



Фото на память

Хладагент R409A (FORANE® FX56) для ретрофита холодильных систем

Д-р техн. наук, проф.

Б.С.БАБАКИН

МГУПБ

Basic thermophysical and operational properties of the refrigerant R409A designed for the retrofit of refrigeration systems with the replacement of R12 are described. It is shown that use of R409A instead of R12 won't involve the necessity of change of refrigerating equipment. Cases of successful operation of refrigeration systems working on R409A after retrofit are described.

В соответствии с Монреальским протоколом и последующими международными соглашениями во многих странах прекращено производство хладагентов группы хлорфторуглеродов (ХФУ). Компания "Атофина" (бывший концерн "Elf Atochem") разработала широкий ассортимент хладагентов для замены в действующих холодильных системах хладагентов группы ХФУ.

Один из предлагаемых хладагентов – R409A (FORANE® FX56) предназначен для замены R12 и применяется в Европе с 1994 г.

Теплофизические и эксплуатационные свойства хладагентов R409A и R12 приведены в таблице. Компонентами R409A являются R22, R124 и R142b (массовая доля соответственно 60; 25 и 15%). Хладагент R409A имеет низкий потенциал разрушения озона (ODP), равный 0,033, и незначительный потенциал глобального потепления (HGWP) относительно хладагента R11, равный 0,31.

Рассмотрим более подробно свойства R409A в области рабочих температур, что облегчит специалистам сервисных служб выбор хладагента для ретрофита холодильных систем.

