ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 17584— 2015

СВОЙСТВА ХЛАДАГЕНТОВ

ISO 17584:2005
Refrigerant properties

(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык указанного в пункте 4 международного стандарта

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 60 «Химия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июня 2015 г. № 793-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 17584:2005 «Свойства хладагентов» (ISO 17584:2005 «Refrigerant properties»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочного международного стандарта соответствующий ему национальный стандарт Российской Федерации, сведения о котором приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0–2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2015

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 1
4 Вычисление свойств хладагентов ... 2
5 Характеристики для индивидуальных хладагентов ... 6
5.1 Общие положения ... 6
5.2 R744. Диоксид углерода ... 6
5.3 R717. Аммиак ... 9
5.4 R12. Дихлордифторметан ... 12
5.5 R22. Хлородифторметан ... 16
5.6 R32.Дифторметан ... 20
5.7 R123. 2,2-Дихлор-1,1,1-трифторэтан ... 23
5.8 R125. Пентафторэтан ... 27
5.9 R134a. 1,1,1,2-Тетрафторэтан ... 30
5.10 R143a. 1,1,1-Трифторэтан ... 33
5.11 R152a. 1,1-Дифторэтан ... 36
5.12 R404A — R125/143a/134a (44/52/4) ... 40
5.13 R407C — R32/125/134a (23/25/52) ... 43
5.14 R410A — R32/125 (50/50) ... 46
5.15 R507A — R125/143a (50/50) ... 49
Приложение А (обязательное) Требования для заявления о соответствии настоящему стандарту ... 52
Приложение В (справочное) Вычисление термодинамических свойств чистых текучих сред из уравнения состояния ... 54
Приложение С (справочное) Вычисление термодинамических свойств смесей из уравнений состояния ... 56
Приложение D (справочное) Литературные ссылки на уравнения состояния и «проверочные значения» ... 58
Приложение Е (справочное) Изменчивость свойств смеси из-за допустимых отклонений состава ... 63
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам) ... 65
Библиография ... 66

Введение

Настоящий стандарт, подготовленный Рабочей группой 7 Подкомитета 8 Международного технического комитета ИСО ТК 86 (ISO/TC 86/SC 8/WG 7), является новым международным стандартом. Он связан с международным стандартом ИСО 817 и дополняет его. Целью настоящего стандарта является рассмотрение различий при оценке производительности (работы), обусловленных использованием разных свойств хладагентов, что создает сложности, особенно в международной торговле. В настоящий стандарт включены те текучие среды и их свойства, по которым доступно достаточное количество данных высокого качества. В то время как рабочая группа определила целесообразность включения дополнительных текучих сред, таких как углеводороды, и включения переносных свойств, таких как вязкость и теплопроводность, модели данных для них, как было определено, недостаточны в настоящее время, чтобы они были включены в международный стандарт. По этой причине рабочая группа решила подготовить настоящий стандарт не таким полным, каким он должен быть, но своевременным, а не задерживать издание стандарта в ожидании дополнительных данных. Рабочая группа продолжает работу по включению дополнительных текучих сред и дополнительных свойств в настоящий стандарт. Предусмотрено, что настоящий стандарт будет подвергаться регулярной проверке и пересмотру.

Для такого применения, как оценка производительности охлаждающего оборудования, согласование значений всех свойств между всеми сторонами является более важным, чем абсолютная точность, но проще всего можно достигнуть консенсуса, когда доступна информация высокого качества о свойствах.

Принимая это во внимание, рабочая группа взяла в качестве начальной точки результаты приложения 18 программы Международного агентства энергетики «Теплофизические свойства хладагентов обратных тепловых машин, приемлемых для окружающей среды» [7]. Данное приложение содержит всесторонние оценки доступных уравнений состояния и их рекомендуемые представления для рядов хладагентов R123, R134a, R32, R125 и R143a. К участию в данном процессе было приглашено большое количество участников, каждый мог представить для оценки уравнение состояния. Представления для R123, R134a, R32 и R143a, принятые в настоящем стандарте, такие же, как и представления, рекомендуемые приложением 18 (современное уравнение состояния для R125, принятое в настоящем стандарте, как было показано, является более точным, чем прежние представления, рекомендованные приложением 18).

Простое сравнение моделей смесей, описанных в приложении 18, облегчает распространение и принятие подхода моделирования новой смеси. Эта модель основывается на энергии Гельмгольца для каждого из компонентов смеси, этот же подход используют в базе данных свойств хладагентов NIST REFPROP [5] и в расширенной таблице свойств, опубликованной Японским обществом инженеров по охлаждению и кондиционированию воздуха [12]. Модель Леммона и Якобсена (примененная в базе данных REFPROP) проще чем модель Тильнера-Рота и др [12], в том, что она избегает тройных условий взаимодействий, требуемых в модели Тильнера-Рота, обеспечивая практически такое же воспроизведение экспериментальных данных. По этой причине, так же как и по причине широкого применения REFPROP, для свойств смесей, определенных в настоящем стандарте, была принята за основу модель Леммона и Якобсена.

Одним существенным недостатком представлений, принятых здесь, является их сложность. Учитывая это, настоящий стандарт позволяет «альтернативное применение». Под «альтернативным применением» подразумевают возможность использования упрощенных уравнений состояния, которые могут быть применимы в ограниченном интервале диапазонов условий, или применение простой корреляции отдельных свойств (например, выражения для давления паров или энтальпии насыщенного пара). Настоящий стандарт не ограничивает форму такого альтернативного применения, но он предъявляет требования в виде приемлемых допусков (отклонений от значений, указанных в стандарте), приведенные в приложении А, которым должно соответствовать альтернативное применение.

Вопрос приемлемых отклонений для альтернативного применения вызвал больше всего дискуссий в рабочей группе. Некоторые представители рабочей группы считали, что отклонения должны быть достаточно большими, чтобы охватить как можно больше применяемых представлений. Другие представители считали, что это не соответствует цели настоящего стандарта, которая заключается в гармонизации значений свойств, применяемых в промышленности. Концепция альтернативного применения с установленными приемлемыми отклонениями не должна стать одобрением использования «неправильных» данных, а должна допустить возможность для простых, специфичных для различных применений уравнений, которые согласовывались бы со свойствами, определенными в настоящем

стандарте. В итоге были выбраны достаточно строгие отклонения. Опыт и рекомендации Европейской ассоциации производителей холодильного компрессионного оборудования (ASERCOM) имели значительное влияние. Они имели опыт с упрощенными уравнениями свойств, которые соответствовали и хорошо согласовывались с подобными уравнениями, рекомендованными в настоящем стандарте. Они рекомендовали строгие отклонения.

Данные отклонения не обязательно обуславливают отсутствие необходимости исходных экспериментальных данных или уравнений состояния для соответствия данным. Приемлемые отклонения, определенные в приложении А, были выбраны, чтобы в итоге давать «разумные» количественные отличия в расчетах, выполненных исходя из данных свойств, например для цикла эффективности или для степени компрессии. Например, допустимые отклонения, определенные в приложении А, приводят к общему отклонению примерно 2,5 % в эффективности для работы идеального цикла охлаждения между температурой испарения минус 15 °С и температурой конденсации плюс 30 °С. Для сравнения международный стандарт ИСО 817 определяет, что первичный баланс энергии для испытаний компрессора согласуется с данными потока с точностью 4 %.

Отклонения являются относительными (т. е. плюс или минус 1 %) для некоторых свойств и абсолютными для других свойств (например, плюс или минус постоянное значение энтальпии). Свойства, такие как энтальпия и энтропия, которые могут быть отрицательными, требуют абсолютных допустимых отклонений; любое приемлемое изменение в процентах будет слишком строгим при значениях, близких к нулю. Приемлемые отклонения для энтальпии и энтропии масштабированы при помощи энтальпии и энтропии испарения для каждого хладагента. Масштабирование возникает из анализа цикла, который выявил, что постоянные допуски являются причиной большого отличия в чувствительности эффективности цикла, зависящей от энтальпии и энтропии испарения. При помощи масштабирования приемлемых отклонений значений испарения разрешают большие отклонения для текучих сред с высокой теплотой испарения, таких как аммиак.

Отклонения применяют к индивидуальным термодинамическим состояниям. При анализе цикла и оборудования важны отличия в энтальпии и/или энтропии между двумя состояниями. Однако не представляется возможным простым путем определить приемлемые отклонения, основанные на паре состояний, из-за большого количества интересующих нас возможных пар.

Значения C_v и C_p (значения теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении соответственно) приближаются к бесконечности в критической точке, но действительные значения, которые могут быть получены при помощи уравнения состояний, являются большими числами и могут варьироваться от компьютера к компьютеру из-за ошибок округления в расчетах. В соответствии с теорией критической области скорость звука в критической точке равна нулю; все традиционные уравнения состояния (включая уравнения состояния в настоящем стандарте), однако, не воспроизводят это поведение. Вместо того чтобы перечислить значения, которые не сходятся с теорией или с определенными уравнениями состояния, данные точки не включены в настоящий стандарт.

Значение газовой постоянной R варьируется в зависимости от конкретной текучей среды. Таким же образом варьируется и количество значащих цифр, представленных для молекулярных масс M. Значения для R и M взяты из изначального уравнения состояния в соответствии с научными источниками. Эти значения были взяты, чтобы обеспечить соответствие с оригинальными источниками. Различные значения R отличаются меньше чем на 5×10^{-6} (равнозначно части на миллион, пренебрежимо малое значение) от принятого в настоящее время значения 8,314472 Дж/моль·К и приводят к таким же малым различиям в свойствах. Составы смесей хладагентов (ряды R400 и R500) установлены в единицах массы, но уравнения состояния даны на основе молей. Массовый состав был переведен в эквивалентный молярный и приведен в разделе 5; большое количество значащих цифр приведено для соответствия с таблицами «проверочных значений», приведенными в приложении D.

Международный стандарт будет подвергаться регулярной проверке и будет проверяться каждые пять лет (см. раздел 5). Любая сторона, заинтересованная в том, чтобы включить в настоящий стандарт дополнительный хладагент или пересмотреть хладагенты, рассматриваемые в настоящем стандарте, должна отправить запрос в секретариат технического комитета ИСО ТК 86.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОЙСТВА ХЛАДАГЕНТОВ

Refrigerant properties

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет теплофизические свойства нескольких широко используемых хладагентов и смесей хладагентов.

Настоящий стандарт применим к хладагентам R12, R22, R32, R123, R125, R134a, R143a, R152a, R717 (аммиак) и R744 (диоксид углерода) и смесям хладагентов R404A, R407C, R410A и R507A. Включены следующие свойства: плотность, давление, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, теплоемкость при постоянном давлении, теплоемкость при постоянном объеме, скорость звука и коэффициент Джоуля-Томсона как в однофазном состоянии, так и на границе насыщения жидкости/пара. Числовое обозначение хладагентов — в соответствии с ИСО 817.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий международный стандарт*:

ИСО 817 Хладагенты. Обозначение и классификация по безопасности (ISO 817, Refrigerants – Designation and safety classification)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **алгоритм** (algorithm): Процедура вычисления свойств хладагента.

Примечание — Алгоритм наиболее часто представляет собой компьютерную программу. Алгоритм может также состоять из одной или более корреляций одного свойства, как допускается в 4.4.

3.2 **смесь** (blend): Смесь двух или более химических соединений.

3.3 **критическая точка** (critical point): Состояние, при котором свойства насыщенной жидкости и свойства насыщенного пара становятся эквивалентными.

Примечание — По раздельности жидкость и пар не существуют выше температуры критической точки для чистой жидкости. Правильнее использовать термин «критическая точка для газа-жидкости», чем термин «критическая точка».

3.4 **уравнение состояния** (equation of state): Математическое уравнение, которое является полным и термодинамически согласованным представлением термодинамических свойств текучей среды .

* Для датированных ссылок используют только указанное издание стандарта. В случае недатированных ссылок — последнее издание стандарта, включая все изменения и поправки.

Издание официальное

Примечание — Уравнение состояния наиболее часто представлено как зависимость давления или энергии Гельмгольца от температуры, плотности и (для смеси) состава. Другие термодинамические свойства получены через интегрирование или дифференцирование уравнений состояния.

3.5 **текучая среда, хладагент** (fluid, refrigerant): Вещество, существующее в жидкой и/или газообразной стадиях, используемое для переноса теплоты в холодильных системах.

Примечание — Текучая среда поглощает теплоту при низкой температуре и низком давлении, затем высвобождает теплоту при более высокой температуре и более высоком давлении, как правило, с переходом в другое фазовое состояние.

3.6 **состояние насыщения жидкости-пара** (liquid-vapour saturation): Состояние, при котором жидкая и газообразная фазы текучей среды находятся в термодинамическом равновесии друг с другом при общих температуре и давлении.

Примечание — Такие состояния существуют от тройной точки до критической точки.

3.7 **переносные свойства** (transport properties): Вязкость, теплопроводность и коэффициент диффузии.

3.8 **термодинамические свойства** (thermodynamic properties): Плотность, давление, летучесть, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса и энергия Гельмгольца, теплоемкость, скорость звука и коэффициент Джоуля-Томпсона как в однофазном состоянии, так и на границе насыщения жидкости-пара.

3.9 **теплофизические свойства** (thermophysical properties): Все термодинамические, переносные и другие различные свойства.

3.10 **тройная точка** (triple point): Состояние, при котором твердая, жидкая и газообразная фазы вещества находятся в термодинамическом равновесии.

4 Вычисление свойств хладагентов

4.1 Общие положения

Настоящий стандарт определяет свойства хладагентов, перечисленных в разделе 1. Значения данных свойств являются результатом экспериментальных измерений. Однако не всегда возможно непосредственно применять экспериментальные данные; они могут быть не известны для необходимых условий, и некоторые свойства, такие как энтропия, не могут быть измерены непосредственно. Тем не менее обычное оформление данных в виде таблиц, даже для свойств, которые измеряются непосредственно, неудобно для современного инженерного применения. Таким образом, чтобы предоставить возможность вычисления значений свойств при определенном термодинамическом состоянии, необходимы методы корреляции данных.

Значения свойств, приведенные в настоящем стандарте, рассчитаны из определенных уравнений состояния, хотя допускают и альтернативные алгоритмы. Основной частью настоящего стандарта являются свойства сами по себе, а уравнения состояния являются удобным способом представлять и воспроизводить значения свойств. Значения, приведенные в таблицах настоящего стандарта, таким образом, представляют только ряд значений, определенных в настоящем стандарте; полный диапазон условий дан для каждого хладагента в разделе 5. Уравнение состояния — это математическое уравнение, которое является полным и термодинамически согласованным представлением термодинамических свойств текучих сред. Данные уравнения были выбраны на основе следующих критериев:

a) точность воспроизведения доступных экспериментальных данных;

b) применимость в широком диапазоне температур, давлений и плотностей;

c) правильное поведение при экстраполяции за пределы экспериментальных данных;

d) предпочтение полностью задокументированным и опубликованным представлениям.

4.2 Уравнения состояния для однокомпонентных хладагентов

Уравнения состояния для однокомпонентных хладагентов могут выражать приведенную молярную энергию Гельмгольца A как функцию от температуры и плотности. Уравнение состоит из отдельных составляющих, вытекающих из поведения идеального газа (нижний индекс id) и вклада «остатка» или «реальной текучей среды» (нижний индекс r), как приведено в следующей формуле

$$\phi = \frac{A}{RT} = \phi_{id} + \phi_r , \qquad (1)$$

где R — газовая постоянная.

Уравнения такой формы могут быть записаны в молярных единицах или в единицах массы. Для последовательного представления в настоящем стандарте уравнения состояния изначально были опубликованы в единицах массы и затем переведены в молярные единицы. Вклад «остатка» или «реальной текучей среды» описан в уравнении

$$\phi_r = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^{m_k}\right], \quad (2)$$

где N_k — числовые коэффициенты, введенные с целью соответствия экспериментальным данным;

τ — безразмерная температурная переменная T'/T,

где T' — приведенный параметр, который часто эквивалентен критическому параметру;

δ — безразмерная переменная плотности ρ/ρ',

где ρ' — приведенный параметр, который часто эквивалентен критическому параметру;

α_k, β_k, ε_k и γ_k — параметры оптимизации для конкретной текучей среды или групп текучих сред при помощи алгоритма, начинающего с большого количества параметров, или при помощи процесса нелинейной подгонки;

t_k, d_k, l_k и m_k — показатели степени для оптимизации для конкретной текучей среды или групп текучих сред при помощи алгоритма, начинающего с большого количества параметров, или при помощи процесса нелинейной подгонки.

Вклад идеального газа может быть представлен одним из нескольких способов. Одно из представлений, основанное на теплоемкости идеального газа, представлено в уравнении

$$\phi_{id} = \frac{h_{ref}}{RT} - \frac{s_{ref}}{R} - 1 + \ln\left(\frac{RT\rho}{p_{ref}}\right) + \frac{1}{RT}\int_{T_{ref}}^{T} C_{p,id}\,dT - \frac{1}{R}\int_{T_{ref}}^{T} \frac{C_{p,id}}{T}\,dT, \quad (3)$$

где h_{ref} — произвольное исходное значение энтальпии для идеального газа в исходном состоянии, определенном T_{ref};

s_{ref} — произвольное исходное значение энтропии для идеального газа в исходном состоянии, определенном T_{ref} и p_{ref}.

В настоящем стандарте h_{ref} и s_{ref} выбраны для выведения исходного состояния при энтальпии, равной 200 кДж/кг, и энтропии, равной 1 кДж/(кг·К), для насыщенной текучей среды при 0°С. Такие значения h_{ref} и s_{ref} служат только для справки; допустимы различные значения, отвечающие различным условиям исходного состояния.

Теплоемкость в состоянии идеального газа $C_{p,id}$ может быть представлена как функция от температуры в общей форме, состоящей из отдельных слагаемых полиномиального (эмпирического) и экспоненциального (теоретического) членов, как приведено в уравнении

$$\frac{C_{p,id}}{R} = c_0 + \sum_k c_k T^{t_k} + \sum_k a_k \frac{u_k^2 \exp(u_k)}{[\exp(u_k) - 1]^2}, \quad (4)$$

$$u_k = \frac{b_k}{T}; \quad (5)$$

где

c_k, a_k, b_k и t_k — числовые коэффициенты и показатели степени, соответствующие экспериментальным данным или полученные при помощи теоретических расчетов.

Второе представление вклада идеального газа дано непосредственно из уравнения для свободной энергии Гельмгольца, как показано в уравнении

$$\phi_{id} = d_1 + d_2\tau + \ln\delta + d_3 \ln\tau + \sum_k d_k \tau^{t_k} + \sum_k a_k \ln[1 - \exp(-\tau\lambda_k)], \quad (6)$$

где d_1 и d_2 — подобраны, чтобы давать желаемые значения исходного состояния для энтальпии и энтропии;

d_3, d_k, a_k, λ_k и t_k — другие эмпирические и теоретические параметры.

Уравнение (6) функционально эквивалентно уравнениям (3) — (5), и вклад идеального газа в форму уравнения (6) может быть преобразован к форме теплоемкости, как показано в уравнении

$$\frac{C_{p,\mathrm{id}}}{R} = d_3 + 1 - \sum_k d_k t_k (t_k - 1)\left(\frac{T'}{T}\right)^{t_k} + \sum_k a_k \frac{u_k^2 \exp(u_k)}{\left[\exp(u_k) - 1\right]^2}, \tag{7}$$

где

$$u_k = \frac{\lambda_k T'}{T}. \tag{8}$$

Уравнение состояния для определенной текучей среды может также включать специальные члены, необходимые для представления поведения вблизи критической точки. Такие члены выражают в форме уравнения

$$\phi_{\mathrm{crit}} = \sum_k N_k \delta \Delta^{b_k} \Psi, \tag{9}$$

где

$$\Delta = \theta^2 + B_k \left[(\delta - 1)^2\right]^{a_k}, \tag{10}$$

где

$$\theta = (1 - \tau) + A_k \left[(\delta - 1)^2\right]^{1/(2\beta_k)}; \tag{11}$$

$$\Psi = \exp\left[-C_k (\delta - 1)^2 - D_k (\tau - 1)^2\right]. \tag{12}$$

Уравнение (9) добавляют к обычным членам в уравнении (1). N_k, A_k, B_k, C_k, D_k, α_k и β_k являются параметрами для подгонки к данным. В настоящем стандарте только уравнение состояния для R744 (диоксид углерода) включает данный член критической области.

В других случаях уравнение состояния может выражать давление как явную функцию от температуры и молярной плотности. Одна из таких форм — это модифицированное уравнение состояния Бенедикта-Вебба-Рубина (MBWR), приведенное к уравнению

$$p = \sum_{k=1}^{9} a_k \rho^k + \exp(-\rho^2 / \rho_{\mathrm{crit}}^2) \sum_{k=10}^{15} a_k \rho^{2k-17}, \tag{13}$$

где a_k является функцией от температуры, получаемой из 32 подстраиваемых параметров, подгоняемых к экспериментальным данным. Для полного описания термодинамических свойств уравнение MBWR комбинируется с выражением теплоемкости для идеального газа, таким как уравнения (4) и (5).

В настоящем стандарте для последовательного представления уравнения состояния, выраженные через давление, такие как уравнение (13), трансформируют в форму энергии Гельмгольца. Давление связано с энергией Гельмгольца с помощью термодинамического тождества

$$p = -\left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T. \tag{14}$$

Таким образом, энергия Гельмгольца может быть оценена через давление интегрированием по объему с использованием следующего уравнения

$$\frac{A_{\mathrm{r}}(T,\rho)}{RT} = \phi_{\mathrm{r}} = -\int_V^{\infty}\left(\frac{p}{RT} - \rho\right)\mathrm{d}V. \tag{15}$$

Уравнение (15) затем комбинируется с вкладом идеального газа, представленным уравнениями (3) и (5), чтобы получить полное описание термодинамических свойств. В таком виде уравнение состояния в настоящем стандарте представлено для R123 и R152a.

Уравнение состояния теплоемкости для идеального газа может быть также выражено в других формах, но формы, представленные уравнениями от (1) до (15) охватывают все, на что распространяется настоящий стандарт.

Методы для вычисления термодинамических свойств чистых хладагентов из уравнения состояния приведены в приложении В.

4.3 Уравнение состояния для смесей

Термодинамические свойства смесей вычисляют с применением правил смешивания энергий Гельмгольца компонентов смеси и отдельной функции смеси. Приведенная энергия Гельмгольца смеси является суммой вкладов составляющей идеального газа и остаточных вкладов, как приведено в уравнении

$$\phi_{mix} = \frac{A}{RT} = \phi_{mix,id} = \phi_{mix,r} \qquad (16)$$

Составляющая идеального газа представлена уравнением

$$\phi_{mix,id} = \sum_{i=1}^{n}\left[x_i\phi_{i,id} + x_i \ln x_i\right] + f_3 + f_4 / T\ , \qquad (17)$$

где x_i — мольная доля i-го компонента в смеси из n компонентов;

$x_i \ln x_i$ — член, полученный из энтропии смешивания идеальных газов.

Параметры f_3 и f_4 используют для перемещения термодинамической плоскости так, чтобы ее исходное состояние для энтальпии, равной 200 кДж/кг, и энтропии, равной 1 кДж/(кг·К), при насыщении хладагента при температуре 0 ° С, было схожим с исходным состоянием для чистого хладагента. Равенство нулю параметров f_3 и f_4 отвечает исходному состоянию, основанному только на компонентах хладагента.

Оставшаяся часть представляется уравнением

$$\varphi_{mix,r} = \sum_{i=1}^{n} x_i\varphi_{i,r} + \sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j \varphi_{ij,excess}\ . \qquad (18)$$

Первая сумма в данном уравнении отвечает за составляющую идеального раствора; она состоит из члена реальной текучей среды для каждого компонента с множителем в соответствии с их составом. Двойное суммирование учитывает «избыток» энергии Гельмгольца или «отклонение» от идеального раствора. Функции $\phi_{i,r}$, $\phi_{ij,excess}$ в уравнении (18) оценивают не при температуре T_{mix} и плотности ρ_{mix} смеси, а при приведенной температуре τ и плотности ρ. Значения приведенных параметров даны в уравнениях:

$$\tau = \frac{T'}{T_{mix}}\ , \qquad (19)$$

где $T' = \sum_{i=1}^{n} x_i T_i' + \sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j \zeta_{ij}$

и

$$\delta = \frac{\rho_{mix}}{\rho'} \qquad (20)$$

где $\frac{1}{\rho'} = \sum_{i=1}^{n}\frac{x_i}{\rho_i'} + \sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j \zeta_{ij}$,

где ζ_{ij} и ξ_{ij} — «параметры взаимодействия»;

T_i' и ρ_i' — приведенные параметры чистых текучих сред.

Функция $\phi_{ij,excess}$ является общей формой уравнения

$$\phi_{ij,\text{excess}} = F_{ij} \sum_k N_k \delta^{d_k} \tau^{t_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right). \quad (21)$$

Функция $\phi_{ij,\text{excess}}$ будет, как правило, изменяться от смеси к смеси, коэффициенты и показатели степени приведены в табличной форме в разделе 5 для смесей хладагентов, включенных в настоящий стандарт. Во всех случаях вклады чистых компонентов являются такими, как определено в разделе 5 настоящего стандарта.

Методы для вычисления термодинамических свойств из уравнения состояния приведены в приложении С.

4.4 Применение

Алгоритм соответствует настоящему стандарту, если он непосредственно применяет одно или более уравнений состояния, приведенных в разделе 4 вместе с методами вычисления термодинамических свойств, приведенными в приложении В, и также воспроизводит для применяемых жидкостей «проверочные значения», приведенные в приложении D.

4.5 Альтернативное применение

Алгоритм соответствует настоящему стандарту, если может любым способом воспроизводить значения термодинамических свойств, определенные в настоящем стандарте для текучих сред, включенных в настоящий стандарт. Заявление о соответствии алгоритма по данному разделу может быть применено к полному диапазону значений температуры, давления и плотности и к полному множеству свойств или поддиапазонов условий и/или подмножеству свойств. Допустимые отклонения между значениями свойств, определенными в настоящем стандарте, и значениями свойств, полученными при помощи альтернативного применения, отличаются в зависимости от свойства и определены в приложении А.

4.6 Подтверждение соответствия

Компьютерная программа или другое применение настоящего стандарта должно удовлетворять требованиям, определенным в приложении А, чтобы можно было заявлять о соответствии настоящему стандарту. Это требование должно быть проверено разработчиком определенного применения.

5 Характеристики для индивидуальных хладагентов

5.1 Общие положения

Следующие подразделы определяют уравнения состояния, используемые для вычисления свойств каждого хладагента, на который распространяется настоящий стандарт, а также упорядочивают в табличной форме свойства в состоянии границы жидкости и насыщенного пара. В таблицах коэффициентов и показателей степеней все неприведенные члены равны нулю.

5.2 R744. Диоскид углерода

5.2.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующих диапазонах:

$T_{\min}$ = 216,592 K, $T_{\max}$ = 1100 K, $p_{\max}$ = 800 МПа; ρ = 37,24 моль/л (1639 кг/м^3)

Таблица 1 — Коэффициенты и показатели степени для составляющей идеального газа

k	a_k	b_k	c_k
0	—	—	3,5
1	1,99427042	958,49956	—
2	0,621052475	1858,80115	—
3	0,411952928	2061,10114	—
4	1,04028922	3443,89908	—
5	0,0832767753	8238,20035	—

Т а б л и ц а 2 — Коэффициенты и показатели степени для составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k	m_k	β_k	γ_k	ε_k
1	0,388568232032	0	1	0	0	—	—	—	—
2	$0,293854759\,427 \cdot 10^{1}$	0,75	1	0	0	—	—	—	—
3	$-0,558671885349 \cdot 10^{1}$	1	1	0	0	—	—	—	—
4	–0,767531995925	2	1	0	0	—	—	—	—
5	0,317290055804	0,75	2	0	0	—	—	—	—
6	0,548033158978	2	2	0	0	—	—	—	—
7	0,122794112203	0,75	3	0	0	—	—	—	—
8	$0,216589615432 \cdot 10^{1}$	1,5	1	1	1	—	—	—	—
9	$0,158417351097 \cdot 10^{1}$	1,5	2	1	1	—	—	—	—
10	–0,231327054055	2,5	4	1	1	—	—	—	—
11	$0,581169164314 \cdot 10^{-1}$	0	5	1	1	—	—	—	—
12	–0,553691372054	1,5	5	1	1	—	—	—	—
13	0,489466159094	2	5	1	1	—	—	—	—
14	$-0,242757398435 \cdot 10^{-1}$	0	6	1	1	—	—	—	—
15	$0,624947905017 \cdot 10^{-1}$	1	6	1	1	—	—	—	—
16	–0,121758602252	2	6	1	1	—	—	—	—
17	–0,370556852701	3	1	2	1	—	—	—	—
18	$-0,167758797004 \cdot 10^{-1}$	6	1	2	1	—	—	—	—
19	–0,119607366380	3	4	2	1	—	—	—	—
20	$-0,456193625088 \cdot 10^{-1}$	6	4	2	1	—	—	—	—
21	$0,356127892703 \cdot 10^{-1}$	8	4	2	1	—	—	—	—
22	$-0,744277271321 \cdot 10^{-2}$	6	7	2	1	—	—	—	—
23	$-0,173957049024 \cdot 10^{-2}$	0	8	2	1	—	—	—	—
24	$-0,218101212895 \cdot 10^{-1}$	7	2	3	1	—	—	—	—
25	$0,243321665592 \cdot 10^{-1}$	12	3	3	1	—	—	—	—
26	$-0,374401334235 \cdot 10^{-1}$	16	3	3	1	—	—	—	—
27	0,143387157569	22	5	4	1	—	—	—	—
28	–0,134919690833	24	5	4	1	—	—	—	—
29	$-0,231512250535 \cdot 10^{-1}$	16	6	4	1	—	—	—	—
30	$0,123631254929 \cdot 10^{-1}$	24	7	4	1	—	—	—	—
31	$0,210583219729 \cdot 10^{-2}$	8	8	4	1	—	—	—	—
32	$-0,339585190264 \cdot 10^{-3}$	2	10	4	1	—	—	—	—
33	$0,559936517716 \cdot 10^{-2}$	28	4	5	1	—	—	—	—
34	$-0,303351180556 \cdot 10^{-3}$	14	8	6	1	—	—	—	—
35	$-0,213654886883 \cdot 10^{3}$	1	2	2	25	2	325	1,16	1
36	$0,266415691493 \cdot 10^{5}$	0	2	2	25	2	300	1,19	1
37	$-0,240272122046 \cdot 10^{5}$	1	2	2	25	2	300	1,19	1
38	$-0,283416034240 \cdot 10^{3}$	3	3	2	15	2	275	1,25	1
39	$0,212472844002 \cdot 10^{3}$	3	3	2	20	2	275	1,22	1

Т а б л и ц а 3 — Коэффициенты и показатели степеней в критической точке

k	N_k	a_k	b_k	β_k	A_k	B_k	C_k	D_k
40	–0,666422765408	3,5	0,875	0,3	0,7	0,3	10	275
41	0,726086323499	3,5	0,925	0,3	0,7	0,3	10	275
42	$0{,}550686686128 \cdot 10^{-1}$	3	0,875	0,3	0,7	1	12,5	275

5.2.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 304,1282 К, ρ' = 10,6249063 моль/л, M = 44,0098 г/моль, R = 8,31451 Дж/(моль·К).

