

14. Doremalen N., Bushmaker T., et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1 // The New England Journal of Medicine. – 2020. – № 382. – P. 1564-1567. – DOI: 10.1056/NEJMc2004973.
15. Miller S. L., Nazaroff W. W.; et al. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. Indoor Air. – 2020. – URL: <https://doi.org/10.1111/ina.12751>  
<https://doi.org/10.1101/2020.06.15.20132027>
16. Buonanno G, Stabile L, Morawska L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment // Environment International. – 2020. – № 141. – 105794. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794>

УДК 621.644

### **Технические особенности эксплуатации холодильных систем на гидрофторолефинах**

Жук Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее часто используемые на сегодняшний день в качестве хладагентов гидрофторолефины (ГФО) R1234yf и R1234ze(E) нашли применение в системах кондиционирования, в частности R1234yf используется в кондиционерах многих автопроизводителей для новых моделей начиная уже с 2017 года и даже ранее. Особенности работы с этими олефинами далее и рассмотрим.

Хладагент R1234yf специально создавался как заменитель R134a, в первую очередь в автомобильной промышленности, у них и характеристики максимально идентичны. В автомобильных холодильных системах традиционно используют стандартные масла на основе полиалкилгликолей (PAG), это связано с широким применением алюминия и его сплавов в такой холодильной системе. Для автомобильных систем с хладагентом R1234yf требуется двуконечное PAG, масло премиум-класса, специально созданное для R1234yf.

Использовать PAG масло для хладагента R134a в системе с R1234yf недопустимо! Работать система будет, но с повышенным износом движущихся компонентов, в частности компрессора кондиционера и иглы ТРВ. Специализированные PAG масла для R1234yf имеют обратную совместимость, то есть они могут использоваться с R134a.

Системы с хладагентом R1234yf используют меньший объём хладагента чем системы старого типа, поэтому их следует заправлять строго следуя рекомендациям производителя, учитывая, в том числе, повышенную точность заправки. Заправлять масло необходимо в соответствии и по методикам, рекомендованным производителями компрессоров.

Для обнаружения утечек ГФО применение в системе азота под давлением не позволяет определить конкретное место утечки, хотя и является наиболее точным с точки зрения вероятности обнаружения факта даже малейшей утечки. Использование пенных вещества является старейшим методом, однако сегодня практически проигрывает, поскольку найти с его помощью мельчайшие утечки невозможно, и зачастую их применение крайне затруднено.

Применение УФ-присадок может использоваться и для выявления утечки ГФО. Однако необходимо использовать присадки, допущенные для олефинов, т.к. УФ-присадка должна быть на основе специальных масел, разработанных именно для таких веществ.

Для электронных течеискателей обнаружение мельчайших утечек не представляет сложности. Для поиска утечки олефинов необходимо применять только рекомендованные для них электронные течеискатели, что связано с умеренной горючестью этих веществ. Конструкция такого течеискателя должна предполагать искрозащищенное исполнение корпуса и наконечника. Большинство традиционно используемых течеискателей не подходит для обнаружения утечки олефинов, более того – их применение опасно.

Использование нового хладагента означает изменение стандартов, размеров, фитингов, присоединительных разъемов, резьбы... – это означает обязательным к применению нового оборудования, во избежание аварий при заправке и обслуживании. Часть предлагаемого на рынке сервисного оборудования может работать с новыми и старыми типами хладагентов. Остановимся на основных особенностях.

Быстросъемные муфты для подключения к системе кондиционирования автомобилей, работающей на R1234yf, имеют другие по присоединительным размерам разъемы, обычные муфты для присоединения к такой системе не подойдут. Изменение в конструкции быстросъемных сервисных штуцеров сделано для исключения ошибки по идентификации системы, что делает невозможным случайную ошибочную заправку неподходящим холодильным агентом.