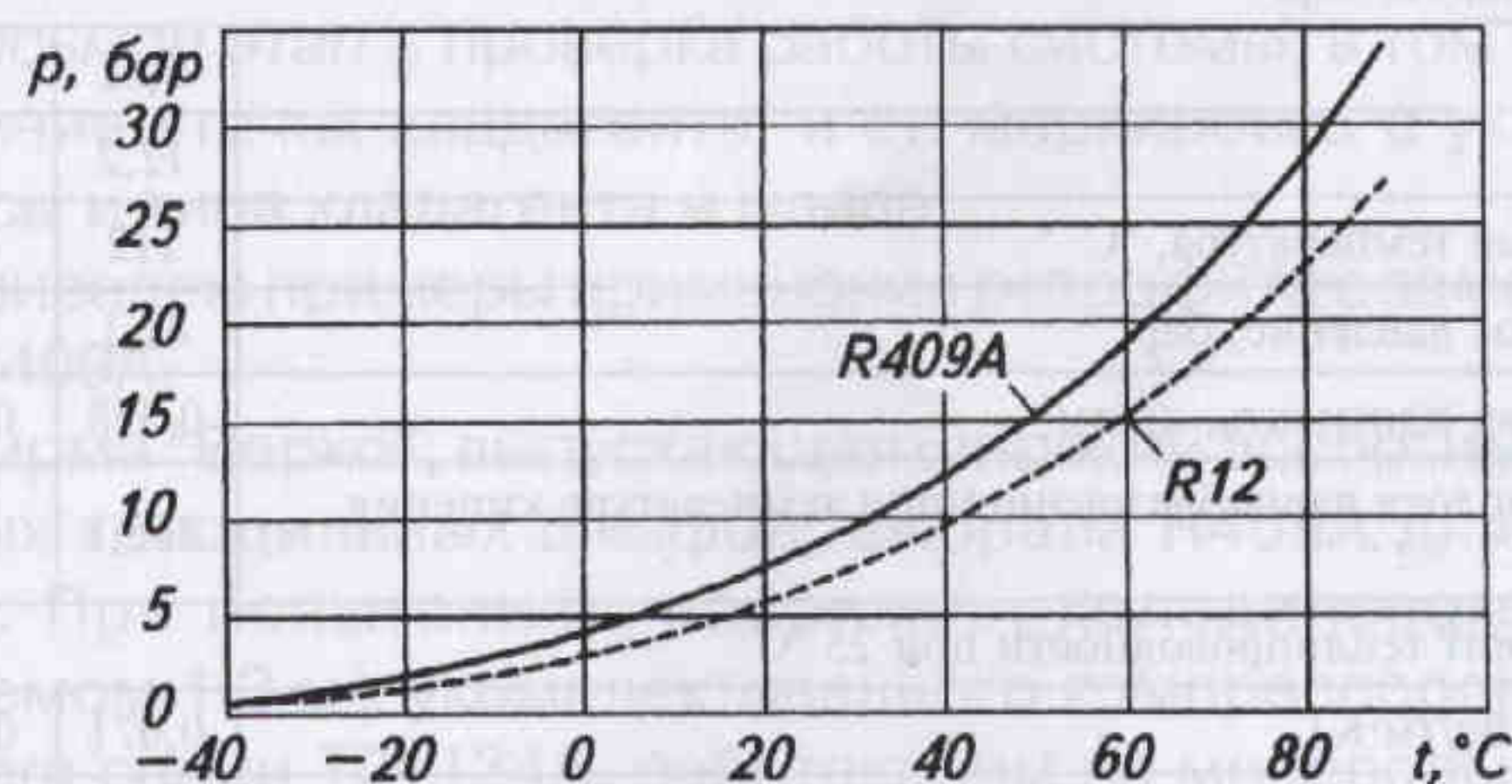


Рис. 1. Зависимость давления паров R409A и R12 от температуры

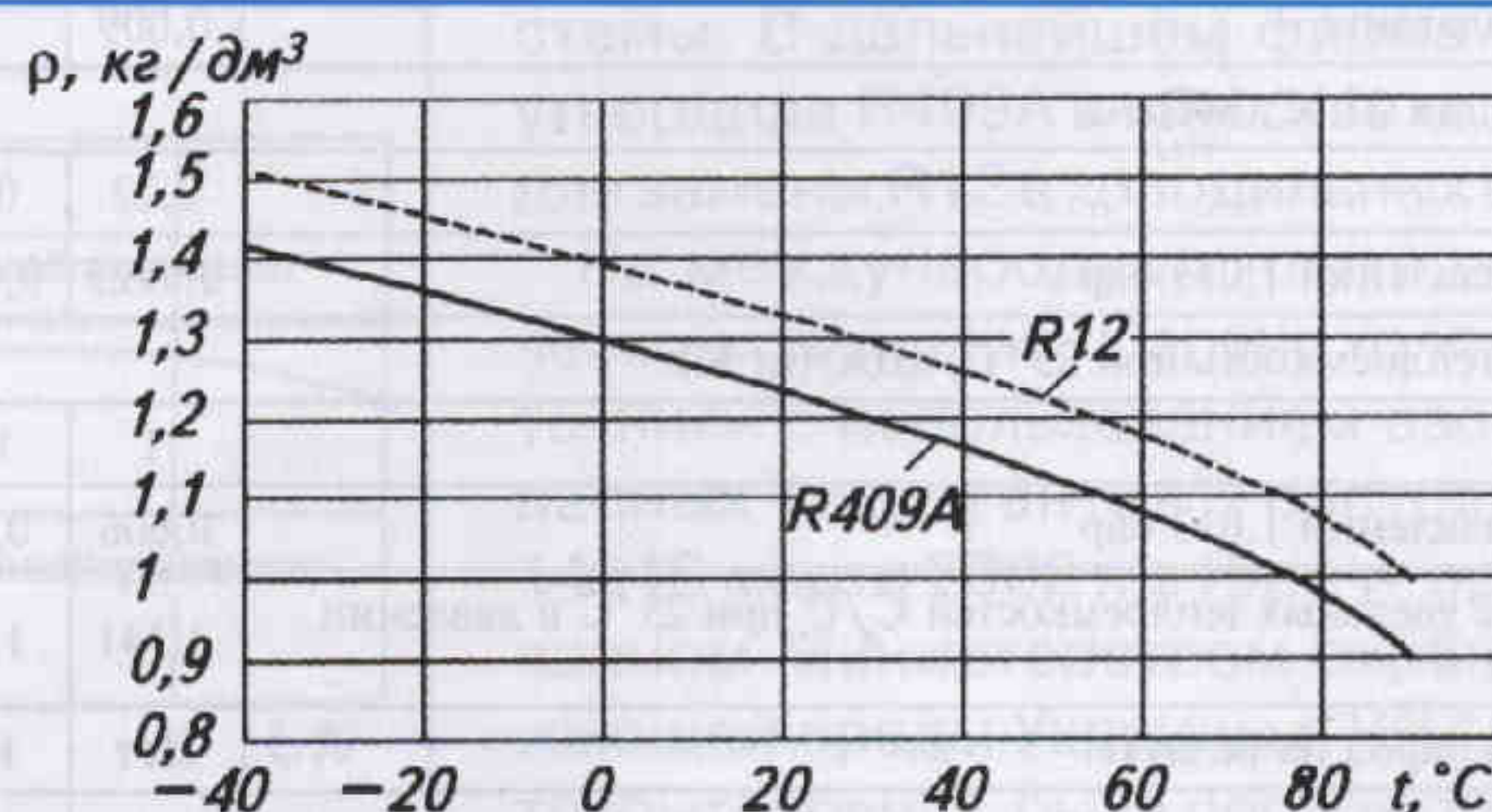


Рис. 2. Зависимость плотности насыщенной жидкости R409A и R12 от температуры

Обширный доклад о всей номенклатуре продукции фирмы "Рефко", ее преимуществах и льготах, предоставляемых для стран СНГ, сделал ее представитель **Иохим Кёллер**. Зарядные станции, приборы и инструменты фирмы, представленные на небольшой выставке в фойе, организованной организаторами семинара, были задействованы при проведении процедуры ретрофита в перерыве между заседаниями. Бытовой холодильник с 20-летним "стажем" эксплуатации после замены R12 хладагентом R409A сравнительно быстро вышел на рабочий режим с температурой кипения -24°C .

Директор Донецкого завода компрессоров **К.И.Спруцко**, входящего в Холдинг "НОРД", проинформировал собравшихся о том, что 21 предприятие Холдинга выпускает широкую гамму продукции: бытовые холодильники и морозильники – 15 базовых моделей (до 600 тыс. в год), компрессоры (до 700 тыс. в год), электродвигатели, кондиционеры, пускозащитные реле, газовые плиты. До 30% бытовой холодильной техники экспортируется на западный рынок (в основном в Германию и Англию), 35% – в Россию и страны СНГ, 35% поставляется на внутренний рынок.