5.2.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К, p_{ref} = 1,0 кПа, h_{ref} = 21389,328 Дж/моль, s_{ref} = 155,7414 Дж/(моль·К), f_1 = 5,80555135, f_2 = 1555,79710.

Т а б л и ц а 4 — Свойства R744 на границе жидкости и насыщенного пара

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–56,56[a]	0,5180	1178,5 13,761	79,60 392,78	80,04 430,42	0,5213 2,1390	0,9747 0,6292	1,9532 0,9087	975,8 222,78	–0,1443 26,17
Жидкость Пар	–55,00	0,5540	1172,9 14,673	82,62 393,23	83,09 430,99	0,5352 2,1300	0,9724 0,6336	1,9569 0,9184	964,6 222,96	–0,1387 25,67
Жидкость Пар	–50,00	0,6823	1154,6 17,925	92,35 394,61	92,94 432,68	0,5794 2,1018	0,9655 0,6483	1,9712 0,9519	928,5 223,39	–0,1191 24,14
Жидкость Пар	–45,00	0,8318	1135,8 21,717	102,14 395,83	102,87 434,13	0,6228 2,0747	0,9590 0,6640	1,9892 0,9900	892,4 223,57	–0,0963 22,77
Жидкость Пар	–40,00	1,0045	1116,4 26,121	112,00 396,87	112,90 435,32	0,6656 2,0485	0,9529 0,6807	2,0117 1,0333	856,3 223,50	–0,0699 21,51
Жидкость Пар	–35,00	1,2024	1096,4 31,216	121,95 397,71	123,05 436,23	0,7079 2,0230	0,9473 0,6985	2,0393 1,0830	819,9 223,15	–0,0391 20,37
Жидкость Пар	–30,00	1,4278	1075,7 37,098	132,01 398,33	133,34 436,82	0,7498 1,9980	0,9422 0,7174	2,0731 1,1406	783,2 222,54	–0,0031 19,32
Жидкость Пар	–25,00	1,6827	1054,2 43,880	142,20 398,71	143,79 437,06	0,7914 1,9732	0,9379 0,7379	2,1145 1,2083	745,8 221,63	0,0394 18,35
Жидкость Пар	–20,00	1,9696	1031,7 51,700	152,54 398,79	154,45 436,89	0,8328 1,9485	0,9344 0,7602	2,1653 1,2893	707,5 220,41	0,0900 17,44
Жидкость Пар	–15,00	2,2908	1008,0 60,728	163,07 398,55	165,34 436,27	0,8742 1,9237	0,9324 0,7847	2,2283 1,3877	667,8 218,85	0,1509 16,58
Жидкость Пар	–10,00	2,6487	982,9 71,185	173,83 397,93	176,52 435,14	0,9157 1,8985	0,9330 0,8113	2,3072 1,5091	626,1 216,94	0,2251 15,77
Жидкость Пар	–5,00	3,0459	956,2 83,359	184,86 396,84	188,05 433,38	0,9576 1,8725	0,9371 0,8403	2,4085 1,6628	582,2 214,68	0,3168 14,99
Жидкость Пар	0,00	3,4851	927,4 97,647	196,24 395,20	200,00 430,89	1,0000 1,8453	0,9449 0,8722	2,5423 1,8648	536,4 212,04	0,4325 14,23
Жидкость Пар	5,00	3,9695	896,0 114,621	208,07 392,85	212,50 427,48	1,0434 1,8163	0,9558 0,9084	2,7268 2,1440	489,3 208,97	0,5824 13,47
Жидкость Пар	10,00	4,5022	861,1 135,156	220,50 389,57	225,73 422,88	1,0884 1,7847	0,9691 0,9507	2,9976 2,5578	441,0 205,41	0,7836 12,69
Жидкость Пар	15,00	5,0871	821,2 160,730	233,79 384,99	239,99 416,64	1,1359 1,7489	0,9859 1,0029	3,4360 3,2371	391,1 201,21	1,0670 11,85

Окончание таблицы 4

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	20,00	5,7291	773,4 194,202	248,46 378,36	255,87 407,87	1,1877 1,7062	1,0114 1,0725	4,2637 4,5599	337,6 196,09	1,4973 10,88
Жидкость Пар	25,00	6,4342	710,5 242,732	265,73 367,92	274,78 394,43	1,2485 1,6498	1,0704 1,1819	6,4674 8,2123	274,3 189,12	2,2565 9,62
Жидкость Пар	30,00	7,2137	593,3 345,102	292,40 344,23	304,55 365,13	1,3435 1,5433	1,4063 1,5228	35,3384 55,8217	177,2 171,26	4,2789 7,39
Критическая точка	30,98	7,3773	467,6	316,47	332,25	1,4336	[b]	[b]	[b]	5,8665

[a] Тройная точка.
[b] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.3 R717. Аммиак

5.3.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:
T_{min} = 195,495 K; T_{max} = 700 K; p_{max} = 1000 МПа; ρ_{max} = 52915 моль/л (901 кг/м^3).

Таблица 5 — Коэффициенты и показатели степени составляющей идеального газа [уравнения (3)—(5)]

k	c_k	t_k
1	$1{,}8871641 \cdot 10^{1}$	0,333333333333
2	$5{,}9549934 \cdot 10^{-4}$	1,5
3	$-7{,}4983131 \cdot 10^{-5}$	1,75

Таблица 6 — Коэффициенты и показатели степени составляющей реального газа [уравнение (2)]

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	–1,858814	1,5	1	0	0
2	0,04554431	–0,5	2	0	0
3	0,7238548	0,5	1	0	0
4	0,0122947	1	4	0	0
5	$2{,}141882 \cdot 10^{-11}$	3	15	0	0
6	–0,0143002	0	3	1	1
7	0,3441324	3	3	1	1
8	–0,2873571	4	1	1	1
9	0,00002352589	4	8	1	1
10	–0,03497111	5	2	1	1
11	0,001831117	5	8	2	1
12	0,02397852	3	1	2	1
13	–0,04085875	6	1	2	1
14	0,2379275	8	2	2	1
15	–0,03548972	8	3	2	1
16	–0,1823729	10	2	2	1

Окончание таблицы 6

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
17	0,02281556	10	4	2	1
18	–0,006663444	5	3	3	1
19	–0,008847486	7,5	1	3	1
20	0,002272635	15	2	3	1
21	–0,0005588655	30	4	3	1

5.3.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 405,4 K, ρ′ = 13,21177715 моль/л, M = 17,03026 г/моль, R = 8,314471 Дж/(моль·К).

5.3.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 25558,797 Дж/моль; s_{ref} = 147,9910 Дж/(моль·К); f_1 = –24,401; f_2 = 1725,27155.

Таблица 7 — Свойства R717 на границе жидкости и насыщенного пара

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–77,65[a]	0,00609	732,9 0,0641	–143,15 1246,20	–143,15 1341,23	–0,4716 7,1213	2,9343 1,5566	4,2022 2,0628	2124,2 354,12	–0,2336 171,13
Жидкость Пар	–75,00	0,00751	730,1 0,0780	–131,98 1249,97	–131,97 1346,24	–0,4148 7,0452	2,9297 1,5613	4,2167 2,0700	2097,8 356,37	–0,2310 159,84
Жидкость Пар	–70,00	0,0109	724,7 0,111	–110,83 1257,00	–110,81 1355,55	–0,3094 6,9088	2,9206 1,5715	4,2450 2,0856	2051,3 360,50	–0,2260 141,14
Жидкость Пар	–65,00	0,0156	719,2 0,155	–89,53 1263,92	–89,51 1364,73	–0,2058 6,7807	2,9113 1,5836	4,2740 2,1040	2008,0 364,50	–0,2208 125,27
Жидкость Пар	–60,00	0,0219	713,6 0,213	–68,09 1270,71	–68,06 1373,73	–0,1040 6,6602	2,9019 1,5975	4,3031 2,1254	1967,1 368,35	–0,2155 111,72
Жидкость Пар	–55,00	0,0301	707,9 0,287	–46,51 1277,37	–46,47 1382,56	–0,0040 6,5467	2,8928 1,6133	4,3318 2,1500	1927,9 372,05	-0,2101 100,10
Жидкость Пар	–50,00	0,0408	702,1 0,381	–24,79 1283,88	–24,73 1391,19	0,0945 6,4396	2,8837 1,6310	4,3599 2,1778	1889,9 375,60	–0,2047 90,06
Жидкость Пар	–45,00	0,0545	696,2 0,498	–2,93 1290,23	–2,85 1399,59	0,1914 6,3384	2,8749 1,6507	4,3872 2,2092	1852,7 378,98	–0,1992 81,36
Жидкость Пар	–40,00	0,0717	690,2 0,644	19,07 1296,41	19,17 1407,76	0,2867 6,2425	2,8662 1,6724	4,4137 2,2441	1816,2 382,19	–0,1936 73,77
Жидкость Пар	–35,00	0,0931	684,0 0,822	41,18 1302,40	41,32 1415,68	0,3806 6,1516	2,8577 1,6961	4,4394 2,2830	1780,2 385,23	–0,1878 67,11
Жидкость Пар	–33,33[b]	0,1013	682,0 0,890	48,62 1304,36	48,76 1418,26	0,4117 6,1221	2,8548 1,7045	4,4479 2,2969	1768,2 386,20	–0,1858 65,06
Жидкость Пар	–30,00	0,1194	677,8 1,037	63,43 1308,19	63,60 1423,31	0,4730 6,0651	2,8492 1,7218	4,4645 2,3259	1744,4 388,08	–0,1818 61,24
Жидкость Пар	–25,00	0,1515	671,5 1,296	85,79 1313,77	86,01 1430,65	0,5641 5,9827	2,8408 1,7495	4,4892 2,3730	1708,8 390,73	–0,1756 56,05
Жидкость Пар	–20,00	0,1901	665,1 1,603	108,26 1319,12	108,55 1437,68	0,6538 5,9041	2,8325 1,7793	4,5138 2,4245	1673,2 393,18	–0,1691 51,43
Жидкость Пар	–15,00	0,2362	658,6 1,966	130,86 1324,23	131,22 1444,37	0,7421 5,8289	2,8243 1,8110	4,5385 2,4807	1637,7 395,42	–0,1623 47,32

Продолжение таблицы 7

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–10,00	0,2907	652,1 2,391	153,56 1329,10	154,01 1450,70	0,8293 5,7569	2,8162 1,8446	4,5636 2,5419	1602,1 397,45	–0,1550 43,63
Жидкость Пар	–5,00	0,3548	645,4 2,885	176,39 1333,70	176,94 1456,67	0,9152 5,6877	2,8082 1,8802	4,5895 2,6082	1566,4 399,25	–0,1472 40,32
Жидкость Пар	0,00	0,4294	638,6 3,457	199,33 1338,02	200,00 1462,24	1,0000 5,6210	2,8003 1,9176	4,6165 2,6799	1530,5 400,82	–0,1388 37,33
Жидкость Пар	5,00	0,5157	631,7 4,115	222,39 1342,05	223,21 1467,39	1,0837 5,5568	2,7926 1,9569	4,6451 2,7575	1494,4 402,16	–0,1297 34,63
Жидкость Пар	10,00	0,6150	624,6 4,868	245,58 1345,77	246,57 1472,11	1,1664 5,4946	2,7851 1,9979	4,6757 2,8413	1458,1 403,24	–0,1198 32,19
Жидкость Пар	15,00	0,7285	617,5 5,727	268,91 1349,17	270,09 1476,38	1,2481 5,4344	2,7780 2,0406	4,7088 2,9318	1421,5 404,07	–0,1090 29,97
Жидкость Пар	20,00	0,8575	610,2 6,703	292,38 1352,22	293,78 1480,16	1,3289 5,3759	2,7711 2,0849	4,7448 3,0296	1384,5 404,63	–0,0971 27,96
Жидкость Пар	25,00	1,0032	602,8 7,807	316,00 1354,92	317,67 1483,43	1,4088 5,3188	2,7647 2,1308	4,7844 3,1353	1347,1 404,92	–0,0840 26,13
Жидкость Пар	30,00	1,1672	595,2 9,053	339,80 1357,24	341,76 1486,17	1,4881 5,2631	2,7587 2,1782	4,8282 3,2500	1309,3 404,92	–0,0695 24,45
Жидкость Пар	35,00	1,3508	587,4 10,457	363,77 1359,16	366,07 1488,34	1,5666 5,2086	2,7532 2,2272	4,8771 3,3745	1271,0 404,63	–0,0534 22,92
Жидкость Пар	40,00	1,5554	579,4 12,034	387,95 1360,65	390,64 1489,91	1,6446 5,1549	2,7484 2,2776	4,9318 3,5104	1232,1 404,03	–0,0353 21,52
Жидкость Пар	45,00	1,7827	571,3 13,803	412,35 1361,68	415,48 1490,83	1,7220 5,1020	2,7443 2,3294	4,9935 3,6593	1192,7 403,12	–0,0152 20,24
Жидкость Пар	50,00	2,0340	562,9 15,785	437,01 1362,22	440,62 1491,07	1,7990 5,0497	2,7411 2,3828	5,0635 3,8233	1152,6 401,88	0,0076 19,06
Жидкость Пар	55,00	2,3111	554,2 18,006	461,93 1362,22	466,10 1490,57	1,8758 4,9977	2,7389 2,4377	5,1434 4,0051	1111,7 400,29	0,0333 17,98
Жидкость Пар	60,00	2,6156	545,2 20,493	487,17 1361,63	491,97 1489,27	1,9523 4,9458	2,7379 2,4942	5,2351 4,2084	1070,2 398,34	0,0626 16,98
Жидкость Пар	65,00	2,9491	536,0 23,280	512,76 1360,41	518,26 1487,09	2,0288 4,8939	2,7382 2,5525	5,3411 4,4376	1027,7 396,01	0,0960 16,05
Жидкость Пар	70,00	3,3135	526,3 26,407	538,75 1358,46	545,04 1483,94	2,1054 4,8415	2,7402 2,6126	5,4648 4,6990	984,4 393,29	0,1346 15,19
Жидкость Пар	75,00	3,7105	516,2 29,923	565,19 1355,73	572,37 1479,72	2,1823 4,7885	2,7441 2,6748	5,6103 5,0009	940,0 390,14	0,1793 14,39
Жидкость Пар	80,00	4,1420	505,7 33,888	592,15 1352,08	600,34 1474,31	2,2596 4,7344	2,7503 2,7393	5,7837 5,3546	894,7 386,54	0,2317 13,65
Жидкость Пар	85,00	4,6100	494,5 38,376	619,72 1347,40	629,04 1467,53	2,3377 4,6789	2,7594 2,8066	5,9930 5,7766	848,1 382,47	0,2935 12,94
Жидкость Пар	90,00	5,1167	482,8 43,484	648,01 1341,52	658,61 1459,19	2,4168 4,6213	2,7719 2,8770	6,2501 6,2907	800,4 377,88	0,3674 12,27
Жидкость Пар	95,00	5,6643	470,2 49,340	677,14 1334,20	689,19 1449,01	2,4973 4,5612	2,7886 2,9511	6,5731 6,9332	751,3 372,74	0,4569 11,63

Окончание таблицы 7

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	100,00	6,2553	456,6 56,117	707,30 1325,16	721,00 1436,63	2,5797 4,4975	2,8108 3,0297	6,9912 7,7622	700,7 366,99	0,5673 11,01
Жидкость Пар	105,00	6,8923	441,9 64,063	738,75 1313,98	754,35 1421,57	2,6647 4,4291	2,8400 3,1139	7,5551 8,8773	648,5 360,54	0,7063 10,40
Жидкость Пар	110,00	7,5783	425,6 73,550	771,88 1300,04	789,68 1403,08	2,7533 4,3542	2,8787 3,2049	8,3621 10,4630	594,4 353,29	0,8869 9,78
Жидкость Пар	115,00	8,3170	407,2 85,182	807,31 1282,36	827,74 1379,99	2,8474 4,2702	2,9307 3,3047	9,6278 12,9091	537,7 345,04	1,1313 9,15
Жидкость Пар	120,00	9,1125	385,5 100,068	846,28 1259,17	869,92 1350,23	2,9502 4,1719	3,0037 3,4163	11,9405 17,2119	477,4 335,41	1,4834 8,47
Жидкость Пар	125,00	9,9702	357,8 120,728	891,82 1226,54	919,68 1309,12	3,0702 4,0483	3,1159 3,5447	17,6583 26,9963	411,4 323,57	2,0455 7,69
Жидкость Пар	130,00	10,8977	312,3 156,766	957,12 1169,80	992,02 1239,32	3,2437 3,8571	3,3450 3,7014	54,2103 76,4902	333,6 306,58	3,1689 6,62
Критическая точка	132,25	11,3330	225,0	1068,82	1119,22	3,5542	[c]	[c]	[c]	5,0513

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.4 R12. Дихлордифторметан

5.4.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 116,099 K; T_{max} = 525 K; p_{max} = 200 МПа; ρ_{max} = 15,13 моль/л (1829 кг/м^3).

Таблица 8 — Коэффициенты и показатели степени составляющей идеального газа [уравнения (3) — (5)]

k	c_k	a_k	b_k
0	4,003638529	—	—
1	—	3,160638395	1433,4342
2	—	0,3712598774	2430,0498
3	—	3,562277099	685,65952
4	—	2,121533311	412,41579

Таблица 9 — Коэффициенты и показатели степени составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	$0{,}2075343402 \cdot 10^{1}$	0,5	1	0	0
2	$-0{,}2962525996 \cdot 10^{1}$	1	1	0	0
3	$0{,}1001589616 \cdot 10^{-1}$	2	1	0	0
4	$0{,}1781347612 \cdot 10^{-1}$	2,5	2	0	0
5	$0{,}2556929157 \cdot 10^{-1}$	–0,5	4	0	0
6	$0{,}2352142637 \cdot 10^{-2}$	0	6	0	0
7	$-0{,}8495553314 \cdot 10^{-4}$	0	8	0	0

Окончание таблицы 9

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
8	$-0{,}1535945599 \cdot 10^{-1}$	– 0,5	1	1	1
9	–0,2108816776	1,5	1	1	1
10	$-0{,}1654228806 \cdot 10^{-1}$	2,5	5	1	1
11	$-0{,}1181316130 \cdot 10^{-1}$	– 0,5	7	1	1
12	$-0{,}4160295830 \cdot 10^{-4}$	0	12	1	1
13	$0{,}2784861664 \cdot 10^{-4}$	0,5	12	1	1
14	$0{,}1618686433 \cdot 10^{-5}$	– 0,5	14	1	1
15	–0,1064614686	4	1	2	1
16	$0{,}9369665207 \cdot 10^{-3}$	4	9	2	1
17	$0{,}2590095447 \cdot 10^{-1}$	2	1	3	1
18	$-0{,}4347025025 \cdot 10^{-1}$	4	1	3	1
19	0,1012308449	12	3	3	1
20	–0,1100003438	14	3	3	1
21	$-0{,}3361012009 \cdot 10^{-1}$	0	5	3	1
22	$0{,}3789190008 \cdot 10^{-1}$	14	9	4	1

5.4.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 385,12 К, ρ' = 4,672781 моль/л, M = 120,913 г/моль, R = 8,314471 Дж/(моль·К).

5.4.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 43261,068 Дж/моль; s_{ref} = 237,7532 Дж/(моль·К); f_1 = 1,62269755; f_2 = 3621,28429.

Т а б л и ц а 10 — Свойства R12 на границе жидкости и насыщенного пара

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–157,05[a]	$2{,}426 \cdot 10^{-7}$	1828,8 $3{,}038 \cdot 10^{-5}$	66,33 275,23	66,33 283,21	0,2780 2,1461	0,5725 0,2860	0,8561 0,3548	1310,0 99,51	–0,5305 532,60
Жидкость Пар	–155,00	$3{,}883 \cdot 10^{-7}$	1823,4 $4{,}779 \cdot 10^{-5}$	68,08 275,82	68,08 283,94	0,2930 2,1200	0,5674 0,2894	0,8510 0,3582	1299,6 100,27	–0,5333 495,55
Жидкость Пар	–150,00	$1{,}135 \cdot 10^{-6}$	1810,1 $1{,}340 \cdot 10^{-4}$	72,31 277,29	72,31 285,75	0,3280 2,0612	0,5567 0,2978	0,8404 0,3665	1274,4 102,10	–0,5389 418,14
Жидкость Пар	–145,00	$3{,}019 \cdot 10^{-6}$	1796,9 $3{,}426 \cdot 10^{-4}$	76,49 278,80	76,49 287,61	0,3613 2,0087	0,5482 0,3062	0,8321 0,3749	1249,5 103,88	–0,5430 355,64
Жидкость Пар	–140,00	$7{,}387 \cdot 10^{-6}$	1783,7 $8{,}068 \cdot 10^{-4}$	80,63 280,35	80,63 289,50	0,3930 1,9617	0,5415 0,3146	0,8257 0,3833	1224,8 105,63	–0,5458 304,78
Жидкость Пар	–135,00	$1{,}680 \cdot 10^{-5}$	1770,6 $1{,}768 \cdot 10^{-3}$	84,75 281,94	84,75 291,44	0,4234 1,9195	0,5363 0,3229	0,8210 0,3917	1200,3 107,34	–0,5473 263,05
Жидкость Пар	–130,00	$3{,}577 \cdot 10^{-5}$	1757,5 $3{,}635 \cdot 10^{-3}$	88,85 283,57	88,85 293,42	0,4525 1,8816	0,5324 0,3313	0,8177 0,4001	1176,0 109,02	–0,5476 228,57
Жидкость Пар	–125,00	$7{,}189 \cdot 10^{-5}$	1744,5 $7{,}058 \cdot 10^{-3}$	92,93 285,25	92,93 295,44	0,4805 1,8474	0,5296 0,3396	0,8157 0,4084	1152,0 110,67	–0,5469 199,86
Жидкость Пар	–120,00	0,000137	1731,4 0,01303	97,01 286,96	97,01 297,49	0,5076 1,8167	0,5277 0,3478	0,8146 0,4166	1128,1 112,29	–0,5453 175,81

Продолжение таблицы 10

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–115,00	0,000250	1718,4 0,02297	101,08 288,72	101,08 299,59	0,5338 1,7890	0,5266 0,3559	0,8145 0,4248	1104,5 113,89	–0,5428 155,54
Жидкость Пар	–110,00	0,000436	1705,3 0,03887	105,15 290,51	105,15 301,72	0,5591 1,7640	0,5263 0,3640	0,8152 0,4330	1081,1 115,45	–0,5395 138,34
Жидкость Пар	–105,00	0,000732	1692,2 0,06339	109,23 292,34	109,23 303,89	0,5838 1,7414	0,5265 0,3719	0,8166 0,4410	1058,0 116,99	–0,5355 123,68
Жидкость Пар	–100,00	0,00119	1679,1 0,1000	113,32 294,20	113,32 306,09	0,6077 1,7210	0,5272 0,3798	0,8186 0,4491	1035,0 118,49	–0,5308 111,11
Жидкость Пар	–95,00	0,00187	1666,0 0,1529	117,42 296,10	117,42 308,32	0,6310 1,7026	0,5283 0,3876	0,8211 0,4571	1012,2 119,96	–0,5254 100,28
Жидкость Пар	–90,00	0,00286	1652,8 0,2275	121,53 298,03	121,53 310,59	0,6538 1,6861	0,5298 0,3953	0,8241 0,4650	989,7 121,39	–0,5194 90,92
Жидкость Пар	–85,00	0,00426	1639,6 0,3302	125,66 299,98	125,66 312,87	0,6761 1,6711	0,5316 0,4030	0,8275 0,4730	967,3 122,79	–0,5128 82,78
Жидкость Пар	–80,00	0,00619	1626,3 0,4683	129,80 301,97	129,81 315,19	0,6978 1,6576	0,5337 0,4105	0,8313 0,4810	945,2 124,14	–0,5055 75,69
Жидкость Пар	–75,00	0,00881	1612,9 0,6503	133,97 303,98	133,98 317,52	0,7191 1,6454	0,5361 0,4181	0,8355 0,4890	923,3 125,45	–0,4977 69,49
Жидкость Пар	–70,00	0,0123	1599,5 0,886	138,16 306,01	138,17 319,87	0,7400 1,6344	0,5386 0,4255	0,8400 0,4971	901,5 126,71	–0,4892 64,05
Жидкость Пар	–65,00	0,0168	1586,0 1,186	142,37 308,07	142,38 322,24	0,7604 1,6245	0,5413 0,4330	0,8448 0,5052	879,9 127,91	–0,4801 59,26
Жидкость Пар	–60,00	0,0226	1572,3 1,563	146,60 310,14	146,62 324,61	0,7806 1,6156	0,5442 0,4403	0,8499 0,5134	858,5 129,06	–0,4703 55,03
Жидкость Пар	–55,00	0,0300	1558,6 2,029	150,87 312,23	150,88 327,00	0,8003 1,6076	0,5472 0,4477	0,8553 0,5218	837,3 130,15	–0,4598 51,29
Жидкость Пар	–50,00	0,0391	1544,7 2,598	155,15 314,34	155,18 329,39	0,8197 1,6004	0,5503 0,4550	0,8609 0,5302	816,2 131,17	–0,4486 47,97
Жидкость Пар	–45,00	0,0504	1530,7 3,286	159,47 316,45	159,50 331,79	0,8389 1,5940	0,5535 0,4624	0,8668 0,5389	795,3 132,11	–0,4366 45,01
Жидкость Пар	–40,00	0,0641	1516,5 4,108	163,81 318,58	163,86 334,18	0,8577 1,5882	0,5568 0,4697	0,8730 0,5477	774,5 132,99	–0,4237 42,38
Жидкость Пар	–35,00	0,0806	1502,2 5,083	168,19 320,71	168,24 336,56	0,8763 1,5831	0,5602 0,4770	0,8795 0,5568	753,8 133,78	–0,4099 40,02
Жидкость Пар	–30,00	0,1003	1487,7 6,228	172,60 322,84	172,67 338,94	0,8946 1,5784	0,5636 0,4843	0,8863 0,5661	733,3 134,49	–0,3951 37,90
Жидкость Пар	–29,75[b]	0,1013	1487,0 6,289	172,82 322,95	172,89 339,06	0,8955 1,5782	0,5637 0,4847	0,8866 0,5666	732,3 134,52	–0,3943 37,81
Жидкость Пар	–25,00	0,1235	1473,0 7,563	177,04 324,98	177,12 341,30	0,9127 1,5743	0,5670 0,4917	0,8934 0,5757	712,9 135,10	–0,3792 36,00
Жидкость Пар	–20,00	0,1507	1458,1 9,109	181,51 327,11	181,62 343,65	0,9305 1,5706	0,5705 0,4990	0,9007 0,5857	692,5 135,63	–0,3620 34,29
Жидкость Пар	–15,00	0,1823	1443,0 10,889	186,02 329,24	186,15 345,98	0,9482 1,5673	0,5741 0,5064	0,9085 0,5960	672,3 136,05	–0,3434 32,75
Жидкость Пар	–10,00	0,2188	1427,6 12,925	190,57 331,36	190,72 348,29	0,9656 1,5644	0,5776 0,5139	0,9166 0,6068	652,1 136,38	–0,3233 31,35

Продолжение таблицы 10

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–5,00	0,2606	1412,0 15,244	195,15 333,47	195,34 350,56	0,9829 1,5618	0,5812 0,5213	0,9251 0,6180	632,0 136,59	–0,3015 30,09
Жидкость Пар	0,00	0,3081	1396,1 17,873	199,78 335,56	200,00 352,81	1,0000 1,5594	0,5849 0,5289	0,9341 0,6298	611,9 136,69	–0,2777 28,94
Жидкость Пар	5,00	0,3620	1379,8 20,842	204,45 337,64	204,71 355,01	1,0169 1,5573	0,5885 0,5365	0,9436 0,6423	591,9 136,68	–0,2516 27,91
Жидкость Пар	10,00	0,4227	1363,2 24,184	209,15 339,70	209,46 357,18	1,0337 1,5554	0,5922 0,5441	0,9537 0,6555	571,8 136,54	–0,2230 26,97
Жидкость Пар	15,00	0,4906	1346,3 27,935	213,91 341,73	214,27 359,30	1,0504 1,5537	0,5960 0,5519	0,9645 0,6696	551,8 136,28	–0,1915 26,11
Жидкость Пар	20,00	0,5664	1328,9 32,135	218,71 343,73	219,14 361,36	1,0669 1,5521	0,5997 0,5597	0,9761 0,6846	531,7 135,88	–0,1565 25,34
Жидкость Пар	25,00	0,6506	1311,0 36,828	223,56 345,70	224,06 363,37	1,0834 1,5506	0,6036 0,5676	0,9885 0,7008	511,5 135,34	–0,1176 24,65
Жидкость Пар	30,00	0,7437	1292,7 42,066	228,47 347,63	229,04 365,31	1,0997 1,5492	0,6075 0,5757	1,0021 0,7184	491,3 134,65	–0,0740 24,02
Жидкость Пар	35,00	0,8462	1273,8 47,906	233,43 349,51	234,10 367,18	1,1160 1,5478	0,6114 0,5838	1,0169 0,7377	471,0 133,82	–0,0248 23,46
Жидкость Пар	40,00	0,9588	1254,3 54,416	238,46 351,34	239,22 368,96	1,1322 1,5465	0,6155 0,5921	1,0332 0,7589	450,5 132,82	0,0311 22,96
Жидкость Пар	45,00	1,0821	1234,0 61,673	243,55 353,11	244,42 370,66	1,1484 1,5451	0,6197 0,6006	1,0514 0,7827	429,7 131,65	0,0950 22,52
Жидкость Пар	50,00	1,2166	1213,0 69,771	248,71 354,81	249,71 372,24	1,1645 1,5437	0,6242 0,6093	1,0719 0,8095	408,8 130,30	0,1688 22,14
Жидкость Пар	55,00	1,3630	1191,1 78,823	253,95 356,42	255,10 373,72	1,1807 1,5421	0,6288 0,6182	1,0953 0,8404	387,5 128,76	0,2549 21,81
Жидкость Пар	60,00	1,5219	1168,1 88,966	259,28 357,94	260,58 375,05	1,1969 1,5404	0,6338 0,6274	1,1225 0,8763	365,9 127,02	0,3565 21,54
Жидкость Пар	65,00	1,6941	1144,0 100,375	264,71 359,35	266,19 376,23	1,2131 1,5385	0,6391 0,6370	1,1545 0,9191	343,9 125,07	0,4783 21,31
Жидкость Пар	70,00	1,8802	1118,3 113,272	270,26 360,62	271,94 377,22	1,2295 1,5363	0,6450 0,6471	1,1931 0,9714	321,3 122,88	0,6264 21,14
Жидкость Пар	75,00	2,0811	1090,9 127,952	275,94 361,72	277,84 377,99	1,2461 1,5337	0,6517 0,6578	1,2410 1,0370	298,1 120,44	0,8103 21,01
Жидкость Пар	80,00	2,2975	1061,4 144,822	281,78 362,62	283,94 378,48	1,2629 1,5306	0,6594 0,6693	1,3024 1,1225	274,1 117,73	1,0439 20,92
Жидкость Пар	85,00	2,5304	1029,1 164,464	287,82 363,26	290,27 378,64	1,2801 1,5268	0,6684 0,6819	1,3844 1,2394	249,4 114,73	1,3495 20,85
Жидкость Пар	90,00	2,7808	993,2 187,766	294,11 363,54	296,91 378,35	1,2978 1,5220	0,6795 0,6961	1,5006 1,4101	223,6 111,41	1,7636 20,79
Жидкость Пар	95,00	3,0501	952,2 216,208	300,75 363,34	303,95 377,45	1,3163 1,5159	0,6936 0,7127	1,6794 1,6835	196,9 107,75	2,3518 20,68
Жидкость Пар	100,00	3,3399	903,8 252,577	307,89 362,38	311,58 375,60	1,3360 1,5076	0,7122 0,7332	1,9963 2,1924	169,0 103,73	3,2470 20,41
Жидкость Пар	105,00	3,6525	842,2 303,473	315,90 360,05	320,24 372,08	1,3581 1,4952	0,7387 0,7610	2,7539 3,4579	139,3 99,28	4,7872 19,71

Окончание таблицы 10

Свойство хладагента	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	110,00	3,9924	742,7 396,337	326,44 353,88	331,82 363,95	1,3874 1,4712	0,7870 0,8089	7,8061 11,4400	105,3 93,96	8,2916 17,60
Критическая точка	111,97	4,1361	565,0	340,44	347,76	1,4283	[c]	[c]	[c]	13,3694

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.5 R22. Хлородифторметан

5.5.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:
T_{min} = 115,73 K; T_{max} = 550 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 19,91 моль/л (1722 кг/м^3).

