



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ» ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РОССИИ В ОБЛАСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, СВЯЗАННЫХ С ОХРАНОЙ ОЗОНОВОГО СЛОЯ



В.В.КАТЕРУХИН



Канд. техн. наук
В.И.САПРОНОВ



В.И.СМЫСЛОВ

Год 50-летия образования ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг» совпадает с 15-летием подписания Советским Союзом Венской конвенции об охране озонового слоя. ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг» представляет собой головную организацию по холодильному машиностроению, под руководством которой в России проводятся работы по подготовке к переходу на озонобезопасные технологии в этой области техники. Работы охватывают сферы исследования, проектирования, изготовления и эксплуатации холодильного оборудования и осуществляются в двух взаимосвязанных направлениях: организационном и научно-техническом.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

С 1987 г. ВНИИХолодмаш сначала самостоятельно, а затем вместе с родственными организациями, учредителем которых он является, – Ассоциацией “Холод-быт” и Ассоциацией “Холодпром” – разработал серию программ, направленных на решение проблемы, связанной с необходимостью отказа от применения озоноразрушающих веществ (ОРВ) в холодильной технике. Пять лет назад, 24 мая 1995 г., было принято постановление Правительства РФ № 526, одобрявшее “Первоочередные меры по выполнению обязательств Российской Федерации по охране озонового слоя на 1995–1996 гг.”. Этот документ содержит комплексную программу, созданную большим коллективом специалистов различных отраслей, связанных с производством и потреблением ОРВ, и является наиболее полным и обоснованным документом по этому вопросу. В разделе холодильной техники программа включает весь необходимый комплекс работ по исследованию, конструированию, освоению в производстве и проведению ретрофита эксплуатируемого холодильного оборудования в целях перевода его на озонобезопасное исполнение с использованием необходимых материалов и комплектующих.

В дальнейшем в соответствии с указаниями правительства были разработаны новые редакции программы, учитывающие изменение экономической ситуации в стране и внесение корректировок в сам Монреальский протокол.

Для координации действий в стране по выполнению обязательств, предусмотренных Монреальским протоколом, правительством была создана Межведомственная комиссия по охране озонового слоя (постановления Правительства РФ от 20.05.1997 г. № 612 и от 11.03.1999 г. № 280), в состав которой вошли специалисты ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг» и

другие разработчики холодильного оборудования, а также специалистов организаций, эксплуатирующих это оборудование. Созданная в рамках комиссии рабочая группа по холодильному сектору последовательно отстаивает интересы производителей холодильного оборудования, направляя деятельность Межведомственной комиссии в рациональное русло “мягкого” перехода на озонобезопасные технологии в холодильной технике. Особое внимание рабочая группа уделяет обеспечению в переходном периоде работоспособности холодильного оборудования специального назначения, предназначенного в основном для работы на R12.

К положительным результатам деятельности рабочей группы можно отнести перенос срока прекращения производства озоноразрушающих веществ с 01.01.2000 г. на 01.07.2000 г., установление переходного периода для применения озоноразрушающих веществ с постепенной заменой на озонобезопасные до 01.01.2006 г., включение большой номенклатуры холодильного оборудования в Перечень продукции с использованием озоноразрушающих веществ, ввозимой (вывозимой) в Российскую Федерацию. Наличие холодильного оборудования в этом перечне дает возможность его экспорта в страны, примкнувшие к Монреальскому протоколу, при наличии соответствующих контрактов.

Одновременно с выполнением в стране работ по решению “озоновой” проблемы происходят изменения и в самом Монреальском протоколе, направленные на ужесточение регулирования производства и потребления озоноразрушающих веществ путем принятия корректировок к исходному тексту протокола. Общая направленность сегодняшних корректировок в части, касающейся холодильной техники, заключается в попытках сокращения сроков разрешенного применения веществ по

приложению “С” к Монреальскому протоколу. Для усиления позиций российской делегации на совещаниях Сторон Монреальского протокола и на заседаниях его рабочих групп рабочая группа Межведомственной комиссии направляет специалистов-холодильщиков.

Параллельно с развитием самого Монреальского протокола расширяется его взаимодействие с другой международной экологической конвенцией, деятельность которой также приводит к ограничению потребления ряда хладагентов – Рамочной конвенцией по сохранению климата.

К веществам, производство и потребление которых регулируется Рамочной конвенцией, относятся так называемые парниковые газы, т. е. вещества, имеющие высокий потенциал глобального потепления (GWP). Первоначальная номенклатура парниковых газов была существенно расширена Киотским протоколом 1998 г. за счет веществ, широко применяемых в холодильной технике и не подпадающих под регулирование Монреальским протоколом. Система регулирования, предусмотренная Монреальским протоколом и Рамочной конвенцией, различна. В Монреальском протоколе речь идет о регулировании потребления конкретных веществ, а в Рамочной конвенции – о регулировании суммарной эмиссии всех указанных парниковых газов.

