Forane 409A.)

## **Масла**

Гидрофторуглеродные компоненты R-407C не совместимы с минеральным маслом или алкилбензольными смазочными материалами, используемыми в большинстве систем, работавших с R-22. При работе с R-407C следует использовать POE масла. В процессе ретрофита существующего оборудования необходимо удалить имевшееся в нем масло, причем количество оставшегося старого масла должно быть менее 5%. Новое оборудование, предназначенное для работы с R-407C, будет поставляться OEM, заполненное рекомендованным маслом, пригодным для работы с R-407C.

## **Заправка**

При наличии утечки жидкости из баллона или паров из системы может происходить фракционирование смеси, приводящее к постоянному изменению состава холодильного агента.

По этой причине жидкий Forane 407C должен быть удален из баллона при проведении заправки аппарата. В ситуациях, где пар обычно подается в систему, на линии заправки должен быть установлен клапан, позволяющий отделить жидкость от паров в процессе заправки. (При заправке следуйте инструкциям, указанным на баллоне.)

## ***Ретрофит для работы с Forane<sup>®</sup> 407C***

Хотя свойства R-407C довольно близки к свойствам R-22, новый холодильный агент не пригоден для использования во всех существующих системах, применявших R-22. Мы рекомендуем осуществлять ретрофит оборудования для работы с R-404C только в системах с положительной циркуляцией и непосредственным охлаждением за счет расширения, а также в системах кондиционирования воздуха. Во всех случаях минеральное или алкилбензольное масло необходимо удалить из системы и заменить одоб-

ренным POE маслом. Более детальную информацию необходимо получить в справочных руководствах любого изготовителя.

#### **Процедура ретрофита**

1. Соберите основные компоненты системы, использующей R-22.
2. Удалите присутствующую в системе заправку R-22.
3. Слейте из системы имеющееся в ней масло. Заполните систему одобренным POE маслом.
4. Вновь загрузите систему охлаждающей жидкостью R-22 и включите систему, чтобы заставить циркулировать новое масло.
5. Удалите вновь загруженный R-22 и проверьте количество оставшегося масла. Содержание первоначального масла в POE должно быть менее 5 %.
6. Повторяйте стадии 3-5 до тех пор, пока масла не будет содержать более 95 % POE. После этого проведите стандартное техническое обслуживание системы, а именно замените осушающие фильтры и зафиксируйте все установленные места утечек материала.
7. Откачайте воздух из системы, используя глубокий вакуум (давление должно быть менее 500 микронов рт.ст.).
8. Заполните систему R-407C. Убедитесь, что жидкий хладагент удален из баллона.
9. Запустите систему и необходимым образом отрегулируйте ее работу. Зарегистрируйте количество загруженного R-407C и тип используемого масла.

## **Forane<sup>®</sup> 408A**

Forane<sup>®</sup> 408A (FX-10) представляет собой близкую к азеотропной смеси ГХФУ 22 и гидрофторуглеродных (ГФУ) холодильных агентов R-125 и R-143A с низким потенциалом разрушения озона (ODP). Появление Forane 408A в серии хладагентов Forane обусловлено необходимостью получения удобного и надежного газа, который можно использовать в работающих при средних и низких температурах системах охлаждения, для работы которых в настоящее время применяют R-502 и минеральные или алкилбензольные смазочные масла.

#### **Использование Forane 408A для ретрофита систем, работавших с R-502**

Forane 408A можно использовать для ретрофита разнообразных охлаждающих систем, использовавших до настоящего времени холодильный агент R-502. С целью рационального применения оборудования, для работы которого ранее использовали холодильный агент R-502, состав смеси R-408A подобран таким образом, чтобы ее физические и охлаждающие свойства были близки к свойствам R-502. R-408A нельзя смешивать с R-502, используемым в существующих в настоящее время системах. (См. Условия ретрофита систем, работающих с R-502.)

#### **Использование Forane<sup>®</sup> 408A для новых систем, работающих при низкой и средней температурах**

Forane 408A не предназначен для использования в новом оборудовании. Охлаждающие системы, которые были предварительно разработаны для использования R-502, теперь могут быть приспособлены для работы с альтернативной ГФУ смесью Forane 404A, обеспечивающей высокую продолжительность рабочего цикла. Производители компрессоров и охлаждающих систем выпускают оборудование, которое можно использовать в помещениях для хранения продовольствия, холодильных камерах, льдогенераторах, транспортных рефрижераторах, а также различных процессах охлаждения.