Таблица 11 — Коэффициенты и показатели степени составляющей идеального газа [уравнения (3) — (5)]

k	c_k	t_k	a_k	b_k
0	4,00526140446	—	—	—
1	0,000120662553	1	—	—
2	—	—	1,0	4352,3095
3	—	—	1,0	1935,1591
4	—	—	1,0	1887,67936
5	—	—	1,0	1694,88284
6	—	—	1,0	1605,67848
7	—	—	1,0	1162,53424
8	—	—	1,0	857,51288
9	—	—	1,0	605,72638
10	—	—	1,0	530,90982

Таблица 12 — Коэффициенты и показатели степени составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	$0{,}695645445236 \cdot 10^{-1}$	–1	1	0	0
2	$0{,}252275419999 \cdot 10^{2}$	1,75	1	0	0
3	$-0{,}202351148311 \cdot 10^{3}$	2,25	1	0	0
4	$0{,}350063090302 \cdot 10^{3}$	2,5	1	0	0
5	$-0{,}223134648863 \cdot 10^{3}$	2,75	1	0	0
6	$0{,}488345904592 \cdot 10^{2}$	3	1	0	0
7	$0{,}108874958556 \cdot 10^{-1}$	5,5	1	0	0
8	0,590315073614	1,5	2	0	0
9	–0,689043767432	1,75	2	0	0
10	0,284224445844	3,5	2	0	0
11	0,125436457897	1	3	0	0

Окончание таблицы 12

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
12	$-0{,}113338666416 \cdot 10^{-1}$	4,5	3	0	0
13	$-0{,}63138895917 \cdot 10^{-1}$	1,5	4	0	0
14	$0{,}974021015232 \cdot 10^{-2}$	0,5	5	0	0
15	$-0{,}408406844722 \cdot 10^{-3}$	4,5	6	0	0
16	$0{,}741948773570 \cdot 10^{-3}$	1	7	0	0
17	$0{,}315912525922 \cdot 10^{-3}$	4	7	0	0
18	$0{,}876009723338 \cdot 10^{-5}$	5	7	0	0
19	$-0{,}110343340301 \cdot 10^{-3}$	– 0,5	8	0	0
20	$-0{,}705323356879 \cdot 10^{-4}$	3,5	8	0	0
21	0,235850731510	5	2	2	1
22	–0,192640494729	7	2	2	1
23	$0{,}375218008557 \cdot 10^{-2}$	12	2	2	1
24	$-0{,}448926036678 \cdot 10^{-4}$	15	2	2	1
25	$0{,}198120520635 \cdot 10^{-1}$	3,5	3	3	1
26	$-0{,}356958425255 \cdot 10^{-1}$	3,5	4	2	1
27	$0{,}319594161562 \cdot 10^{-1}$	8	4	2	1
28	$0{,}260284291078 \cdot 10^{-5}$	15	4	2	1
29	$-0{,}897629021967 \cdot 10^{-2}$	25	4	4	1
30	$0{,}345482791645 \cdot 10^{-1}$	3	6	2	1
31	$-0{,}411831711251 \cdot 10^{-2}$	9	6	2	1
32	$0{,}567428536529 \cdot 10^{-2}$	19	6	4	1
33	$-0{,}563368989908 \cdot 10^{-2}$	2	8	2	1
34	$0{,}191384919423 \cdot 10^{-2}$	7	8	2	1
35	$-0{,}178930036389 \cdot 10^{-2}$	13	8	4	1

5.5.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 369,295 К; ρ' = 6,05822 моль/л; M = 86,468 г/моль, R = 8,31451 Дж/(моль·К).

5.5.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 35874,594 Дж/моль; s_{ref} = 205,2915 Дж/(моль·К); f_1 = 4,11105369; f_2 = 2986,44988.

Таблица 13 — Свойства R22 на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–157,42[a]	$3{,}795 \cdot 10^{-7}$	1721,3 $3{,}410 \cdot 10^{-5}$	29,60 321,58	29,60 332,71	0,0761 2,6952	0,7161 0,3292	1,0753 0,4253	1410,9 119,91	–0,4446 398,80
Жидкость Пар	–155,00	$6{,}620 \cdot 10^{-7}$	1714,9 $5{,}827 \cdot 10^{-5}$	32,20 322,38	32,20 333,74	0,0983 2,6505	0,7139 0,3318	1,0735 0,4280	1398,2 121,05	–0,4450 380,74
Жидкость Пар	–150,00	$1{,}934 \cdot 10^{-6}$	1701,8 $1{,}633 \cdot 10^{-4}$	37,56 324,05	37,56 335,90	0,1428 2,5653	0,7086 0,3375	1,0696 0,4336	1371,9 123,35	–0,4456 344,75
Жидкость Пар	–145,00	$5{,}141 \cdot 10^{-6}$	1688,8 $4{,}172 \cdot 10^{-4}$	42,90 325,76	42,90 338,08	0,1853 2,4887	0,7027 0,3433	1,0663 0,4394	1346,3 125,60	–0,4456 311,19

Продолжение таблицы 13

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–140,00	$1{,}258 \cdot 10^{-5}$	1675,8 $9{,}826 \cdot 10^{-4}$	48,22 327,49	48,22 340,29	0,2260 2,4195	0,6972 0,3492	1,0641 0,4454	1321,4 127,78	–0,4449 280,46
Жидкость Пар	–135,00	$2{,}860 \cdot 10^{-5}$	1662,8 $2{,}153 \cdot 10^{-3}$	53,54 329,25	53,54 342,53	0,2652 2,3571	0,6923 0,3552	1,0628 0,4514	1296,8 129,92	–0,4436 252,63
Жидкость Пар	–130,00	$6{,}091 \cdot 10^{-5}$	1649,8 $4{,}426 \cdot 10^{-3}$	58,85 331,04	58,85 344,80	0,3030 2,3005	0,6882 0,3614	1,0622 0,4576	1272,4 132,01	–0,4417 227,61
Жидкость Пар	–125,00	0,000122	1636,8 0,00859	64,16 332,85	64,16 347,10	0,3395 2,2492	0,6847 0,3676	1,0620 0,4639	1248,0 134,05	–0,4396 205,23
Жидкость Пар	–120,00	0,000233	1623,7 0,01585	69,47 334,70	69,47 349,42	0,3747 2,2027	0,6815 0,3739	1,0619 0,4703	1223,7 136,04	–0,4372 185,26
Жидкость Пар	–115,00	0,000424	1610,7 0,02792	74,78 336,57	74,78 351,77	0,4088 2,1603	0,6786 0,3803	1,0618 0,4768	1199,5 137,99	–0,4346 167,49
Жидкость Пар	–110,00	0,000740	1597,6 0,04719	80,09 338,48	80,09 354,15	0,4419 2,1217	0,6759 0,3868	1,0616 0,4834	1175,4 139,90	–0,4319 151,69
Жидкость Пар	–105,00	0,00124	1584,5 0,0768	85,40 340,40	85,40 356,55	0,4739 2,0865	0,6732 0,3934	1,0614 0,4902	1151,4 141,76	–0,4289 137,65
Жидкость Пар	–100,00	0,00201	1571,3 0,1210	90,70 342,35	90,71 358,97	0,5050 2,0543	0,6706 0,4000	1,0612 0,4972	1127,5 143,57	–0,4257 125,17
Жидкость Пар	–95,00	0,00316	1558,1 0,1847	96,01 344,32	96,01 361,40	0,5352 2,0249	0,6680 0,4067	1,0611 0,5044	1103,7 145,34	–0,4221 114,07
Жидкость Пар	–90,00	0,00481	1544,9 0,2744	101,31 346,31	101,32 363,85	0,5646 1,9980	0,6655 0,4136	1,0612 0,5118	1080,1 147,05	–0,4180 104,20
Жидкость Пар	–85,00	0,00715	1531,6 0,3973	106,62 348,31	106,63 366,31	0,5932 1,9734	0,6632 0,4206	1,0616 0,5195	1056,6 148,70	–0,4134 95,41
Жидкость Пар	–80,00	0,0104	1518,2 0,562	111,93 350,33	111,94 368,77	0,6210 1,9508	0,6611 0,4277	1,0624 0,5276	1033,1 150,29	–0,4082 87,58
Жидкость Пар	–75,00	0,0147	1504,7 0,779	117,24 352,36	117,25 371,24	0,6482 1,9300	0,6592 0,4350	1,0637 0,5359	1009,8 151,82	–0,4023 80,60
Жидкость Пар	–70,00	0,0205	1491,2 1,060	122,56 354,39	122,58 373,70	0,6747 1,9108	0,6575 0,4425	1,0655 0,5447	986,4 153,28	–0,3956 74,36
Жидкость Пар	–65,00	0,0279	1477,5 1,416	127,90 356,42	127,91 376,15	0,7006 1,8932	0,6562 0,4502	1,0679 0,5539	963,2 154,66	–0,3881 68,78
Жидкость Пар	–60,00	0,0375	1463,7 1,863	133,24 358,46	133,27 378,59	0,7260 1,8770	0,6552 0,4581	1,0710 0,5637	939,9 155,97	–0,3796 63,78
Жидкость Пар	–55,00	0,0496	1449,7 2,414	138,60 360,49	138,63 381,02	0,7509 1,8619	0,6546 0,4662	1,0748 0,5739	916,6 157,18	–0,3702 59,29
Жидкость Пар	–50,00	0,0645	1435,6 3,088	143,98 362,52	144,03 383,42	0,7752 1,8480	0,6543 0,4745	1,0793 0,5847	893,4 158,31	–0,3597 55,26
Жидкость Пар	–45,00	0,0829	1421,3 3,901	149,38 364,53	149,44 385,79	0,7992 1,8351	0,6544 0,4831	1,0845 0,5962	870,1 159,33	– 0,3481 51,63
Жидкость Пар	–40,81[b]	0,1013	1409,2 4,704	153,93 366,21	154,00 387,75	0,8189 1,8250	0,6548 0,4904	1,0895 0,6063	850,6 160,11	– 0,3375 48,85
Жидкость Пар	–40,00	0,1052	1406,8 4,873	154,81 366,53	154,89 388,13	0,8227 1,8231	0,6549 0,4919	1,0905 0,6083	846,9 160,26	– 0,3353 48,34

Продолжение таблицы 13

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–30,00	0,1639	1377,2 7,379	165,76 370,48	165,88 392,69	0,8687 1,8015	0,6570 0,5103	1,1049 0,6349	800,3 161,78	– 0,3057 42,68
Жидкость Пар	–25,00	0,2014	1362,0 8,958	171,29 372,42	171,44 394,90	0,8912 1,7918	0,6585 0,5199	1,1134 0,6495	777,0 162,36	-0,2887 40,24
Жидкость Пар	–20,00	0,2453	1346,5 10,790	176,86 374,33	177,04 397,06	0,9135 1,7826	0,6604 0,5299	1,1227 0,6650	753,6 162,82	-0,2700 38,01
Жидкость Пар	–15,00	0,2962	1330,8 12,901	182,47 376,20	182,70 399,16	0,9354 1,7740	0,6626 0,5400	1,1328 0,6816	730,2 163,15	-0,2495 35,98
Жидкость Пар	–10,00	0,3548	1314,7 15,322	188,13 378,04	188,40 401,20	0,9572 1,7658	0,6651 0,5505	1,1439 0,6994	706,8 163,35	-0,2270 34,13
Жидкость Пар	–5,00	0,4218	1298,3 18,086	193,85 379,84	194,17 403,16	0,9787 1,7581	0,6680 0,5613	1,1561 0,7184	683,4 163,40	-0,2023 32,44
Жидкость Пар	0,00	0,4980	1281,5 21,229	199,61 381,59	200,00 405,05	1,0000 1,7507	0,6711 0,5723	1,1692 0,7390	659,9 163,31	-0,1750 30,89
Жидкость Пар	5,00	0,5841	1264,3 24,792	205,44 383,29	205,90 406,85	1,0212 1,7436	0,6745 0,5836	1,1836 0,7611	636,3 163,06	-0,1448 29,48
Жидкость Пар	10,00	0,6809	1246,7 28,820	211,32 384,93	211,87 408,56	1,0422 1,7368	0,6782 0,5953	1,1993 0,7852	612,7 162,65	-0,1112 28,18
Жидкость Пар	15,00	0,7893	1228,6 33,362	217,28 386,51	217,92 410,16	1,0630 1,7302	0,6822 0,6072	1,2166 0,8115	588,9 162,07	-0,0737 26,99
Жидкость Пар	20,00	0,9100	1209,9 38,477	223,31 388,01	224,06 411,66	1,0838 1,7238	0,6864 0,6195	1,2356 0,8404	565,1 161,32	-0,0316 25,90
Жидкость Пар	25,00	1,0439	1190,7 44,232	229,41 389,43	230,29 413,03	1,1045 1,7174	0,6909 0,6321	1,2568 0,8724	541,1 160,38	0,0161 24,90
Жидкость Пар	30,00	1,1919	1170,7 50,705	235,61 390,76	236,62 414,26	1,1252 1,7111	0,6956 0,6450	1,2807 0,9081	516,8 159,25	0,0704 23,98
Жидкость Пар	35,00	1,3548	1150,1 57,988	241,89 391,98	243,07 415,34	1,1458 1,7048	0,7006 0,6584	1,3077 0,9485	492,4 157,91	0,1331 23,14
Жидкость Пар	40,00	1,5336	1128,5 66,193	248,29 393,08	249,65 416,25	1,1665 1,6985	0,7059 0,6722	1,3389 0,9948	467,6 156,36	0,2060 22,37
Жидкость Пар	45,00	1,7292	1106,0 75,457	254,80 394,04	256,36 416,95	1,1872 1,6919	0,7116 0,6865	1,3755 1,0487	442,5 154,58	0,2919 21,66
Жидкость Пар	50,00	1,9427	1082,3 85,952	261,45 394,83	263,25 417,44	1,2080 1,6852	0,7176 0,7014	1,4191 1,1126	417,0 152,56	0,3945 21,01
Жидкость Пар	55,00	2,1751	1057,2 97,899	268,26 395,43	270,32 417,65	1,2291 1,6781	0,7240 0,7170	1,4724 1,1902	390,9 150,28	0,5190 20,41
Жидкость Пар	60,00	2,4275	1030,4 111,591	275,26 395,80	277,61 417,55	1,2504 1,6705	0,7308 0,7335	1,5392 1,2872	364,3 147,72	0,6730 19,85
Жидкость Пар	65,00	2,7012	1001,4 127,430	282,49 395,87	285,18 417,06	1,2722 1,6622	0,7384 0,7511	1,6259 1,4128	337,0 144,85	0,8674 19,32
Жидкость Пар	70,00	2,9974	969,7 145,991	290,01 395,56	293,10 416,09	1,2945 1,6529	0,7467 0,7702	1,7434 1,5837	308,8 141,66	1,1199 18,81
Жидкость Пар	75,00	3,3177	934,4 168,158	297,91 394,76	301,46 414,49	1,3177 1,6424	0,7563 0,7914	1,9127 1,8322	279,6 138,11	1,4598 18,28

Окончание таблицы 13

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	80,00	3,6638	893,7 195,404	306,34 393,26	310,44 412,01	1,3423 1,6299	0,7680 0,8157	2,1814 2,2308	248,8 134,15	1,9420 17,70
Жидкость Пар	85,00	4,0378	844,8 230,560	315,60 390,67	320,38 408,19	1,3690 1,6142	0,7840 0,8450	2,6821 2,9841	215,3 129,71	2,6843 16,98
Жидкость Пар	90,00	4,4423	780,1 280,625	326,39 386,04	332,09 401,87	1,4001 1,5922	0,8115 0,8843	3,9811 4,9749	177,0 124,64	4,0006 15,90
Жидкость Пар	95,00	4,8824	662,9 382,037	342,19 374,50	349,56 387,28	1,4462 1,5486	0,8918 0,9566	17,3120 25,2863	128,0 117,96	7,2855 13,40
Критическая точка	96,15	4,9900	523,8	357,37	366,90	1,4927	[c]	[c]	[c]	10,3661

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.6 R32. Дифторметан

5.6.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:
T_{min} = 136,34 K; T_{max} = 435 K; p_{max} = 70 МПа; ρ_{max} = 27,4734 моль/л (1429 кг/м^3).

Таблица 14 — Коэффициенты и показатели степени составляющей идеального газа [уравнения (3) — (5)]

k	c_k	a_k	b_k
0	4,004486	—	—
1	—	1,160761	798
2	—	2,645151	4185
3	—	5,794987	1806
4	—	1,129475	11510

Таблица 15 — Коэффициенты и показатели степени составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	1,046634	0,25	1	0	0
2	–0,545116 5	1	2	0	0
3	–0,002448595	–0,25	5	0	0
4	–0,04877002	–1	1	0	0
5	0,03520158	2	1	0	0
6	0,00162275	2	3	0	0
7	0,00002377225	0,75	8	0	0
8	0,029149	0,25	4	0	0
9	0,003386203	18	4	4	1
10	–0,004202444	26	4	3	1
11	0,0004782025	–1	8	1	1

Окончание таблицы 15

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
12	–0,005504323	25	3	4	1
13	–0,02418396	1,75	5	1	1
14	0,4209034	4	1	2	1
15	–0,4616537	5	1	2	1
16	–1,200513	1	3	1	1
17	–2,59155	1,5	1	1	1
18	–1,400145	1	2	1	1
19	0,8263017	0,5	3	1	1

5.6.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 351,255 К; ρ' = 8,1500846 моль/л; M = 52,024 г/моль; R = 8,31471 Дж/(моль·К).

5.6.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 28204,341 Дж/моль; s_{ref} = 171,6913 Дж/(моль·К); f_1 = 7,25470784; f_2 = 2231,55735.

Т а б л и ц а 16 — Свойства R32 на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость	–136,81[a]	$4{,}800\cdot10^{-5}$	1429,3	–19,07	–19,07	–0,1050	1,0658	1,5925	1414,4	–0,3376
Пар			$2{,}203\cdot10^{-3}$	422,52	444,31	3,2937	0,4995	0,6597	169,60	881,12
Жидкость	–135,00	$6{,}339\cdot10^{-5}$	1424,9	–16,19	–16,19	–0,0840	1,0613	1,5900	1404,9	–0,3375
Пар			$2{,}872\cdot10^{-3}$	423,42	445,49	3,2579	0,5007	0,6609	170,67	823,35
Жидкость	–130,00	0,000131	1412,7	–8,26	–8,26	–0,0276	1,0494	1,5835	1378,4	–0,3369
Пар			0,00574	425,90	448,77	3,1651	0,5041	0,6646	173,59	686,24
Жидкость	–125,00	0,000257	1400,6	–0,36	–0,36	0,0267	1,0380	1,5777	1352,1	–0,3359
Пар			0,01085	428,39	452,05	3,0804	0,5080	0,6689	176,44	576,21
Жидкость	–120,00	0,000478	1388,4	7,52	7,52	0,0790	1,0274	1,5726	1325,8	–0,3345
Пар			0,01954	430,88	455,33	3,0030	0,5123	0,6738	179,21	487,31
Жидкость	–115,00	0,000850	1376,1	15,37	15,37	0,1294	1,0173	1,5682	1299,5	–0,3327
Пар			0,03369	433,37	458,60	2,9320	0,5173	0,6796	181,91	415,01
Жидкость	–110,00	0,00145	1363,8	23,20	23,20	0,1782	1,0079	1,5647	1273,4	–0,3304
Пар			0,0558	435,85	461,86	2,8668	0,5229	0,6863	184,52	355,78
Жидкость	–105,00	0,00239	1351,5	31,02	31,02	0,2254	0,9991	1,5619	1247,3	–0,3277
Пар			0,0894	438,32	465,10	2,8068	0,5293	0,6940	187,05	306,92
Жидкость	–100,00	0,00381	1339,0	38,82	38,83	0,2711	0,9910	1,5600	1221,2	–0,3244
Пар			0,1385	440,77	468,31	2,7515	0,5365	0,7030	189,50	266,28
Жидкость	–95,00	0,00590	1326,5	46,62	46,62	0,3155	0,9834	1,5588	1195,3	–0,3205
Пар			0,2084	443,20	471,48	2,7003	0,5446	0,7134	191,84	232,23
Жидкость	–90,00	0,00887	1313,9	54,41	54,42	0,3586	0,9764	1,5586	1169,3	–0,3160
Пар			0,3056	445,59	474,61	2,6529	0,5538	0,7254	194,09	203,45
Жидкость	–85,00	0,0130	1301,2	62,20	62,21	0,4006	0,9700	1,5592	1143,4	–0,3109
Пар			0,438	447,96	477,70	2,6089	0,5641	0,7390	196,24	178,95
Жидкость	–80,00	0,0187	1288,4	70,00	70,02	0,4415	0,9641	1,5606	1117,5	–0,3051
Пар			0,613	450,29	480,72	2,5679	0,5755	0,7543	198,26	157,95

Продолжение таблицы 16

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–75,00	0,0262	1275,4 0,842	77,81 452,57	77,83 483,68	0,4814 2,5296	0,9588 0,5880	1,5630 0,7714	1091,7 200,18	–0,2986 139,85
Жидкость Пар	–70,00	0,0361	1262,4 1,135	85,63 454,81	85,66 486,57	0,5204 2,4939	0,9540 0,6015	1,5663 0,7903	1065,8 201,96	–0,2913 124,19
Жидкость Пар	–65,00	0,0488	1249,1 1,507	93,46 456,99	93,50 489,38	0,5585 2,4604	0,9497 0,6160	1,5706 0,8110	1039,9 203,62	0,2831 110,58
Жидкость Пар	–60,00	0,0650	1235,7 1,969	101,32 459,12	101,38 492,11	0,5958 2,4289	0,9460 0,6315	1,5758 0,8335	1014,1 205,14	–0,2740 98,73
Жидкость Пар	–55,00	0,0852	1222,1 2,538	109,21 461,19	109,28 494,74	0,6324 2,3993	0,9427 0,6477	1,5821 0,8576	988,2 206,52	–0,2640 88,40
Жидкость Пар	–50,00	0,1101	1208,4 3,232	117,13 463,19	117,22 497,27	0,6683 2,3714	0,9400 0,6646	1,5895 0,8835	962,2 207,75	–0,2528 79,39
Жидкость Пар	–51,65[b]	0,1013	1212,9 2,988	114,51 462,54	114,59 496,45	0,6565 2,3805	0,9408 0,6589	1,5869 0,8748	970,8 207,36	–0,2566 82,23
Жидкость Пар	–45,00	0,1406	1194,4 4,067	125,08 465,13	125,20 499,70	0,7035 2,3450	0,9377 0,6820	1,5980 0,9110	936,3 208,83	–0,2404 71,52
Жидкость Пар	–40,00	0,1774	1180,2 5,065	133,08 466,99	133,23 502,02	0,7382 2,3200	0,9359 0,6998	1,6077 0,9401	910,2 209,74	–0,2267 64,65
Жидкость Пар	–35,00	0,2214	1165,7 6,248	141,12 468,78	141,31 504,21	0,7723 2,2962	0,9346 0,7180	1,6187 0,9709	884,0 210,49	–0,2115 58,63
Жидкость Пар	–30,00	0,2734	1151,0 7,639	149,21 470,48	149,45 506,27	0,8060 2,2735	0,9338 0,7365	1,6311 1,0035	857,8 211,07	–0,1947 53,37
Жидкость Пар	–25,00	0,3346	1135,9 9,266	157,36 472,09	157,66 508,20	0,8392 2,2518	0,9334 0,7552	1,6451 1,0380	831,4 211,47	–0,1761 48,75
Жидкость Пар	–20,00	0,4058	1120,6 11,157	165,58 473,61	165,94 509,97	0,8720 2,2310	0,9335 0,7740	1,6607 1,0747	804,9 211,68	–0,1553 44,70
Жидкость Пар	–15,00	0,4881	1104,9 13,346	173,86 475,01	174,31 511,58	0,9044 2,2109	0,9341 0,7930	1,6783 1,1139	778,3 211,69	–0,1322 41,13
Жидкость Пар	–10,00	0,5826	1088,8 15,870	182,23 476,31	182,76 513,02	0,9365 2,1915	0,9351 0,8121	1,6980 1,1560	751,4 211,50	–0,1063 37,98
Жидкость Пар	–5,00	0,6906	1072,2 18,769	190,68 477,47	191,33 514,26	0,9684 2,1727	0,9366 0,8315	1,7201 1,2015	724,3 211,10	–0,0772 35,20
Жидкость Пар	0,00	0,8131	1055,3 22,091	199,23 478,49	200,00 515,30	1,0000 2,1543	0,9386 0,8510	1,7450 1,2511	696,9 210,48	–0,0444 32,72
Жидкость Пар	5,00	0,9514	1037,7 25,891	207,88 479,36	208,80 516,11	1,0314 2,1363	0,9412 0,8709	1,7733 1,3058	669,2 209,63	–0,0071 30,51
Жидкость Пар	10,00	1,1069	1019,7 30,232	216,66 480,05	217,74 516,66	1,0628 2,1185	0,9443 0,8911	1,8056 1,3667	641,2 208,54	0,0354 28,54
Жидкость Пар	15,00	1,2808	1000,9 35,190	225,56 480,54	226,84 516,93	1,0940 2,1008	0,9480 0,9118	1,8428 1,4353	612,7 207,20	0,0843 26,76
Жидкость Пар	20,00	1,4746	981,4 40,856	234,62 480,81	236,12 516,90	1,1253 2,0831	0,9524 0,9331	1,8859 1,5136	583,7 205,60	0,1410 25,16
Жидкость Пар	25,00	1,6896	961,0 47,339	243,84 480,82	245,60 516,51	1,1566 2,0652	0,9577 0,9550	1,9367 1,6045	554,2 203,72	0,2076 23,69
Жидкость Пар	30,00	1,9275	939,6 54,776	253,27 480,54	255,32 515,72	1,1881 2,0471	0,9638 0,9779	1,9973 1,7118	524,0 201,54	0,2865 22,36

Окончание таблицы 16

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	35,00	2,1898	917,0 63,343	262,92 479,91	265,30 514,48	1,2198 2,0285	0,9712 1,0019	2,0710 1,8412	493,0 199,04	0,3815 21,13
Жидкость Пар	40,00	2,4783	893,0 73,268	272,84 478,88	275,61 512,71	1,2520 2,0091	0,9800 1,0272	2,1629 2,0012	461,0 196,19	0,4976 19,98
Жидкость Пар	45,00	2,7948	867,3 84,859	283,09 477,36	286,31 510,29	1,2847 1,9888	0,9907 1,0542	2,2809 2,2056	428,0 192,96	0,6428 18,90
Жидкость Пар	50,00	3,1412	839,3 98,550	293,74 475,23	297,49 507,10	1,3183 1,9670	1,0039 1,0834	2,4385 2,4773	393,6 189,31	0,8288 17,86
Жидкость Пар	55,00	3,5199	808,3 114,989	304,93 472,32	309,29 502,93	1,3531 1,9432	1,0207 1,1156	2,6610 2,8594	357,6 185,16	1,0751 16,85
Жидкость Пар	60,00	3,9332	773,3 135,213	316,84 468,35	321,93 497,44	1,3898 1,9166	1,0428 1,1519	3,0007 3,4412	319,7 180,43	1,4157 15,83
Жидкость Пар	65,00	4,3843	732,3 161,092	329,81 462,84	335,80 490,05	1,4293 1,8855	1,0732 1,1947	3,5880 4,4462	279,4 174,95	1,9160 14,75
Жидкость Пар	70,00	4,8768	680,9 196,688	344,57 454,72	351,73 479,52	1,4740 1,8464	1,1194 1,2488	4,8653 6,6388	235,8 168,40	2,7233 13,49
Жидкость Пар	75,00	5,4168	605,9 255,587	363,45 440,53	372,39 461,72	1,5314 1,7880	1,2064 1,3310	10,1347 15,6016	186,1 159,64	4,3093 11,74
Критическая точка	78,11	5,7820	424,0	400,51	414,15	1,6486	c	c	c	8,0731

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.7 R123. 2,2-Дихлор-1,1,1-трифторэтан

5.7.1 Диапазон действия

Коэффициенты действительны в следующем диапазоне:

T_{min} = 166 K; T_{max} = 600 K; p_{max} = 40 МПа; ρ_{max} = 11,6 моль/л (1774 кг/м^3).

