

# **Информационно-аналитическая записка о переводе сектора сервисного обслуживания кондиционеров воздуха в автомобилях и общественном транспорте на озонобезопасные вещества и технологии**

## **Краткое описание сектора кондиционеров воздуха в автомобилях и на общественном транспорте**

С начала 1950-х гг. вплоть до середины 1990 гг. в кондиционерах воздуха легковых автомобилей и кабин грузовиков использовался один и тот же хладагент – ХФУ-12. Его заменой стал ГФУ-134а, который до сих пор применяется практически повсеместно, хотя запрет на его использование в странах ЕС вступил в силу в 2012 г. В разных странах либо продолжается использование ГФУ-134а, либо он заменяется на ГФО-1234yf, дефицит которого на рынке замедляет процесс перехода. Другой альтернативой перевода автомобильного транспорта на хладагенты, безопасные для озонового слоя и климата Земли, является диоксид углерода (R-744).

Варианты рабочих веществ для кондиционеров городского транспорта, междугородних автобусов и пассажирских поездов более разнообразны: сначала ХФУ-12 и ГХФУ-22, позднее – ГФУ-134а и R-407C. В Германии в некоторых моделях автобусов используется R-744. Более 100 междугородних скоростных поездов оснащены системами с обратным циклом Брайтона-Джоуля.

В Российской Федерации массовое проникновение на рынок автомобильных кондиционеров началось во второй половине 1990-х гг. К настоящему времени доля автомобильных кондиционеров, заправленных ХФУ-12, чрезвычайно мала и не может рассматриваться в качестве сколь-нибудь значимой проблемы при проведении сервисного обслуживания автомобильного транспорта в России. В железнодорожных пассажирских вагонах ХФУ-12 был заменен на смесевые хладагенты на основе ГХФУ российского производства, а затем по мере обновления подвижного состава – на ГФУ-134а и R-407C.

## **Системы кондиционирования воздуха в легковых автомобилях**

Мировое автомобильное производство (в 2014 г. выпущено более 60 млн автомобилей) отличается глубокой специализацией. Системы кондиционирования воздуха выпускаются поставщиками уровня 1, которые производят оборудованные системой управления комплектные системы, предназначенные для обогрева, охлаждения и вентиляции. Сильная конкуренция между поставщиками, созданная автопромышленниками, привела к необходимости выбрать односоставной, уникальный, признанный всеми хладагент. Такой хладагент должен быть товаром широкого потребления. История показывает, что ГФУ-134а был единственным хладагентом, который все автопромышленники выбрали в качестве альтернативы ХФУ-12. Требования настоящего времени остались такими же: однокомпонентный хладагент, признанный во всем мире.

С 2000 по 2010 гг. проводились исследования по разработке систем на R-744, и некоторые производители сообщили о том, что они готовы внедрить этот хладагент. Поставщики первого уровня и автопромышленники разработали несколько технологий использования R-744: внутренние теплообменники, компрессоры с внешним управлением, микроканальные газоохладители и испарители, предназначенные специально для R-744. Разрабатываются новые шланги сверхнизкого просачивания. В 2013 г. возобновился интерес к автомобильным кондиционерам, работающим на R-744, после того как некоторые немецкие производители (Mercedes-Benz, Volkswagen и др.) сообщили о намерении разрабатывать такие системы и решении продолжить использование ГФУ-134а до запуска R-744 в серийное производство.

Были проведены многочисленные испытания в жарком и холодном климате, по результатам которых R-744 показал такую же эффективность, как ГФУ-134а, за исключением работы на холостом ходу и при очень высокой температуре окружающей среды.

Основным препятствием для использования систем на R-744 является их стоимость: даже при годовом производстве не менее 150 000 кондиционеров их стоимость будет как минимум вдвое выше, чем у стандартных кондиционеров. Другой проблемой остается отсутствие признания во всем мире, в силу чего одни и те же модели необходимо оснащать кондиционерами, работающими на R-744 и ГФУ-134а. Два дополнительных препятствия были связаны с надежностью и обслуживанием автокондиционеров на R-744:

вал сальниковых компрессоров имел высокий риск утечки хладагента и отсутствовал опыт использования таких деталей в больших масштабах;

для обслуживания таких систем необходим специально обученный персонал и оборудование, для чего, в свою очередь, необходимо развитие новой мировой сети компаний, обслуживающих автомобили различных брендов.

В электрокарах и гибридных автомобилях, где имеется высокое напряжение, возможно использование герметичных компрессоров. Благодаря этому исключается риск утечки из уплотнений вала и повышается надежность систем, работающих на R-744, однако проблема высокой стоимости остается. В общем можно отметить, что использование R-744 сложно с технической точки зрения и тем самым ограничено. Только лучшие поставщики уровня 1 смогли разработать эффективные компрессоры для работы на R-744.