Выпускаемый Донецким заводом ряд поршневых герметичных компрессоров позволяет комплектовать модели объемом от 150 до 350 л, кроме холодильников на 480 л. В качестве хладагентов используются R134a, R22, а в последнее время расширяется применение изобутана (R600a). Работа на этом хладагенте позволяет снизить уровень шума до 2 дБ А и вдвое уменьшить заправку. Для дальнейшего развития производства и модернизации компрессоров на основе западных технологий необходимы инвестиции Международного экологического фонда.

Директор НИИ электробытовых машин "Веста" (г. Киев) **В.Ф.Возный**, характеризуя состояние холодильной отрасли Украины, отметил, что отсутствие законодательной базы, диктуемой Международными соглашениями по защите окружающей среды, приводит к парадоксам. Например, нет пошлины на ввоз R12, но введены пошлины на R134a. Почти полностью отсутствует контроль за деятельностью частных сервисных предприятий, многие из которых не имеют сертификатов на свою деятельность. Не хватает квалифицированных кадров механиков для работы в сервисе холодильного оборудования. Чтобы изменить ситуацию к лучшему, создана региональная общественная организация "Экология холода". Докладчик призвал чаще проводить подобные семинары, которые приносят несомненную пользу.

В заключение хотелось бы отметить прекрасную организацию семинара, интересную экскурсию на винодельческий завод "Магарач" и особенно ауру доброжелательности, исходящую прежде всего от председателя оргкомитета **А.В.Богдана**.

Всем участникам были вручены Сертификаты семинара, подписанные представителями компании "Атофина" **М.Мёллером**, **Д.Н.Грозовым** и профессором **В.А.Мазуром**.

МИКОЛАЇВСЬКА ДЕРЖАВНА
ОБЛАСНА УНІВЕРСАЛЬНА
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. О. Гмирьова

Зависимость давления паров R409A и R12 от температуры (рис. 1) показывает, что в области 0...–40 °C изменение давления паров незначительно. С повышением температуры до 90 °C оно не становится больше 20%. По оценке разработчиков хладагента, такое незначительное различие давлений R409A и R12 не требует замены оборудования при переходе с R12 на R409A.

Плотность насыщенной жидкости R409A в диапазоне рабочих температур от –40 до +90 °C ниже плотности насыщенной жидкости R12 (рис. 2), что при ретрофите R12 позволяет:

- заправлять в холодильную систему на 10...20% меньше хладагента R409A по сравнению с R12. В бытовой холодильной технике и торговом холодильном оборудовании, где в результате значительных эксплуатационных теплопритоков повышается тепловая нагрузка на компрессор, целесообразно уменьшать дозу заправки хладагента примерно на 20%, так как избыточное количество хладагента в системе приводит к повышению давления нагнетания. В крупных холодильных системах с централизованным холодоснабжением целесообразно уменьшать дозу заправки хладагента R409A по сравнению с R12 на 10%, так как теплопритоки по отношению к холодопроизводительности незначительны и благодаря инертности системы не могут заметно повлиять на ее работу;

- заправлять в емкости для хранения на 7% меньшее количество R409A по сравнению с R12, поэтому емкости, насосы и линии для перекачки R12 можно использовать и для R409A.

Для хладагента R409A характерна большая гигроскопичность по сравнению с R12 (рис. 3). Поэтому при ретрофите

Свойства хладагентов	R12	R409A
Молекулярная масса, г/моль	120,9	97,4
Температура кипения при 1,013 бар, °C	–29,8	–34,2
Температурный глайд при 1,013 бар, K	0	8,5
Плотность жидкости при 25 °C, кг/дм ³	1,311	1,223
Плотность насыщенной жидкости при температуре кипения, кг/м ³	6,33	4,94
Давление паров, бар:		
при 25 °C	6,51	8,0
при 50 °C	12,2	15
Критическая температура, °C	112	107
Критическое давление, бар	41,1	46
Критическая плотность, кг/дм ³	0,558	0,518
Скрытая теплота парообразования при температуре кипения, кДж/кг	165,1	221
Коэффициент теплопроводности при 25 °C:		
жидкости, Вт/(м·K)	0,071	0,081
пара при давлении 1,013 бар	0,0096	0,012
Поверхностное натяжение при 25 °C, мН·м ^{–1}	8,9	9,3
Растворимость при 25 °C, мас. %:		
хладагента в воде при 1,013 бар	0,028	0,11
воды в хладагенте	0,009	
Вязкость, при 25 °C, МПа·с:		
жидкости	0,22	0,22
пара при давлении 1,013 бар	0,0125	0,0126
Удельная теплоемкость при 25 °C, кДж/(кг·K):		
жидкости	1	1,25
пара при давлении 1,013 бар	0,606	0,703
Отношение удельных теплоемкостей C_p/C_v при 25 °C и давлении 1,013 бар	1,141	1,149
Горючесть паров на воздухе	Нет	Нет
Температура вспышки	»	»
Потенциал разрушения озона (ODP)	1	0,033
Потенциал глобального потепления (HGWP)	3,1	0,31