В этом разделе приводится подробное описание свойств и технической информации, которая поможет Вам использовать Forane\* 408A для охлаждения в Ваших конкретных условиях.

### *Условия использования смесей, состав которых близок к азеотропному*

Используемые ранее обычные холодильные агенты представляли собой либо индивидуальные соединения, либо азеотропные смеси, которые при использовании в охлаждающих системах вели себя как индивидуальные соединения. Смеси, состав которых близок к азеотропному, такие, например, как R-408A, во всех охлаждающих системах будут вести себя как азеотропные смеси, такие как R-502.

- Температурный перепад для R-408A не превышает 1,0°F (0,5°C). Такой перепад не существенен по сравнению с обычным изменением температуры вследствие уменьшения давления по ходу трубопровода. Производители оборудования обычно не предъявляют никаких специальных условий для использования смесей с малым температурным перепадом при ретрофите нормальных охлаждающих систем.
- Состав смеси R-408A не будет существенно изменяться в результате фракционирования. Однако будет наблюдаться небольшое различие в составе паровой фазы, находящейся в равновесии с жидкостью (например, в баллоне).

В связи с этим при ретрофите оборудования или охлаждающих систем Forane® 408A должен подаваться из баллона в жидком виде.

### *Условия для ретрофита системы, работавшей с R-502, для использования Forane® 408A*

Проекты по ретрофиту существующего оборудования должны являться частью полной программы по холодильным агентам. После ретрофита оборудования Forane® 408A может быть использован во многих существующих установках, предназначенных для работы с R-502, при выполнении следующих условий:

#### **Эксплуатационные показатели**

В большинстве подогнанных систем производительность и эффективность Forane® 408A несколько выше, чем для R-502. Компрессор, размеры линии и другие узлы системы не будут нуждаться в замене, все эти узлы системы будут работать с R-408A так же, как и при использовании R-502.

#### **Масла**

R-408A может быть использован в присутствии как минеральных или алкилбензолных масел, так и вместе с POE смазочными материалами. Системы, которые используют R-502 и минеральное масло, и в которых масло полностью возвращается в компрессор, можно использовать также и с минеральным маслом и R-408A. Для улучшения смешиваемости масла и более легкого его возвращения в компрессор могут использоваться также алкилбензол и/или POE, как индивидуально, так и в комбинации с минеральным маслом. Дополнительные рекомендации можно получить в справочных пособиях любого изготовителя.

#### **Совместимость материала**

Данные о совместимости материалов с R-408A Вы можете получить в справочной литературе компании ATOFINA Chemicals, Inc. по процессам ретрофита существующего оборудования, а также у изготовителей оборудования. Замените любые материалы, не приемлемые для использования с R-408A. Обычно, материалы, совместимые с R-22, могут использоваться и для R-408A.

#### **Процедура ретрофита**

1. Соберите основные компоненты системы, работающей с R-502.
2. Проверьте наличие утечек в системе и при необходимости отремонтируйте оборудование.
3. Удалите присутствующую заправку R-502.
4. При необходимости удалите минеральное масло и замените его алкилбензолом или POE.
5. Замените фильтры-осушители
6. Откачайте систему от воздуха, используя глубокий вакуум (давление должно быть по крайней мере 250 микронов рт.ст.).

7. Загрузите систему жидким R-408A (приблизительное количество загружаемого R-408A должно составлять 85-90% от заправки R-502).
8. Зарегистрируйте количество загруженного R-408A для подогнанной системы.
9. Запустите систему в работу, и при необходимости отрегулируйте устройство для расширения.

## Forane<sup>®</sup> 409A

Forane<sup>®</sup> 409A (FX-56) представляет собой смесь гидрохлорированных фторуглеродных (ГХФУ) холодильных агентов R-22, R-124 и R-142b с низким потенциалом разрушения озона. Состав Forane 409A подобран таким образом, чтобы его свойства были близки к свойствам холодильного агента R-12.

### **Ретрофит**

Forane 409A представляет собой альтернативную смесь холодильных агентов, предназначенную для замены R-12 и R-500 в системах охлаждения, работающих при средних и низких температурах. Эти системы, которые обычно содержат компрессор, используются для коммерческого хранения продовольствия, в торговых автоматах, продающих охлажденные напитки, в льдогенераторах, а также в транспортных рефрижераторах.