Таблица 17 — Коэффициенты и показатели степени составляющей идеального газа [уравнения (3)—(5)]

k	c_k	t_k
0	2,046006	—
1	$4{,}866562 \cdot 10^{-2}$	1
2	$-5{,}586382 \cdot 10^{-5}$	2
3	$2{,}823279 \cdot 10^{-8}$	3

Таблица 18 — Коэффициенты и показатели степени составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	a_k
1	$-0{,}100242647494 \cdot 10^{2}$	3	0	0	0
2	−0,280607656419	4	0	0	0
3	$0{,}206814471606 \cdot 10^{-1}$	5	0	0	0
4	−0,284379431451	0	1	0	0
5	$0{,}593928110321 \cdot 10^{1}$	0,5	1	0	0

Окончание таблицы 18

k	N_k	t_k	d_k	l_k	a_k
6	$-0{,}936560389528 \cdot 10^{1}$	1	1	0	0
7	$0{,}416660793675 \cdot 10^{1}$	2	1	0	0
8	$-0{,}174023292951 \cdot 10^{1}$	3	1	0	0
9	0,177019905365	0	2	0	0
10	$-0{,}15472169226 \cdot 10^{1}$	1	2	0	0
11	$0{,}16182049559 \cdot 10^{1}$	2	2	0	0
12	$0{,}288903529383 \cdot 10^{1}$	3	2	0	0
13	–0,118493874757	0	3	0	0
14	$0{,}130952266209 \cdot 10^{1}$	1	3	0	0
15	$-0{,}117308103711 \cdot 10^{1}$	2	3	0	0
16	–0,128125131950	1	4	0	0
17	$-0{,}786087387513 \cdot 10^{-1}$	2	5	0	0
18	$-0{,}816000499305 \cdot 10^{-1}$	3	5	0	0
19	$0{,}536451054311 \cdot 10^{-1}$	2	6	0	0
20	$-0{,}680078211929 \cdot 10^{-2}$	2	7	0	0
21	$0{,}701264082191 \cdot 10^{-2}$	3	7	0	0
22	$-0{,}901762397311 \cdot 10^{-3}$	3	8	0	0
23	$0{,}100242647494 \cdot 10^{2}$	3	0	2	1
24	0,280607656419	4	0	2	1
25	$-0{,}206814471606 \cdot 10^{-1}$	5	0	2	1
26	$0{,}798923878145 \cdot 10^{1}$	3	2	2	1
27	–0,547972072476	4	2	2	1
28	$-0{,}206814470584 \cdot 10^{-1}$	5	2	2	1
29	$0{,}249142724365 \cdot 10^{1}$	3	4	2	1
30	–0,273986034884	4	4	2	1
31	0,236001863614	5	4	2	1
32	0,540528251211	3	6	2	1
33	$-0{,}600457561959 \cdot 10^{-1}$	4	6	2	1
34	$0{,}786672874826 \cdot 10^{-1}$	5	6	2	1
35	$0{,}708085874508 \cdot 10^{-1}$	3	8	2	1
36	$-0{,}150114389748 \cdot 10^{-1}$	4	8	2	1
37	$0{,}182205199477 \cdot 10^{-2}$	5	8	2	1
38	$0{,}314978575163 \cdot 10^{-2}$	3	10	2	1
39	$0{,}784455573794 \cdot 10^{-2}$	4	10	2	1
40	$0{,}364410397155 \cdot 10^{-3}$	5	10	2	1

5.7.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 456,831 К; ρ' = 3,596417 моль/л; M = 152,931 г/моль; R = 8,31451 Дж/(моль·К).

5.7.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 58497,533 Дж/моль; s_{ref} = 283,9365 Дж/(моль·К); f_1 = –8,10658379; f_2 = 5001,44551.

Т а б л и ц а 19 — Свойства R123 на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	–107,15[a]	$4{,}202\cdot10^{-3}$	1771,0 $4{,}656\cdot10^{-4}$	98,81 313,47	98,81 322,50	0,5311 1,8786	0,6295 0,4194	0,9289 0,4738	1243,8 100,97	–0,4755 335,67
Жидкость Пар	–105,00	$5{,}765\cdot10^{-6}$	1766,0 $6{,}306\cdot10^{-4}$	100,80 314,38	100,80 323,52	0,5430 1,8675	0,6306 0,4232	0,9280 0,4776	1235,3 101,57	–0,4762 319,10
Жидкость Пар	–100,00	$0{,}161\cdot10^{-6}$	1754,5 $1{,}233\cdot10^{-3}$	105,44 316,51	105,44 325,93	0,5702 1,8436	0,6321 0,4319	0,9261 0,4863	1215,3 102,95	–0,4772 284,41
Жидкость Пар	–95,00	$2{,}233\cdot10^{-5}$	1743,2 $2{,}306\cdot10^{-3}$	110,07 318,69	110,07 328,38	0,5965 1,8220	0,6328 0,4405	0,9245 0,4949	1195,0 104,31	–0,4775 254,37
Жидкость Пар	–90,00	$4{,}120\cdot10^{-5}$	1732,0 $4{,}138\cdot10^{-3}$	114,68 320,92	114,68 330,87	0,6221 1,8025	0,6333 0,4491	0,9235 0,5035	1174,6 105,65	–0,4771 228,26
Жидкость Пар	–85,00	$7{,}317\cdot10^{-5}$	1720,8 $7{,}154\cdot10^{-3}$	119,30 323,18	119,30 333,41	0,6470 1,7849	0,6338 0,4575	0,9232 0,5119	1153,9 106,97	–0,4759 205,49
Жидкость Пар	–80,00	0,000125	1709,6 0,01195	123,92 325,49	123,92 335,98	0,6712 1,7691	0,6346 0,4658	0,9236 0,5202	1133,1 108,27	–0,4740 185,55
Жидкость Пар	–75,00	0,000208	1698,5 0,01935	128,54 327,83	128,54 338,60	0,6948 1,7549	0,6356 0,4740	0,9247 0,5285	1112,1 109,55	–0,4714 168,05
Жидкость Пар	–70,00	0,000336	1687,4 0,03045	133,17 330,21	133,17 341,25	0,7179 1,7422	0,6371 0,4821	0,9266 0,5367	1091,1 110,81	–0,4681 152,63
Жидкость Пар	–65,00	0,000528	1676,2 0,04666	137,80 332,63	137,80 343,94	0,7404 1,7307	0,6388 0,4902	0,9290 0,5448	1069,9 112,06	–0,4643 139,01
Жидкость Пар	–60,00	0,000808	1665,1 0,06977	142,46 335,09	142,46 346,66	0,7625 1,7206	0,6410 0,4982	0,9320 0,5529	1048,7 113,27	–0,4599 126,94
Жидкость Пар	–55,00	0,00121	1653,9 0,1020	147,13 337,58	147,13 349,42	0,7842 1,7115	0,6435 0,5061	0,9354 0,5610	1027,6 114,47	–0,4550 116,22
Жидкость Пар	–50,00	0,00177	1642,6 0,1461	151,81 340,11	151,81 352,21	0,8054 1,7034	0,6462 0,5139	0,9393 0,5690	1006,4 115,64	–0,4496 106,68
Жидкость Пар	–45,00	0,00254	1631,3 0,2052	156,52 342,66	156,52 355,03	0,8263 1,6964	0,6493 0,5217	0,9435 0,5770	985,3 116,78	–0,4437 98,17
Жидкость Пар	–40,00	0,00358	1620,0 0,2831	161,25 345,25	161,25 357,88	0,8468 1,6901	0,6526 0,5295	0,9480 0,5850	964,3 117,90	–0,4375 90,55
Жидкость Пар	–35,00	0,00495	1608,5 0,3843	166,00 347,87	166,00 360,75	0,8669 1,6847	0,6561 0,5372	0,9528 0,5931	943,4 118,98	–0,4309 83,73
Жидкость Пар	–30,00	0,00675	1597,0 0,5136	170,77 350,51	170,78 363,65	0,8868 1,6800	0,6597 0,5448	0,9578 0,6011	922,6 120,03	–0,4239 77,60
Жидкость Пар	–25,00	0,00906	1585,4 0,6767	175,58 353,19	175,58 366,57	0,9063 1,6760	0,6635 0,5525	0,9629 0,6092	901,9 121,04	–0,4166 72,09
Жидкость Пар	–20,00	0,0120	1573,8 0,880	180,40 355,88	180,41 369,52	0,9256 1,6726	0,6674 0,5601	0,9682 0,6174	881,3 122,01	–0,4088 67,13
Жидкость Пар	–15,00	0,0157	1562,0 1,130	185,26 358,60	185,27 372,47	0,9446 1,6698	0,6714 0,5677	0,9735 0,6256	860,9 122,94	–0,4007 62,65
Жидкость Пар	–10,00	0,0202	1550,1 1,435	190,14 361,34	190,15 375,45	0,9633 1,6675	0,6755 0,5753	0,9790 0,6339	840,7 123,82	–0,3923 58,60
Жидкость Пар	–5,00	0,0258	1538,2 1,802	195,04 364,10	195,06 378,44	0,9818 1,6656	0,6797 0,5828	0,9846 0,6423	820,6 124,66	–0,3834 54,93

Продолжение таблицы 19

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	0,00	0,0326	1526,1 2,242	199,98 366,87	200,00 381,44	1,0000 1,6642	0,6839 0,5904	0,9902 0,6508	800,7 125,44	–0,3740 51,61
Жидкость Пар	5,00	0,0408	1513,9 2,762	204,94 369,67	204,97 384,44	1,0180 1,6633	0,6881 0,5979	0,9959 0,6594	780,9 126,17	–0,3643 48,60
Жидкость Пар	10,00	0,0506	1501,6 3,374	209,93 372,47	209,97 387,46	1,0358 1,6626	0,6924 0,6055	1,0017 0,6682	761,3 126,84	–0,3540 45,86
Жидкость Пар	15,00	0,0621	1489,2 4,088	214,95 375,29	214,99 390,48	1,0534 1,6624	0,6967 0,6130	1,0076 0,6771	741,9 127,45	–0,3431 43,37
Жидкость Пар	20,00	0,0756	1476,6 4,917	220,00 378,12	220,05 393,49	1,0707 1,6624	0,7011 0,6206	1,0135 0,6861	722,6 127,99	–0,3316 41,10
Жидкость Пар	25,00	0,0914	1463,9 5,872	225,08 380,95	225,14 396,51	1,0879 1,6627	0,7054 0,6281	1,0196 0,6953	703,4 128,47	–0,3195 39,03
Жидкость Пар	27,82[b]	0,1013	1456,6 6,471	227,96 382,56	228,03 398,22	1,0975 1,6630	0,7079 0,6324	1,0230 0,7006	692,7 128,71	–0,3123 37,95
Жидкость Пар	30,00	0,1096	1451,0 6,966	230,18 383,80	230,26 399,53	1,1049 1,6633	0,7097 0,6357	1,0257 0,7047	684,4 128,88	–0,3066 37,15
Жидкость Пар	35,00	0,1305	1438,0 8,213	235,32 386,64	235,41 402,54	1,1217 1,6641	0,7141 0,6432	1,0320 0,7144	665,5 129,21	–0,2929 35,43
Жидкость Пар	40,00	0,1545	1424,8 9,630	240,48 389,49	240,59 405,54	1,1383 1,6651	0,7185 0,6508	1,0385 0,7243	646,8 129,46	–0,2782 33,86
Жидкость Пар	45,00	0,1817	1411,4 11,230	245,68 392,35	245,81 408,53	1,1548 1,6662	0,7229 0,6583	1,0451 0,7344	628,2 129,64	–0,2625 32,42
Жидкость Пар	50,00	0,2125	1397,8 13,031	250,91 395,20	251,06 411,50	1,1711 1,6676	0,7273 0,6659	1,0519 0,7448	609,6 129,73	–0,2456 31,11
Жидкость Пар	55,00	0,2471	1384,0 15,051	256,17 398,04	256,34 414,46	1,1873 1,6691	0,7317 0,6735	1,0589 0,7556	591,2 129,73	–0,2274 29,91
Жидкость Пар	60,00	0,2859	1370,0 17,311	261,46 400,88	261,67 417,40	1,2033 1,6707	0,7362 0,6811	1,0663 0,7667	572,9 129,64	–0,2076 28,82
Жидкость Пар	65,00	0,3292	1355,7 19,830	266,78 403,72	267,03 420,31	1,2191 1,6725	0,7406 0,6887	1,0740 0,7783	554,6 129,46	–0,1861 27,82
Жидкость Пар	70,00	0,3772	1341,2 22,632	272,14 406,54	272,42 423,20	1,2349 1,6743	0,7451 0,6963	1,0820 0,7904	536,4 129,17	–0,1627 26,92
Жидкость Пар	75,00	0,4304	1326,4 25,743	277,54 409,34	277,86 426,06	1,2505 1,6762	0,7497 0,7040	1,0906 0,8030	518,2 128,79	–0,1370 26,09
Жидкость Пар	80,00	0,4891	1311,2 29,188	282,98 412,14	283,35 428,89	1,2660 1,6781	0,7542 0,7117	1,0996 0,8162	500,0 128,30	–0,1087 25,34
Жидкость Пар	85,00	0,5536	1295,7 33,000	288,45 414,91	288,88 431,68	1,2814 1,6801	0,7589 0,7194	1,1093 0,8302	481,9 127,69	–0,0773 24,66
Жидкость Пар	90,00	0,6242	1279,9 37,213	293,97 417,65	294,45 434,43	1,2967 1,6822	0,7636 0,7272	1,1197 0,8450	463,8 126,97	–0,0425 24,05
Жидкость Пар	95,00	0,7014	1263,6 41,863	299,53 420,37	300,08 437,13	1,3120 1,6842	0,7683 0,7350	1,1310 0,8609	445,6 126,12	–0,0036 23,51
Жидкость Пар	100,00	0,7855	1246,9 46,996	305,14 423,06	305,77 439,77	1,3271 1,6862	0,7731 0,7429	1,1433 0,8780	427,5 125,14	0,0402 23,03

Окончание таблицы 19

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	105,00	0,8769	1229,7 52,661	310,80 425,71	311,51 442,36	1,3422 1,6882	0,7781 0,7509	1,1568 0,8965	409,2 124,02	0,0896 22,61
Жидкость Пар	110,00	0,9760	1211,9 58,914	316,51 428,31	317,32 444,88	1,3572 1,6902	0,7831 0,7590	1,1717 0,9168	391,0 122,76	0,1460 22,24
Жидкость Пар	115,00	1,0832	1193,5 65,824	322,28 430,86	323,19 447,32	1,3723 1,6920	0,7883 0,7672	1,1884 0,9392	372,6 121,34	0,2106 21,94
Жидкость Пар	120,00	1,1990	1174,4 73,471	328,13 433,35	329,15 449,67	1,3872 1,6938	0,7936 0,7755	1,2072 0,9643	354,1 119,76	0,2854 21,69
Жидкость Пар	125,00	1,3237	1154,4 81,950	334,04 435,78	335,18 451,93	1,4022 1,6955	0,7991 0,7840	1,2287 0,9928	335,5 118,00	0,3728 21,51
Жидкость Пар	130,00	1,4578	1133,6 91,379	340,03 438,12	341,32 454,07	1,4173 1,6969	0,8048 0,7927	1,2536 1,0257	316,7 116,05	0,4759 21,38
Жидкость Пар	135,00	1,6018	1111,6 101,904	346,12 440,37	347,56 456,08	1,4323 1,6982	0,8107 0,8017	1,2828 1,0643	297,8 113,89	0,5992 21,32
Жидкость Пар	140,00	1,7563	1088,3 113,711	352,31 442,50	353,92 457,94	1,4475 1,6992	0,8170 0,8110	1,3178 1,1106	278,6 111,51	0,7487 21,32
Жидкость Пар	145,00	1,9217	1063,5 127,044	358,62 444,48	360,43 459,61	1,4628 1,7000	0,8236 0,8207	1,3606 1,1677	259,1 108,88	0,9334 21,39
Жидкость Пар	150,00	2,0987	1036,8 142,231	365,08 446,30	367,10 461,05	1,4782 1,7003	0,8307 0,8309	1,4146 1,2405	239,3 105,99	1,1664 21,53
Жидкость Пар	155,00	2,2879	1007,8 159,735	371,72 447,89	373,99 462,22	1,4940 1,7000	0,8384 0,8417	1,4855 1,3371	219,0 102,80	1,4686 21,75
Жидкость Пар	160,00	2,4901	975,7 180,242	378,58 449,20	381,13 463,01	1,5101 1,6991	0,8469 0,8534	1,5836 1,4728	198,2 99,29	1,8748 22,05
Жидкость Пар	165,00	2,7062	939,4 204,853	385,74 450,11	388,62 463,32	1,5267 1,6972	0,8565 0,8662	1,7303 1,6790	176,6 95,40	2,4478 22,41
Жидкость Пар	170,00	2,9372	896,9 235,543	393,33 450,42	396,61 462,89	1,5443 1,6939	0,8677 0,8806	1,9792 2,0332	154,0 91,07	3,3147 22,81
Жидкость Пар	175,00	3,1845	843,9 276,595	401,67 449,73	405,44 461,25	1,5635 1,6880	0,8817 0,8975	2,5102 2,7935	129,6 86,20	4,7779 23,12
Жидкость Пар	180,00	3,4506	765,9 341,950	411,72 446,73	416,22 456,82	1,5867 1,6763	0,9019 0,9194	4,5486 5,6613	102,3 80,62	7,8106 22,79
Критическая точка	183,68	3,6618	550,0	430,74	437,39	1,6325	c	c	c	16,5658

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.8 R125. Пентафторэтан

5.8.1 Диапазон действия

Коэффициенты действительны в следующем диапазоне:
T_{min} = 172,52 K; T_{max} = 500 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 14,09 моль/л (1691 кг/м^3).

Таблица 20

k	c_k	t_k	a_k	b_k
0	3,0630	0,1	—	—
1	—	—	2,303	314,0
2	—	—	5,086	756,0
3	—	—	7,300	1707,0

Таблица 21 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей реального газа [уравнение (2)]

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k	m	β_k	γ_k	ε_k
1	5,280760	0,669	1	0	0	—	—	—	—
2	– 8,676580	1,05	1	0	0	—	—	—	—
3	0,7501127	2,75	1	0	0	—	—	—	—
4	0,7590023	0,956	2	0	0	—	—	—	—
5	0,01451899	1,00	4	0	0	—	—	—	—
6	4,777189	2,00	1	1	1	—	—	—	—
7	– 3,330988	2,75	1	1	1	—	—	—	—
8	3,775673	2,38	2	1	1	—	—	—	—
9	– 2,290919	3,37	2	1	1	—	—	—	—
10	0,8888268	3,47	3	1	1	—	—	—	—
11	– 0,6234864	2,63	4	1	1	—	—	—	—
12	– 0,04127263	3,45	5	1	1	—	—	—	—
13	– 0,08455389	0,72	1	2	1	—	—	—	—
14	– 0,1308752	4,23	5	2	1	—	—	—	—
15	0,008344962	0,20	1	3	1	—	—	—	—
16	– 1,532005	4,5	2	2	1	1,7	1	0	0
17	– 0,05883649	29,0	3	3	1	7,0	1	0	0
18	0,0226658	24,0	5	3	1	6,0	1	0	0

5.8.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 456,831 К, ρ' = 3,596417 моль/л, M = 152,931 г/моль, R = 8,31451 Дж/(моль·К).

5.8.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,5 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 41266,386 Дж/моль; s_{ref} = 236,1195 Дж/(моль·К); f_1 = 29,8766745; f_2 = 3013,2267.

Таблица 22 — Свойства R125 на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент Джоуля-Томсона, К/МПа
Жидкость Пар	– 100,63[a]	0,00291	1690,7 0,2446	87,13 265,48	87,13 277,39	0,4902 1,5931	0,6776 0,4984	1,0346 0,5689	932,6 116,43	– 0,3837 90,26
Жидкость Пар	– 100,00	0,00309	1688,7 0,2583	87,78 265,79	87,78 277,74	0,4940 1,5911	0,6781 0,4997	1,0351 0,5703	929,2 116,61	– 0,3830 89,08

Продолжение таблицы 22

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	– 95,00	0,00481	1672,5 0,3918	92,97 268,25	92,97 280,54	0,5235 1,5764	0,6818 0,5099	1,0396 0,5810	903,2 118,03	– 0,3766 80,43
Жидкость Пар	– 90,00	0,00729	1656,2 0,5779	98,18 270,75	98,18 283,36	0,5524 1,5634	0,6860 0,5201	1,0450 0,5919	877,5 119,39	– 0,3694 72,87
Жидкость Пар	– 85,00	0,0107	1639,9 0,831	103,42 273,28	103,42 286,20	0,5806 1,5520	0,6906 0,5304	1,0512 0,6031	852,3 120,69	– 0,3614 66,26
Жидкость Пар	– 80,00	0,0155	1623,4 1,169	108,69 275,83	108,70 289,06	0,6082 1,5421	0,6955 0,5409	1,0581 0,6146	827,5 121,92	– 0,3525 60,44
Жидкость Пар	– 75,00	0,0218	1606,7 1,610	114,00 278,41	114,01 291,94	0,6354 1,5333	0,7006 0,5514	1,0656 0,6264	802,9 123,07	– 0,3428 55,33
Жидкость Пар	– 70,00	0,0301	1589,9 2,177	119,34 281,01	119,36 294,83	0,6620 1,5257	0,7060 0,5620	1,0736 0,6385	778,6 124,13	– 0,3323 50,81
Жидкость Пар	– 65,00	0,0408	1572,9 2,892	124,73 283,62	124,75 297,71	0,6882 1,5191	0,7115 0,5727	1,0822 0,6511	754,5 125,11	– 0,3208 46,82
Жидкость Пар	– 60,00	0,0543	1555,7 3,783	130,16 286,24	130,19 300,60	0,7140 1,5135	0,7171 0,5836	1,0912 0,6641	730,6 125,98	– 0,3083 43,28
Жидкость Пар	– 55,00	0,0713	1538,2 4,879	135,63 288,88	135,68 303,48	0,7394 1,5086	0,7229 0,5946	1,1007 0,6776	706,8 126,75	– 0,2947 40,14
Жидкость Пар	– 50,00	0,0922	1520,5 6,211	141,15 291,51	141,21 306,35	0,7644 1,5044	0,7288 0,6058	1,1107 0,6916	683,2 127,41	– 0,2799 37,35
Жидкость Пар	– 48,09[b]	0,1013	1513,6 6,790	143,27 292,52	143,34 307,44	0,7739 1,5030	0,7311 0,6101	1,1146 0,6971	674,2 127,63	– 0,2738 36,36
Жидкость Пар	– 45,00	0,1176	1502,4 7,814	146,72 294,15	146,80 309,20	0,7891 1,5009	0,7349 0,6171	1,1212 0,7063	659,6 127,94	– 0,2636 34,86
Жидкость Пар	– 40,00	0,1483	1484,0 9,725	152,34 296,79	152,44 312,03	0,8134 1,4980	0,7410 0,6286	1,1323 0,7216	636,1 128,35	– 0,2458 32,65
Жидкость Пар	– 35,00	0,1849	1465,3 11,985	158,01 299,41	158,14 314,84	0,8375 1,4955	0,7473 0,6402	1,1440 0,7376	612,6 128,61	– 0,2262 30,67
Жидкость Пар	– 30,00	0,2281	1446,1 14,639	163,74 302,03	163,90 317,61	0,8614 1,4935	0,7537 0,6520	1,1565 0,7545	589,1 128,73	– 0,2044 28,91
Жидкость Пар	– 25,00	0,2786	1426,5 17,736	169,53 304,63	169,73 320,34	0,8849 1,4919	0,7602 0,6640	1,1698 0,7724	565,7 128,70	– 0,1803 27,33
Жидкость Пар	– 20,00	0,3373	1406,4 21,331	175,38 307,22	175,62 323,03	0,9083 1,4906	0,7668 0,6761	1,1840 0,7912	542,2 128,50	– 0,1532 25,91
Жидкость Пар	– 15,00	0,4050	1385,8 25,486	181,30 309,78	181,59 325,67	0,9314 1,4895	0,7736 0,6882	1,1994 0,8112	518,7 128,11	– 0,1228 24,66
Жидкость Пар	– 10,00	0,4825	1364,5 30,271	187,29 312,30	187,64 328,24	0,9544 1,4887	0,7805 0,7003	1,2161 0,8324	495,2 127,54	– 0,0883 23,55
Жидкость Пар	– 5,00	0,5707	1342,6 35,768	193,35 314,79	193,77 330,74	0,9773 1,4881	0,7876 0,7122	1,2344 0,8550	471,6 126,77	– 0,0489 22,61
Жидкость Пар	0,00	0,6705	1319,8 42,070	199,49 317,22	200,00 333,16	1,0000 1,4875	0,7948 0,7240	1,2547 0,8797	448,0 125,80	– 0,0036 21,81
Жидкость Пар	5,00	0,7829	1296,2 49,291	205,72 319,59	206,33 335,47	1,0226 1,4869	0,8021 0,7359	1,2773 0,9073	424,3 124,60	0,0492 21,15

Окончание таблицы 22

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	10,00	0,9088	1271,5 57,564	212,05 321,87	212,76 337,66	1,0452 1,4863	0,8095 0,7483	1,3029 0,9392	400,4 123,17	0,1113 20,61
Жидкость Пар	15,00	1,0492	1245,6 67,054	218,48 324,06	219,32 339,71	1,0678 1,4856	0,8172 0,7617	1,3323 0,9770	376,3 121,49	0,1851 20,18
Жидкость Пар	20,00	1,2052	1218,3 77,966	225,03 326,12	226,02 341,58	1,0904 1,4846	0,8252 0,7764	1,3666 1,0230	352,0 119,55	0,2742 19,83
Жидкость Пар	25,00	1,3779	1189,4 90,557	231,71 328,05	232,87 343,26	1,1131 1,4834	0,8335 0,7928	1,4074 1,0798	327,4 117,32	0,3835 19,53
Жидкость Пар	30,00	1,5685	1158,4 105,170	238,55 329,80	239,91 344,71	1,1359 1,4817	0,8425 0,8111	1,4575 1,1517	302,4 114,78	0,5202 19,29
Жидкость Пар	35,00	1,7783	1125,0 122,270	245,57 331,33	247,16 345,88	1,1591 1,4794	0,8522 0,8315	1,5209 1,2452	276,9 111,88	0,6956 19,08
Жидкость Пар	40,00	2,0085	1088,4 142,522	252,82 332,60	254,67 346,69	1,1826 1,4764	0,8630 0,8542	1,6052 1,3716	250,8 108,58	0,9282 18,91
Жидкость Пар	45,00	2,2607	1047,7 166,954	260,36 333,50	262,52 347,05	1,2067 1,4724	0,8755 0,8796	1,7244 1,5535	223,8 104,82	1,2501 18,78
Жидкость Пар	50,00	2,5368	1001,1 197,293	268,29 333,89	270,83 346,75	1,2318 1,4667	0,8907 0,9083	1,9102 1,8425	195,6 100,51	1,7247 18,67
Жидкость Пар	55,00	2,8389	945,4 236,916	276,82 333,46	279,83 345,44	1,2585 1,4584	0,9106 0,9421	2,2517 2,3860	165,3 95,57	2,4948 18,51
Жидкость Пар	60,00	3,1703	872,1 294,367	286,46 331,44	290,10 342,21	1,2884 1,4448	0,9411 0,9856	3,1392 3,8329	131,5 89,84	3,9752 18,06
Жидкость Пар	65,00	3,5370	735,1 416,565	300,06 323,75	304,88 332,24	1,3311 1,4120	1,0139 1,0604	13,6692 20,0735	90,0 82,63	8,2955 15,85
Критическая точка	66,02	3,6177	573,6	311,75	318,06	1,3696	[c]	[c]	[c]	12,3608

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.9 R134a. 1,1,1,2-Тетрафторэтан

5.9.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 169,85 K; T_{max} = 455 K; p_{max} = 70 МПа; ρ_{max} = 15,6 моль/л (1592 кг/м^3)

Таблица 23 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей идеального газа [уравнения с (3) по (5)]

k	c_k	t_k
0	–0,629789	—
1	$3{,}7701808 \cdot 10^{-1}$	0,5
2	$6{,}0585489 \cdot 10^{-2}$	0,75

Таблица 24 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	0,05586817	–0,5	2	0	0

Окончание таблицы 24

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
2	0,498223	0	1	0	0
3	0,02458698	0	3	0	0
4	0,0008570145	0	6	0	0
5	0,0004788584	1,5	6	0	0
6	–1,800808	1,5	1	0	0
7	0,2671641	2	1	0	0
8	–0,04781652	2	2	0	0
9	0,01423987	1	5	1	1
10	0,3324062	3	2	1	1
11	–0,007485907	5	2	1	1
12	0,0001017263	1	4	2	1
13	–0,5184567	5	1	2	1
14	–0,08692288	5	4	2	1
15	0,2057144	6	1	2	1
16	–0,005000457	10	2	2	1
17	0,0004603262	10	4	2	1
18	–0,003497836	10	1	3	1
19	0,006995038	18	5	3	1
20	–0,01452184	22	3	3	1
21	–0,0001285458	50	10	4	1

5.9.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 374,18 К, ρ' = 4,978830171 моль/л, M = 102,032 г/моль, R = 8,314471 Дж/(моль·К).