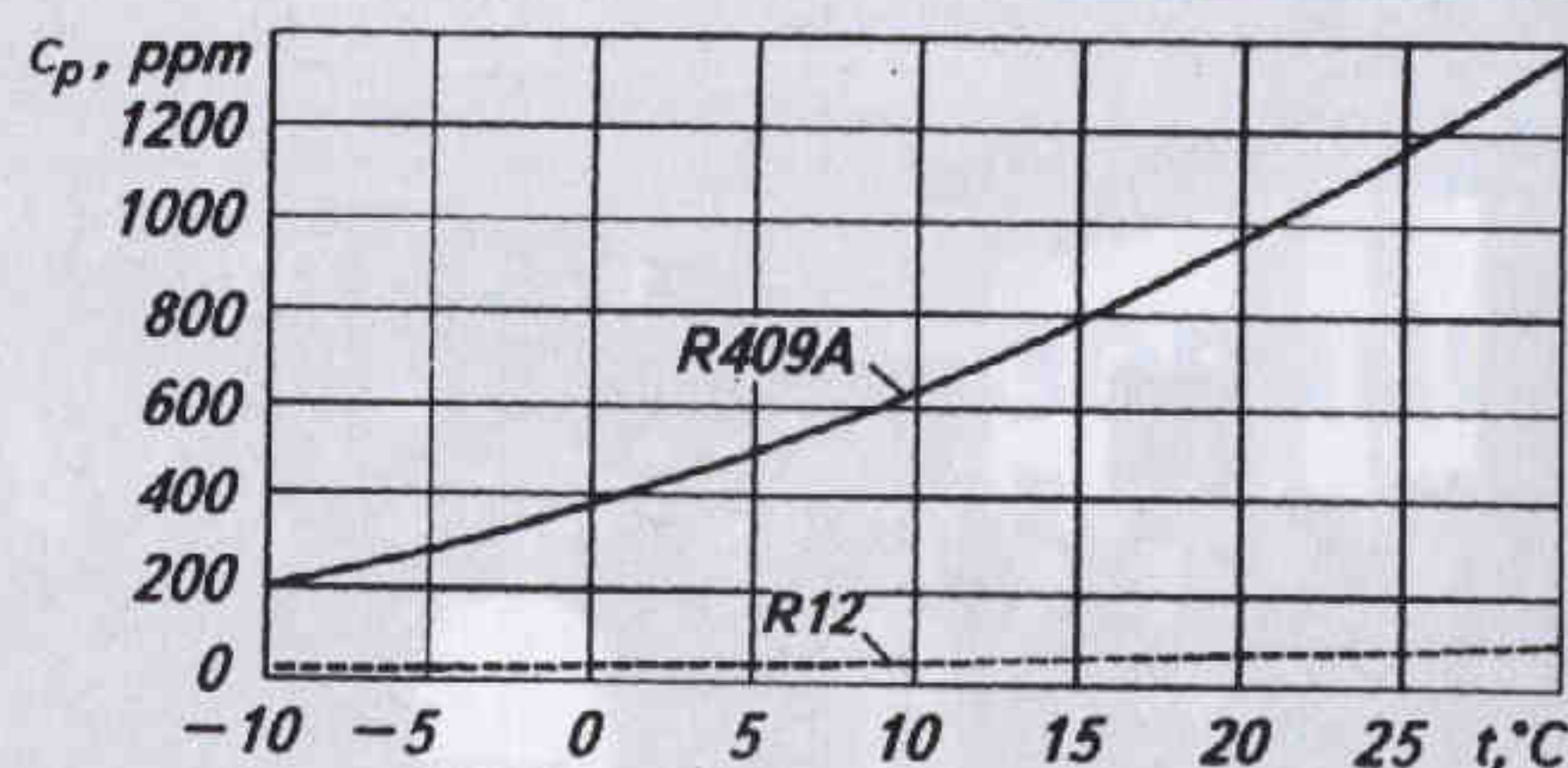


Рис. 3. Зависимость растворимости воды в R409A и R12 от температуры

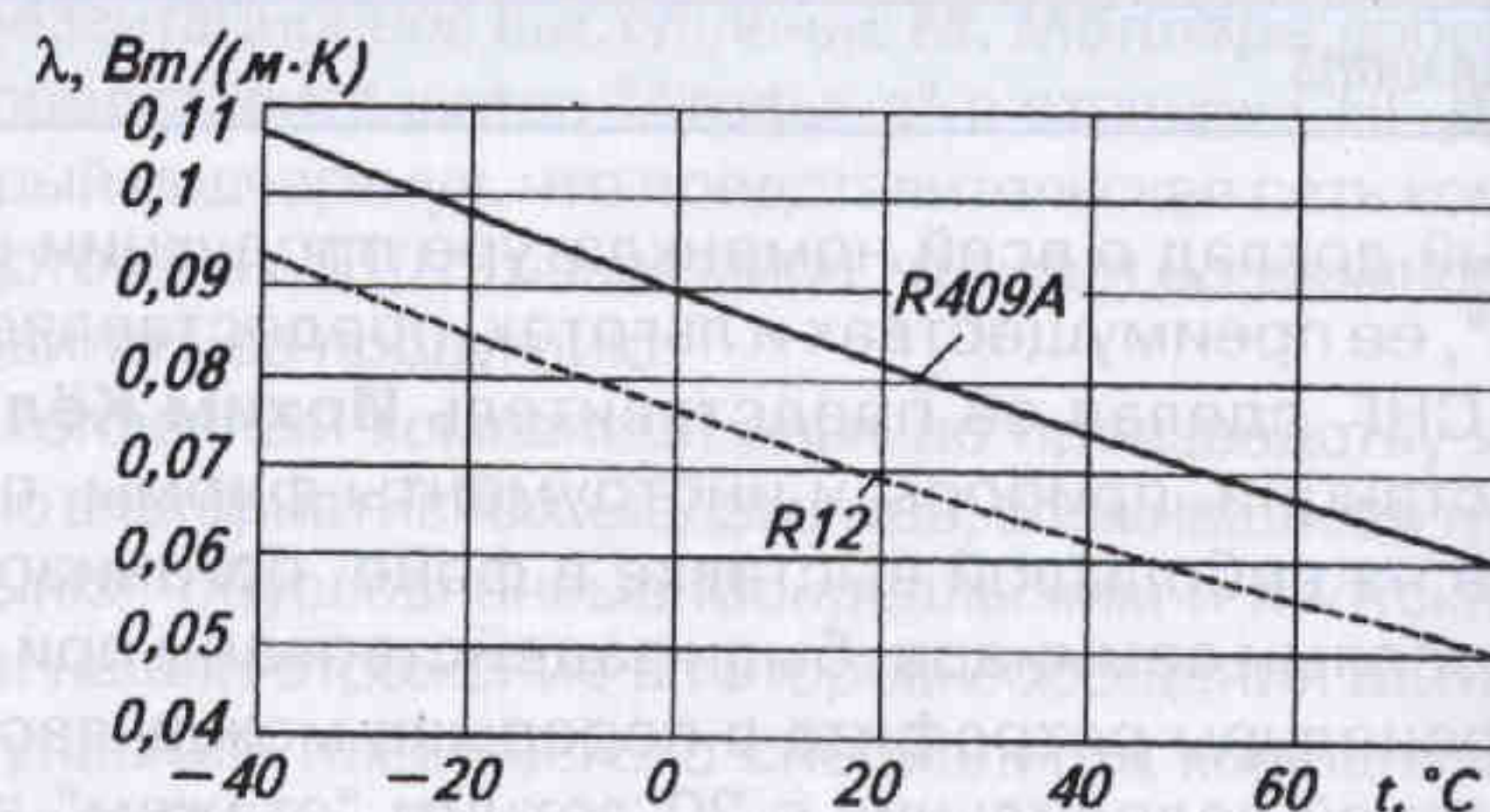


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности R409A и R12 от температуры

следует учитывать тенденцию R409A активно поглощать влагу из воздуха. Например, перед заправкой хладагентом холодильной системы ее следует обязательно вакуумировать. При заправке жидкого хладагента из емкости для хранения в заправочный баллон необходимо предварительно продуть хладагентом заправочные шланги. При условии соблюдения соответствующих мер предосторожности нормальная работа холодильной системы не нарушается.

Удельная теплоемкость c_p насыщенного жидкого хладагента R409A выше, чем у жидкого R12. Это означает, что для охлаждения жидкого хладагента R409A перед поступлением его к дросселирующему органу потребуется большее количество энергии.

Коэффициент теплопроводности жидкого R409A в диапазоне рабочих температур в среднем на 14–22% выше, чем у жидкого R12 (рис. 4). Это повышает эффективность теплообмена в аппаратах и приводит к снижению эксплуатационных затрат в холодильной системе.

Изменение коэффициента кинематической вязкости R409A в рабочем диапазоне температур в среднем ниже, чем у R12, достигая 7%, а в диапазоне температур 0...40 °C значения коэффициента кинематической вязкости одинаковые, что позволяет поддерживать более низкую температуру на входе и выходе испарителя (конденсатора).