При использовании в низкотемпературных системах охлаждения R-409A обеспечивает несколько более высокую производительность, чем R-12 и R-134a.

### **Масла**

R-409A может использоваться как с минеральным или алкилбензолным маслом, так и с POE. Способность холодильного агента смешиваться с маслом является важным фактором, обеспечивающим нормальный возврат масла в компрессор. В большинстве случаев не требуется замена присутствующего в системе масла. (См. ниже в этом разделе *Ретрофит оборудования для работы с R-409A.*)

### **Заправка**

При наличии утечки холодильного агента из баллона или из парового пространства происходящее при этом фракционирование смеси может привести к постоянному изменению состава заправки холодильного агента.

По этой причине в процессе заправки необходимо заправлять жидкий Forane 409A из баллона. В ситуациях, где пар обычно поступает в систему, на линии заправки необходимо установить клапан, чтобы при заправке отделить жидкость от пара.

Испытание показало, что для систем, находящихся в не рабочем состоянии, в четырех случаях из пяти, утечка 20% пара в процессе перезаправки является допустимой и не влияет на эксплуатационные показатели системы. Утечки пара, происходящие во время работы системы, или утечки жидкости не являются серьезной проблемой, в этом случае можно просто пополнить запас вещества до необходимого значения.

При заправке придерживайтесь инструкций, приведенных на баллоне. Приблизительная заправка R-409A для большинства систем составляет 85-90 % от заправки R-12

### **Эксплуатационные характеристики**

Давление в испарителе при использовании R-409A такое же, как и при использовании R-12.

При работе с Forane 409A давление будет обычно на 15 - 25 фунт/дюйм<sup>2</sup> (1,05 – 1,75 кг/см<sup>2</sup>) выше, чем в случае R-12.

При использовании R-409A получены такие же или даже несколько лучшие теплообменные характеристики. Температурный перепад, наблюдаемый при работе с R-409A, не представляет собой проблемы в большинстве испарителей (см. Рисунок 2).

В этой брошюре дается подробное описание свойств и различная техническая информация. Эти данные помогут Вам решить вопрос о том, насколько Forane 409A отвечает потребностям Ваших конкретных систем.

Поскольку Forane® 409A and 407C являются «зеотропными» смесями (смесями, состав которых близок к азеотропному), применительно к таким смесям важно дать четкое определения таких терминов, как «Температура начала кипения», «Точка росы», «Фракционирование» и «Температурный перепад».

**Таблица 1.** Температуры насыщения смеси R-409A и ее компонентов при давлении 10 фунт/дюйм<sup>2</sup> (0,7 кг/см<sup>2</sup>)

R-409A, °Ф(°C)		R-22	R-124	R-142b
Точка росы (для паров)	Температура образования пузырей (для жидкости)	°Ф(°C)	°Ф(°C)	°Ф(°C)
7,5 (-13,6)	-7,5 (-21,9)	-20,0 (-28,9)	33,9 (1,0)	39,8 (4,3)

### Температура начала кипения

*(Температура насыщенной жидкости)*

Температура начала кипения – это температура, при которой начинает испаряться R-409A (при постоянном давлении). Другими словами, Температура начала кипения – это температура, при которой в жидкой R-409A появляется первый пузырек пара. Для однокомпонентных систем температура начала кипения эквивалентна температуре кипения. Как следует из таблицы 1, температура начала кипения при давлении 10 фунт/дюйм<sup>2</sup> (0,7 кг/см<sup>2</sup>) для R-409A равна  $-7,5^{\circ}\text{Ф}$  ( $-21,9^{\circ}\text{C}$ ). На рисунке 1 приведена зависимость температуры начала кипения от давления. Приведенная в таблице 1 температура начала кипения R409-A обозначена на рисунке 1 в виде точки 1. В рабочих условиях слева от линии Температуры начала кипения хладагент представляет собой переохлажденную жидкость.

### Точка росы

*(Температура насыщенного пара)*

Точка росы - температура, при которой начинается конденсация паров (при постоянном давлении). Точка росы для однокомпонентного холодильного агента соответствует температуре конденсации. Точка росы - также температура, при которой происходит испарение последней капли жидкости и в системе присутствует только насыщенный пар. Из таблицы 1 видно, что точка росы для R-409A при давлении 10 фунт/дюйм<sup>2</sup> (0,7 кг/см<sup>2</sup>) равна  $7,5^{\circ}\text{Ф}$  ( $-13,6^{\circ}\text{C}$ ). На рисунке 1 эта температура показана точкой 2. В рабочих условиях справа от линии Точки росы хладагент представляет собой пар в перегретом состоянии.

