

Перевод холодильных центробежных машин и компрессорного оборудования на озонобезопасные хладагенты в Беларуси

Д. А. АКУЛИЧ¹

д-р техн. наук Б. Д. ТИМОФЕЕВ²

¹6402162@tut.by, ²bortim015@mail.ru

ООО "Центр озонобезопасных технологий"

Приведены сведения о ретрофите турбокомпрессорного оборудования типа 10TXMB-4000-2 с хладагента R12 на азеотропную смесь R142b/RC318 (0,42/0,58) без замены холодильного минерального масла. В холодильном оборудовании фирмы TRANE типа CVGD-39 ретрофит хладагента R12 был рассмотрен в двух вариантах: на R134a и озонобезопасную смесь Экохол (0,05R600a/0,95R134a). На первом этапе был использован R134a с синтетическим маслом. В данной работе озонобезопасная смесь Экохол (0,05R600a/0,95R134a) предлагается для ретрофита холодильного оборудования без замены холодильного минерального масла, но с предварительной проверкой ее работоспособности на экспериментальном стенде.

Ключевые слова: перевод холодильного оборудования на озонобезопасные хладагенты, хладагент типа Экохол, минеральное и синтетическое холодильное масло.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 26.01.2017, принята к печати 15.05.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-50-52

Язык статьи – русский

Для цитирования:

Акулич Д.А., Тимофеев Б.Д. Перевод холодильных центробежных машин и компрессорного оборудования на озонобезопасные хладагенты в Беларуси // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С.

Retrofitting centrifugal refrigerating machines and compressors to HFC refrigerants in Belarus

D. A. AKULICH¹, D.Sc. B. D. TIMOFEEV²

¹6402162@tut.by, ²bortim015@mail.ru

LLC Center of Ozone-safe Technologies

220037, Republic of Belarus, Minsk, 1 tverdyi pereulok, 7/1

The article deals with retrofitting turbomachinery of 10TXMB-4000-2 type from R12 refrigerant to R142b/RC318 (0.42/0.58) to azeotrope mixture without changing mineral oil. Refrigeration equipment of CVGD-39 type by TRANE company was used to retrofit R12 to R134 and to Jekohol HFC mixture (0.05R600a/0.95R134a). R134 with synthetic oil was used at the first stage. Jekohol HFC mixture (0.05R600a/0.95R134a) was proposed to retrofit refrigeration equipment without changing mineral oil, its applicability being checked experimentally.

Keywords: the retrofit of refrigeration equipment to HFC refrigerants, refrigerant of Jekohol type, mineral and synthetic refrigeration oil.

Article info:

Received 26/01/2017, accepted 15/05/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-

Article in Russian

For citation:Akulich D.A., Timofeev B.D. Retrofitting centrifugal refrigerating machines and compressors to HFC refrigerants in Belarus. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p.

В Республике Беларусь, в рамках принятых обязательств по защите озонового слоя Земли, выполняются мероприятия и по ускоренному выводу из обращения озоноразрушающих веществ (ОРВ).

В 2000 г. для МПО «ХИМВОЛОКНО», после детального изучения работы холодильного оборудования типа 10ТХМВ-4000-2 на хладагенте R12 при производстве химволокна, был изготовлен и внедрен смесевой хладагент Экохол-2. Это азеотропная смесь R142b/RC318 с массовым соотношением компонентов 42:58 [1, 2]. При этом не требовалась замена минерального холодильного масла [3].

На УП «Завод полупроводниковых приборов» в турбокомпрессорном оборудовании фирмы TRANE типа CVGD-39 для замены хладагента R12 был рассмотрен R134a и разработаны новые озонобезопасные смесевые хладагенты: 0,1R125/0,9R134a, 0,05R125/0,95R134a, 0,05R600a/0,95R134a и 0,05R125/0,9R134a/0,05R600a.

По результатам анализа расчетов холодильного термодинамического цикла для ретрофита были предложены R134a и смесь типа Экохол (0,05R125/0,95R134a).

В таблице представлены технические параметры холодильной машины фирмы «TRANE» типа CVGD-39 на хладагентах R12, R134a и смеси Экохол (0,05R600a/0,95R134a).