Поверхностное натяжение у R409A с понижением температуры возрастает по сравнению с той же характеристикой у R12 примерно до 8%, вследствие чего скорость потока жидкого хладагента в аппарате уменьшается в среднем на 13...20%.

При работе холодильной системы с хладоносителем холодопроизводительность на R409A в целом выше, чем на R12, а с повышением температуры, например, от –5 до +4 °C возрастает от 13 до 17% (рис. 5).

Потребляемая мощность также больше в среднем на 15%.

Холодильный коэффициент при температуре хладоносителя от –4 °C и выше возрастает при использовании R409A вместо R12 в среднем на 6%. Однако с понижением температуры хладоносителя он уменьшается и при –10 °C становится ниже, чем в случае применения R12, на 8%.

Температура на выходе из компрессора, работающего на R409A, немного выше, чем на R12 (в среднем на 6...12%), что, по мнению ряда изготовителей компрессоров, несущественно и находится в допустимых пределах.

Хладагент R409A растворяется в минеральных и алкилбензолных маслах. Точка P (рис. 6) на графиках взаимной растворимости жидких хладагентов и масел характеризует верхнюю (критическую) температуру растворимости t_p . Выше t_p хладагент и масло взаиморастворяются с образованием однородного раствора (зона полной растворимости). Ниже t_p , слева от левой ветви кривой и справа от правой, находятся зоны ограниченной растворимости. Зона нерастворимости (наличие двух фаз, не растворимых одна в другой) находится под кривой. Как следует из рис. 6, алкилбензолное масло следует применять в средне- и низкотемпературных установках при температуре кипения до -40°C .