5.9.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 41433,397 Дж/моль; s_{ref} = 225,5353 Дж/(моль·К); f_1 = –12,2808002; f_2 = 3385,25707

Таблица 25 — Свойства R134a на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–103,30[a]	0,000390	1591,1 0,02817	71,45 321,11	71,46 334,94	0,4126 1,9639	0,7922 0,5030	1,1838 0,5853	1120,0 126,79	–0,3815 373,57
Жидкость Пар	–100,00	0,000559	1582,4 0,03969	75,36 322,76	75,36 336,85	0,4354 1,9456	0,7912 0,5107	1,1842 0,5932	1103,2 127,87	–0,3793 318,13
Жидкость Пар	–95,00	0,000939	1569,1 0,06479	81,29 325,29	81,29 339,78	0,4691 1,9201	0,7910 0,5224	1,1861 0,6052	1077,7 129,47	–0,3753 253,65
Жидкость Пар	–90,00	0,00152	1555,8 0,1024	87,22 327,87	87,23 342,76	0,5020 1,8972	0,7920 0,5341	1,1892 0,6173	1052,3 131,03	–0,3707 206,26
Жидкость Пар	–85,00	0,00240	1542,5 0,1570	93,18 330,49	93,18 345,77	0,5341 1,8766	0,7940 0,5457	1,1933 0,6294	1027,0 132,56	–0,3656 170,88
Жидкость Пар	–80,00	0,00367	1529,0 0,2343	99,16 333,15	99,16 348,83	0,5654 1,8580	0,7968 0,5573	1,1981 0,6417	1001,8 134,04	–0,3599 144,05

Продолжение таблицы 25

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–75,00	0,00548	1515,5 0,3412	105,16 335,85	105,17 351,91	0,5961 1,8414	0,8002 0,5689	1,2036 0,6540	976,8 135,47	–0,3536 123,38
Жидкость Пар	–70,00	0,00798	1501,9 0,4857	111,19 338,59	111,20 355,02	0,6262 1,8264	0,8040 0,5806	1,2096 0,6665	952,0 136,84	–0,3469 107,19
Жидкость Пар	–65,00	0,0114	1488,2 0,677	117,26 341,35	117,26 358,16	0,6557 1,8130	0,8082 0,5923	1,2161 0,6793	927,4 138,16	–0,3396 94,32
Жидкость Пар	–60,00	0,0159	1474,3 0,927	123,35 344,15	123,36 361,31	0,6846 1,8010	0,8127 0,6040	1,2230 0,6924	903,0 139,41	–0,3318 83,91
Жидкость Пар	–55,00	0,0218	1460,4 1,246	129,48 346,96	129,50 364,48	0,7131 1,7902	0,8175 0,6159	1,2304 0,7058	878,8 140,59	–0,3234 75,36
Жидкость Пар	–50,00	0,0295	1446,3 1,650	135,65 349,80	135,67 367,65	0,7410 1,7806	0,8224 0,6280	1,2381 0,7197	854,7 141,69	–0,3143 68,25
Жидкость Пар	–45,00	0,0391	1432,1 2,152	141,86 352,65	141,89 370,83	0,7685 1,7720	0,8276 0,6402	1,2462 0,7341	830,9 142,70	–0,3046 62,23
Жидкость Пар	–40,00	0,0512	1417,7 2,769	148,11 355,51	148,14 374,00	0,7956 1,7643	0,8328 0,6526	1,2546 0,7490	807,2 143,63	–0,2941 57,08
Жидкость Пар	–35,00	0,0661	1403,1 3,521	154,40 358,38	154,44 377,17	0,8223 1,7575	0,8382 0,6652	1,2635 0,7646	783,7 144,45	–0,2828 52,63
Жидкость Пар	–30,00	0,0844	1388,4 4,426	160,73 361,25	160,79 380,32	0,8486 1,7515	0,8438 0,6781	1,2729 0,7809	760,3 145,18	–0,2706 48,74
Жидкость Пар	–26,07[b]	0,1013	1376,7 5,258	165,74 363,51	165,81 382,78	0,8690 1,7472	0,8482 0,6884	1,2805 0,7942	742,0 145,67	–0,2602 46,01
Жидкость Пар	–25,00	0,1064	1373,4 5,506	167,11 364,12	167,19 383,45	0,8746 1,7461	0,8494 0,6912	1,2827 0,7979	737,0 145,79	–0,2573 45,31
Жидкость Пар	–20,00	0,1327	1358,3 6,784	173,54 366,99	173,64 386,55	0,9002 1,7413	0,8551 0,7046	1,2930 0,8158	713,8 146,28	–0,2428 42,26
Жидкость Пар	–15,00	0,1639	1342,8 8,287	180,02 369,85	180,14 389,63	0,9256 1,7371	0,8609 0,7183	1,3040 0,8346	690,7 146,65	–0,2270 39,54
Жидкость Пар	–10,00	0,2006	1327,1 10,041	186,55 372,69	186,70 392,66	0,9506 1,7334	0,8669 0,7322	1,3156 0,8544	667,6 146,89	–0,2096 37,11
Жидкость Пар	–5,00	0,2433	1311,1 12,077	193,13 375,51	193,32 395,66	0,9754 1,7300	0,8729 0,7464	1,3279 0,8752	644,6 146,99	–0,1905 34,92
Жидкость Пар	0,00	0,2928	1294,8 14,428	199,77 378,31	200,00 398,60	1,0000 1,7271	0,8791 0,7608	1,3410 0,8972	621,6 146,94	–0,1695 32,95
Жидкость Пар	5,00	0,3497	1278,1 17,131	206,48 381,08	206,75 401,49	1,0243 1,7245	0,8854 0,7755	1,3552 0,9206	598,7 146,74	–0,1461 31,17
Жидкость Пар	10,00	0,4146	1261,0 20,226	213,25 383,82	213,58 404,32	1,0485 1,7221	0,8918 0,7904	1,3704 0,9455	575,7 146,38	–0,1200 29,57
Жидкость Пар	15,00	0,4884	1243,4 23,758	220,09 386,52	220,48 407,07	1,0724 1,7200	0,8983 0,8056	1,3869 0,9721	552,7 145,85	–0,0907 28,12
Жидкость Пар	20,00	0,5717	1225,3 27,780	227,00 389,17	227,47 409,75	1,0962 1,7180	0,9050 0,8210	1,4049 1,0007	529,6 145,15	–0,0578 26,81
Жидкость Пар	25,00	0,6654	1206,7 32,350	233,99 391,77	234,55 412,33	1,1199 1,7162	0,9119 0,8367	1,4246 1,0316	506,5 144,26	–0,0204 25,64
Жидкость Пар	30,00	0,7702	1187,5 37,535	241,07 394,30	241,72 414,82	1,1435 1,7145	0,9189 0,8527	1,4465 1,0655	483,2 143,16	0,0223 24,58

Окончание таблицы 25

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	35,00	0,8870	1167,5 43,416	248,25 396,76	249,01 417,19	1,1670 1,7128	0,9262 0,8691	1,4709 1,1028	459,9 141,86	0,0714 23,63
Жидкость Пар	40,00	1,0166	1146,7 50,085	255,52 399,13	256,41 419,43	1,1905 1,7111	0,9336 0,8858	1,4984 1,1445	436,4 140,34	0,1285 22,78
Жидкость Пар	45,00	1,1599	1125,1 57,657	262,91 401,40	263,94 421,52	1,2139 1,7092	0,9414 0,9029	1,5298 1,1917	412,8 138,57	0,1953 22,02
Жидкость Пар	50,00	1,3179	1102,3 66,272	270,43 403,55	271,62 423,44	1,2375 1,7072	0,9494 0,9205	1,5661 1,2461	389,0 136,55	0,2746 21,36
Жидкость Пар	55,00	1,4915	1078,3 76,104	278,09 405,55	279,47 425,15	1,2611 1,7050	0,9579 0,9387	1,6089 1,3099	364,9 134,25	0,3698 20,77
Жидкость Пар	60,00	1,6818	1052,9 87,379	285,91 407,38	287,50 426,63	1,2848 1,7024	0,9668 0,9577	1,6602 1,3868	340,5 131,66	0,4861 20,27
Жидкость Пар	65,00	1,8898	1025,6 100,398	293,92 408,99	295,76 427,82	1,3088 1,6993	0,9764 0,9775	1,7234 1,4822	315,7 128,74	0,6308 19,83
Жидкость Пар	70,00	2,1168	996,2 115,572	302,16 410,33	304,28 428,65	1,3332 1,6956	0,9869 0,9986	1,8039 1,6051	290,3 125,46	0,8157 19,46
Жидкость Пар	75,00	2,3641	964,1 133,494	310,68 411,32	313,13 429,03	1,3580 1,6909	0,9988 1,0212	1,9115 1,7714	264,1 121,80	1,0599 19,14
Жидкость Пар	80,00	2,6332	928,2 155,078	319,55 411,83	322,39 428,81	1,3836 1,6850	1,0129 1,0460	2,0648 2,0122	236,6 117,69	1,3973 18,86
Жидкость Пар	85,00	2,9258	887,2 181,853	328,93 411,67	332,22 427,76	1,4104 1,6771	1,0308 1,0739	2,3064 2,3971	207,4 113,09	1,8936 18,57
Жидкость Пар	90,00	3,2442	837,8 216,761	339,06 410,45	342,93 425,42	1,4390 1,6662	1,0556 1,1068	2,7559 3,1207	175,9 107,90	2,6936 18,20
Жидкость Пар	95,00	3,5912	772,7 267,139	350,60 407,23	355,25 420,67	1,4715 1,6492	1,0938 1,1489	3,9385 5,0195	141,2 101,91	4,1916 17,51
Жидкость Пар	100,00	3,9724	651,2 373,011	367,20 397,03	373,30 407,68	1,5188 1,6109	1,1737 1,2180	17,5915 25,3503	101,0 93,95	8,1985 15,30
Критическая точка	101,06	4,0593	511,9	381,71	389,64	1,5621	[c]	[c]	[c]	11,9312

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.10 R143a. 1,1,1-Трифторэтан

5.10.1 Диапазон действия

Коэффициенты действительны в следующем диапазоне:

T_{min} = 161,34 K; T_{max} = 650 K; p_{max} = 100 МПа; ρ_{max} = 15,85 моль/л (1332 кг/м^3)

Таблица 26 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей идеального газа [уравнения (3) — (5)]

k	c_k	t_k	a_k	b_k
0	1,0578	0,33	—	—
1	—	—	4,440	1791
2	—	—	3,751	823

Таблица 27 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	7,7736443	0,67	1	0	0
2	–8,70185	0,833	1	0	0
3	–0,27779799	1,7	1	0	0
4	0,1460922	1,82	2	0	0
5	0,0089581616	0,35	5	0	0
6	–0,20552116	3,9	1	1	1
7	0,10653258	0,95	3	1	1
8	0,023270816	0	5	1	1
9	–0,013247542	1,19	7	1	1
10	–0,04279387	7,2	1	2	1
11	0,36221685	5,9	2	2	1
12	–0,25671899	7,65	2	2	1
13	–0,092326113	7,5	3	2	1
14	0,083774837	7,45	4	2	1
15	0,017128445	15,5	2	3	1
16	–0,01725611	22	3	3	1
17	0,0049080492	19	5	3	1

5.10.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 345,857 К, ρ' = 5,12845 моль/л, M = 84,041 г/моль, R = 8,314472 Дж/(моль·К)

5.10.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К, p_{ref} = 1,0 кПа, h_{ref} = 33936,397 Дж/моль; s_{ref} = 198,9613 Дж/(моль·К); f_1 = –1,57778074; f_2 = 2527,26378.

Таблица 28 — Свойства R143a на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–111,81[a]	0,00107	1330,5 0,0675	52,52 303,67	52,52 319,59	0,3142 1,9695	0,8138 0,5283	1,2112 0,6299	1058,1 137,57	–0,4394 385,09
Жидкость Пар	–110,00	0,00129	1326,2 0,0805	54,71 304,59	54,71 320,68	0,3277 1,9579	0,8128 0,5331	1,2119 0,6350	1049,4 138,22	–0,4375 354,60
Жидкость Пар	–105,00	0,00211	1314,1 0,1274	60,78 307,17	60,78 323,73	0,3643 1,9281	0,8114 0,5467	1,2151 0,6495	1025,5 139,98	–0,4316 284,35
Жидкость Пар	–100,00	0,00333	1301,9 0,1956	66,87 309,78	66,87 326,81	0,4000 1,9012	0,8115 0,5604	1,2199 0,6642	1001,7 141,68	–0,4247 230,56
Жидкость Пар	–95,00	0,00510	1289,6 0,2917	72,98 312,43	72,98 329,92	0,4348 1,8770	0,8131 0,5742	1,2260 0,6792	977,9 143,32	–0,4171 189,21
Жидкость Пар	–90,00	0,00761	1277,2 0,4238	79,13 315,11	79,13 333,06	0,4688 1,8553	0,8157 0,5881	1,2333 0,6944	954,2 144,89	–0,4086 157,26
Жидкость Пар	–85,00	0,0111	1264,8 0,601	85,31 317,83	85,32 336,22	0,5021 1,8357	0,8194 0,6021	1,2415 0,7100	930,4 146,39	–0,3994 132,44
Жидкость Пар	–80,00	0,0157	1252,2 0,835	91,54 320,58	91,55 339,40	0,5348 1,8180	0,8238 0,6162	1,2504 0,7258	906,6 147,81	–0,3895 113,01

Продолжение таблицы 28

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	–75,00	0,0219	1239,5 1,138	97,81 323,36	97,83 342,60	0,5669 1,8021	0,8288 0,6304	1,2601 0,7421	882,8 149,13	–0,3789 97,68
Жидкость Пар	–70,00	0,0299	1226,7 1,523	104,14 326,16	104,16 345,80	0,5984 1,7879	0,8344 0,6448	1,2704 0,7589	859,1 150,37	–0,3674 85,45
Жидкость Пар	–65,00	0,0402	1213,7 2,005	110,51 328,98	110,54 349,01	0,6294 1,7750	0,8405 0,6593	1,2813 0,7763	835,3 151,50	–0,3551 75,60
Жидкость Пар	–60,00	0,0531	1200,6 2,601	116,94 331,81	116,99 352,21	0,6599 1,7635	0,8470 0,6741	1,2928 0,7944	811,5 152,51	–0,3419 67,57
Жидкость Пар	–55,00	0,0691	1187,3 3,329	123,43 334,66	123,49 355,41	0,6900 1,7531	0,8538 0,6892	1,3049 0,8133	787,7 153,41	–0,3277 60,93
Жидкость Пар	–50,00	0,0887	1173,9 4,210	129,97 337,51	130,05 358,58	0,7197 1,7438	0,8608 0,7046	1,3175 0,8331	763,9 154,19	–0,3123 55,38
Жидкость Пар	–47,24[b]	0,1013	1166,4 4,769	133,61 339,08	133,70 360,33	0,7359 1,7391	0,8648 0,7132	1,3248 0,8444	750,8 154,55	-0,3032 52,70
Жидкость Пар	–45,00	0,1125	1160,3 5,264	136,58 340,36	136,68 361,74	0,7490 1,7354	0,8681 0,7203	1,3309 0,8539	740,1 154,82	–0,2956 50,69
Жидкость Пар	–40,00	0,1411	1146,4 6,514	143,26 343,20	143,38 364,86	0,7779 1,7279	0,8756 0,7363	1,3448 0,8758	716,3 155,31	–0,2774 46,68
Жидкость Пар	–35,00	0,1750	1132,3 7,988	150,00 346,04	150,15 367,95	0,8065 1,7211	0,8833 0,7526	1,3596 0,8989	692,5 155,65	–0,2576 43,21
Жидкость Пар	–30,00	0,2149	1117,9 9,711	156,81 348,86	157,00 370,99	0,8348 1,7149	0,8911 0,7693	1,3752 0,9233	668,6 155,84	–0,2358 40,20
Жидкость Пар	–25,00	0,2614	1103,3 11,716	163,70 351,67	163,93 373,98	0,8629 1,7093	0,8991 0,7863	1,3918 0,9492	644,7 155,85	–0,2118 37,55
Жидкость Пар	–20,00	0,3154	1088,3 14,036	170,66 354,44	170,95 376,91	0,8907 1,7043	0,9072 0,8035	1,4094 0,9767	620,8 155,68	–0,1852 35,22
Жидкость Пар	–15,00	0,3774	1072,9 16,709	177,71 357,18	178,06 379,76	0,9183 1,6996	0,9154 0,8211	1,4283 1,0061	596,8 155,33	–0,1555 33,16
Жидкость Пар	–10,00	0,4482	1057,2 19,778	184,84 359,88	185,27 382,54	0,9457 1,6953	0,9237 0,8390	1,4487 1,0377	572,8 154,78	–0,1223 31,33
Жидкость Пар	–5,00	0,5287	1041,0 23,292	192,07 362,53	192,58 385,23	0,9729 1,6913	0,9322 0,8571	1,4709 1,0717	548,6 154,03	–0,0847 29,69
Жидкость Пар	0,00	0,6197	1024,3 27,306	199,40 365,11	200,00 387,81	1,0000 1,6876	0,9408 0,8756	1,4951 1,1087	524,3 153,06	–0,0420 28,24
Жидкость Пар	5,00	0,7219	1007,0 31,885	206,83 367,63	207,54 390,27	1,0270 1,6839	0,9495 0,8944	1,5219 1,1492	499,8 151,87	0,0069 26,94
Жидкость Пар	10,00	0,8363	989,1 37,107	214,37 370,06	215,22 392,60	1,0539 1,6804	0,9585 0,9135	1,5517 1,1942	475,1 150,43	0,0635 25,79
Жидкость Пар	15,00	0,9637	970,4 43,062	222,05 372,39	223,04 394,77	1,0809 1,6768	0,9678 0,9331	1,5854 1,2447	450,2 148,74	0,1295 24,76
Жидкость Пар	20,00	1,1052	950,8 49,864	229,86 374,60	231,02 396,76	1,1078 1,6732	0,9773 0,9531	1,6239 1,3024	425,0 146,77	0,2075 23,84
Жидкость Пар	25,00	1,2616	930,2 57,653	237,83 376,66	239,19 398,54	1,1349 1,6693	0,9873 0,9737	1,6687 1,3695	399,5 144,51	0,3007 23,04
Жидкость Пар	30,00	1,4340	908,4 66,605	245,98 378,54	247,56 400,07	1,1621 1,6652	0,9978 0,9951	1,7218 1,4494	373,5 141,93	0,4140 22,33

Окончание таблицы 28

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Жидкость Пар	35,00	1,6236	885,2 76,954	254,33 380,21	256,16 401,31	1,1895 1,6606	1,0091 1,0173	1,7863 1,5472	347,0 139,02	0,5543 21,71
Жидкость Пар	40,00	1,8314	860,3 89,018	262,91 381,61	265,04 402,19	1,2174 1,6553	1,0213 1,0408	1,8670 1,6715	319,8 135,73	0,7319 21,17
Жидкость Пар	45,00	2,0589	833,1 103,245	271,79 382,66	274,26 402,61	1,2457 1,6491	1,0350 1,0659	1,9725 1,8366	291,8 132,04	0,9636 20,69
Жидкость Пар	50,00	2,3073	803,0 120,307	281,02 383,25	283,90 402,43	1,2748 1,6416	1,0509 1,0932	2,1181 2,0700	262,7 127,89	1,2777 20,26
Жидкость Пар	55,00	2,5785	768,9 141,302	290,74 383,20	294,09 401,44	1,3051 1,6322	1,0702 1,1237	2,3369 2,4302	232,2 123,22	1,7273 19,84
Жидкость Пар	60,00	2,8744	728,9 168,236	301,15 382,16	305,09 399,24	1,3371 1,6197	1,0951 1,1595	2,7143 3,0685	199,5 117,93	2,4237 19,37
Жидкость Пар	65,00	3,1977	678,3 205,645	312,73 379,39	317,45 394,94	1,3726 1,6018	1,1312 1,2044	3,5635 4,5323	163,8 111,84	3,6529 18,67
Жидкость Пар	70,00	3,5527	600,8 270,096	327,28 372,27	333,19 385,42	1,4172 1,5694	1,1984 1,2720	7,7197 11,5008	122,4 104,25	6,4733 17,07
Критическая точка	72,71	3,7610	431,0	350,18	358,91	1,4906	[c]	[c]	[c]	12,3969

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.11 R152a. 1,1- Дифторэтан

5.11.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 154,5 K; T_{max} = 500 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 18,07 моль/л (1194 кг/м^3).

Таблица 29 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей идеального газа [уравнения (3) — (5)]

k	c_k	t_k
0	3,354952	—
1	$1{,}098649 \cdot 10^{-2}$	1
2	$2{,}501616 \cdot 10^{-5}$	2
3	$-2{,}787445 \cdot 10^{-8}$	3

Таблица 30 — Коэффициенты и показатели степеней составляющей реального газа

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
1	$-0{,}354657949982 \cdot 10^{1}$	3	0	0	0
2	–0,364631280620	4	0	0	0
3	$0{,}333233335558 \cdot 10^{-1}$	5	0	0	0
4	–0,680968435117	0	1	0	0
5	$0{,}735212646801 \cdot 10^{1}$	0,5	1	0	0
6	$-0{,}112473063838 \cdot 10^{2}$	1	1	0	0

Окончание таблицы 30

k	N_k	t_k	d_k	l_k	α_k
7	$0{,}549916715657 \cdot 10^{1}$	2	1	0	0
8	$-0{,}240186327322 \cdot 10^{1}$	3	1	0	0
9	$-0{,}709036447042 \cdot 10^{-1}$	0	2	0	0
10	$-0{,}213200886814$	1	2	0	0
11	$0{,}197839736368$	2	2	0	0
12	$0{,}182494769909 \cdot 10^{1}$	3	2	0	0
13	$-0{,}860546479693 \cdot 10^{-1}$	0	3	0	0
14	$0{,}888137366540$	1	3	0	0
15	$-0{,}966127346370$	2	3	0	0
16	$-0{,}985223479324 \cdot 10^{-1}$	1	4	0	0
17	$0{,}183419368472 \cdot 10^{-1}$	2	5	0	0
18	$-0{,}338550204252 \cdot 10^{-1}$	3	5	0	0
19	$0{,}124921101016 \cdot 10^{-1}$	2	6	0	0
20	$-0{,}221056706423 \cdot 10^{-2}$	2	7	0	0
21	$0{,}216879133161 \cdot 10^{-2}$	3	7	0	0
22	$-0{,}233597690478 \cdot 10^{-3}$	3	8	0	0
23	$0{,}354657949982 \cdot 10^{1}$	3	0	2	1
24	$0{,}364631280620$	4	0	2	1
25	$-0{,}333233335558 \cdot 10^{-1}$	5	0	2	1
26	$0{,}276133830254 \cdot 10^{1}$	3	2	2	1
27	$-0{,}691185711880 \cdot 10^{-1}$	4	2	2	1
28	$-0{,}333233335558 \cdot 10^{-1}$	5	2	2	1
29	$0{,}782761327717$	3	4	2	1
30	$-0{,}345592855940 \cdot 10^{-1}$	4	4	2	1
31	$0{,}137813531906$	5	4	2	1
32	$0{,}186173126153$	3	6	2	1
33	$-0{,}341119393297 \cdot 10^{-1}$	4	6	2	1
34	$0{,}459378439687 \cdot 10^{-1}$	5	6	2	1
35	$0{,}216470012607 \cdot 10^{-1}$	3	8	2	1
36	$-0{,}852798483242 \cdot 10^{-2}$	4	8	2	1
37	$0{,}620394038634 \cdot 10^{-2}$	5	8	2	1
38	$0{,}185210290813 \cdot 10^{-2}$	3	10	2	1
39	$0{,}101674662734 \cdot 10^{-2}$	4	10	2	1
40	$0{,}124078807727 \cdot 10^{-2}$	5	10	2	1

5.11.2 Приведенные параметры, молярная масса и газовая постоянная

T' = 386,411 К; ρ' = 5,57145 моль/л; M = 66,051 г/моль; R = 8,314471 Дж/(моль·К).

5.11.3 Справочные параметры состояния

T_{ref} = 273,15 К; p_{ref} = 1,0 кПа; h_{ref} = 34189,811 Дж/моль, s_{ref} = 188,5646 Дж/(моль·К); f_1 = –4,360056; f_2 = 2654,67362.

Т а б л и ц а 31 — Свойства R152a на границе жидкости и насыщенного пара

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	–118,59[a]	$6{,}414\cdot10^{-5}$	1192,9 $3{,}297\cdot10^{-3}$	13,79 399,87	13,79 419,32	0,1119 2,7357	0,9948 0,5726	1,4774 0,6987	1400,9 154,04	–0,4326 336,54
Жидкость Пар	–115,00	0,000103	1186,3 0,00516	19,13 401,93	19,13 421,84	0,1460 2,6924	1,0090 0,5803	1,4921 0,7064	1372,8 155,63	–0,4266 308,12
Жидкость Пар	–110,00	0,000191	1177,1 0,00928	26,62 404,85	26,62 425,38	0,1927 2,6368	1,0210 0,5911	1,5053 0,7173	1337,3 157,80	–0,4203 273,32
Жидкость Пар	–105,00	0,000339	1167,9 0,01600	34,17 407,81	34,17 428,96	0,2383 2,5861	1,0271 0,6020	1,5131 0,7284	1305,0 159,93	–0,4154 243,29
Жидкость Пар	–100,00	0,000579	1158,7 0,02658	41,75 410,82	41,75 432,59	0,2827 2,5399	1,0297 0,6131	1,5178 0,7398	1274,9 162,01	–0,4112 217,25
Жидкость Пар	–95,00	0,000956	1149,4 0,04268	49,35 413,87	49,35 436,26	0,3259 2,4978	1,0305 0,6244	1,5210 0,7514	1246,3 164,04	–0,4072 194,62
Жидкость Пар	–90,00	0,00153	1140,1 0,0664	56,96 416,96	56,96 439,97	0,3681 2,4593	1,0304 0,6358	1,5237 0,7634	1218,9 166,02	–0,4030 174,86
Жидкость Пар	–85,00	0,00237	1130,7 0,1005	64,58 420,10	64,59 443,71	0,4091 2,4242	1,0302 0,6475	1,5265 0,7758	1192,3 167,95	–0,3986 157,56
Жидкость Пар	–80,00	0,00359	1121,3 0,1483	72,22 423,26	72,23 447,48	0,4492 2,3920	1,0302 0,6595	1,5298 0,7886	1166,3 169,81	–0,3937 142,37
Жидкость Пар	–75,00	0,00530	1111,9 0,2136	79,88 426,46	79,89 451,27	0,4884 2,3626	1,0307 0,6718	1,5339 0,8019	1140,7 171,62	–0,3883 128,99
Жидкость Пар	–70,00	0,00765	1102,4 0,3012	87,56 429,69	87,57 455,08	0,5266 2,3357	1,0317 0,6843	1,5388 0,8157	1115,5 173,36	–0,3824 117,18
Жидкость Пар	–65,00	0,0108	1092,8 0,416	95,27 432,94	95,28 458,90	0,5641 2,3111	1,0334 0,6972	1,5446 0,8301	1090,4 175,03	–0,3758 106,73
Жидкость Пар	–60,00	0,0150	1083,2 0,566	103,01 436,21	103,02 462,74	0,6009 2,2885	1,0357 0,7104	1,5513 0,8452	1065,6 176,62	–0,3685 97,46
Жидкость Пар	–55,00	0,0204	1073,5 0,755	110,78 439,50	110,80 466,57	0,6369 2,2677	1,0387 0,7240	1,5589 0,8609	1040,9 178,12	–0,3606 89,21
Жидкость Пар	–50,00	0,0274	1063,7 0,994	118,59 442,80	118,62 470,40	0,6723 2,2487	1,0422 0,7379	1,5674 0,8774	1016,4 179,54	–0,3520 81,87
Жидкость Пар	–45,00	0,0362	1053,8 1,289	126,45 446,10	126,48 474,21	0,7071 2,2313	1,0463 0,7522	1,5768 0,8946	991,8 180,86	–0,3427 75,31
Жидкость Пар	–40,00	0,0472	1043,8 1,651	134,35 449,41	134,40 478,02	0,7414 2,2152	1,0509 0,7669	1,5870 0,9127	967,4 182,08	–0,3326 69,45
Жидкость Пар	–35,00	0,0607	1033,7 2,089	142,31 452,72	142,37 481,79	0,7752 2,2004	1,0558 0,7820	1,5979 0,9317	943,0 183,19	–0,3216 64,20
Жидкость Пар	–30,00	0,0772	1023,5 2,615	150,32 456,03	150,39 485,55	0,8085 2,1868	1,0612 0,7975	1,6097 0,9516	918,6 184,18	–0,3098 59,49
Жидкость Пар	–25,00	0,0970	1013,2 3,241	158,39 459,33	158,48 489,26	0,8413 2,1743	1,0669 0,8133	1,6222 0,9724	894,2 185,06	–0,2970 55,26
Жидкость Пар	–24,02[b]	0,1013	1011,2 3,376	159,97 459,97	160,07 489,98	0,8477 2,1719	1,0681 0,8164	1,6247 0,9766	889,5 185,21	–0,2944 54,48
Жидкость Пар	–20,00	0,1207	1002,7 3,979	166,52 462,61	166,64 492,94	0,8737 2,1627	1,0730 0,8295	1,6355 0,9943	869,9 185,80	–0,2832 51,45
Жидкость Пар	–15,00	0,1487	992,1 4,844	174,71 465,88	174,86 496,57	0,9058 2,1520	1,0793 0,8460	1,6496 1,0172	845,5 186,41	–0,2682 48,02

Продолжение таблицы 31

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	–10,00	0,1815	981,3 5,852	182,98 469,12	183,16 500,15	0,9375 2,1421	1,0859 0,8629	1,6645 1,0414	821,0 186,88	–0,2520 44,93
Жидкость Пар	–5,00	0,2198	970,3 7,017	191,31 472,34	191,54 503,66	0,9689 2,1329	1,0927 0,8802	1,6804 1,0667	796,6 187,20	–0,2343 42,13
Жидкость Пар	0,00	0,2640	959,1 8,359	199,72 475,53	200,00 507,11	1,0000 2,1243	1,0997 0,8978	1,6972 1,0935	772,0 187,37	–0,2149 39,60
Жидкость Пар	5,00	0,3148	947,7 9,896	208,22 478,68	208,55 510,49	1,0308 2,1164	1,1069 0,9157	1,7151 1,1218	747,4 187,37	–0,1938 37,31
Жидкость Пар	10,00	0,3728	936,1 11,651	216,79 481,79	217,19 513,78	1,0614 2,1089	1,1144 0,9339	1,7342 1,1517	722,7 187,21	–0,1706 35,23
Жидкость Пар	15,00	0,4386	924,2 13,647	225,45 484,85	225,93 516,99	1,0917 2,1018	1,1220 0,9525	1,7546 1,1834	697,9 186,87	–0,1449 33,35
Жидкость Пар	20,00	0,5129	912,0 15,910	234,21 487,85	234,77 520,09	1,1219 2,0952	1,1299 0,9714	1,7765 1,2173	673,0 186,36	–0,1165 31,64
Жидкость Пар	25,00	0,5964	899,5 18,469	243,07 490,79	243,73 523,09	1,1519 2,0888	1,1379 0,9906	1,8001 1,2536	647,9 185,65	–0,0849 30,09
Жидкость Пар	30,00	0,6898	886,6 21,357	252,03 493,66	252,80 525,96	1,1817 2,0828	1,1462 1,0101	1,8258 1,2926	622,7 184,74	–0,0495 28,69
Жидкость Пар	35,00	0,7939	873,4 24,613	261,10 496,44	262,01 528,70	1,2114 2,0769	1,1548 1,0300	1,8539 1,3349	597,3 183,63	–0,0096 27,41
Жидкость Пар	40,00	0,9093	859,7 28,280	270,29 499,13	271,35 531,28	1,2411 2,0711	1,1636 1,0502	1,8847 1,3811	571,7 182,30	0,0357 26,25
Жидкость Пар	45,00	1,0368	845,5 32,408	279,62 501,71	280,84 533,70	1,2707 2,0655	1,1728 1,0707	1,9190 1,4320	545,9 180,74	0,0873 25,20
Жидкость Пар	50,00	1,1774	830,8 37,058	289,08 504,16	290,50 535,93	1,3003 2,0598	1,1823 1,0917	1,9574 1,4887	519,9 178,94	0,1468 24,24
Жидкость Пар	55,00	1,3317	815,4 42,300	298,70 506,47	300,34 537,95	1,3299 2,0540	1,1922 1,1131	2,0009 1,5526	493,5 176,89	0,2159 23,38
Жидкость Пар	60,00	1,5007	799,4 48,222	308,50 508,60	310,38 539,72	1,3596 2,0480	1,2026 1,1350	2,0510 1,6257	466,9 174,57	0,2970 22,60
Жидкость Пар	65,00	1,6853	782,5 54,933	318,49 510,53	320,64 541,21	1,3895 2,0418	1,2135 1,1575	2,1094 1,7109	440,0 171,96	0,3934 21,90
Жидкость Пар	70,00	1,8864	764,6 62,569	328,70 512,22	331,16 542,37	1,4196 2,0351	1,2251 1,1806	2,1789 1,8122	412,6 169,04	0,5096 21,27
Жидкость Пар	75,00	2,1051	745,6 71,312	339,16 513,62	341,98 543,14	1,4501 2,0279	1,2375 1,2045	2,2637 1,9360	384,8 165,79	0,6522 20,71
Жидкость Пар	80,00	2,3424	725,2 81,403	349,92 514,66	353,15 543,43	1,4810 2,0198	1,2509 1,2294	2,3703 2,0924	356,4 162,17	0,8309 20,20
Жидкость Пар	85,00	2,5996	703,0 93,185	361,04 515,23	364,74 543,13	1,5126 2,0107	1,2655 1,2555	2,5099 2,2985	327,4 158,15	1,0609 19,74
Жидкость Пар	90,00	2,8780	678,5 107,172	372,63 515,21	376,87 542,06	1,5451 2,0000	1,2818 1,2832	2,7034 2,5863	297,4 153,69	1,3675 19,32
Жидкость Пар	95,00	3,1791	650,9 124,192	384,82 514,35	389,71 539,95	1,5790 1,9871	1,3004 1,3130	2,9947 3,0228	266,3 148,70	1,7961 18,90
Жидкость Пар	100,00	3,5050	618,5 145,754	397,93 512,23	403,59 536,28	1,6151 1,9707	1,3223 1,3459	3,4951 3,7759	233,5 143,11	2,4378 18,43

Окончание таблицы 31

	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J–T, К/МПа
Жидкость Пар	105,00	3,8583	578,1 175,224	412,57 507,95	419,25 529,97	1,6552 1,9479	1,3502 1,3838	4,5947 5,4245	198,0 136,73	3,5082 17,78
Жидкость Пар	110,00	4,2432	517,4 224,256	431,02 498,39	439,22 517,31	1,7058 1,9096	1,3921 1,4317	9,2614 12,2150	157,9 129,14	5,7104 16,42
Критическая точка	113,26	4,5168	368,0	465,28	477,55	1,8037	[c]	[c]	[c]	11,2920

[a] Тройная точка.
[b] Температура кипения при атмосферном давлении.
[c] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.12 R404A — R125/143a/134a (44/52/4)

5.12.1 Состав R404A

Таблица 32 — Состав R404A

i	Компонент	Массовая доля	Молярная доля
1	R125	0,44	0,35781678
2	R143a	0,52	0,60391922
3	R134a	0,04	0,03826400
M = 97,6040 г/моль.			