Тем не менее, суммируя номенклатурные ограничения обоих международных документов, легко прийти к выводу о том, что на холодильную отрасль оказывается давление с целью исключить из потребления все химически производимые хладагенты, оставляя в качестве экологически “неуязвимых” только природные вещества: аммиак, углеводороды, воду и т.д. Создается бесперспективная ситуация как с существующими, так и с совсем недавно разработанными озонобезопасными хладагентами – моновеществами и смесями

хладагентов. И это уже имеет свои негативные последствия. В докладе недавно прошедшего заседания рабочей группы открытого состава Монреальского протокола в Женеве сформулировано отрицательное мнение по поводу перспектив применения широко известного в мире озонобезопасного хлад-агента R134a как по причине достаточно высокого потенциала глобального потепления ($GWP = 1300$), так и из-за низких по сравнению с заменяемым R12 энергетических характеристик. Еще раньше Глобальный экологический фонд прекратил финансирование проектов перехода на озонобезопасные технологии в производстве холодильной техники, ориентированных на применение R134a.

Все более расширяется практика оценки экологической безопасности хладагентов по коэффициенту эквивалентного потепления TEWI. Применительно к холодильному оборудованию коэффициент TEWI оценивает не только влияние начальной заправки хладагентом и его пополнения в течение срока эксплуатации, но и косвенное воздействие увеличения расхода электроэнергии, потребляемой холодильным оборудованием, на потепление климата.

В сложившейся ситуации деятельность института по решению "озоновой" проблемы ведется в теснейшей связи с работами, направленными на повышение энергетической эффективности создаваемого холодильного оборудования, в том числе на основе расширения областей применения аммиака и углеводородных хладагентов. Ретрофит осуществляется также с учетом необходимости улучшения энергетических характеристик эксплуатируемых холодильных машин. Наиболее высокие результаты достигаются при модернизации центробежных компрессорных холодильных машин, эксплуатируемых на действующих объектах.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Деятельность ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» и сотрудничающих с ним организаций направлена на решение двух задач.

Первая, ближайшая, задача – формирование научно-технической базы, позволяющей отказаться от применения веществ с высоким озоноразрушающим потенциалом, в первую очередь R12, в сфере производства и эксплуатации холодильной техники.

Вторая, более далекая, – решение вопроса о замене хладагентов с малым озоноразрушающим потенциалом, в первую очередь R22.

В рамках решения *первой задачи* основные усилия сконцентрировались на исследовании и создании альтернативных хладагентов, смазочных масел, сорбентов, неметаллических материалов (паронитов и резин), исследовании и модернизации компрессоров для обеспечения эффективной работы их на озонобезопасных хладагентах; совершенствовании технологии

производства, повышении энергетической эффективности холодильных машин в озонобезопасном исполнении и проведении ретрофита эксплуатируемого оборудования.

В основу работ по хладагентам положена созданная специалистами ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» и Ассоциации "Холодбыт" и одобренная экспертной группой Миннауки России "Стратегия перехода на озонобезопасные хладагенты в России". В лаборатории холодильных машин, хладагентов и масел проведены теоретические и экспериментальные исследования термодинамических и эксплуатационных свойств R134a, основного альтернативного заменителя R12. Впервые в России здесь исследовали промышленные холодильные машины и компрессоры, заправленные этим хладагентом. Выполнение комплекса исследований позволило досконально изучить, как влияет замена R12 на R134a на характеристики самих холодильных машин и технологию их производства. Показано, что прямая замена R12 на R134a без значительной доработки конструкции компрессоров и холодильных агрегатов невозможна из-за значительного (10...20 %, а для некоторых режимов работы и более) ухудшения энергетической эффективности работы компрессоров и холодильных машин. Выявлено, что R134a, так же как и другие полностью озонобезопасные хладагенты R125, R218, R143 и R32, плохо растворяются в традиционных минеральных холодильных маслах. Применение совместимого с R134a синтетического смазочного масла связано с необходимостью значительного усложнения технологии производства и повышения требований к очистке и осушке холодильного агрегата. Эти положения подтверждены также многочисленными испытаниями компрессоров и холодильных машин в области бытовой холодильной техники.

Оценен экономически переход на использование R134a в комплексе с полиэфирным смазочным маслом. Вследствие повышенной агрессивности этого комплекса веществ выявилась непригодность большинства применяемых ранее электроизоляционных материалов для встроенных электродвигателей компрессоров.