Чтобы иметь представление о химической стабильности и поведении хладагента R409A при контакте с пластмассами и эластомерами, специалисты фирмы "Атофина" провели испытания в соответствии со стандартом NFTA46013 при 25°C в течение 15 сут. Испытания показали, что следует избегать применения R409A в сочетании с эластомерами IUTON, NBR (нитрилбутадиеновый каучук) и HNBR (гидрированный нитрилбутадиеновый каучук), так как по отношению к данным эластомерам R409A более агрессивен, чем R12. С эластомерами "Неопрен" и хлорсульфированным полиэтиленом (HYPALON), а также с пластмассами PET (полиэтилентерефталат) и PTFE (политетрафторэтилен) применять R409A можно.

По результатам испытаний хладагент R409A признан независимыми лабораториями (UL) практически негорючим.

Рассмотренные теплофизические и эксплуатационные характеристики хладагента R409A в рабочей области температур в большинстве случаев эквивалентны характеристикам хладагента R12. Хладагент R409A отвечает наиболее строгим требованиям, предъявляемым к рабочим веществам, и признан всеми крупными производителями холодильного оборудования как хладагент, предназначенный для ретрофита действующего холодильного оборудования (вит-

рины супермаркетов, холодильные шкафы, бытовые холодильники, транспортные рефрижераторы, автоматы для охлаждения напитков).

Ретрофит включает восемь этапов.

Первый этап – запись параметров холодильной системы с R12 (эта операция необходима для выбора рационального режима работы на новом хладагенте).

Второй этап – проверка системы на наличие утечек хладагента.

Третий этап – слив хладагента R12 из системы в сборник хладагента (баллон и др.) с помощью насоса, обеспечивающего откачку до остаточного давления 30...35 кПа.

Четвертый этап – замена сменных элементов системы (обязательна замена фильтров-осушителей и масла, если оно изменило свой состав, например, после выхода из строя электродвигателя герметичного компрессора).

Пятый этап – вакуумирование системы на стороне всасывания и нагнетания компрессора с помощью вакуумного насоса. При этой операции определяют дополнительные (возможные) места утечек хладагента.

Шестой этап – заполнение системы хладагентом R409A в количестве, не превышающем 85% количества слитого R12. Заправку следует выполнять хладагентом в жидкой фазе (во избежание изменения его состава в случае утечки из газовой фазы) в линию высокого давления при неработающем компрессоре до выравнивания давления в баллоне и в системе. Затем подсоединяют линию низкого давления, пускают компрессор и медленно освобождают баллон от оставшейся части жидкого хладагента. После слива жидкости из баллона медленно переводят холодильную систему в рабочее состояние (чтобы дать возможность хладагенту перейти в парообразное состояние до того, как он поступит в линию всасывания компрессора, и тем самым избежать гидравлического удара).

Седьмой этап – регулирование рабочих параметров и перегрева паров хладагента на входе в компрессор. На этом этапе, если система недозаправлена, постепенно добавляют хладагент (продолжая освобождать заправочный баллон) до тех пор, пока рабочие параметры не достигнут желаемых значений.

Восьмой этап – проверка работы системы, в том числе на наличие утечек хладагента, и ее маркировка с указанием массы и типа хладагента и масла.

Приведем примеры применения ретрофита с заменой R12 на R409A.

Фирма "Верко", выпускающая широкий ассортимент торговых холодильных шкафов, выбрала R409A для замены R12. При испытаниях, например, холодильного шкафа объемом $1,3\text{ м}^3$, укомплектованного компрессором фирмы Aspera серии T21134A, работающим на минеральном масле, количество R409A в системе составило 0,385 кг (вместо 0,435 кг R12), т.е. на 11% меньше. Скорость охлаждения объема шкафа повысилась с 0,37 до 0,53 $^\circ\text{C}/\text{мин}$. Отмечена стабильная работа холодильной системы.

В дальнейшем фирма "Верко" утвердила R409A в качестве основного для замены R12 в холодильных шкафах.

На международном научно-практическом семинаре "Сервис холодильной техники с использованием озонобезопасных хладагентов", состоявшемся 14–16 марта 2002 г. в Ялте и организованном Министерством охраны окружающей среды Украины и ЧП "Днепро-техбытсервис", была продемонстрирована успешная работа бытового холодильника после ретрофита с заменой R12 на R409A.