5.12.2 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 172,52 K; T_{max} = 455 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 15,04 моль/л (1194 кг/м^3).

5.12.3 Параметры взаимодействия [(уравнения (19) и (20)]

ξ_{12} = 5,551; ξ_{12} = –0,0004452; ξ_{13} = –0,4326; ξ_{13} = –0,0003453; ξ_{23} = 2,324; ξ_{23} = 0,0006182.

5.12.4 Коэффициенты и показатели степени функций избытка [уравнение (21)]

Таблица 33 — Коэффициенты и показатели степени функций избытка, i = 1; j = 2 (бинарная смесь R125/143a)

Бинарная пара R125/134a и бинарная пара R143a/134a				
k	N_k	t_k	d_k	l_k
1	– 0,013073	7,4	1	1
2	0,018259	0,35	3	1
3	0,0000081299	10,0	11	2
4	0,0078496	5,3	2	3
F_{12} = 1,1697				
[a] i = 1; j = 3: F_{13} = 1,00; функция $\phi_{ij,excess}$ для пары R125/134a идентична для функции $\phi_{ij,excess}$ для пары R125/143a.				
[b] i = 2; j = 3: F_{23} = 0,5557; функция $\phi_{ij,excess}$ для пары R143a/134a идентична для функции $\phi_{ij,excess}$ для пары R125/143a.				

5.12.5 Справочные параметры состояния

f_3 = 0,753387285; f_4 = 17,4959977.

Т а б л и ц а 34 — Свойства R404A на границе жидкости и насыщенного пара

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0100	–84,93 –83,84	1421,3 0,626	91,82 300,87	91,83 316,83	0,5296 1,7229	0,7710 0,5719	1,2138 0,6635	932,6 135,39	–0,3545 113,71
Кипение Роса	0,0150	–79,30 –78,28	1404,8 0,916	98,65 303,83	98,66 320,21	0,5654 1,7064	0,7795 0,5860	1,2137 0,6793	895,9 136,88	–0,3495 96,75
Кипение Роса	0,0200	–75,05 –74,08	1392,4 1,199	103,80 306,10	103,81 322,78	0,5917 1,6953	0,7854 0,5968	1,2152 0,6915	870,1 137,93	–0,3444 86,40
Кипение Роса	0,0250	–71,61 –70,66	1382,3 1,477	107,99 307,94	108,01 324,87	0,6126 1,6870	0,7899 0,6055	1,2173 0,7016	850,1 138,74	–0,3396 79,22
Кипение Роса	0,0300	–68,68 –67,76	1373,7 1,752	111,56 309,52	111,58 326,65	0,6302 1,6805	0,7937 0,6130	1,2197 0,7104	833,7 139,39	–0,3349 73,86
Кипение Роса	0,0400	–63,85 –62,97	1359,4 2,293	117,45 312,13	117,48 329,58	0,6587 1,6707	0,7998 0,6255	1,2246 0,7252	807,5 140,40	–0,3262 66,23
Кипение Роса	0,0500	–59,92 –59,07	1347,7 2,825	122,28 314,28	122,31 331,97	0,6815 1,6635	0,8046 0,6359	1,2295 0,7377	786,8 141,14	–0,3181 60,94
Кипение Роса	0,0600	–56,57 –55,75	1337,7 3,351	126,40 316,10	126,44 334,00	0,7007 1,6578	0,8088 0,6447	1,2342 0,7487	769,6 141,72	–0,3106 56,99
Кипение Роса	0,0800	–51,03 –50,25	1321,0 4,390	133,25 319,13	133,31 337,36	0,7320 1,6494	0,8156 0,6596	1,2430 0,7675	741,6 142,57	–0,2967 51,36
Кипение Роса	0,1000	–46,50 –45,74	1307,1 5,415	138,89 321,62	138,97 340,08	0,7571 1,6434	0,8212 0,6720	1,2511 0,7836	719,2 143,16	–0,2839 47,44
Кипение Роса	0,1013[a]	–46,22 –45,47	1306,3 5,483	139,24 321,77	139,31 340,25	0,7586 1,6430	0,8215 0,6728	1,2516 0,7846	717,9 143,19	–0,2831 47,22
Кипение Роса	0,1200	–42,63 –41,90	1295,1 6,430	143,74 323,74	143,83 342,40	0,7783 1,6387	0,8260 0,6828	1,2587 0,7978	700,4 143,57	–0,2720 44,50
Кипение Роса	0,1400	–39,24 –38,53	1284,5 7,439	148,01 325,59	148,12 344,41	0,7967 1,6349	0,8303 0,6923	1,2658 0,8108	684,0 143,86	–0,2606 42,18
Кипение Роса	0,1600	–36,20 –35,51	1275,0 8,442	151,85 327,25	151,97 346,20	0,8130 1,6318	0,8341 0,7009	1,2726 0,8228	669,4 144,07	–0,2498 40,29
Кипение Роса	0,1800	–33,45 –32,78	1266,2 9,441	155,35 328,75	155,49 347,81	0,8277 1,6292	0,8377 0,7088	1,2790 0,8339	656,2 144,21	–0,2393 38,70
Кипение Роса	0,2000	–30,93 –30,27	1258,0 10,437	158,57 330,12	158,73 349,28	0,8411 1,6270	0,8409 0,7161	1,2852 0,8445	644,2 144,29	–0,2291 37,34
Кипение Роса	0,2500	–25,38 –24,75	1239,9 12,920	165,72 333,12	165,92 352,47	0,8703 1,6225	0,8482 0,7324	1,2998 0,8688	617,8 144,34	–0,2046 34,66
Кипение Роса	0,3000	–20,62 –20,02	1223,9 15,399	171,90 335,67	172,14 355,15	0,8950 1,6190	0,8546 0,7465	1,3134 0,8909	595,2 144,22	–0,1811 32,64
Кипение Роса	0,3500	–16,44 –15,86	1209,6 17,881	177,38 337,90	177,67 357,47	0,9166 1,6163	0,8604 0,7592	1,3264 0,9114	575,4 143,99	–0,1581 31,04
Кипение Роса	0,4000	–12,69 –12,12	1196,5 20,369	182,35 339,87	182,68 359,51	0,9358 1,6141	0,8656 0,7706	1,3388 0,9307	557,6 143,66	–0,1355 29,75
Кипение Роса	0,4500	–9,28 –8,73	1184,4 22,867	186,89 341,65	187,27 361,33	0,9531 1,6122	0,8704 0,7811	1,3509 0,9492	541,4 143,28	–0,1130 28,67
Кипение Роса	0,5000	–6,15 –5,61	1173,0 25,378	191,11 343,26	191,53 362,96	0,9690 1,6105	0,8750 0,7907	1,3627 0,9670	526,5 142,84	–0,0905 27,75

Окончание таблицы 34

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,5500	–3,24 –2,72	1162,3 27,905	195,04 344,74	195,51 364,45	0,9837 1,6091	0,8792 0,7997	1,3744 0,9842	512,7 142,36	–0,0679 26,97
Кипение Роса	0,6000	–0,53 –0,02	1152,0 30,449	198,74 346,11	199,26 365,81	0,9973 1,6078	0,8832 0,8082	1,3859 1,0011	499,7 141,85	–0,0452 26,28
Кипение Роса	0,6500	2,02 2,52	1142,3 33,012	202,24 347,37	202,81 367,06	1,0101 1,6066	0,8871 0,8161	1,3973 1,0177	487,5 141,31	–0,0222 25,68
Кипение Роса	0,7000	4,42 4,91	1132,9 35,595	205,57 348,55	206,18 368,21	1,0222 1,6055	0,8908 0,8237	1,4087 1,0342	476,0 140,75	0,0011 25,16
Кипение Роса	0,7500	6,70 7,18	1123,8 38,201	208,74 349,65	209,41 369,28	1,0336 1,6044	0,8943 0,8309	1,4201 1,0506	465,0 140,17	0,0248 24,69
Кипение Роса	0,8000	8,87 9,34	1115,1 40,831	211,78 350,68	212,49 370,27	1,0444 1,6035	0,8977 0,8378	1,4316 1,0670	454,5 139,58	0,0489 24,27
Кипение Роса	0,8500	10,94 11,40	1106,5 43,485	214,70 351,64	215,46 371,19	1,0547 1,6025	0,9009 0,8445	1,4431 1,0835	444,5 138,96	0,0735 23,89
Кипение Роса	0,9000	12,92 13,37	1098,2 46,167	217,51 352,55	218,32 372,05	1,0646 1,6016	0,9041 0,8510	1,4547 1,1001	434,9 138,34	0,0986 23,55
Кипение Роса	0,9500	14,81 15,26	1090,2 48,876	220,22 353,41	221,09 372,85	1,0741 1,6007	0,9072 0,8573	1,4665 1,1169	425,6 137,70	0,1244 23,24
Кипение Роса	1,0000	16,64 17,08	1082,2 51,614	222,84 354,22	223,77 373,59	1,0832 1,5999	0,9102 0,8634	1,4784 1,1340	416,7 137,05	0,1507 22,95
Кипение Роса	1,2000	23,32 23,73	1052,0 62,884	232,60 357,03	233,75 376,12	1,1166 1,5965	0,9217 0,8869	1,5280 1,2058	383,5 134,36	0,2633 22,03
Кипение Роса	1,4000	29,22 29,60	1023,4 74,728	241,44 359,29	242,81 378,02	1,1462 1,5932	0,9325 0,9091	1,5821 1,2853	353,8 131,56	0,3901 21,35
Кипение Роса	1,6000	34,51 34,87	995,7 87,247	249,58 361,08	251,19 379,42	1,1730 1,5896	0,9431 0,9306	1,6427 1,3757	326,5 128,65	0,5351 20,82
Кипение Роса	1,8000	39,33 39,67	968,6 100,56	257,19 362,48	259,05 380,38	1,1977 1,5858	0,9535 0,9518	1,7122 1,4810	301,2 125,66	0,7033 20,41
Кипение Роса	2,0000	43,75 44,07	941,6 114,81	264,40 363,51	266,52 380,92	1,2208 1,5817	0,9643 0,9728	1,7941 1,6071	277,3 122,58	0,9015 20,07
Кипение Роса	2,2000	47,85 48,15	914,4 130,20	271,29 364,18	273,70 381,08	1,2427 1,5770	0,9755 0,9939	1,8935 1,7628	254,5 119,43	1,1392 19,79
Кипение Роса	2,4000	51,68 51,95	886,5 146,99	277,96 364,50	280,66 380,83	1,2635 1,5718	0,9875 1,0153	2,0185 1,9620	232,5 116,19	1,4301 19,55
Кипение Роса	2,6000	55,26 55,51	857,5 165,54	284,47 364,44	287,50 380,15	1,2837 1,5658	1,0009 1,0375	2,1832 2,2291	211,1 112,87	1,7950 19,31
Кипение Роса	2,8000	58,63 58,86	826,8 186,43	290,90 363,94	294,29 378,96	1,3036 1,5587	1,0161 1,0609	2,4136 2,6091	190,0 109,47	2,2671 19,06
Кипение Роса	3,0000	61,81 62,01	793,4 210,55	297,36 362,90	301,15 377,15	1,3234 1,5503	1,0343 1,0862	2,7653 3,1973	169,0 105,97	2,9028 18,74
Кипение Роса	3,2000	64,82 64,99	755,6 239,56	304,02 361,13	308,25 374,49	1,3438 1,5397	1,0570 1,1148	3,3812 4,2333	147,8 102,35	3,8068 18,29
Критическая точка	3,7289	72,05	486,5	336,26	343,92	1,4455	[b]	[b]	[b]	12,3347

[a] Температура начала кипения и точка росы при атмосферном давлении.
[b] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

5.13 R407C –R32/125/134a (23/25/52)

Т а б л и ц а 35 — Состав R407C

i	Компонент	Массовая доля	Молярная доля
1	R32	0,23	0,38110942
2	R125	0,25	0,17955889
3	R134a	0,52	0,43933169
M = 86,2037 г/моль.			

5.13.1 Диапазон действия

Коэффициенты действительны в следующем диапазоне:

T_{min} = 172,52 K; T_{max} = 435 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 17,96 моль/л (1548 кг/м^3).

5.13.2 Параметры взаимодействия [уравнения (19) и (20)]

ξ_{12} = 28,95; ξ_{12} = –0,006008; ξ_{13} = 7,909; ξ_{13} = –0,002039; ξ_{23} = 2,324; ξ_{23} = –0,0003453.

Т а б л и ц а 36 — Коэффициенты и показатели степени функций избытка

Бинарная пара R32/125 [a]				
k	N_k	t_k	d_k	l_k
1	– 0,0072955	4,50	2	1
2	0,078035	0,57	5	1
3	0,61007	1,90	1	2
4	0,64246	1,20	3	2
5	0,014965	0,50	9	2
6	– 0,34049	2,60	2	3
7	0,085658	11,40	3	3
8	– 0,064429	4,50	6	3
Бинарная пара R32/134a [b]				
1	0,22909	1,9	1	1
2	0,094074	0,25	3	1
3	0,00039876	0,07	8	1
4	0,021133	2,0	1	2
Бинарная пара R125/134a [c]				
1	– 0,013073	7,4	1	1
2	0,018259	0,35	3	1
3	0,0000081299	10,0	11	2
4	0,0078496	5,3	2	3

[a] i = 1; j = 2; F_{12} = 1,00.
[b] i = 1; j = 3; F_{13} = 1,00.
[c] i = 2; j = 3; F_{23} = 1,00.

5.13.3 Справочные параметры состояния

f_3 = 1,04370879; f_4 = –8,74106803.

Т а б л и ц а 37 — Свойства R152a на границе жидкости и насыщенного пара

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_V, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0100	–82,45 –74,81	1495,5 0,527	90,48 347,81	90,48 366,78	0,5259 1,9471	0,8200 0,5654	1,2815 0,6681	1008,4 149,08	–0,3299 115,10
Кипение Роса	0,0150	–76,77 –69,22	1479,1 0,771	97,75 350,74	97,76 370,19	0,5634 1,9253	0,8219 0,5781	1,2820 0,6826	976,2 150,70	–0,3246 100,56
Кипение Роса	0,0200	–72,50 –65,02	1466,7 1,010	103,23 352,95	103,24 372,75	0,5910 1,9104	0,8235 0,5879	1,2835 0,6941	952,7 151,85	–0,3198 91,36
Кипение Роса	0,0250	–69,03 –61,61	1456,6 1,245	107,68 354,75	107,70 374,83	0,6130 1,8991	0,8250 0,5960	1,2853 0,7038	934,1 152,74	–0,3154 84,79
Кипение Роса	0,0300	–66,09 –58,72	1448,0 1,477	111,46 356,27	111,48 376,59	0,6314 1,8900	0,8263 0,6031	1,2872 0,7123	918,5 153,46	–0,3113 79,75
Кипение Роса	0,0400	–61,25 –53,95	1433,7 1,934	117,70 358,79	117,72 379,47	0,6612 1,8761	0,8287 0,6149	1,2912 0,7269	893,3 154,58	–0,3039 72,38
Кипение Роса	0,0500	–57,31 –50,08	1422,0 2,384	122,79 360,83	122,82 381,80	0,6850 1,8656	0,8308 0,6248	1,2950 0,7393	873,1 155,43	–0,2972 67,09
Кипение Роса	0,0600	–53,96 –46,79	1412,0 2,829	127,13 362,56	127,17 383,77	0,7050 1,8573	0,8327 0,6334	1,2987 0,7502	856,1 156,10	–0,2911 63,04
Кипение Роса	0,0800	–48,42 –41,34	1395,3 3,707	134,33 365,41	134,39 386,99	0,7374 1,8445	0,8361 0,6479	1,3056 0,7692	828,3 157,10	–0,2799 57,08
Кипение Роса	0,1000	–43,90 –36,90	1381,5 4,574	140,24 367,73	140,31 389,59	0,7635 1,8349	0,8391 0,6601	1,3121 0,7855	805,8 157,81	–0,2698 52,81
Кипение Роса	0,1013[a]	–43,63 –36,63	1380,7 4,631	140,60 367,87	140,67 389,75	0,7650 1,8343	0,8393 0,6609	1,3125 0,7865	804,5 157,85	–0,2691 52,57
Кипение Роса	0,1200	–40,05 –33,11	1369,7 5,432	145,30 369,69	145,39 391,78	0,7854 1,8273	0,8418 0,6707	1,3181 0,8001	786,8 158,34	–0,2604 49,54
Кипение Роса	0,1400	–36,67 –29,79	1359,1 6,283	149,75 371,40	149,86 393,68	0,8043 1,8210	0,8443 0,6802	1,3238 0,8133	770,2 158,74	–0,2515 46,91
Кипение Роса	0,1600	–33,65 –26,83	1349,7 7,130	153,75 372,92	153,86 395,36	0,8211 1,8156	0,8466 0,6887	1,3292 0,8255	755,4 159,05	–0,2431 44,74
Кипение Роса	0,1800	–30,92 –24,15	1341,0 7,973	157,38 374,29	157,51 396,86	0,8362 1,8110	0,8488 0,6965	1,3344 0,8369	742,1 159,29	–0,2350 42,90
Кипение Роса	0,2000	–28,41 –21,69	1333,0 8,813	160,72 375,53	160,87 398,22	0,8499 1,8069	0,8508 0,7038	1,3394 0,8476	729,9 159,47	–0,2272 41,32
Кипение Роса	0,2500	–22,90 –16,28	1315,1 10,904	168,11 378,24	168,30 401,17	0,8798 1,7984	0,8555 0,7200	1,3513 0,8722	703,1 159,74	–0,2084 38,14
Кипение Роса	0,3000	–18,19 –11,66	1299,5 12,989	174,48 380,52	174,71 403,62	0,9050 1,7917	0,8598 0,7340	1,3624 0,8945	680,1 159,82	–0,1906 35,72
Кипение Роса	0,3500	–14,04 –7,61	1285,5 15,071	180,12 382,49	180,39 405,72	0,9269 1,7861	0,8637 0,7465	1,3731 0,9151	660,0 159,79	–0,1733 33,80
Кипение Роса	0,4000	–10,33 –3,97	1272,8 17,154	185,20 384,24	185,52 407,55	0,9465 1,7814	0,8673 0,7578	1,3834 0,9345	641,9 159,66	–0,1564 32,22
Кипение Роса	0,4500	–6,95 –0,67	1261,1 19,241	189,86 385,79	190,21 409,18	0,9641 1,7772	0,8707 0,7682	1,3934 0,9528	625,5 159,46	–0,1398 30,89
Кипение Роса	0,5000	–3,85 2,36	1250,1 21,334	194,16 387,20	194,56 410,64	0,9801 1,7735	0,8740 0,7779	1,4032 0,9704	610,4 159,20	–0,1233 29,76
Кипение Роса	0,5500	–0,98 5,17	1239,8 23,435	198,17 388,48	198,61 411,95	0,9950 1,7702	0,8771 0,7868	1,4129 0,9875	596,3 158,91	–0,1069 28,77

Продолжение таблицы 37

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,6000	1,70 7,79	1230,0 25,545	201,93 389,66	202,42 413,15	1,0087 1,7672	0,8801 0,7953	1,4224 1,0040	583,2 158,58	–0,0905 27,91
Кипение Роса	0,6500	4,22 10,24	1220,7 27,665	205,49 390,75	206,02 414,25	1,0216 1,7644	0,8830 0,8032	1,4319 1,0201	570,8 158,22	–0,0741 27,14
Кипение Роса	0,7000	6,60 12,56	1211,7 29,796	208,87 391,76	209,44 415,25	1,0338 1,7618	0,8857 0,8108	1,4413 1,0360	559,1 157,83	–0,0576 26,46
Кипение Роса	0,7500	8,85 14,76	1203,1 31,940	212,08 392,70	212,71 416,18	1,0452 1,7594	0,8884 0,8179	1,4507 1,0516	548,0 157,42	–0,0410 25,84
Кипение Роса	0,8000	11,00 16,85	1194,9 34,098	215,16 393,57	215,83 417,03	1,0561 1,7571	0,8911 0,8248	1,4600 1,0670	537,4 157,00	–0,0242 25,29
Кипение Роса	0,9000	15,00 20,74	1179,1 38,456	220,95 395,16	221,71 418,57	1,0764 1,7529	0,8961 0,8378	1,4789 1,0976	517,6 156,11	0,0098 24,32
Кипение Роса	1,0000	18,69 24,32	1164,1 42,877	226,33 396,57	227,19 419,89	1,0950 1,7491	0,9010 0,8499	1,4979 1,1282	499,2 155,16	0,0447 23,50
Кипение Роса	1,2000	25,30 30,73	1136,2 51,932	236,14 398,92	237,20 422,03	1,1283 1,7421	0,9102 0,8721	1,5370 1,1902	466,0 153,16	0,1180 22,18
Кипение Роса	1,4000	31,14 36,37	1110,2 61,306	244,98 400,79	246,24 423,63	1,1577 1,7358	0,9190 0,8926	1,5780 1,2549	436,4 151,05	0,1968 21,17
Кипение Роса	1,6000	36,39 41,43	1085,5 71,047	253,09 402,28	254,57 424,80	1,1843 1,7298	0,9274 0,9120	1,6219 1,3242	409,4 148,85	0,2826 20,36
Кипение Роса	1,8000	41,18 46,03	1061,7 81,203	260,64 403,44	262,33 425,61	1,2086 1,7241	0,9358 0,9305	1,6695 1,3996	384,5 146,57	0,3769 19,69
Кипение Роса	2,0000	45,59 50,25	1038,5 91,831	267,74 404,32	269,66 426,10	1,2311 1,7184	0,9441 0,9484	1,7218 1,4831	361,3 144,24	0,4815 19,13
Кипение Роса	2,2000	49,68 54,15	1015,7 103,00	274,47 404,93	276,64 426,29	1,2522 1,7126	0,9526 0,9660	1,7804 1,5770	339,3 141,84	0,5987 18,64
Кипение Роса	2,4000	53,51 57,79	993,1 114,78	280,92 405,29	283,34 426,20	1,2723 1,7068	0,9613 0,9834	1,8470 1,6845	318,4 139,40	0,7315 18,22
Кипение Роса	2,6000	57,11 61,19	970,5 127,27	287,14 405,42	289,82 425,85	1,2914 1,7007	0,9705 1,0008	1,9244 1,8096	298,2 136,90	0,8838 17,84
Кипение Роса	2,8000	60,51 64,38	947,5 140,60	293,17 405,30	296,12 425,21	1,3097 1,6944	0,9802 1,0183	2,0161 1,9582	278,6 134,35	1,0607 17,48
Кипение Роса	3,0000	63,73 67,40	924,1 154,93	299,07 404,93	302,31 424,29	1,3276 1,6877	0,9909 1,0360	2,1279 2,1390	259,4 131,75	1,2695 17,15
Кипение Роса	3,2000	66,80 70,25	899,9 170,45	304,88 404,28	308,43 423,06	1,3450 1,6805	1,0028 1,0543	2,2682 2,3648	240,4 129,09	1,5201 16,83
Кипение Роса	3,4000	69,73 72,94	874,6 187,47	310,65 403,33	314,54 421,46	1,3622 1,6726	1,0164 1,0734	2,4511 2,6567	221,6 126,38	1,8268 16,49
Кипение Роса	3,6000	72,53 75,50	847,6 206,40	316,46 402,01	320,71 419,45	1,3795 1,6639	1,0322 1,0937	2,7011 3,0504	202,7 123,59	2,2107 16,14
Кипение Роса	3,8000	75,22 77,92	818,1 227,89	322,38 400,24	327,02 416,91	1,3970 1,6540	1,0512 1,1156	3,0653 3,6132	183,8 120,73	2,7043 15,74
Кипение Роса	4,0000	77,82 80,21	785,1 253,04	328,54 397,85	333,64 413,66	1,4152 1,6424	1,0747 1,1401	3,6469 4,4863	164,8 117,75	3,3604 15,26

Окончание таблицы 37

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	4,2000	80,32 82,37	746,0 284,01	335,20 394,55	340,83 409,34	1,4348 1,6281	1,1050 1,1687	4,7261 6,0289	145,6 114,58	4,2742 14,63
Критическая точка	4,6298	86,03	484,2	368,92	378,48	1,5384	[b]	[b]	[b]	10,3922
[a] Температура начала кипения и точка росы при атмосферном давлении. [b] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.										

5.14 R410A—R32/125 (50/50)

Таблица 38 — Состав R410A

i	Компонент	Массовая доля	Молярная доля
1	R32	0,50	0,69761470
2	R125	0,50	0,30238530
M = 72,5855 г/моль.			

5.14.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 172,52 K; T_{max} = 435 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 20,2 моль/л (1496 кг/м^3).

5.14.2 Параметры взаимодействия [уравнения (19) и(20)]

ξ_{12} = 28,95; ξ_{12} = –0,006008.

Таблица 39 — Коэффициенты и показатели степеней функций избытка [уравнение (21)]

Бинарная пара R32/125				
k	N_k	t_k	d_k	l_k
1	–0,0072955	4,50	2	1
2	0,078035	0,57	5	1
3	0,61007	1,90	1	2
4	0,64246	1,20	3	2
5	0,014965	0,50	9	2
6	–0,34049	2,60	2	3
7	0,085658	11,40	3	3
8	–0,064429	4,50	6	3
[a] F_{12} = 1,00; i = 1; j = 2.				

5.14.3 Справочные параметры состояния

f_3 = 0,617469323; f_4 = –0,596795.

