

УДК 621.574

Перевод турбокомпрессорного холодильного оборудования с хладона R22 на озонобезопасные смесевые хладагенты

Д. А. АКУЛИЧ

ОДО «Холодильное оборудование», 220113, г. Минск, ул. Мележа, 5-1

Канд. техн. наук **В. В. АНАНЬЕВ**Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского
109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73**М. И. МЕРКУЛОВ**

ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова», 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, 2

Д-р техн. наук **Б. Д. ТИМОФЕЕВ**

ГНУ «ОИЭЯИ — Сосны» НАН Беларуси, 220109, г. Минск, ул. академика А. К. Красина, 99

The present paper proposes variants to retrofit turbo compressor refrigeration equipment running on R22 to use ozone friendly blend refrigerants. Retrofitting recommendations were developed in "Joint Institute for Power and Nuclear Research — Sosny" Relorussian NAS. Refrigerant blend RC318/R142b, of required composition and supplied quantity, was realized by ODO "Refrigeration equipment".

Key words: thermodynamic cycle, compressor, chladone R22, Mach number.

Ключевые слова: термодинамический цикл, компрессор, хладон R22, число Маха.

Перевод компрессорного холодильного оборудования с озоноразрушающего хладона R12 на альтернативные и озонобезопасные хладагенты стали проводить страны, которые ратифицировали Монреальский протокол 1987 г. с последующими поправками. Однако Киотский протокол 1997 г. ограничил потребление и альтернативных, и озонобезопасных хладонов. Таким образом, создалась сложная ситуация в обеспечении холодом во всех странах, которые ратифицировали документы Монреальского и Киотского протоколов по ограничению производства и потребления озоноразрушающих веществ даже с относительно небольшой величиной озоноразрушающего потенциала ($ODP < 0,06$). При этом растет перспектива применения таких хладагентов, как аммиак, диоксид углерода, углеводороды, воздух и др. То, что это требует существенной модернизации огромного количества работающего холодильного оборудования и вынужденных материальных затрат, не обсуждается научной общественностью, так как основной целью является выработка компромиссного предложения с научным обоснованием уменьшения материального ущерба обществу от принимаемых государственными чиновниками обязательств.

В настоящей работе предлагаются варианты перевода (ретрофита) работающего турбокомпрессорного оборудования с хладона R22 на озонобезопасные смесевые хладагенты. В первом приближении ретрофит будет успешным, если число Маха на входе в первую ступень на новом хладагенте не менее числа Маха на хладоне R22 [1]. Это условие необходимо соблюдать и при ретрофите турбокомпрессорного оборудования с хладона R12.

Такой подход был успешно реализован при ретрофите турбокомпрессорной машины типа 10ТХМВ-4000 с хладона R12 на альтернативный смесевой хладагент Экохол 2 (RC318/R142b) в Беларуси на МПО «Химволокно» [2]. Рекомендации по ретрофиту были разработаны в «ОИЭЯИ—Сосны» НАН Беларуси. Изготовление смесевых хладагентов (RC318/R142b) требуемого состава выполнило ОДО «Холодильное оборудование».

В таблице приведены результаты расчетов двухступенчатого термодинамического холодильного цикла на хладонах R22, R404a, R407c и R507a, которые положены в основу обоснования ретрофита холодильного оборудования с компрессором ЧКД—ПРАГА.

**Результаты расчетов двухступенчатого термодинамического холодильного цикла
на хладагонах с компрессором ЧКД–ПРАГА**

| Хладагент | $t(1'')$, °С | $P(1'')$, бар | $P(2)$, бар | $t(2)$, °С | Глайд, °С | ε | a , м/с | M_{u2} | Q_o , МВт | N_o , МВт |
|-----------|---------------|----------------|--------------|-------------|-----------|---------------|-----------|----------|-------------|-------------|
| R22 | –40,8 | 1,05 | 10,5 | 57,6 | 0 | 2,09 | 159 | 1,11 | 3,5 | 1,67 |
| R404a | –40,9 | 1,06 | 12,5 | 35,6 | 0,7 | 2,00 | 143 | 1,24 | 3,5 | 1,75 |
| R407c | –45,1 | 0,50 | 10,0 | 48,3 | 6,6 | 1,90 | 156 | 1,14 | 3,5 | 1,84 |
| R507a | –41,0 | 1,05 | 13,0 | 41,6 | 0 | 2,04 | 142 | 1,25 | 3,5 | 1,72 |