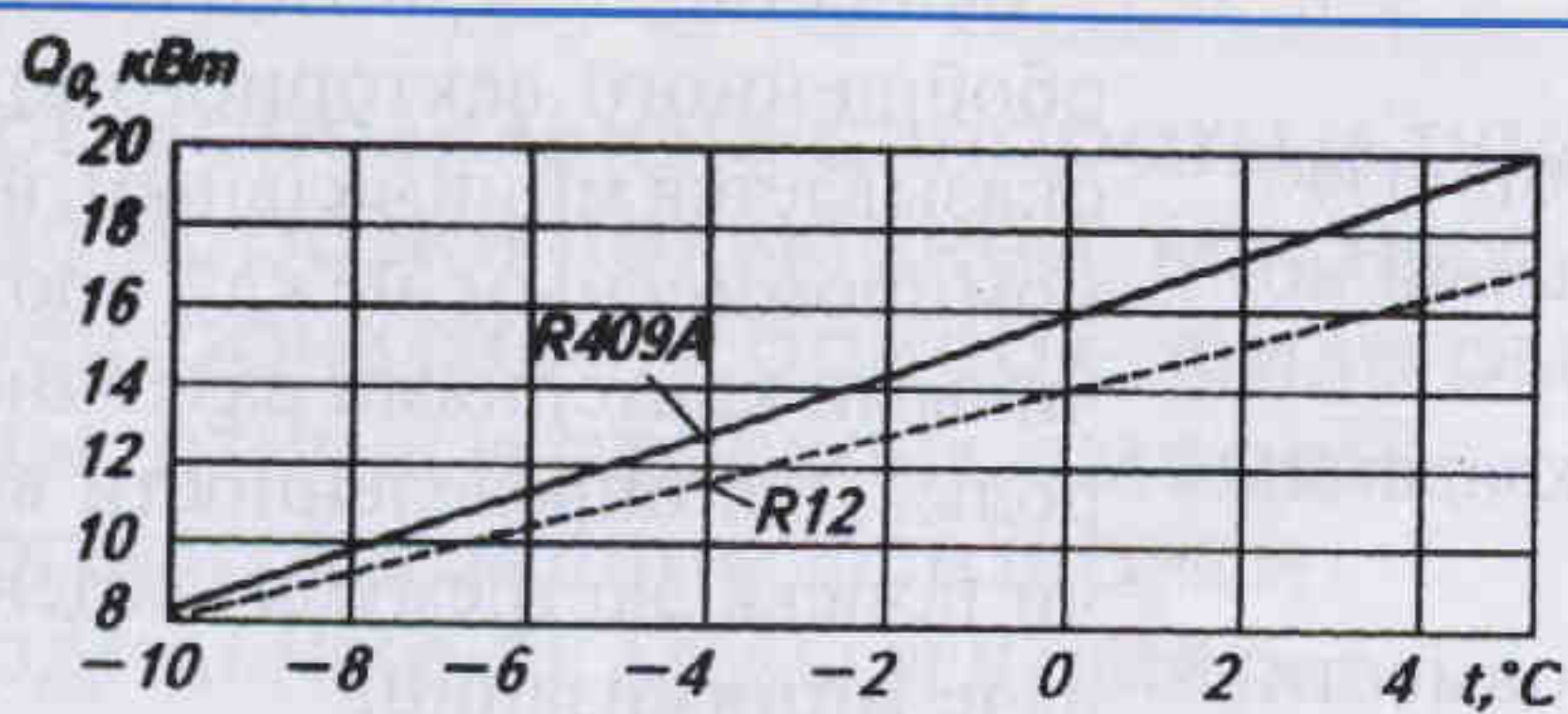


Рис. 5. Зависимость холодопроизводительности компрессора от температуры хладоносителя на примере холодильной установки холодопроизводительностью $Q_0 = 15\text{ кВт}$