Из таблицы следует, что хладагент R134a и смесь 0,05R600a/0,95R134a по отношению к хладагенту R12:

– увеличивают холодопроизводительность оборудования Q_o на 1,7 и 5,3%, соответственно;

- увеличивают теплопроизводительность конденсатора Q_k на 2,1 и 6,3%, соответственно;
- повышают потребляемую мощность на привод компрессора N_3 на 3,9 и 11,0%, соответственно, что ниже паспортного значения $N_3 = 325$ кВт;
- снижают холодильный коэффициент цикла ε на 6,4 и 8,4%, соответственно;
- число Маха $M_u(1)$ для турбокомпрессора находится в допустимом интервале величин 1,2-1,4 [4].

Технические параметры холодильной машины фирмы «TRANE» типа CVGD-39 на хладагентах R12, R134a и смеси Экохол (0,05R600a/0,95R134a)

Параметр	Обозначение	R12	R134a	0,05R600a/0,95R134a
Молекулярная масса	MM, кг/кмоль	120	102,03	98,318
Объемная производительность турбокомпрессора	V , м ³ /ч	1948	1948	1948
Удельная объемная холодопроизводительность цикла	q_v , кДж/м ³	2089	2123	2200
Удельная массовая холодопроизводительность цикла	q_o , кДж/кг	138,3	140	139,48
Удельная работа на сжатие хладагента	$l(1)$, кДж/кг	26,5	35,64	36,34
Расход хладагента	G_{ax} , кг/с	10,1	8,2	8,53
Холодопроизводительность	Q_o , кВт	1130	1149	1190
Потребляемая мощность на привод турбокомпрессора	N_3 , кВт	281	292	310
Холодильный коэффициент цикла	ε_o	4,2	3,93	3,84
Теплопроизводительность конденсатора	Q_k , кВт	1411	1441	1500
Температура кипения хладагента в испарителе	$t(1'')$, °C	3	3	3
Давление хладагента в испарителе	$P(1'')$, бар (абс.)	3,40	3,16	3,35
Давление хладагента на выходе из турбокомпрессора	$P(2)$, бар (абс.)	11,1	12,0	12,8
Температура хладагента на выходе из турбокомпрессора	$t(2)$, °C	66,7	61,9	59,0
Скорость звука хладагента на входе в турбокомпрессор	$a(1)$, м/с	136,7	146,9	149,8
Число Маха	$M_u(1)$	1,36	1,27	1,24

Указанные в таблице технические параметры холодильной машины фирмы «TRANE» типа CVGD-39 на хладагентах R134a и смеси 0,05R600a/0,95R134a получены по результатам теоретических расчетов с ис-

пользованием программ [5]. Также имеется согласованность с паспортными данными холодильной машины фирмы «TRANE» типа CVGD-39 на хладагенте R12.

На первом этапе холодильная машина фирмы «TRANE» типа CVGD-39 была переведена на R134a с заменой минерального холодильного масла на синтетическое.

Возможен и перевод холодильной машина фирмы «TRANE» типа CVGD-3 на озонобезопасную смесь Экохол (0,05R600a/0,95R134a) без замены холодильного минерального масла. Однако это требует экспериментальной проверки на стенде. Такие исследования проводились в ГНУ «ОИЭЯИ–Сосны» НАН Беларуси на теплонасосном стенде ТН-10М с озонобезопасной смесью Экохол (0,05R600a/0,95R134a) с использованием холодильного минерального масла. Главной проблемой использования указанных выше новых озонобезопасных хладагентов в холодильном оборудовании является не только совместимость хладагента с маслом, но и его возврат в картер компрессора, поскольку в рабочем контуре всегда циркулирует рабочее вещество хладагент-масло [6-8].

Для ПО "ПОЛИМИР" проведены расчеты по переводу холодильного оборудования типа ХТМФ-248-4000 с хладагента R12 на смесь R22/R218 с массовым соотношением компонентов 6:4 [9]. При этом необходима замена минерального холодильного масла на синтетическое с соблюдением технологии промывки холодильного контура. Выполненная работа была использована заказчиком для обоснования покупки нового холодильного адсорбционно-го бромисто-литиевого агрегата.

В рефрижераторных секциях вагонного депо г. Молодечно с холодильным оборудованием типа ВР18х2-1-2 для замены смесового хладагента С10М1 по ТУ 2412-003-32837395-98 был предложен озонобезопасный хладагент группы HFC Экохол 1 (0,8R125/5,7R600a/93,5R134a).

Для смесовых хладагентов группы HFC, в состав которых входит углеводород R600a, возможно применение холодильного минерального масла в

компрессорном оборудовании. Это явилось обоснованием для разработки и исследования таких хладагентов с проверкой их работоспособности на экспериментальной установке ТН-10 в ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси.