Совместно с НПП ВНИИЭМ и заводами-изготовителями разработана новая система электроизоляционных материалов (двухслойные эмаль-провода, пазовая и межфазовая изоляция, выводные провода и другие элементы, стойкие в среде R134a и синтетического смазочного масла) и организовано их серийное производство.

Выполнен комплекс испытаний по оценке стабильности системы R134a-синтетическое смазочное масло-сорбенты.

Исследованы в лаборатории института полиэфирные масла фирм "Мобил", "Кастрол", "Эльф Любрифьен" и др. Разработано и испытано отечественное синтетическое смазочное масло XC-22, аналогичное маслу марки Eal Arctic-22 производства фирмы "Мобил". Проведен комплекс

сравнительных испытаний стабильности этого масла при работе в условиях, характерных для различных холодильных машин. Показана хорошая совместимость этого масла с R134a.

Разработан паронит, стойкий в среде R134a и полиэфирного смазочного масла. Выполнен большой объем работ по созданию резино-технических изделий материалов, стойких в этой смеси.

Однако недостатки R134a, необходимость повышения энергетической эффективности холодильного оборудования, нехватка средств для перехода на R134a заставили провести комплекс работ по исследованию и разработке озонобезопасных хладагентов, альтернативных R134a, при переходе на применение которых в производстве холодильного оборудования требуются принципиально меньшие затраты.

Как показал анализ, такими веществами могут быть смесевые хладагенты, базирующиеся на веществах "переходной" группы (приложение «С» к Монреальскому протоколу). Ориентация была сделана на российские разработки хладагентов и российское производство самих веществ. Одновременно были испытаны и зарубежные заменители R12 – хладагенты MP-39 производства фирмы "Дюпон", FX-56 производства фирмы "Эльф Атакем" и некоторые другие вещества.

Силами МЭИ был разработан хладагент CM1 (R22+R218+бутан), показавший высокую энергетическую эффективность при испытаниях на различных моделях бытовых холодильников.

Подробно рассмотрены и проанализированы результаты испытаний смесового горючего хладагента C1 (R152a+изобутан) разработки НИИТП, также показавшего высокую энергетическую эффективность. Этот хладагент позволяет получать характеристики бытовых холодильников на уровне их работы на R12.

Практически сегодня реальной альтернативой R134a для применения взамен R12 являются такие хорошо исследованные отечественные негорючие смесевые хладагенты, как смесь R22+R142b производства Кирово-Чепецкого химкомбината и смеси на ее основе типа C10M1 разработки РНЦ "Прикладная химия" с добавлением в качестве третьего компонента R21. Эти вещества коммерчески доступны на российском рынке и в условиях прекращения производства R12 являются реальным вариантом его замены на внутреннем рынке. Созданы основы технологии работы с этими веществами, которые представляют собой зеотропы и требуют повышенной четкости при осуществлении хранения, заправки и проведении испытаний. Характеристики наиболее перспективных на данный момент заменителей R12 отечественного и зарубежного производств, оцененные в соответствии с требованиями, предъявляемыми к новым хладагентам, приведены в таблице.

Выполненный комплекс работ позволил перейти к созданию нового холодильного



Группы свойств и характеристик хладагентов	R134a	(R22+R142b)	(R22+R142b+R21), C10M1*	C1 (R152a+R600)	MP-39 "Дюпон" (R22+R152a+R124)	FX-56 "Атокем" (R22+R142b+R124)
Теплофизические свойства						
Термодинамические свойства (диаграмма состояния)	Есть данные	Есть данные	Требуется разработка	Есть данные	Есть данные	Есть данные
Свойства переноса (удельная теплоемкость, теплопроводность, вязкость жидкости и пара)	То же	То же	Требуется исследования	То же	Частично	Частично
Теплотехнические характеристики						
(Результаты калориметрических испытаний компрессоров)	Есть для отдельных образцов	Есть для отдельных образцов	Нет	Нет	Есть для отдельных образцов	Есть для отдельных образцов
Эксплуатационные характеристики						
Результаты теплотехнических испытаний БХП	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Результаты длительных испытаний (ресурсные испытания)	До 3000	До 3000	До 5000	До 5000	Нет	Нет
Опыт использования для ретрофита	Есть	Есть	Есть	Нет	Частично	Частично
Взаимодействие с материалами и веществами						
Взаимодействие со смазочным маслом во всем диапазоне температур	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Совместимость с материалами** конструкционными (металлы, пластмассы)	Есть, не полностью	Требуется контрольные испытания	Требуется контрольные испытания	Есть	Требуется контрольные испытания	Требуется контрольные испытания
электроизоляционными	Есть	То же	То же	Нет	То же	То же
уплотнительными (резина, паронит)	Есть, не полностью	"	"	"	"	"
Характеристики безопасности						
Озоноразрушающий потенциал (ODP)	0	0,050	0,050	0	0,03	0,05
Потенциал глобального потепления (GWP)	1300	1500	1500	0,029	0,22	0,30
Токсичность ПДКр.з.	3000	3000	3000	3000/300	3000	3000
Класс опасности	4	4	4	4	—	—
Взрывопожароопасность	Негорюч	Негорюч	Негорюч	Горюч	Негорюч	Негорюч
Характеристики производства						
Наличие оформленных ТУ	ТУ 24-029-00480689-94	ТУ 2412-008-07623164-99	ТУ 2412-003-32837395-98	ТУ 2412-040-00480689-94	Фирменные документы	Фирменные документы
Наличие отечественного производства	Нет	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет