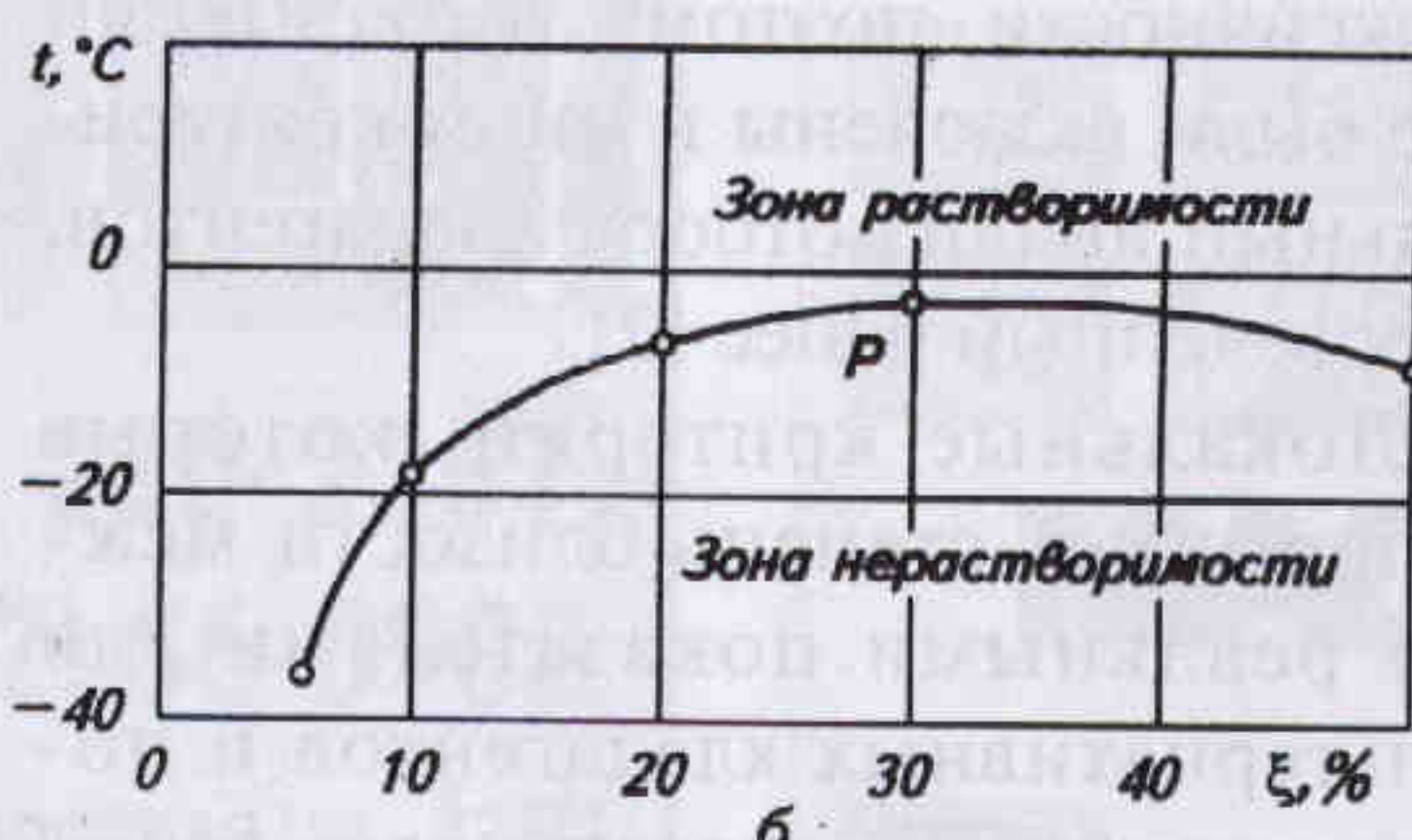
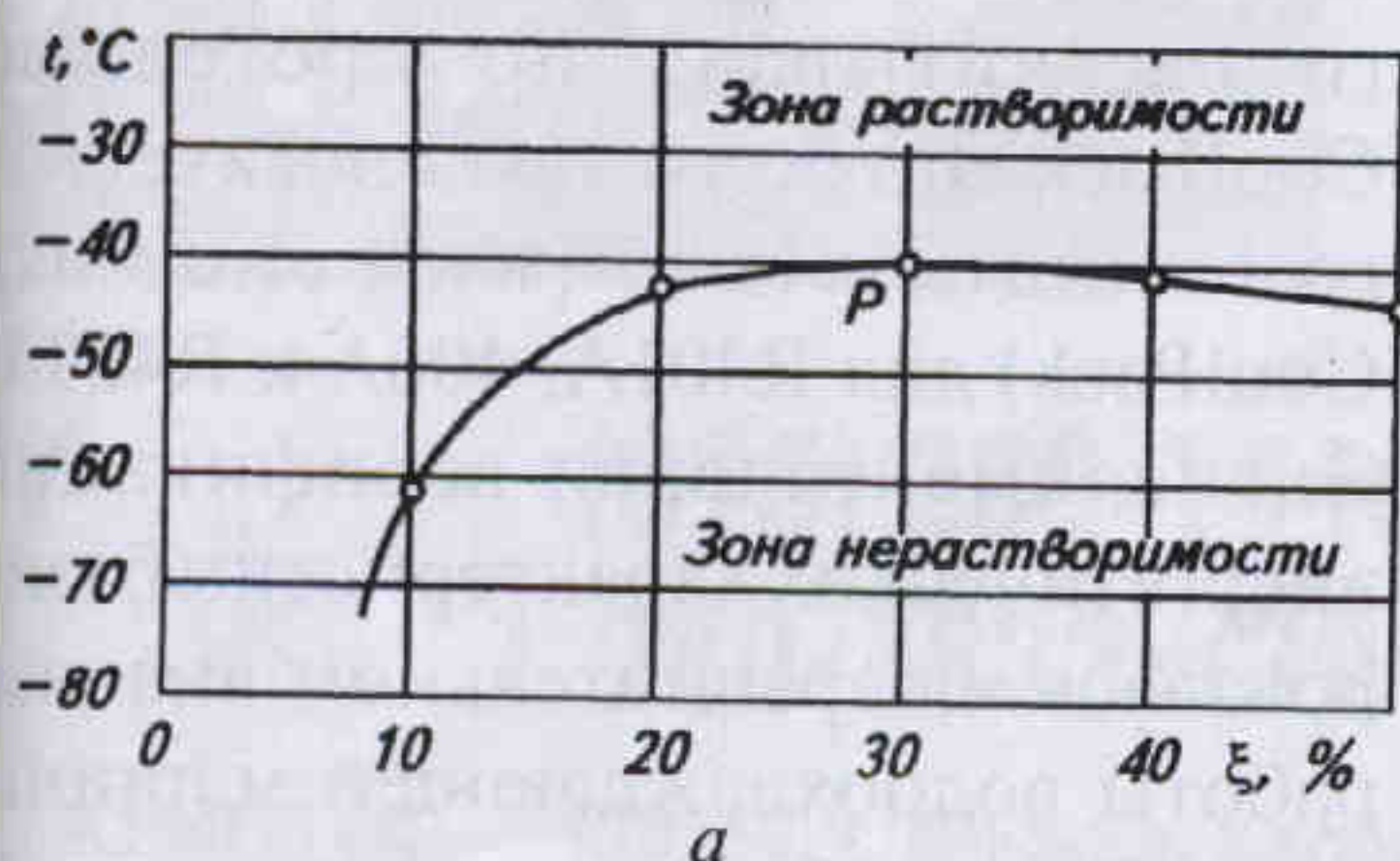


Рис. 6. Область растворимости R409A в маслах:

а – алкилбензолных; б – минеральных; ξ – концентрация компонентов в %