Термины «Температура начала кипения» и «Точка росы» используются для описания поведения «зеотропных» смесей в испарителе и конденсаторе. Термин «Температура кипения» не подходит для таких смесей, поскольку температура этих смесей изменяется по мере их испарения или конденсации.

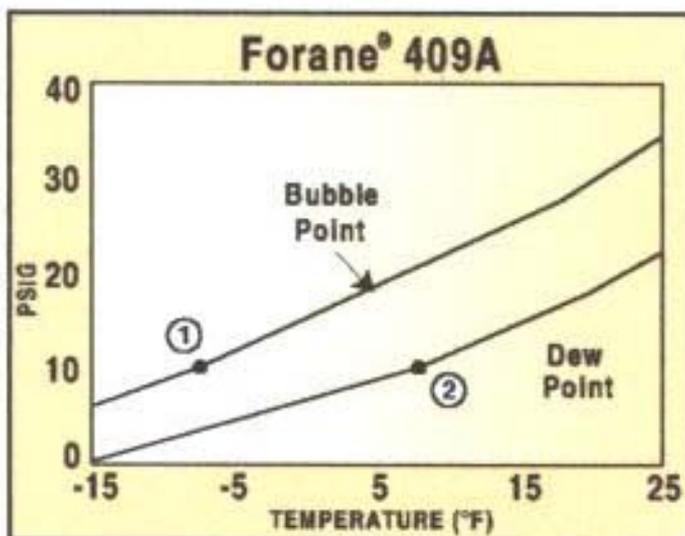


Рисунок 1. Зависимость температуры от давления. 3 – Температура начала кипения; 4 - Точка росы; 5 – Давление, фунт/дюйм<sup>2</sup>; 6 – Температура, °Ф.

### Фракционирование

Фракционирование заключается в изменении состава охлаждающей смеси при изменении фазового состояния продукта от жидкости к пару (испарение) или от пара к жидкости (конденсация). Для охлаждающей смеси R-409A фракционирование происходит в интервале температур от Температуры начала кипения до Точки росы (точки 1 и 2 соответственно на рисунке 1). Поскольку составные компоненты смеси R-409A испаряются (или конденсируются) с различной скоростью в испарителе (или конденсаторе), состав смеси R-409A постоянно изменяется при переходе от Температуры начала кипения к Точке росы (или наоборот). После перехода температуры за Точку росы (справа от линии Точка росы) охлаждающая жидкость переходит в состояние перегретого пара.

### Температурный перепад

Температурный перепад – это разность температур на выходе и входе из испарителя, обусловленная фракционированием смеси. Теоретически температурный перепад может быть рассчитан с учетом разности между температурами Точки росы и Температурой начала кипения, определенными при постоянном давлении. Фактические измерения могут слегка отличаться от теоретически рассчитанной величины, что может определяться состоянием жидкого хладагента на обоих концах испарителя (или конденсатора). Потери давления при прохождении продукта через испаритель также могут оказывать влияние на температурный перепад. При давлениях, обычно используемых в системах, температурный перепад для R-409A составляет 10 – 12°Ф (5,6 – 6,7°С).

### *Установка температуры системы, использующей Forane 409A*

Перед ретрофитом оборудования для работы с новым холодильным агентом, таким как R-409A, важно, если это возможно, установить основные компоненты охлаждающей системы

#### Установка температуры системы

- Если Вы добавите к температуре испарителя, работающего с R-12, 5°Ф (2,8°С), Вы получите температуру Точки росы (пара) для R-409A (на выходе из испарителя). Добавка в 5°Ф представляет собой компенсацию за температурный перепад, наблюдаемый при прохождении R-409A через испаритель.

Пример: При использовании R-12 рабочая температура испарителя равна  $10^{\circ}\text{F}$  ( $5,6^{\circ}\text{C}$ ).

$10^{\circ}\text{F} + 5^{\circ}\text{F}$  (половина температурного перепада для 409A ) =  $15^{\circ}\text{F}$  ( $8,3^{\circ}\text{C}$ ) - Точка росы (пара) на выходе из испарителя (если перегрев составляет  $0^{\circ}\text{F}$ ).