Углеводороды эффективны и их следует выбирать из-за показателей давления конденсации и испарения. Дополнительные расходы невелики, если не принимать во внимание вопросы безопасности, которые являются основным препятствием для использования хладагентов этого типа в легковых автомобилях. Продажи углеводородных хладагентов для автомобильных кондиционеров продолжатся в некоторых странах, но не примут мирового масштаба и не получат поддержки автопромышленников мирового уровня. В заключение можно отметить, что R-290 не является и не станет признанным во всем мире альтернативным хладагентом для автомобильных кондиционеров.

ГФУ-152а проиграл соревнование с R-744, так как немецкие автопромышленники выступили категорически против использования горючих хладагентов в легковых автомобилях.

В рамках решения проблемы горючести хладагента в 2003 г. производители химических веществ DuPont и Honeywell предложили новые негорючие смеси с низким ПГП (H и DP-1), однако потерпели поражение: смесь H разлагалась, а один из компонентов DP-1 оказался токсичным.

Большим шагом вперед оказалось предложение этих же компаний по внедрению ГФО-1234yf. Он более горюч, чем ГФУ-134а, но обладает примерно такими же термодинамическими свойствами, что упрощает его применение. По мнению разработчиков, невысокая горючесть не создает существенных препятствий для использования этого хладагента.

По результатам многочисленных испытаний были изменены диаметр всасывающей линии и отрегулирован теплообменник, что позволило приблизиться к показателям энергоэффективности ГФУ-134а. Исследования и разработки не показали значительных отличий от лучших в своем классе систем, работающих на ГФУ-134а. Стоимость таких систем обещает быть в 5-7 раз выше, чем систем на ГФУ-134а, однако известно, что в химической промышленности цены могут изменяться до 10 раз в зависимости от объема продаж.

В настоящее время препятствия для использования этого хладагента связаны с патентами производителей химических веществ. Апелляционные суды по патентным делам Великобритании и ЕС признали патент недействительным. Компания Honeywell обжалует это решение. Таким образом, массовое производство систем на ГФУ с низким ПГП откладывается. Несмотря на неопределенность ситуации, обусловленную высокой ценой и малой доступностью, ГФО-1234yf обладает нулевым ПГП и в силу этого рассматривается как реальный выход для автомобильной промышленности, особенно в ЕС, где с 2011 г. действует требование использовать хладагенты с ПГП менее 150 в новых легковых автомобилях. Переход с ГФУ-134а на ГФО-1234yf представляется одним из реальных вариантов, так как в автомобильных кондиционерах предпочитают использовать широко распространенные

решения. Мировые автопроизводители, такие как Toyota, Nissan, Honda и др. (кроме немецких) предпочитают переход на ГФО-1234yf в силу слишком большого количества препятствий для внедрения R-744, в частности, связанных с безопасностью, долговечностью компрессора и обнаружением утечек. В пользу этого говорит также анализ LCCP (англ. Life-Cycle Climate Performance – программа расчета рабочих параметров теплового насоса на протяжении полного жизненного цикла оборудования), который показал, что ГФО-1234yf превосходит R-744 практически при любой температуре окружающего воздуха. Можно отметить, что на данный момент на рынке имеется некоторое количество ГФО-1234yf и уже запущено производство автомобилей на этом хладагенте.

Если не рассматривать перевод действующих кондиционеров на смеси углеводородов, то на сегодняшний день ГФУ-134а пока остается единственным хладагентом, используемым в легковых автомобилях. Из-за отсутствия массового производства ГФО-1234yf даже в странах ЕС новые кондиционеры заправляются ГФУ-134а. Системы на ГФУ-134а являются эталоном для всех альтернативных хладагентов. Условием массового производства кондиционеров является их стоимость, причем между поставщиками уровня 1 наблюдается сильная конкуренция. Единственным очевидным препятствием для использования новых хладагентов является их ППП. Есть основания ожидать, что графики перехода на ГФУ-134а будут различаться по регионам мира.

### **Системы кондиционирования воздуха на общественном транспорте**

В автобусах и пассажирских поездах используются кондиционеры одинакового типа, которые выпускаются малыми сериями (несколько сотен в год). Их холодопроизводительность варьирует от 10 до 35 кВт в зависимости от размера автобуса или железнодорожного вагона. Из-за небольшого размера рыночной доли в этой сфере применяются те же теплообменники, что и в стационарных кондиционерах. В автобусах используются сальниковые компрессоры, которые приводятся в движение двигателем, как в легковых автомобилях. В поездах устанавливаются герметичные компрессоры с электроприводом. Поэтому в автобусах и поездах используются разные хладагенты.