*Вещества марок А, Б, В, Г с различными концентрациями компонентов.

**Данные по импортным аналогам имеются, но относятся к материалам зарубежных фирм, не всегда сопоставимым с отечественными материалами.

оборудования, исключая применение озоноразрушающих веществ, и решить многие вопросы ретрофита эксплуатируемого парка машин.

Так, разрабатываемые спиральные компрессоры предназначены для работы на R134a, а созданный новый ряд винтовых компрессоров – на R22 и т.д.

Решение второй задачи, вытекающей из требований Монреальского протокола, – замена широко распространенного R22 на альтернативные вещества – является достаточно сложным. Основные нарекания на этот хладагент связаны с его озоноразрушающим потенциалом (ODP = 0,055). На это накладывается значительный потенциал глобального потепления (GWP = 1700).

Все возможные чистые вещества, рассматриваемые как потенциальные заменители R22, имеют серьезные недостатки. Хладагент R143a является горючим газом, имеющим повышенное давление и в 2,5 раза более высокий GWP. Хладагент R32 также горюч, имеет очень высокое давление. Хладагент R218 характеризуется значением GWP, в 20 раз более высоким, чем у R22, и очень дорог. Хладон R125 имеет также повышенное давление и токсичность, его GWP в 2 раза выше, чем у R22.

Эти вещества (кроме R218) входят в группу парниковых газов в соответствии с Рамочной конвенцией.

Сотрудниками ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» выполнен теоретический анализ термодинамических циклов холодильных машин на перечисленных выше хладагентах. Из анализа неизбежно следует вывод о том, что ни один из этих хладагентов не в состоянии полностью вытеснить и заменить R22. Во всех альтернативных вариантах остаются области и диапазоны температур кипения и конденсации, в которых применение R22 в чистом виде или в составе смесей хладагентов практически не удастся исключить, заменить его новыми озонобезопасными веществами, без коренного пересмотра сложившихся принципов холодильного машиностроения.

Недостатки чистых веществ обуславливают возможность решения задачи по замене R22 смесевыми хладагентами. Из существующих сегодня заменителей R22 наиболее перспективными считают полностью озонобезопасные трехкомпонентные смеси: квазиазеотропную R404A и зеотропную R407C. По сравнению с R22 обе смеси имеют повышенную (на 10...15 %) удельную объемную холодопроизводительность, но меньший (на 5 %) теоретический холодильный коэффициент. С экологической точки зрения предпочтительнее смесь R407C, у которой коэффициент GWP = 1370, т.е. в 2 раза ниже, чем у R404A, и меньше, чем у R22. С учетом допустимых

сроков применения R22 вопрос о замене его на альтернативные смесевые хладагенты нуждается в дополнительном тщательном рассмотрении, особенно в связи с тем, что для широкой номенклатуры торгового холодильного оборудования R22 является сегодня альтернативой R12, а большинство ретрофитных смесей для R12 содержат это вещество в качестве основной составляющей.

Перспектива регулирования потребления R22 и всех веществ "переходной" группы будет уточнена на предстоящем одиннадцатом совещании Сторон Монреальского протокола в Пекине в конце текущего года.

Развитие процессов регулирования потребления фторпроизводных хладагентов, происходящих в рамках Монреальского протокола и Рамочной конвенции, неизбежно интенсифицирует процесс расширения областей применения аммиака и хладагентов на основе углеводородов. Эти тенденции достаточно четко прослеживаются в зарубежном холодильном машиностроении, в том числе и в изменениях нормативной базы по холодильному оборудованию. Планы перспективных разработок ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» составляются с учетом этих мировых тенденций и направлены на создание полностью озонобезопасного холодильного оборудования высокой энергетической эффективности.