На основании вышеизложенного мы рекомендуем в работающем холодильном оборудовании на хладагентах группы HCFC проводить ретрофит на смесевые озонобезопасные хладагенты типа Экохол 1. При этом массовое соотношение компонентов смеси должно определяться с учетом реальных условий эксплуатации холодильного оборудования.

Литература

1. Смесь хладонов Экохол-2: Технические условия. ТУ 2412-014-07623164. – Кирово-Чепецк (Российская Федерация). 2000.
2. Тимофеев Б.Д., Нагула П.К., Заяц Т.А., Акулич Д.А. Результаты экспериментального исследования работоспособности озонобезопасной смеси Экохол 1 с использованием минерального холодильного масла // Вестник Международной академии холода. 2015. № 3.
3. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем. Монография. – Рязань: Узорочь. 2003. 470 с.
4. Бараненко А.В. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, И.А. Сакун, Л.С. Тимофеевский. – СПб.: Политехника, 1997. 992 с.
5. REFPROP // Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties. NIST Standard Reference Database 23. Version 7.1
6. Железный В.П., Семенюк Ю.В. Рабочие тела парокомпрессионных холодильных машин: свойства, анализ, применение: монография. – Одесса: Фенікс, 2012. 420 с.
7. Железный В.П., Мельник А.В. Кипение в гладкой трубе раствора R600a/минеральное масло ISO VG 15 // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С.13-18.

References

1. Mix of hladon Ekokhol-2: Technical specifications. Technical specifications 2412-014-07623164. – Kirovo-Chepetsk (Russian Federation). 2000. (in Russian)
2. Timofeev B.D., Nagula P.K., Zayats T.A., Akulich D.A. Pilot study of Ekokhol 1 ozone-safe mix with the use of mineral refrigerating oil. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2015. No 3. (in Russian)
3. Babakin B.S. Coolants, oils, service of refrigerating systems. Monograph. □ Ryazan': Uzoroch'e. 2003. 470 p. (in Russian)
4. Baranenko A.V. Refrigerators: The textbook for students of technical colleges of specialty "Equipment and Physics of Low Temperatures"/ A.V. Baranenko, N.N. Bukharin, V.I. Pekarev, I.A. Sakun, L.S. Timofeevskii. SPb.: Politekhnik, 1997. 992 p. (in Russian)
5. REFPROP // Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties. NIST Standard Reference Database 23. Version 7.1
6. Zheleznyi V.P., Semenyuk Yu.V. Working bodies of vapor-compression refrigerators: properties, analysis, application: monograph. Odessa: Feniks, 2012. 420 p. (in Russian)
7. Zheleznyi V.P., Mel'nik A.V. Boiling in a smooth pipe of R600a/mineral solution an oil of ISO VG 15. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. No 2. p. 13-18. (in Russian)

8. *McLinden M.O., Klein S.A. Perkins R.A.* An extended corresponding states model for the thermal conductivity of refrigerants and refrigerant mixtures // *Int. J. Refrigeration*. 2000. Vol. 23. P. 43-63.

9. Смесь хладонов 22 и 218 в массовом соотношении 6:4 (опытная): Технические условия. ТУ РБ 14498995-360-99. Минск 1999.

8. *McLinden M.O., Klein S.A. Perkins R.A.* An extended corresponding states model for the thermal conductivity of refrigerants and refrigerant mixtures. *Int. J. Refrigeration*. 2000. Vol. 23. P. 43-63.

9. Mix of hladon 22 and 218 in a mass ratio 6:4 (experienced): Technical specifications. Technical specifications. TU RB 14498995-360-99. Minsk 1999. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Акулич Дмитрий Анатольевич

ООО "Центр озонобезопасных технологий",
220037, Республика Беларусь, г. Минск, 1-й
твердый переулоч, 7/1, 6402162@tut.by

Тимофеев Борис Дмитриевич

д.т.н., ООО "Центр озонобезопасных техно-
логий"

220037, Республика Беларусь, г. Минск, 1-й
твердый переулоч, 7/1, bortim015@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Akulich Dmitry Anatolyevich

LLC Center of Ozone-safe Technologies,
220037, Republic of Belarus, Minsk, 1 tverdyi
pereulok, 7/1, 6402162@tut.by

Timofeev Boris Dmitriyevich

D.Sc., LLC Center of Ozone-safe Technologies,
220037, Republic of Belarus, Minsk, 1 tverdyi
pereulok, 7/1, bortim015@mail.ru