С 1996 г. один из немецких производителей автобусов выпускает системы на диоксиде углерода. R-744 показал хорошие рабочие характеристики в умеренном климате и несколько лет использования этого хладагента не выявили серьезных проблем. Основными барьерами для использования кондиционеров на R-744 являются их стоимость и сложность технического обслуживания. Следует отметить, что разработка систем на R-744 для охлаждения на транспортных средствах компаниями, занимающимися также производством кондиционеров для автобусов и поездов, может активизировать разработку таких систем для автобусов и железнодорожных вагонов.

В заключение можно отметить, что кондиционеры для автобусов и поездов являются узкоспециализированной сферой применения. Разработка новых систем, работающих на R-744, возможна как следствие разработок в областях с большей рыночной долей и учета нормативных ограничений.

В соответствии с требованиями к безопасности транспортных средств применение углеводородных хладагентов в автобусах и железнодорожных пассажирских вагонах запрещено.

По-видимому, разработка кондиционеров на ГФО-1234yf для легковых автомобилей повлечет развитие таких систем для автобусов и пассажирских вагонов, в настоящее время работающих на ГФУ-134а. Переход может произойти на основе опыта использования ГФО-1234yf в автопромышленности. Системы кондиционирования в поездах, работающие на R-407C, в ближайшем будущем могут быть переведены на новые смеси (ГФО-1234yf или ГФО-1234ze).

Как и у кондиционеров в легковых автомобилях, энергоэффективность таких систем примерно такая же, как и на ГФУ-134а при условии небольшой переделки с учетом термодинамических свойств ГФО-1234yf. Стоимость хладагента в настоящее время выше стандартной, однако это не является серьезным препятствием в силу того, что она составляет менее 1% от общей стоимости кондиционера. Основным препятствием на данный момент является отсутствие нормативных ограничений. Перевод систем кондиционирования как с ГФУ-134а на ГФО-1234yf, так и с R-407C на новые смеси с низким ППП не представляет большой сложности.

В самолетах, как правило, используются системы с обратным циклом Брайтона-Джоуля, оснащенные воздушными компрессорами и турбинами. Основным отличием между самолетами и поездами является наружная температура (у самолетов она составляет  $-50^{\circ}\text{C}$ ). Эффективность систем воздушных систем охлаждения в самолетах относительно невысокая – ниже, чем у парокompрессионных систем. Их холодопроизводительность быстро снижается при высокой наружной температуре. Летом 2010 г. несколько немецких междугородних скорых поездов были оснащены подобными системами кондиционирования, однако они оказались неспособны обеспечить достаточное охлаждение, так как были рассчитаны только на эксплуатацию в умеренном климате. Их преимуществом является отсутствие хладагента, а недостатком – снижение холодопроизводительности при высокой наружной температуре.

На сегодняшний день в развитых странах в основном используются ГФУ-134а и R-407C, а в развивающихся – ГФУ-134а и ГХФУ-22. R-407C часто используется в поездах благодаря небольшому размеру систем, встраиваемых в крыши вагонов. Препятствия для использования таких систем связаны с высоким ПГП, даже с учетом того факта, что в ЕС эти сферы применения на несколько лет могли быть исключены из запрета на использование хладагентов с высоким ПГП. Ожидается, что в течение ближайших 10 лет R-407C будет заменен любым из вышеупомянутых альтернативных хладагентов. В целом, использование ГФУ в этих узких сферах может продолжиться, а переход от хладагентов с высоким ПГП на альтернативные хладагенты зависит от общего развития климатического сектора.

## **Выводы**

В автомобильных системах кондиционирования воздуха (в зависимости от страны/региона) оптимальным вариантом является переход на использование в качестве хладагента ГФО-1234yf, однако ограниченное предложение этого хладагента может замедлить переход.

Ряд автопроизводителей (Toyota и др.) рассматривает возможность использования других хладагентов, в частности, R-744, а до его запуска в серийное производство будет применять ГФУ-134а. R-744 показал такую же высокую эффективность, как лучшие в своем классе системы, работающие на ГФУ-134а. Однако основным препятствием для использования систем на R-744 остается их стоимость, а также вопросы безопасности, долговечности компрессора и обнаружения утечек.

В настоящее время использование ГФО-1234yf затормозилось из-за патентных споров производителей химических веществ, что задерживает массовое производство систем, работающих на хладагентах с низким ПГП.