Таблица 40 — Свойства R410A на границе жидкости и насыщенного пара

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0100	–88,23 –88,14	1460,6 0,476	76,55 357,77	76,56 378,76	0,4588 2,0927	0,8662 0,5442	1,3441 0,6680	1004,0 159,71	–0,3215 156,70

Продолжение таблицы 40

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0150	–82,84 –82,75	1444,9 0,697	83,79 360,37	83,80 381,90	0,4974 2,0635	0,8620 0,5569	1,3444 0,6836	977,6 161,51	–0,3156 137,58
Кипение Роса	0,0200	–78,79 –78,70	1432,9 0,912	89,24 362,31	89,26 384,25	0,5258 2,0432	0,8596 0,5670	1,3455 0,6964	957,8 162,79	–0,3105 125,06
Кипение Роса	0,0250	–75,50 –75,41	1423,1 1,124	93,67 363,88	93,69 386,13	0,5484 2,0276	0,8580 0,5757	1,3468 0,7074	941,8 163,78	–0,3060 115,92
Кипение Роса	0,0300	–72,71 –72,63	1414,8 1,333	97,42 365,21	97,44 387,71	0,5672 2,0151	0,8569 0,5833	1,3483 0,7172	928,2 164,59	–0,3018 108,80
Кипение Роса	0,0400	–68,12 –68,04	1401,1 1,745	103,61 367,37	103,64 390,29	0,5978 1,9956	0,8555 0,5964	1,3515 0,7344	905,8 165,84	–0,2944 98,17
Кипение Роса	0,0500	–64,39 –64,31	1389,7 2,151	108,66 369,11	108,70 392,36	0,6222 1,9807	0,8548 0,6075	1,3546 0,7492	887,6 166,78	–0,2878 90,44
Кипение Роса	0,0600	–61,22 –61,14	1380,0 2,551	112,96 370,58	113,00 394,10	0,6426 1,9687	0,8544 0,6172	1,3577 0,7624	872,1 167,53	–0,2818 84,44
Кипение Роса	0,0800	–55,98 –55,90	1363,9 3,342	120,08 372,99	120,14 396,92	0,6758 1,9500	0,8543 0,6338	1,3636 0,7855	846,5 168,66	–0,2708 75,56
Кипение Роса	0,1000	–51,70 –51,62	1350,5 4,123	125,92 374,92	125,99 399,17	0,7024 1,9358	0,8546 0,6477	1,3693 0,8054	825,6 169,47	–0,2609 69,16
Кипение Роса	0,1013[a]	–51,44 –51,36	1349,7 4,174	126,27 375,03	126,34 399,31	0,7040 1,9350	0,8547 0,6486	1,3697 0,8066	824,3 169,52	–0,2602 68,80
Кипение Роса	0,1200	–48,06 –47,98	1339,0 4,895	130,90 376,54	130,99 401,05	0,7247 1,9243	0,8552 0,6599	1,3747 0,8231	807,7 170,08	–0,2516 64,24
Кипение Роса	0,1400	–44,87 –44,79	1328,8 5,662	135,29 377,95	135,39 402,67	0,7441 1,9147	0,8559 0,6706	1,3799 0,8391	792,0 170,56	–0,2430 60,30
Кипение Роса	0,1600	–42,02 –41,94	1319,6 6,425	139,22 379,19	139,34 404,09	0,7612 1,9065	0,8567 0,6804	1,3850 0,8539	777,9 170,93	–0,2347 57,05
Кипение Роса	0,1800	–39,44 –39,36	1311,2 7,183	142,79 380,30	142,93 405,36	0,7766 1,8993	0,8576 0,6892	1,3899 0,8677	765,2 171,22	–0,2267 54,30
Кипение Роса	0,2000	–37,07 –36,99	1303,4 7,940	146,07 381,31	146,23 406,50	0,7905 1,8928	0,8585 0,6974	1,3946 0,8806	753,4 171,45	–0,2190 51,94
Кипение Роса	0,2500	–31,88 –31,79	1286,1 9,822	153,32 383,48	153,51 408,93	0,8209 1,8794	0,8608 0,7155	1,4061 0,9100	727,5 171,83	–0,2006 47,24
Кипение Роса	0,3000	–27,44 –27,35	1271,1 11,697	159,56 385,29	159,80 410,94	0,8466 1,8685	0,8631 0,7310	1,4172 0,9365	705,3 172,01	–0,1830 43,70
Кипение Роса	0,3500	–23,54 –23,45	1257,6 13,569	165,08 386,84	165,36 412,64	0,8689 1,8593	0,8655 0,7447	1,4279 0,9608	685,6 172,06	–0,1660 40,90
Кипение Роса	0,4000	–20,04 –19,95	1245,3 15,442	170,05 388,20	170,38 414,10	0,8887 1,8514	0,8678 0,7570	1,4384 0,9834	667,8 172,00	–0,1493 38,62
Кипение Роса	0,4500	–16,87 –16,78	1233,9 17,318	174,60 389,40	174,96 415,39	0,9065 1,8445	0,8702 0,7682	1,4487 1,0049	651,6 171,87	–0,1329 36,72
Кипение Роса	0,5000	–13,96 –13,86	1223,3 19,198	178,80 390,48	179,21 416,53	0,9228 1,8383	0,8725 0,7786	1,4589 1,0253	636,7 171,68	–0,1166 35,10
Кипение Роса	0,5500	–11,26 –11,16	1213,4 21,085	182,72 391,46	183,17 417,54	0,9379 1,8326	0,8747 0,7881	1,4690 1,0450	622,7 171,44	–0,1004 33,70
Кипение Роса	0,6000	–8,74 –8,64	1203,9 22,979	186,39 392,34	186,89 418,46	0,9518 1,8275	0,8770 0,7970	1,4791 1,0641	609,6 171,16	–0,0843 32,48

Продолжение таблицы 40

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_V, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,6500	–6,38 –6,28	1194,9 24,882	189,86 393,16	190,40 419,28	0,9649 1,8227	0,8792 0,8054	1,4891 1,0827	597,3 170,85	–0,0681 31,40
Кипение Роса	0,7000	–4,15 –4,05	1186,3 26,795	193,15 393,90	193,74 420,03	0,9772 1,8183	0,8815 0,8133	1,4991 1,1008	585,6 170,52	–0,0519 30,44
Кипение Роса	0,7500	–2,04 –1,93	1178,1 28,718	196,28 394,59	196,92 420,71	0,9888 1,8141	0,8837 0,8207	1,5092 1,1186	574,5 170,16	–0,0355 29,58
Кипение Роса	0,8000	–0,03 0,08	1170,1 30,652	199,27 395,23	199,96 421,33	0,9998 1,8102	0,8859 0,8278	1,5193 1,1362	563,9 169,78	–0,0191 28,80
Кипение Роса	0,9000	3,72 3,83	1154,9 34,557	204,91 396,37	205,69 422,41	1,0204 1,8030	0,8902 0,8409	1,5396 1,1708	543,9 168,98	0,0142 27,45
Кипение Роса	1,0000	7,17 7,27	1140,5 38,515	210,15 397,35	211,02 423,31	1,0392 1,7964	0,8945 0,8529	1,5602 1,2051	525,4 168,13	0,0482 26,32
Кипение Роса	1,2000	13,34 13,46	1113,7 46,611	219,69 398,94	220,76 424,68	1,0730 1,7846	0,9030 0,8746	1,6025 1,2743	491,9 166,32	0,1190 24,52
Кипение Роса	1,4000	18,79 18,91	1088,8 54,978	228,27 400,12	229,56 425,59	1,1027 1,7741	0,9114 0,8943	1,6469 1,3466	462,0 164,40	0,1943 23,14
Кипение Роса	1,6000	23,68 23,80	1065,2 63,652	236,15 400,97	237,65 426,11	1,1296 1,7644	0,9199 0,9128	1,6941 1,4241	434,7 162,40	0,2751 22,03
Кипение Роса	1,8000	28,13 28,25	1042,6 72,672	243,46 401,54	245,19 426,31	1,1542 1,7552	0,9285 0,9308	1,7447 1,5090	409,5 160,33	0,3628 21,11
Кипение Роса	2,0000	32,22 32,34	1020,7 82,083	250,33 401,87	252,29 426,24	1,1769 1,7464	0,9374 0,9485	1,7998 1,6033	386,0 158,20	0,4586 20,33
Кипение Роса	2,2000	36,02 36,14	999,2 91,932	256,85 401,97	259,05 425,90	1,1983 1,7379	0,9465 0,9663	1,8608 1,7094	363,8 156,01	0,5643 19,64
Кипение Роса	2,4000	39,56 39,68	978,0 102,28	263,07 401,86	265,52 425,33	1,2185 1,7294	0,9560 0,9843	1,9295 1,8306	342,7 153,77	0,6821 19,03
Кипение Роса	2,6000	42,89 43,00	957,0 113,19	269,05 401,54	271,77 424,51	1,2377 1,7209	0,9660 1,0025	2,0082 1,9708	322,4 151,48	0,8150 18,47
Кипение Роса	2,8000	46,02 46,14	935,8 124,76	274,85 401,02	277,84 423,47	1,2561 1,7123	0,9767 1,0212	2,1005 2,1357	302,9 149,12	0,9665 17,96
Кипение Роса	3,0000	48,99 49,10	914,5 137,09	280,50 400,29	283,78 422,18	1,2740 1,7035	0,9881 1,0404	2,2112 2,3331	283,8 146,70	1,1416 17,47
Кипение Роса	3,2000	51,81 51,91	892,6 150,31	286,04 399,33	289,62 420,62	1,2913 1,6944	1,0005 1,0602	2,3479 2,5750	265,2 144,22	1,3469 17,01
Кипение Роса	3,4000	54,49 54,59	870,0 164,62	291,52 398,12	295,43 418,78	1,3085 1,6849	1,0141 1,0810	2,5218 2,8793	246,8 141,67	1,5913 16,55
Кипение Роса	3,6000	57,05 57,15	846,3 180,26	297,00 396,63	301,26 416,60	1,3254 1,6747	1,0295 1,1031	2,7517 3,2757	228,5 139,03	1,8874 16,09
Кипение Роса	3,8000	59,50 59,59	821,0 197,60	302,53 394,80	307,16 414,03	1,3425 1,6638	1,0472 1,1267	3,0704 3,8154	210,3 136,29	2,2534 15,61
Кипение Роса	4,0000	61,85 61,93	793,5 217,17	308,20 392,55	313,24 410,97	1,3600 1,6517	1,0684 1,1527	3,5413 4,5957	191,9 133,43	2,7169 15,10
Кипение Роса	4,2000	64,10 64,17	762,6 239,86	314,14 389,73	319,65 407,24	1,3783 1,6380	1,0950 1,1820	4,3058 5,8263	173,3 130,40	3,3224 14,53

Окончание таблицы 40

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Критическая точка	4,9026	71,36	459,5	357,88	368,55	1,5181	[b]	[b]	[b]	9,7477
[a] Температура начала кипения и точка росы при атмосферном давлении. [b] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.										

5.15 R507A—R125/143a (50/50)

Таблица 41 — Состав R507A

i	Компонент	Массовая доля	Молярная доля
1	R125	0,50	0,41183971
2	R143a	0,50	0,58816029
M = 98,8594 г/моль.			

5.15.1 Диапазон действия

Коэффициенты действуют в следующем диапазоне:

T_{min} = 161,34 K; T_{max} = 650 K; p_{max} = 100 МПа; ρ_{max} = 15,85 моль/л (1332 кг/м^3).

T_{min} = 172,52 K; T_{max} = 500 K; p_{max} = 60 МПа; ρ_{max} = 14,96 моль/л (1468 кг/м^3).

5.15.2 Параметры взаимодействия [уравнения (19) и (20)]

ξ_{12} = 5,551; ξ_{12} = –0,0004452.

Таблица 42 — Коэффициенты и показатели степени функций избытка [уравнение (21)]

Бинарная пара R125/134a				
k	N_k	t_k	d_k	l_k
1	–0,013073	7,4	1	1
2	0,018259	0,35	3	1
3	0,0000081299	10,0	11	2
4	0,0078496	5,3	2	3
[a] i = 1; j = 2; F_{12} = 1,1697.				

5.15.3 Справочные параметры состояния

f_3 = 0,630988493, f_4 = 19,345427.

Таблица 43 — Свойства R507A на границе жидкости и насыщенного пара

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0100	–85,26 –85,24	1432,7 0,639	92,21 297,04	92,21 312,68	0,5310 1,7044	0,7633 0,5669	1,2026 0,6573	926,5 133,98	–0,3545 112,99
Кипение Роса	0,0150	–79,66 –79,65	1416,1 0,934	98,94 300,00	98,95 316,06	0,5663 1,6884	0,7720 0,5809	1,2028 0,6730	889,9 135,47	–0,3494 96,12

Продолжение таблицы 43

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,0200	–75,44 –75,43	1403,6 1,223	104,02 302,26	104,04 318,61	0,5923 1,6776	0,7780 0,5916	1,2044 0,6851	864,2 136,53	–0,3442 85,83
Кипение Роса	0,0250	–72,01 –72,00	1393,4 1,506	108,16 304,10	108,17 320,70	0,6130 1,6696	0,7826 0,6003	1,2067 0,6951	844,3 137,34	–0,3393 78,70
Кипение Роса	0,0300	–69,10 –69,09	1384,7 1,786	111,67 305,67	111,69 322,47	0,6304 1,6633	0,7865 0,6077	1,2091 0,7039	827,9 137,99	–0,3346 73,37
Кипение Роса	0,0400	–64,29 –64,29	1370,4 2,337	117,49 308,28	117,52 325,39	0,6586 1,6538	0,7926 0,6201	1,2141 0,7186	801,8 139,00	–0,3258 65,80
Кипение Роса	0,0500	–60,37 –60,37	1358,6 2,880	122,25 310,41	122,29 327,77	0,6812 1,6469	0,7976 0,6304	1,2191 0,7310	781,2 139,75	–0,3176 60,55
Кипение Роса	0,0600	–57,04 –57,04	1348,5 3,416	126,32 312,23	126,36 329,79	0,7001 1,6415	0,8017 0,6392	1,2238 0,7418	764,1 140,33	–0,3100 56,62
Кипение Роса	0,0800	–51,53 –51,53	1331,6 4,474	133,08 315,25	133,14 333,13	0,7310 1,6334	0,8085 0,6540	1,2326 0,7605	736,3 141,18	–0,2960 51,02
Кипение Роса	0,1000	–47,01 –47,01	1317,6 5,517	138,65 317,72	138,73 335,85	0,7559 1,6276	0,8141 0,6662	1,2408 0,7764	714,0 141,76	–0,2832 47,13
Кипение Роса	0,1013[a]	–46,74 –46,74	1316,8 5,586	138,99 317,87	139,07 336,01	0,7574 1,6273	0,8145 0,6670	1,2413 0,7774	712,7 141,79	–0,2824 46,91
Кипение Роса	0,1200	–43,16 –43,16	1305,6 6,551	143,44 319,83	143,53 338,15	0,7769 1,6231	0,8190 0,6769	1,2483 0,7905	695,2 142,17	–0,2712 44,21
Кипение Роса	0,1400	–39,79 –39,79	1294,9 7,578	147,65 321,68	147,76 340,15	0,7951 1,6195	0,8232 0,6863	1,2555 0,8033	678,9 142,47	–0,2598 41,91
Кипение Роса	0,1600	–36,77 –36,77	1285,2 8,599	151,44 323,33	151,57 341,93	0,8113 1,6166	0,8271 0,6948	1,2622 0,8152	664,3 142,67	–0,2488 40,03
Кипение Роса	0,1800	–34,03 –34,03	1276,4 9,616	154,90 324,82	155,04 343,54	0,8258 1,6141	0,8306 0,7026	1,2686 0,8262	651,2 142,82	–0,2383 38,45
Кипение Роса	0,2000	–31,52 –31,51	1268,2 10,631	158,08 326,19	158,24 345,00	0,8390 1,6119	0,8339 0,7098	1,2748 0,8367	639,2 142,90	–0,2280 37,11
Кипение Роса	0,2500	–25,99 –25,99	1249,8 13,159	165,14 329,18	165,34 348,18	0,8679 1,6077	0,8411 0,7259	1,2893 0,8607	612,9 142,96	–0,2034 34,44
Кипение Роса	0,3000	–21,26 –21,25	1233,7 15,682	171,24 331,72	171,48 350,85	0,8924 1,6044	0,8475 0,7399	1,3029 0,8825	590,5 142,84	–0,1797 32,43
Кипение Роса	0,3500	–17,10 –17,08	1219,3 18,208	176,66 333,93	176,95 353,15	0,9137 1,6019	0,8532 0,7524	1,3158 0,9028	570,7 142,60	–0,1565 30,85
Кипение Роса	0,4000	–13,36 –13,35	1206,1 20,741	181,56 335,90	181,89 355,18	0,9327 1,5998	0,8584 0,7637	1,3282 0,9219	553,0 142,28	–0,1337 29,57
Кипение Роса	0,4500	–9,97 –9,95	1193,8 23,284	186,05 337,67	186,43 356,99	0,9499 1,5980	0,8633 0,7741	1,3403 0,9401	536,9 141,89	–0,1111 28,49
Кипение Роса	0,5000	–6,85 –6,83	1182,3 25,841	190,21 339,28	190,63 358,63	0,9657 1,5965	0,8678 0,7836	1,3520 0,9577	522,0 141,45	–0,0884 27,59
Кипение Роса	0,5500	–3,96 –3,94	1171,5 28,413	194,10 340,75	194,57 360,11	0,9802 1,5951	0,8720 0,7924	1,3636 0,9747	508,3 140,98	–0,0657 26,81
Кипение Роса	0,6000	–1,26 –1,24	1161,2 31,003	197,75 342,11	198,27 361,47	0,9937 1,5939	0,8760 0,8007	1,3751 0,9913	495,3 140,47	–0,0427 26,14
Кипение Роса	0,6500	1,28 1,30	1151,3 33,612	201,21 343,37	201,77 362,71	1,0064 1,5928	0,8798 0,8086	1,3865 1,0077	483,2 139,93	–0,0195 25,55

Окончание таблицы 43

	Давление, МПа	Температура, °С	Плотность, кг/м^3	Внутренняя энергия, кДж/кг	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	C_v, кДж/(кг·К)	C_p, кДж/(кг·К)	Скорость звука, м/с	Коэффициент J-T, К/МПа
Кипение Роса	0,7000	3,67 3,70	1141,8 36,243	204,49 344,55	205,11 363,86	1,0183 1,5918	0,8835 0,8160	1,3979 1,0240	471,7 139,37	0,0040 25,03
Кипение Роса	0,7500	5,94 5,97	1132,7 38,897	207,63 345,64	208,29 364,92	1,0296 1,5908	0,8870 0,8230	1,4093 1,0401	460,7 138,79	0,0279 24,57
Кипение Роса	0,8000	8,10 8,13	1123,8 41,575	210,63 346,67	211,34 365,91	1,0404 1,5899	0,8903 0,8298	1,4207 1,0563	450,3 138,19	0,0523 24,15
Кипение Роса	0,9000	12,13 12,16	1106,8 47,010	216,29 348,54	217,10 367,68	1,0604 1,5882	0,8968 0,8427	1,4438 1,0891	430,7 136,95	0,1025 23,45
Кипение Роса	1,0000	15,84 15,87	1090,6 52,559	221,56 350,20	222,48 369,22	1,0788 1,5865	0,9029 0,8550	1,4674 1,1227	412,5 135,67	0,1551 22,87
Кипение Роса	1,2000	22,49 22,53	1060,0 64,044	231,21 353,00	232,34 371,74	1,1119 1,5834	0,9143 0,8781	1,5170 1,1941	379,5 132,98	0,2691 21,98
Кипение Роса	1,4000	28,36 28,40	1031,0 76,121	239,93 355,25	241,29 373,64	1,1412 1,5802	0,9250 0,9001	1,5713 1,2736	349,9 130,18	0,3977 21,31
Кипение Роса	1,6000	33,63 33,67	1003,0 88,893	247,98 357,04	249,58 375,04	1,1678 1,5767	0,9355 0,9216	1,6321 1,3644	322,7 127,27	0,5449 20,81
Кипение Роса	1,8000	38,43 38,46	975,6 102,48	255,51 358,42	257,35 375,99	1,1923 1,5731	0,9460 0,9428	1,7020 1,4707	297,4 124,28	0,7161 20,41
Кипение Роса	2,0000	42,83 42,87	948,2 117,05	262,63 359,45	264,74 376,53	1,2152 1,5690	0,9567 0,9640	1,7846 1,5985	273,5 121,20	0,9183 20,08
Кипение Роса	0,1200	–43,16 –43,16	1305,6 6,551	143,44 319,83	143,53 338,15	0,7769 1,6231	0,8190 0,6769	1,2483 0,7905	695,2 142,17	–0,2712 44,21
Кипение Роса	2,2000	46,91 46,95	920,5 132,79	269,45 360,12	271,84 376,68	1,2368 1,5644	0,9679 0,9852	1,8854 1,7569	250,8 118,04	1,1615 19,81
Кипение Роса	2,4000	50,72 50,75	892,1 149,99	276,04 360,43	278,73 376,43	1,2576 1,5592	0,9800 1,0069	2,0128 1,9610	228,9 114,80	1,4600 19,58
Кипение Роса	2,6000	54,28 54,32	862,6 169,04	282,49 360,36	285,50 375,74	1,2777 1,5532	0,9934 1,0294	2,1818 2,2368	207,5 111,48	1,8360 19,35
Кипение Роса	2,8000	57,63 57,67	831,2 190,55	288,87 359,84	292,23 374,53	1,2974 1,5462	1,0088 1,0531	2,4206 2,6338	186,4 108,06	2,3252 19,09
Кипение Роса	3,0000	60,80 60,82	796,9 215,50	295,28 358,77	299,05 372,69	1,3172 1,5377	1,0271 1,0790	2,7910 3,2592	165,4 104,54	2,9890 18,77
Кипение Роса	3,2000	63,78 63,81	757,9 245,74	301,91 356,93	306,13 369,95	1,3375 1,5269	1,0504 1,1083	3,4581 4,3941	144,1 100,89	3,9440 18,30
Кипение Роса	3,4000	66,61 66,63	709,9 285,53	309,11 353,82	313,90 365,73	1,3596 1,5122	1,0828 1,1439	5,0548 7,0760	122,2 97,03	5,4432 17,52
Кипение Роса	3,6000	68,45 68,55	657,9 679,05	315,53 313,87	320,89 319,13	1,3796 1,3743	1,1237 1,1024	10,2657 6,5048	103,6 112,80	7,4847 6,40
Критическая точка	3,7050	70,62	490,8	332,90	340,45	1,4358	[b]	[b]	[b]	12,3835

[a] Температура начала кипения и точка росы при атмосферном давлении.

[b] Значения C_v, C_p и w в критической точке не являются частью настоящего стандарта.

Приложение А
(обязательное)

Требования для заявления о соответствии настоящему стандарту

Любая компьютерная программа или другое применение настоящего стандарта, для того чтобы заявлять о соответствии настоящему стандарту, должны удовлетворять требованиям, определенным в настоящем приложении. Настоящие требования должны быть выполнены разработчиком применения.

А.1 Применение определенного уравнения состояния

Алгоритм соответствует настоящему стандарту, если он непосредственно применяет уравнение состояния, указанное в разделе 5 настоящего стандарта, вместе с методами вычисления термодинамических свойств, указанными в приложении В, и также показывает воспроизведение «проверочных значений» для данного (данных) хладагента (хладагентов), указанных в приложении D.

Так как свойства, приведенные в настоящем стандарте, были вычислены с использованием уравнений состояния, приведенных в разделе 5, любое другое применение данных уравнений также приведет к таким же значениям. Требование воспроизведения «проверочных значений» служит как проверка применения. Данные «проверочные значения» охватывают широкий диапазон температуры, давления и плотности и, таким образом, позволяют полностью проверить применение. Количество значащих цифр, приведенных для этих проверочных значений, намного превышает количество значащих цифр, которое гарантирует неопределенность экспериментальных данных и уравнений состояния. Большое количество значащих цифр служит для обнаружения возможных ошибок при применении; если применение успешно воспроизводит проверочные значения (с точностью ± 1 в последней указанной цифре), оно вероятно правильно для всех условий.

А.2 Требования альтернативного применения свойств

Алгоритм соответствует настоящему стандарту, если любым методом он воспроизводит значения термодинамических свойств, приведенных в настоящем стандарте для рассматриваемых текучих сред. Заявление о соответствии алгоритма по данному пункту может быть сделано для всего диапазона температуры, давления и плотности и для полного набора свойств или для любого поддиапазона условий или набора свойств. Любой алгоритм должен устанавливать жидкость, для которой он применим и применимое(ые) свойство(а) и дипазон(ы). Допустимые отклонения между значениями свойств, определенными в настоящем стандарте, и значениями при альтернативном применении варьируются в зависимости от свойства и указаны далее:

- давление пара: ± 0,2 %;
- плотность: ± 0,2 %;
- внутренняя энергия: ± постоянное значение, равное 0,2 % внутренней энергии испарения при температуре кипения при атмосферном давлении (см. примечание);
- энтальпия: ± постоянное значение, равное 0,2 % энтальпии испарения при температуре кипения при атмосферном давлении (см. примечание);
- энтропия: ± постоянное значение, равное 0,2 % энтропии испарения при температуре кипения при атмосферном давлении (см. примечание);
- C_p, C_v, скорость звука: ± 1,0 %;
- коэффициент Джоуля-Томсона: ± 1,0 %.

Примечание — Температуру тройной точки используют для определения допусков для R744 (диоксида углерода). Допустимые значения для внутренней энергии, энтальпии и энтропии приведены в таблице А.1. Альтернативное применение должно показывать, что оно отвечает пределам внутри всего диапазона условий, на которые заявляют соответствие. Свойства сравнивают в интервале температур не меньше чем 5 °С.

Таблица А.1 — Допустимые пределы для внутренней энергии, энтальпии и энтропии для текучих сред в настоящем стандарте

Допустимые пределы			
Жидкость	Внутренняя энергия	Энтальпия	Энтропия
R744	± 0,63	± 0,70	± 0,0032
R717	± 2,51	± 2,74	± 0,0114
R12	± 0,30	± 0,33	± 0,0014

Окончание таблицы А.1

Допустимые пределы			
Жидкость	Внутренняя энергия	Энтальпия	Энтропия
R22	± 0,42	± 0,47	± 0,0020
R32	± 0,70	± 0,76	± 0,0034
R123	± 0,31	± 0,34	± 0,0011
R125	± 0,30	± 0,33	± 0,0015
R134a	± 0,40	± 0,43	± 0,0018
R143a	± 0,41	± 0,45	± 0,0020
R152a	± 0,60	± 0,66	± 0,0026
R404A	± 0,37	± 0,40	± 0,0018
R407C	± 0,45	± 0,50	± 0,0021
R410A	± 0,50	± 0,55	± 0,0025
R507A	± 0,36	± 0,39	± 0,0017

Приложение В
(справочное)

Вычисление термодинамических свойств чистых текучих сред из уравнения состояния

Исходя из уравнения состояния, выраженного через приведенную энергию Гельмгольца, например уравнения с (1) по (5), термодинамические свойства могут быть выражены следующим образом:

$$p = RT\rho\left(1+\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}\right); \tag{B.1}$$

$$u = RT\left(\tau\frac{\partial\phi_{id}}{\partial\tau}+\tau\frac{\partial\phi_r}{\partial\tau}\right); \tag{B.2}$$

$$h = RT\left(1+\tau\frac{\partial\phi_{id}}{\partial\tau}+\tau\frac{\partial\phi_r}{\partial\tau}+\tau\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}\right); \tag{B.3}$$

$$s = R\left(-\left(\phi_{id}+\phi_r\right)+\tau\frac{\partial\phi_{id}}{\partial\tau}+\tau\frac{\partial\phi_r}{\partial\tau}\right); \tag{B.4}$$

$$g = RT\left(1+\phi_{id}+\phi_r+\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}\right); \tag{B.5}$$

$$C_v = R\left(-\tau^2\frac{\partial^2\phi_{id}}{\partial\tau^2}-\tau^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\tau^2}\right); \tag{B.6}$$

$$C_p = C_v + R\frac{\left(1+\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}-\delta\tau^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta\partial\tau^2}\right)^2}{1+2\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}+\delta^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta^2}}; \tag{B.7}$$

$$w = \left\{\frac{RT}{M}\left[1+2\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}+\delta^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta^2}+\frac{\left(1+\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}+\delta\tau\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta\partial\tau}\right)}{\frac{C_v}{R}}\right]\right\}, \tag{B.8}$$

где w — скорость звука;

M — молярная масса, если уравнение состояния записано для одного моля вещества, M = 1, если уравнение состояния массы записано для одного килограмма вещества.

Коэффициент Джоуля Томпсона μ задают следующим образом

$$\mu = \frac{-1}{R\rho}\times\frac{\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}+\delta^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta^2}+\delta\tau\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta\partial\tau}}{\left(1+\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}-\delta\tau\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta\partial\tau}\right)^2+\left(-\tau^2\frac{\partial^2\phi_{id}}{\partial\tau^2}-\tau^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\tau^2}\right)\left(1+2\delta\frac{\partial\phi_r}{\partial\delta}+\delta^2\frac{\partial^2\phi_r}{\partial\delta^2}\right)}. \tag{B.9}$$

Вычисление свойств насыщения для чистых текучих сред при заданной приведенной температуре τ включает итерацию, требуемую для нахождения приведенных плотностей жидкости и пара при насыщении δ_{liq} и δ_{vap}, которые удовлетворяют критериям Максвелла

$$p(\tau, \delta_{liq}) = p(\tau, \delta_{vap}) \tag{B.10}$$

и

$$g(\tau, \delta_{liq}) = g(\tau, \delta_{vap}). \tag{B.11}$$

Давление, удовлетворяющее уравнению, является давлением пара. Другие термодинамические свойства находят при помощи уравнений с В.1 по В.9 с τ, δ_{liq} и δ_{vap} в качестве входных данных.

Производную остаточную часть приведенной энергии Гельмгольца, используемой в уравнениях с В.1 по В.9, рассчитывают через коэффициенты и показатели степени уравнений состояния следующим образом:

$$\phi_r = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma k)^{m_k}\right]; \quad \text{(В.12)}$$

$$\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma k)^{m_k}\right] \left[dk - \delta a_k l_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k - 1}\right]; \quad \text{(В.13)}$$

$$\tau \frac{\partial \phi_r}{\partial \tau} = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma k)^{m_k}\right] \left[t_k - \tau \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k - 1}\right]; \quad \text{(В.14)}$$

$$\delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2} = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^{m_k}\right] \times \ldots$$
$$\ldots \times \left\{\delta^2 (\delta - \varepsilon)^{l_k - 2} \left[a_k{}^2 l_k{}^2 (\delta - \varepsilon)^{l_k} - \alpha_k l_k (l_k - 1)\right] - 2\delta d_k \alpha_k l_k (\delta - \varepsilon)^{l_k - 1} + d_k (d_k - 1)\right\}; \quad \text{(В.15)}$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau^2} = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^{m_k}\right] \times \ldots$$
$$\ldots \times \left\{\tau^2 (\tau - \gamma_k)^{m_k - 2} \left[\beta_k{}^2 m_k{}^2 (\tau - \gamma_k)^{m_k} - \beta_k m_k (m_k - 1)\right] - 2\tau t_k \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k - 1} + t_k (t_k - 1)\right\}; \quad \text{(В.16)}$$

$$\tau\delta \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau \partial \delta} = \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left[-\alpha_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k}\right] \exp\left[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^{m_k}\right] \times \ldots$$
$$\ldots \times \left[d_k - \delta \alpha_k l_k (\delta - \varepsilon_k)^{l_k - 1}\right] \left[t_k - \tau \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k - 1}\right]. \quad \text{(В.17)}$$

Для производных условий критического диапазона [уравнения (9)—(12)] см. таблицу 32 в [9].