- Согласно диаграмме зависимости температуры от давления для 409A (рисунок 1) Точка росы (пара) для R-409A, равная  $15^{\circ}\text{F}$ , соответствует давлению пара  $15,4$  фунт/дюйм<sup>2</sup> ( $1,08$  кг/см<sup>2</sup>). Это давление равно давлению всасывания компрессора.
- Отметим, что температура паров 409A на выходе выше рабочей температуры для R-12. Напротив, температура R-409A (жидкости) на входе в испаритель ниже рабочей температуры для R-12. Средняя температура в испарителе составляет  $10^{\circ}\text{F}$  ( $5,6^{\circ}\text{C}$ ) (см. приведенный выше пример).

### **Типичное поведение Forane 409F в испарителе**

**На рисунке 2 приведены типичные условия для достижения средней температуры испарителя, равной  $10^{\circ}\text{F}$**

- 1) В терморегулирующем вентиле жидкая смесь R-409A находится в состоянии, близком к насыщению. Например, если давление равно  $15$  фунт/дюйм<sup>2</sup> ( $1,08$  кг/см<sup>2</sup>), температура насыщенной жидкой смеси R-409A равна  $0^{\circ}\text{F}$  ( $-17,8^{\circ}\text{C}$ ). Как правило, температура на входе в испаритель на несколько градусов выше температуры насыщения.
- 2) По мере увеличения температуры жидкая смесь R-409A начинает испаряться. Образующийся на первой стадии пар содержит большее количество более легколетучего компонента смеси (R-22). Поскольку пар отделяется от жидкости, состав остающейся жидкой смеси смещается в область увеличения содержания менее летучих компонентов (в смеси присутствует большее количество R-124 и R-142b и меньшее количество R-22 по сравнению с исходной смесью). Изменение состава жидкости (или пара) приводит к изменению Температуры начала кипения (или Точки росы) остающегося хладагента, т.е. наблюдается температурный перепад.
- 3) При испарении фракционирование продолжается, по мере того, как менее летучие компоненты (R-124, R-142b) также начинают более быстро кипеть вместе с R-22. Температура паров R-409A, имеющих давление  $15$  фунт/дюйм<sup>2</sup> ( $1,08$  кг/см<sup>2</sup>), равна  $15^{\circ}\text{F}$  ( $-9,4^{\circ}\text{C}$ ).
- 4) После полного испарения 409A состав образовавшейся газовой смеси становится равным составу первоначальной жидкой смеси. Образовавшийся пар слегка перегрет, и терморегулирующий вентиль работает нормальным образом.  
Средняя температура в испарителе составляет приблизительно  $10^{\circ}\text{F}$  ( $-9,4^{\circ}\text{C}$ ), так как на входе она несколько выше  $0^{\circ}\text{F}$  ( $-17,8^{\circ}\text{C}$ ).