Конструктивно механические сервисные коллекторы не имеют взрывоопасных элементов, поэтому могут использоваться для традиционных хладагентов, в том числе они годятся для работы с

олефинами. Необходимо только установить соответствующие манометры со шкалами температур для олефинов. Применение электронных коллекторов наиболее предпочтительно, т.к. во всех современных моделях в памяти уже есть применяемые ГФО, что существенно упрощает работу с ними. Корпуса электронных коллекторов, как правило, выполнены герметичными и в искрозащищенном исполнении (дополнительно уплотнена крышка отсека с батареями).

Для сбора олефинов можно использовать станции, предназначенные для горючих хладагентов, таких как пропан (R290) и изобутан (R600a), но таких станций на нашем рынке в настоящее время практически не найти. Поэтому сбор олефинов с целью их повторного применения представляет на сегодняшний день определенные трудности.

Для сервиса систем кондиционирования автомобилей давно разработаны и с успехом используются передвижные универсальные станции, позволяющие собрать хладагент, провести его частичную очистку, вакуумировать систему, провести диагностику герметичности холодильного контура, заправить необходимое количество хладагента, при необходимости с добавлением дозы УФ-красителя. Такие станции широко применяются для хладагента R134a, но они не годятся для олефинов опять же по причинам умеренной горючести последних, и не только поэтому.

Станции для работы с R1234yf содержат ряд специальных дополнительных функций (пояснения изложены ниже), однако и стоят такие станции дороже обычного сервисного оборудования. Главное, что все электрические компоненты станции для работы с R1234yf выполнены в искрозащищенном исполнении. Установки оснащаются дополнительной системой вентиляции для предотвращения скопления хладагента внутри корпуса, введён контроль исправности вентилятора. При первом запуске станция проводит интенсивную вентиляцию корпуса в течение установленного времени. Имеется детектор утечки хладагента, что обеспечивает включение автоматической вентиляции корпуса и сигнализацию персоналу. Также применена более технологичная система взвешивания ёмкостей для нового и отработанного масел и УФ-красителя. Сами ёмкости для нового масла и красителя герметичные для предотвращения контакта с воздухом и поглощения влаги из него, оснащены системой распознавания хладагента и определения степени его чистоты, что исключает ошибки в заправке. Управление новой станцией для работы с R1234yf максимально унифицировано со старыми станциями для работы с R134a.

Мы остановились на основных отличительных особенностях технического оснащения для работы с олефинами, остальное же

оборудование и инструменты могут быть использованы такие же, как и для традиционных хладагентов.

### Литература

1. Какие масла использовать для фреонов R1234yf и R1234ze. [Электронный ресурс]. URL: <https://cool-system.ru/blog/ustroystvo-i-osnovnye-uzly-sistemy/kakie-masla-ispolzovat-dlya-freonov-r1234yf-i-r1234ze> (дата обращения 24.09.2020).
2. HFO–хладагенты для систем кондиционирования. [Электронный ресурс]. URL: <https://aboutdc.ru/page/906.php> (дата обращения 24.09.2020).
3. Оборудование для обслуживания кондиционеров. Техническая информация. – 2019. – 115 с.

УДК 621.644

### Анализ свойств перспективных хладагентов

Жук Н.П.

Белорусский национальный технический университет

В начале XXI века после ряда международных соглашений по ограничению выбросов парниковых газов появились заменители существующих гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и гидрофторуглеродов (ГФУ), которые отличаются высоким парниковым воздействием. Остановимся на их основных свойствах.

**Химические свойства.** Гидрофторолефины (ГФО, HFO, коммерческое название) и гидрохлорфторолефины (ГХФО, HCFO) считаются отдельным, отличным от традиционных ГФУ и ГХФУ классом синтетических хладагентов. Отличием ГФО и ГХФО является то, что они ациклические *непредельные* углеводороды (алкены или более знакомое название – олефины) и их галогенные производные. Алкены содержат в молекуле помимо одинарных связей, одну двойную связь между атомами углерода и соответствуют общей формуле  $C_nH_{2n}$ . Их также называют ненасыщенными, так как их молекулы имеют меньшее число атомов, чем насыщенные. На текущий момент известно более десяти ГФО, которые используются в различных отраслях. Наиболее часто используемые на сегодняшний день в качестве хладагентов олефины R1234yf и R1234ze(E).