В таблице приняты следующие обозначения: $t(1'')$ — температура кипения хладагента в испарителе; $P(1'')$ и $P(2)$ — давление хладагента на входе и выходе компрессора, соответственно; $t(2)$ — температура хладагента на выходе компрессора; Глайд — неравномерность температуры фазового перехода при постоянном давлении хладагента в конденсаторе; ε — холодильный коэффициент цикла; a — скорость звука в хладагенте при параметрах входа в компрессор; M_{u2} — число Маха хладагента на входе в компрессор, Q_o и N_o — расчетные значения холодопроизводительности и мощности на привод компрессора, соответственно.

Из таблицы следует, что на смешевых хладагентах по сравнению с R22 уменьшается величина холодильного коэффициента цикла, соответственно возрастает мощность на привод компрессора. Установленный компрессор ЧКД–ПРАГА по технической документации имеет запас по мощности, т. е. возможен ретрофит холодильного оборудования с хладона R22 на предлагаемые смешевые хладагенты. При этом необходима замена используемого холодильного масла на минеральной основе на синтетическое с соответствующей вязкостью. До ретрофита фреоновый контур должен быть промыт для снятия эксплуатационных отложений с заменой фильтрующих элементов.

Теоретически возможно применение и других смешевых хладагентов как с целью снижения числа Маха, так и для исключения процедуры замены холодильного масла на минеральной основе. Однако требуется экспериментальная проверка. Такая работа проводится в «ОИЭЯИ–Сосны» НАН Беларуси.

Для перевода холодильных машин с компрессором ЧКД–ПРАГА с хладона R22 на рекомендуемые озонобезопасные смешевые хладагенты R404a, R407c и R507a и их модификации на первом этапе работ требуется:

- экспериментальная проверка давления пара хладагента при параметрах на входе в компрессор;
- исследование совместимости и работоспособности холодильного масла на минеральной основе (для вариантов применения модифицированных озонобезопасных

хладагентов без замены холодильного масла на минеральной основе);

- исследование работоспособности переходной смеси, которая образуется путем долива в систему модифицированного смешевого хладагента с целью снижения общих затрат на ретрофит и др.

На втором этапе работы «ОИЭЯИ–Сосны» НАН Беларуси и ОДО «Холодильное оборудование» планируют выполнение следующих работ:

- изучение системы холодильного оборудования с компрессором ЧКД–ПРАГА;
- разработка вариантов ТЭО по ретрофиту с хладона R22 холодильных машин с компрессором ЧКД–ПРАГА;
- разработка технологического регламента ретрофита;
- изготовление и поставка на испытание требуемого количества смешевого хладагента и холодильного масла;
- участие в процессе ретрофита в пуско-наладочных работах и испытаниях с целью проверки полученных результатов и подтверждения расчетных показателей.

В «ОИЭЯИ–Сосны» НАН Беларуси в рамках ГКПНИ (2006–2010 гг.) по заданию «Тепловые процессы 30» на тепло-насосном стенде ТН-10 проводились теоретические и экспериментальные исследования нового озонобезопасного смешевого хладагента RC318/E170 с применением холодильного масла на минеральной основе. Были получены положительные результаты для внедрения этого смешевого хладагента в тепло-насосном оборудовании. Необходимая масса смешевого хладагента была изготовлена и поставлена ОДО «Холодильное оборудование».

Список литературы

1. Чистяков Ф. М. Холодильные турбоагрегаты. — М.: Машиностроение, 1967.
2. Сухомлинов И. Я., Головин М. В., Славущий Д. Л. и др. Использование отечественных смешевых хладагентов для ретрофита холодильных машин центробежными компрессорами // Холодильная техника. 2001. № 6.