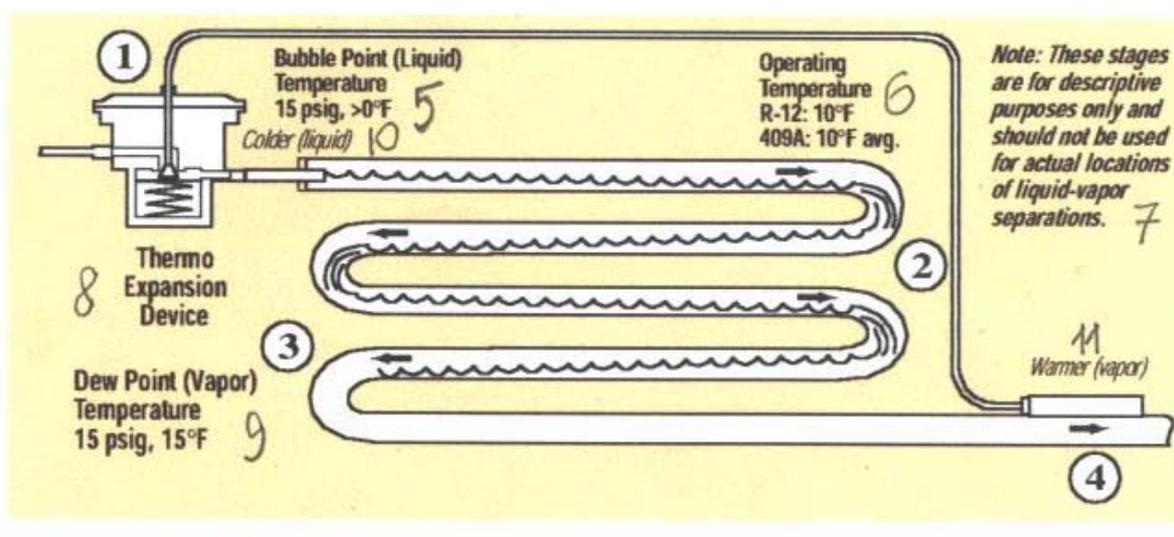


Рисунок 2. Фракционирование смеси R-409А в испарителе. Температура начала кипения и Точка росы для R-409А при 15 фунт/дюйм<sup>2</sup> (1,08 кг/см<sup>2</sup>).

5 – Температура начала кипения (жидкости) при 15 фунт/дюйм<sup>2</sup> (1,08 кг/см<sup>2</sup>) > 0°Ф (-17,8°С); 6 – Рабочая температура для R-12 равна 10°Ф (-12,2°С), средняя температура для R-409А – 10°Ф (-17,8°С); 7 – *Примечание:* Эта схема является чисто описательной и не может быть использована как информация о точном месте, где происходит разделение жидкости и пара; 8 – устройство для термического расширения; 9 – Точка росы (для паров) равна 15°Ф (-9,4°С) при давлении 15 фунт/дюйм<sup>2</sup> (1,08 кг/см<sup>2</sup>); 10 – охладитель (жидкость); 11 – нагреватель (пары).

### **Ретрофит систем для использования Forane 409А**

Для работы с R-409А рекомендуется проводить ретрофит только тех систем, работавших ранее с R-12, которые не имеет практического смысла переводить на работу с R-134а. Хорошими кандидатами для перехода на работу с R-409А являются те системы, из которых трудно удалить минеральное масло. Такие системы включают аппараты для продажи охлажденных напитков, транспортные рефрижераторы, а также домашние и более крупные холодильники. Проекты по ретрофиту существующего оборудования должны являться частью полной программы по холодильным агентам.

#### **Процедура ретрофита**

1. Соберите основные компоненты системы, работающей с R-12.
2. Удалите присутствующую заправку R-12.
3. В большинстве случаев нет необходимости удалять минеральное масло. Если при более низких температурах (менее 0°Ф (-17,8°С)) начинают возникать проблемы со смешиваемостью масла с холодильным агентом, то для улучшения этого показателя, а, следовательно, для облегчения возврата масла в компрессор, к минеральному маслу можно добавить, по крайней мере, 30% алкилбензольного масла. R-409А полностью смешивается как с чистым алкилбензолом, так и со маслом РЕО.
4. Замените осушающие фильтры.
5. Откачайте систему, используя глубокий вакуум.
6. Заправьте холодильный агент R-409А (приблизительно 85-90% от исходной заправки R-12).
7. Зарегистрируйте количество заправленного в систему R-409А.
8. Запустите систему и необходимым образом отрегулируйте терморегулирующий вентиль для правильной установки перегрева, если он применяется для работы.

# Forane<sup>®</sup> 410A

Forane<sup>®</sup> 410A – представляет собой холодильный агент с нулевым потенциалом разрушения озона (ODP), предназначенный для замены холодильного агента ГХФУ-22 в различных новых охлаждающих системах. Forane 410A является смесью ГФУ R-32 и R-125; состав этой смеси близок к азеотропному.

## **Новые системы**

Forane 410A является подходящей заменой ранее применявшегося холодильного агента ГХФУ-22 при работе в новых охлаждающих системах. Многие производители холодильников и кондиционеров воздуха изготавливают оборудование, специально предназначенное для работы с R-410A. Охлаждающие системы, в которых можно будет использовать R-410A, включают в себя кондиционеры воздуха, холодильники и промышленные рефрижераторы.

## **Ретрофит**

Из-за более высокой производительности и давления паров Forane 410A этот холодильный агент не рекомендуется использовать в существующем оборудовании применяемом для работы с R-22. Для того, чтобы можно было приспособить существующее оборудование для работы с более высокой производительностью и при более высоком давлении, необходимо было бы провести значительную модификацию этого оборудования. В частности, модификации должны были бы подвергнуться расширительные клапаны, компрессоры, конденсаторы и некоторые другие узлы. При необходимости замены R-22 рекомендуется подогнать существующее оборудование к работе с R-407C, свойства которого подобны свойствам R-22.

## **Масла**

R-410A, как и другие ГФУ холодильные агенты, требует для работы масла POE, обладающего полной смешиваемости с холодильным агентом. Изготовители оборудования для R-410A будут поставлять оборудование, уже заправленные соответствующим маслом.

## **Эксплуатационные показатели**

Установлено, что для новых сооружений, обеспеченных соответствующим оборудованием вместе с заправкой подходящего масла, имеющих необходимые размеры линии и т.д., применение холодильного агента Forane 410A обеспечивает достижение более высокой (на 5-6%) эффективности расхода энергии, чем R-22. Использование Forane 410A обеспечивает также более высокую производительность и давление, чем R-22, что позволяет конструировать более компактное оборудование для кондиционирования воздуха.

# Основные свойства продуктов серии Forane

	R-123	R-134a	R-404A (FX-70)	R-407C	R-408A (FX-70)	R-409A (FX-56)	R-410A
Средняя молекулярная масса	152,9	102,0	97,6	86,2	87,0	97,4	72,6
Температура кипения при 1 атм (°C)	27,8	-26,0	-46,3*	-25,6*	-44,4*	-34,5*	-52,0*
Плотность насыщенных паров при температуре кипения (кг/м <sup>3</sup> )	6,2	5,1	5,3	4,5	4,6	4,8	4,0
Плотность насыщенной жидкости при 25°C (кг/дм <sup>3</sup> )	1,42	1,16	1,01	1,10	1,03	1,18	1,05
Критическая температура (°C)	183,8	101,1	72,0	86,2	83,7	106,8	72,2
Критическое давление (кг/см <sup>2</sup> )	37,3	41,3	37,8	48,3	44,1	46,7	49,9
Скрытая теплота испарения при температуре кипения (БТЕ/фунт)	73,7	92,8	86,0	107,4	97,6	94,6	116,7
Удельная теплоемкость жидкости при 25°C (БТЕ/фунт.°Ф)	0,23	0,34	0,39	0,38	0,37	0,30	0,44
Удельная теплоемкость паров при 1 атм. (БТЕ/фунт.°Ф)	0,16	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,17
Температурный перепад (°C)	-17,8	-17,8	-16,9	-11,4	-17,1	-9,9	-17,7
Пределы воспламенения на воздухе	Не воспламеняется						
Потенциал разрушения озона (ODP, для ХФУ 11 = 1,0)	0,014	0,000	0,000	0,000	0,026	0,050	0,000
Влияние галоидоуглерода на всеобщее потепление (HGWP, для ХФУ 11 = 1,0)	0,02	0,33	0,96	0,34	0,77	0,38	0,34
Группа безопасности по классификации ASHRAE	B1	A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1
Допустимое содержание паров в рабочем помещении (WEEL) (восьмичасовой рабочий день/средний вес)	10 м.д.	1000 м.д.	1000 м.д.	1000 м.д.	1000 м.д.	1000 м.д.	100 м.д.

- Температура начала кипения

# Давление паров охлаждающих жидкостей

(давление приведено в единицах фунт/дюйм<sup>2</sup> (= 0,07 кг/см<sup>2</sup>))

Температура, °Ф*	11	12	22	113	114	500	502	134a	123

\* °C = 5/9 (°Ф – 32)

## Зависимость давления охлаждающих жидкостей серии Forane от температуры

Температура, °Ф *	Давление, фунт/дюйм <sup>2</sup> **						
	R-408A (FX-10) Жидкость	R-404A (FX-70) жидкость	R-409A (FX-56) жидкость	R-409A (FX-56) пары	R-407C жидкость	R-407C пары	R-410A жидкость

\* °C = 5/9 (°Ф – 32)

\*\* кг/см<sup>2</sup> = 0,07 . (фунт/дюйм<sup>2</sup>)

Красные цифры – давление выражено в единицах (дюймы ртутного столбы ниже 1 атм)

Для получения  
Технической информации \* Диаграмм Давление – Температура \* Инструкций по ретрофите  
Докладов на семинарах \* Бесплатного программного обеспечения  
Посетите нашу Web-страничку

[www.forane.com](http://www.forane.com)

или обращайтесь по факсу

**800-286-4110**

для получения документов, относящихся к продуктам серии Forane, непосредственно на Ваш факс



ATOFINA Chemicals, Inc, 2000 Market Street, Филадельфия, Пенсильвания 19103