Составляющая идеального газа и приведенная энергия Гельмгольца и их производные, используемые в уравнениях с В.1 по В.9, даны при условии коэффициентов и показателей степени функции идеального газа [уравнения (4) и (5)] следующим образом:

$$\phi_{id} = f_1 + \frac{f_2}{T} + \ln \rho + (1 - c_0) \ln T - \sum_k c_k \left(\frac{1}{t_k + 1}\right)\left(\frac{1}{t_k}\right) T^{t_k} + \sum_k a_k \ln\left[1 - \exp\left(-\frac{b_k}{T}\right)\right]; \quad \text{(В.18)}$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{id}}{\partial \tau} = \frac{f_2}{T} - 1 + c_0 + \sum_k c_k T^{t_k} \left(\frac{1}{t_k + 1}\right) + \sum_k \frac{a_k b_k}{T} \left[\exp\left(\frac{b_k}{T}\right) - 1\right]^{-1}; \quad \text{(В.19)}$$

$$\tau^2 \frac{\partial \phi^2_{id}}{\partial \tau^2} = -1 - c_0 - \sum_k c_k T^{t_k} - \sum_k a_k \left(\frac{b_k}{T}\right)^2 \exp\left(\frac{b_k}{T}\right) \left[\exp\left(\frac{b_k}{T}\right) - 1\right]^{-2}. \quad \text{(В.20)}$$

Приложение С
(справочное)

Вычисление термодинамических свойств смесей из уравнений состояния

Отталкиваясь от уравнения состояния смеси, выраженного через приведенную энергию Гельмгольца согласно уравнениям с (16) по (21), термодинамические свойства смесей представлены выражениями, аналогичными выражениям для чистых жидкостей [уравнения с (В.1) по (В.20)], причем производные от остаточной части состоят из вкладов от чистых компонентов и функции избытка.

$$\phi_{\mathrm{mix,r}} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} x_i \varphi_{i,r} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j \varphi_{ij,\mathrm{excess}}\ ; \tag{С.1}$$

$$\delta \frac{\partial \phi_{\mathrm{mix,r}}}{\partial \delta} = \sum_{i=1}^{n} x_i \delta \frac{\partial \phi_{i,\mathrm{r}}}{\partial \delta} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right)\left(d_k - l_k \delta^{l_k}\right); \tag{С.2}$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{\mathrm{mix,r}}}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^{n} x_i \tau \frac{\partial \phi_{i,\mathrm{r}}}{\partial \tau} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right) t_k\ ; \tag{С.3}$$

$$\delta^2 \frac{\partial^2 \phi_{\mathrm{mix,r}}}{\partial \delta^2} = \sum_{i=1}^{n} x_i \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_i^r}{\partial \delta^2} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right) \times \ldots$$
$$\ldots \times \left\{ \delta^{l_k} \left[l_k{}^2 \left(\delta^{l_k} - 1\right) - l_k \left(2 d_k - 1\right) \right] + d_k \left(d_k - 1\right) \right\}; \tag{С.4}$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{\mathrm{mix,r}}}{\partial \tau^2} = \sum_{i=1}^{n} x_i \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_i^r}{\partial \tau^2} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right) t_k \left(t_k - 1\right); \tag{С.5}$$

$$\tau\delta \frac{\partial^2 \phi_{\mathrm{mix,r}}}{\partial \tau \partial \delta} = \sum_{i=1}^{n} x_i \tau\delta \frac{\partial^2 \phi_i^r}{\partial \tau \partial \delta} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp\left(-\delta^{l_k}\right) \left[t_k \left(d_k - l_k \delta^{l_k}\right) \right]. \tag{С.6}$$

Производные приведенной энергии Гельмгольца составляющей идеального газа в уравнениях с (В.1) по (В.9) в применении к смесям являются простым суммированием производных приведенной энергии Гельмгольца идеального газа чистого компонента.

$$\phi_{\mathrm{mix,id}} = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i \phi_{i,\mathrm{id}} + x_i \ln x_i \right) + f_3 + f_4 / T; \tag{С.7}$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{\mathrm{mix,id}}}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i \tau \frac{\partial \phi_{i,\mathrm{id}}}{\partial \tau} \right) + f_4 / T; \tag{С.8}$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{\mathrm{mix,id}}}{\partial \tau^2} = \sum_{i=1}^{n} x_i \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{i,\mathrm{id}}}{\partial \tau^2}. \tag{С.9}$$

Вычисление свойств в состоянии равновесия жидкость-пар предусматривает итерацию с целью нахождения приведенных плотностей жидкости и пара δ_{liq} и δ_{vap} и состава жидкости и пара x_{liq} и x_{vap}, которые удовлетворяют следующей системе уравнений:

$$p\left(\tau, \delta_{\mathrm{liq}}\right) = p\left(\tau, \delta_{\mathrm{vap}}\right) \tag{С.10}$$

и

$$f_{\mathrm{liq},i}\left(x_{\mathrm{liq},i}, \tau, \delta_{\mathrm{liq}}\right) = f_{\mathrm{vap},i}\left(x_{vap,i}, \tau, \delta_{vap}\right), \quad for\ i = 1 \ldots n\ . \tag{С.11}$$

Летучесть f для компонента задается при помощи формулы

$$f_i = x_i \rho RT \exp\left[\frac{\partial\left(n\phi_{mix,r}\right)}{\partial n_i}\right]_{T,V,n_j}, \qquad (C.12)$$

где n_i — количество молекул i-го компонента в смеси, таким образом, производную берут, оставляя постоянной температуру, общий объем (не молярный объем) и количество молекул другого компонента.

В решении уравнений (С.10) и (С.11) известен или состав жидкости, или состав пара, в соответствии с температурой начала кипения или точкой росы соответственно. Давление, удовлетворяющее уравнению (С.10), в таком случае является давлением в точке кипения или в точке росы. Другие термодинамические свойства находят при помощи уравнений с (В.1) по (В.2) с известными τ, x_{liq}, x_{vap}, δ_{liq} и δ_{vap}.

Уравнение состояния для смесей R-32, R-125, R-134a, R-143a и R-152a представлены в [2].

Приложение D
(справочное)

Литературные ссылки на уравнения состояния и «проверочные значения»

D.1 Общие положения

Уравнения состояния, приведенные в разделе 5 настоящего стандарта, взяты из научной литературы. Литературные ссылки для этих уравнений представлены в настоящем разделе. Также в данном разделе представлены «проверочные значения», включающие широкий диапазон температуры, давления и плотности, которые могут быть использованы для проверки применения любых этих уравнений. Количество значащих цифр, приведенных для этих проверочных значений, значительно превышает количество значащих цифр, которое гарантируют экспериментальная информация и уравнения состояния. Большое количество значащих цифр необходимо, для того чтобы найти возможную ошибку при применении; если применение успешно воспроизводит проверочные значения (с точностью ± 1 от последней приведенной цифры), оно вероятно будет правильным для всех условий.

D.2 R744. Диоксид углерода

Значения для уравнений состояния, данные для R744 в таблице D.1, взяты из источника [9].

Таблица D.1 — Значения свойств R744 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль· К)	C_v Дж/(моль· К)	C_p Дж/(моль·К)	Скорость звука, м/с
240,0000	0,0001000	$0,1995442 \cdot 10^{-3}$	20223,66	164,5949	26,0283	34,3436	244,5909
240,0000	28,4000000	$0,9315999 \cdot 10^{2}$	6984,40	23,4294	44,0308	74,4743	1243,4482
304,1282	1,0000000	$0,2243276 \cdot 10^{1}$	21562,39	93,2617	31,6412	45,8139	254,5635
304,1282	25,4000000	$0,9808994 \cdot 10^{2}$	11733,78	40,3082	41,4599	71,0779	1039,3937
500,0000	0,0001000	$0,4157242 \cdot 10^{-3}$	30611,70	187,3543	36,3177	44,6324	340,7166
500,0000	17,4000000	$0,9824110 \cdot 10^{2}$	25016,27	74,1352	41,2491	64,7135	698,2799

D.3 R717. Аммиак

Значения для уравнений состояния, данные для R717 в таблице D.2, взяты из источника [11].

Таблица D.2 — Значения свойств R717 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·К)	C_v Дж/(моль·К)	C_p Дж/(моль·К)	Скорость звука, м/с
220,0000	0,0001000	$0,1829055 \cdot 10^{-3}$	23716,39	154,6177	26,0073	34,3263	376,4894
220,0000	43,4000000	$0,9566165 \cdot 10^{2}$	902,15	–2,6039	51,3535	69,6163	2121,5016
405,4000	1,0000000	$0,3015720 \cdot 10^{1}$	29117,16	93,4775	34,5709	48,9256	471,5535
405,4000	32,6000000	$0,9645764 \cdot 10^{2}$	14385,54	41,6796	46,4910	73,9809	1342,4950
500,0000	0,0001000	$0,4157209 \cdot 10^{-3}$	34249,99	178,2373	33,8510	42,1658	551,4208
500,0000	27,0000000	$0,9918834 \cdot 10^{2}$	21471,86	57,1821	45,9853	75,6165	1077,2418

D.4 R12. Дихлордифторметан

Значения для уравнений состояния, данные для R12 в таблице D.3, взяты из источника [6].

Т а б л и ц а D.3 — Значения свойств R12 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·К)	C_v Дж/(моль·К)	C_p Дж/(моль·К)	Скорость звука, м/с
180,0000	0,0001000	$0,1496382 \cdot 10^{-3}$	37392,20	227,4783	47,1168	55,4377	120,6611
180,0000	14,6000000	$0,8953526 \cdot 10^{2}$	19212,75	69,1469	67,4637	96,4142	1252,4389
385,1200	1,0000000	$0,2432712 \cdot 10^{1}$	49176,11	193,9930	78,0273	104,7000	138,8168
385,1200	11,8000000	$0,9772206 \cdot 10^{2}$	40641,90	145,7187	81,5646	108,2738	832,2711
500,0000	0,0001000	$0,4157177 \cdot 10^{-3}$	61666,26	293,4963	81,4140	89,7291	194,6601
500,0000	10,4000000	$0,9430409 \cdot 10^{2}$	53169,03	174,8614	87,7434	112,2587	689,5320

D.5 R22. Хлордифторметан

Значения для уравнений состояния, данные для R22 в таблице D.4, взяты из источника [1].

Т а б л и ц а D.4 — Значения свойств R22 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·К)	C_v Дж/(моль·К)	C_p, Дж/(моль·К)	Скорость звука, м/с
180,0000	0,0001000	$0,1496419 \cdot 10^{-3}$	31345,16	200,9505	35,2596	43,5800	146,2431
180,0000	18,6000000	$0,4841274 \cdot 10^{2}$	10391,89	43,1954	59,6307	89,5335	1232,7885
369,2950	1,0000000	$0,2465049 \cdot 10^{1}$	39359,61	153,6431	60,0388	82,1357	173,6703
369,2950	14,0000000	$0,5416009 \cdot 10^{2}$	27889,80	107,9768	65,0277	96,605v8	696,1748
500,0000	0,0001000	$0,415721510^{-3}$	50457,59	250,8435	65,2379	73,5528	232,8206
500,0000	11,2000000	$0,5745661 \cdot 10^{2}$	40884,41	137,4689	72,6905	100,3219	519,1848

D.6 R32. Дифторметан

Значения для уравнений состояния, данные для R32 в таблице D.5, взяты из источника [13]

Т а б л и ц а D.5 — Значения свойств R32 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·К)	C_v Дж/(моль·К)	C_p Дж/(моль·К)	Скорость звука, м/с
180,0000	0,0001000	$0,1496372 \cdot 10^{-3}$	24642,56	171,6134	27,5204	35,8453	193,5408
180,0000	26,6000000	$0,6786609 \cdot 10^{2}$	4407,98	12,9529	52,0252	78,2430	1411,7500
351,2550	1,0000000	$0,2400806 \cdot 10^{1}$	29728,57	113,9705	45,1661	65,5917	232,1893
351,2550	20,0000000	$0,6578359 \cdot 10^{2}$	17751,81	65,2746	52,2638	81,0824	824,8999
420,0000	0,0001000	$0,3492035 \cdot 10^{-3}$	35093,81	200,4385	44,7119	53,0269	282,1444
420,0000	17,6000000	$0,6827326 \cdot 10^{2}$	23463,30	79,7732	56,0274	84,0704	690,6199

D.7 R123. 2,2-Дихлор-1,1,1-трифторэтан

Значения для уравнений состояния, данные для R123 в таблице D.6, взяты из источника [14]. Это уравнение было трансформировано из MBWR формы, используемой в указанной ссылке, на форму уравнения энергии Гельмгольца, полученной из применения уравнения (15).

Таблица D.6 — Значения свойств R123 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662361 \cdot 10^{-3}$	51932,59	271,0154	72,9411	81,2722	110,0345
200,0000	11,2000000	$0,1598029 \cdot 10^{2}$	20989,93	105,7539	99,5378	140,6955	1125,0841
456,8310	1,0000000	$0,2607638 \cdot 10^{1}$	74932,17	268,8779	128,4038	172,8208	118,1621
456,8310	8,2000000	$0,3923108 \cdot 10^{2}$	61611,27	227,4665	127,0392	163,8284	556,2020
500,0000	0,0001000	$0,4157138 \cdot 10^{-3}$	84983,25	360,7633	124,2356	132,5514	170,2991
500,0000	7,6000000	$0,3702071 \cdot 10^{2}$	68699,97	242,8753	130,4554	167,8948	484,6798

D.8 R125. Пентафторэтан

Значения для уравнений состояния, данные для R125 в таблице D.7, взяты из источника [3].

Таблица D.7 — Значения свойств R125 в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662721 \cdot 10^{-3}$	35264,67	225,5869	65,9170	74,2362	124,9013
200,0000	14,0000000	$0,4230252 \cdot 10^{2}$	15906,32	71,9354	85,8163	123,5364	968,6719
339,1730	1,0000000	$0,2133243 \cdot 10^{1}$	45066,59	187,4642	101,7577	131,7025	127,8775
339,1730	11,4000000	$0,5494417 \cdot 10^{2}$	34771,90	139,4178	105,1168	139,1373	635,4527
500,0000	0,0001000	$0,4157197 \cdot 10^{-3}$	66051,40	308,3597	117,5950	125,9100	192,5771
500,0000	8,8000000	$0,5760708 \cdot 10^{2}$	58381,94	195,5930	124,5709	152,1478	460,4071

D.9 R134a. 1,1,1,2-Тетрафторэтан

Значения для уравнений состояния, данные для R134a в таблице D.8, взяты из источника [10].

Таблица D.8 — Значения свойств R134a в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662625 \cdot 10^{-3}$	36070,67	217,7195	57,5942	65,9186	136,5553
200,0000	15,5000000	$0,5541224 \cdot 10^{2}$	13479,24	56,3170	83,6806	119,2796	1162,9885
374,2100	1,000000	$0,2349899 \cdot 10^{1}$	47594,85	183,1669	98,6830	129,2065	146,4950
374,2100	12,2000000	$0,6317101 \cdot 10^{2}$	35940,48	134,5777	102,1903	135,2803	711,7900
440,0000	0,0001000	$0,3658303 \cdot 10^{-3}$	57297,93	278,6893	100,5980	108,9132	197,0215
440,0000	11,2000000	$0,6857259 \cdot 10^{2}$	45217,73	156,2666	110,0553	141,2536	634,8233

D.10 R143a. 1,1,1-Трифторэтан

Значения для уравнений состояния, данные для R143a в таблице D.9, взяты из источника [4].

Таблица D.9 — Значения свойств R143a в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662662 \cdot 10^{-3}$	29045,32	193,1495	51,5321	59,8556	151,5792
200,0000	15,8000000	$0,6482780 \cdot 10^{2}$	11245,14	41,5760	71,0103	101,1230	1142,1821
345,8570	1,0000000	$0,2158756 \cdot 10^{1}$	37147,53	148,3190	85,3922	114,3278	156,3656
345,8570	13,4000000	$0,9014586 \cdot 10^{2}$	28271,15	98,6206	90,1575	116,4968	879,8748
500,0000	0,0001000	$0,4157193 \cdot 10^{-3}$	54741,98	260,6810	99,0135	107,3286	231,5595
500,0000	11,4000000	$0,9873305 \cdot 10^{2}$	47616,64	143,0770	108,1779	129,2323	717,9988

D.11 R152a. 1,1-Дифторэтан

Значения для уравнений состояния, данные для R143a в таблице D.10, взяты из источника [8].

Примечание — Это уравнение было трансформировано из MBWR формы, используемой в указанной ссылке, в форму уравнения энергии Гельмгольца.

Таблица D.10 — Значения свойств R143a в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
180,0000	0,0001000	$0,1496270 \cdot 10^{-3}$	28915,19	180,9442	41,4242	49,7504	164,9256
180,0000	18,0000000	$0,5245301 \cdot 10^{2}$	5642,67	18,3012	69,8083	98,1565	1419,0161
386,4110	1,0000000	$0,2459315 \cdot 10^{1}$	39592,51	143,1478	80,0710	107,4391	191,0985
386,4110	13,4000000	$0,5420906 \cdot 10^{2}$	27384,42	97,5238	84,8989	114,5661	768,6721
500,0000	0,0001000	$0,4157181 \cdot 10^{-3}$	52482,90	243,6069	88,2827	96,5979	262,4235
500,0000	11,2000000	$0,5786932 \cdot 10^{2}$	41011,44	127,7170	95,8003	123,5746	602,2565

D.12 R404A. R125/143a/134a (44/52/4)

Значения для уравнений состояния, данные для R404A в таблице D.11, взяты из источника [2].

Таблица D.11 — Значения свойств R404A в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662673 \cdot 10^{-3}$	31684,93	206,0601	56,9128	65,2353	139,7262
200,0000	15,0000000	$0,4780964 \cdot 10^{2}$	12470,14	53,1106	80,7377	115,3352	1048,1612
345,0000	1,0000000	$0,2154787 \cdot 10^{1}$	40558,17	164,1633	92,1580	121,8298	143,8638
345,0000	5,8000000	$0,3715871 \cdot 10^{1}$	32697,30	138,5718	116,9543	5684,1448	90,2880
345,0000	12,2000000	$0,5896887 \cdot 10^{2}$	30313,09	116,8357	96,1282	126,5388	698,2464
440,0000	0,0001000	$0,365313 \cdot 10^{-3}$	52653,79	266,2375	98,4125	106,7276	201,6124
440,0000	10,4000000	$0,5701971 \cdot 10^{2}$	42711,70	148,9765	107,3997	135,4382	546,9269

D.13 R407C. R32/125/134a (23/25/52)

Значения для уравнений состояния, данные для R407C в таблице D.12, взяты из источника [2].

Таблица D.12 — Значения свойств R407C в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662675 \cdot 10^{-3}$	31774,36	202,6299	47,9672	56,2896	150,4368
200,0000	17,9000000	$0,5539269 \cdot 10^{2}$	10927,61	45,2657	73,5139	107,0946	1152,1337
355,0000	1,0000000	$0,2296400 \cdot 10^{1}$	39788,21	156,3051	78,7673	105,4787	162,8759
355,0000	8,4000000	$0,4352137 \cdot 10^{1}$	29746,16	124,6699	96,5283	468,5232	137,9171
355,0000	14,0000000	$0,5573440 \cdot 10^{2}$	28020,22	108,2096	83,1180	115,8428	696,4329
420,0000	0,0001000	$0,3492023 \cdot 10^{-3}$	47657,20	248,6033	79,0361	87,3513	211,5896
420,0000	12,6000000	$0,5943621 \cdot 10^{2}$	35796,97	127,5952	89,3264	120,7056	598,8696

D.14 R410A. R32/125 (50/50)

Значения для уравнений состояния, данные для R410A в таблице D.13, взяты из источника [2].

Таблица D.13 — Значения свойств R410A в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662713 \cdot 10^{-3}$	28272,46	189,9500	39,7554	48,0764	166,4286
200,0000	20,6000000	$0,5604455 \cdot 10^{2}$	8824,58	35,9898	63,5155	93,7168	1137,2484
340,0000	1,0000000	$0,2250477 \cdot 10^{1}$	33876,54	135,1585	62,9147	86,9675	181,5377
340,0000	10,0000000	$0,4506823 \cdot 10^{1}$	23770,26	101,6351	81,6398	397,0598	156,7051
340,0000	16,2000000	$0,5502400 \cdot 10^{2}$	22189,48	86,7070	68,1838	99,8243	714,1994
420,0000	0,0001000	$0,3492033 \cdot 10^{-3}$	41445,78	227,1144	63,5140	71,8291	233,2529
420,0000	14,0000000	$0,5921754 \cdot 10^{2}$	30450,19	107,7763	74,1252	104,6855	584,4442

D.15 R507A. [R125/143a (50/50)]

Значения для уравнений состояния, данные для R507A в таблице D.14, взяты из источника [2].

Таблица D.14 — Значения свойств R507A в однофазной области, используемые в качестве проверочных значений для применения уравнений состояния

Температура, K	Плотность, моль/л	Давление, МПа	Энтальпия, Дж/моль	Энтропия, Дж/(моль·K)	C_v, Дж/(моль·K)	C_p, Дж/(моль·K)	Скорость звука, м/с
200,0000	0,0001000	$0,1662677 \cdot 10^{-3}$	31767,48	206,8952	57,4580	65,7803	138,7522
200,0000	14,9000000	$0,4608960 \cdot 10^{2}$	12596,27	54,2786	80,9343	115,8088	1035,3131
340,0000	1,0000000	$0,2104734 \cdot 10^{1}$	40236,28	164,0100	92,3957	123,2807	140,8465
340,0000	7,2000000	$0,3439225 \cdot 10^{1}$	31045,65	134,4387	106,7609	474,5940	124,1202
340,0000	12,2000000	$0,5795858 \cdot 10^{2}$	29927,83	116,3908	96,0285	126,7306	697,2651
500,0000	0,0001000	$0,4157194 \cdot 10^{-3}$	59560,49	280,7039	106,6661	114,9811	212,9068
500,0000	9,4000000	$0,5770361 \cdot 10^{2}$	51358,49	167,9372	114,3015	140,0781	493,1406

Приложение Е
(справочное)

Изменчивость свойств смеси из-за допустимых отклонений состава

В стандарте ИСО 817 определяют не только состав смеси хладагентов в рядах R-400 и R-500, но также устанавливают допустимые отклонения от номинального состава. Термодинамические свойства, как правило, изменяются при изменении состава смеси. Таким образом, любые отклонения состава подразумевают изменения термодинамических свойств. Степень, с которой изменения состава вносят изменения в свойства, зависит от:

a) типа системы;

b) интересующего свойства, так как каждое термодинамическое свойство по-разному зависит от изменения состава смеси;

c) расположения точки термодинамической поверхности;

d) переменных, которые зафиксированы при изменении состава.

Информация о том, как термодинамические свойства изменяются из-за изменений в составе смеси, является важной для оценки неопределенностей в технических расчетах. Анализ, представленный в настоящем приложении, дает некую оценку данного влияния. Анализ представлен только для справочных целей; свойства, определенные в настоящем стандарте, представлены только для составов, определенных в ИСО 817.

Свойства смесей хладагентов, определенные в настоящем стандарте, вычислены при помощи уравнений состояния, которые являются верными на всем диапазоне состава, это позволило вычислить влияние отклонений состава. На основе отклонений в составе по ИСО 817 определены допустимые диапазоны состава. Для R410A [R32/125 (50/50)],например, содержание R32 должно варьироваться от 50,5 % масс. до 48,5 % масс., в то время как содержание R125 может варьироваться от 49,5 % масс. до 51,5 % масс. Множественное вычисление свойств может быть выполнено в заданной точке при различных составах и максимуме и определено максимальное отклонение свойств при допустимом отклонении состава.

В таблице Е.1 представлены максимальные отклонения в некоторых термодинамических свойствах, обусловленные допустимыми отклонениями в составе, установленными в ИСО 817 в трех различных точках, которые были выбраны как типичные для вычисления конвекционного охлаждения:

- максимальные отклонения в p_{bubble}, ρ_{liq}, h_{liq} и s_{liq} для насыщенных жидкостей при температуре 25 °С;
- максимальные отклонения в T_{bubble}, ρ_{liq}, h_{liq} и s_{liq} для насыщенных жидкостей при давлении 0,1 МПа;
- максимальные отклонения в ρ, h и s для однофазного пара при p = 2 МПа и T = 90 °С.

Таблица Е.1 — Максимальные отклонения выбранных термодинамических свойств, обусловленные отклонения

Тип смеси	R404A	R407C	R410A	R507A
Массовый процент	R125: $44^{+2,0}_{-2,0}$	R32: $23^{+2,0}_{-2,0}$	R32: $50^{+0,5}_{-1,5}$	R125: $50^{+1,0}_{-1,0}$
Массовый процент	R143a: $52^{+1,0}_{-1,0}$	R125: $25^{+2,0}_{-2,0}$	R125: $50^{+0,5}_{-1,5}$	R143a: $50^{+1,0}_{-1,0}$
Массовый процент	R134a: $4^{+2,0}_{-2,0}$	R134a: $52^{+2,0}_{-2,0}$	—	—
Насыщенная жидкость при 25 °С				
Δp_{bubble}	± 1,03 %	± 2,20 %	$^{+0,06}_{-0,17}$ %	± 0,07 %
$\Delta\rho_{liq}$	± 0,31 %	± 0,52 %	$^{+0,32}_{-0,11}$ %	± 0,25 %
Δh_{liq}	± 73 Дж/кг	± 250 Дж/кг	$^{+60}_{-180}$ Дж/кг	± 63 Дж/кг
Δs_{liq}	± 0,3 Дж/(кг·К)	± 0,9 Дж/(кг·К)	$^{+0,2}_{-0,6}$ Дж/(кг·К)	± 0,2 Дж/(кг·К)

Окончание таблицы Е.1

Тип смеси	R404A	R407C	R410A	R507A
Насыщенная жидкость при давлении 0,1 МПа				
ΔT_{bubble}	± 0,26 °C	± 0,56 °C	$^{+0,03}_{-0,01}$ °C	± 0,002 °C
$\Delta\rho_{liq}$	± 0,33 %	± 0,44 %	$^{+0,34}_{-0,11}$ °C	± 0,26 %
Δh_{liq}	± 330 Дж/кг	± 1 060 Дж/кг	$^{+400}_{-130}$ Дж/кг	± 100 Дж/кг
Δs_{liq}	± 1,4 Дж/(кг·К)	± 4,5 Дж/(кг·К)	$^{+1,6}_{-0,5}$ Дж/(кг·К)	± 0,4 Дж/(кг·К)
Перегретый пар при температуре 90 °С и давлении 2 МПа				
$\Delta\rho_{vap}$	± 0,41 %	± 2,1 %	$^{+1,2}_{-0,41}$ %	± 0,33 %
Δ_{vap}	± 1 190 Дж/кг	± 3 760 J/kg	$^{+940}_{-2820}$ Дж/кг	± 640 Дж/кг
Δs_{vap}	± 3,4 Дж/(кг·К)	± 12 Дж/(кг·К)	$^{+3,1}_{-9,4}$ Дж/(кг·К)	± 2,0 Дж/(кг·К)

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 817:2005	IDT	ГОСТ ISO 817—2014 «Хладагенты. Система обозначений» *

*Отменен. Действует ISO 817:2014. Для соблюдения требований настоящего стандарта рекомендуется использовать указанный межгосударственный стандарт.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] Kamei, A., Beyerlein, S.W. and Jacobsen, R.T., Application of nonlinear regression in the development of a wide range formulation for HCFC-22. Int. J. Thermophysics, 16(1995), pp. 1155–1164

[2] Lemmon, E.W. and Jacobsen, R.T., Equations of state for mixtures of R-32, R-125, R-134a, R-143a, and R-152a, J. Phys. Chem. Ref. Data 33(2004), pp. 593–620

[3] Lemmon, E.W. and Jacobsen, R.T., A new functional form and new fitting techniques for equations of state with application to pentafluoroethane (HFC-125), J. Phys. Chem. Ref. Data 34(2005), pp. 69—108

[4] Lemmon, E.W. and Jacobsen, R.T, An international standard formulation for the thermodynamic properties of 1,1,1-trifluoroethane (HFC-143a) for temperatures from 161 to 500 K and pressures to 50 MPa. J. Phys. Chem. Ref. Data, 29(2001), pp. 521–552

[5] Lemmon, E.W., McLinden, M.O. and Huber, M.L., NIST Standard Reference Database 23, NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, version 7.0. Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology (2002)

[6] Marx, V., PRUß, A. and Wagner, W., Neue Zustandsgleichungen für R 12, R 22, R 11 und R 113, Beschreibung des thermodynamishchen Zustandsverhaltens bei Temperaturen bis 525 K und Drücken bis 200 MPa, VDI-Fortschritt-Ber. Series, 19(1992), No. 57, Düsseldorf: VDI Verlag

[7] McLinden, M.O. and Watanabe, K., International collaboration on the thermophysical properties of alternative refrigerants, Results of IEA Annex 18. 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, September 19—24, 1999, International Institute of Refrigeration, pp. 678–687

[8] Outcalt, S.L. and McLinden, M.O., A modified Benedict–Webb–Rubin equation of state for the thermodynamic properties of R152a (1,1–difluoroethane), J. Phys. Chem. Ref. Data, 25(1996), pp. 605–636

[9] Span, R. and Wagner, W., A new equation of state for carbon dioxide covering the fluid region from the triple–point temperature to 1100 K at pressures up to 800 MPa, J. Phys. Chem. Ref. Data, 26(1996), pp. 1509–1596

[10] Tillner-Roth, R. and Baehr, H.D., An international standard formulation of the thermodynamic properties of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (HFC-134a) covering temperatures from 170 K to 455 K at pressures up to 70 MPa, J. Phys. Chem. Ref. Data, 23(1994), pp. 657–729

[11] Tillner-Roth, R., Harms–Watzenberg, F. and Baehr, H.D., Eine neue Fundamentalgleichung für Ammoniak, DKV-Tagungsbericht 20, II(1993), pp. 167-181; also available in: Baehr, H.D. and Tillner-Roth, R., Thermodynamic properties of environmentally acceptable refrigerants: Equations of state and tables for ammonia, R22, R134a and R123, Springer, Berlin, 1995

[12] Tillner-Roth, R., Li, J., Yokozeki, A., Sato, H. and Watanabe, K., Thermodynamic Properties of Pure and Blended Hydrofluorocarbon (HFC) Refrigerants, Tokyo: Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, (1998)

[13] Tillner-Roth, R. and Yokozeki, A., An international standard equation of state for difluoromethane (R-32) for temperatures from the triple point at 136.34 K to 435 K and pressures up to 70 MPa, J. Phys. Chem. Ref. Data, 26(1997), pp. 1273—1328

[14] Younglove, B.A. and McLinden, M.O., An international standard equation-of-state formulation of the thermodynamic properties of refrigerant 123 (2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane), J. Phys. Chem. Ref. Data, 23(1994), pp. 731–779

УДК 621.564.2:006.354 ОКС 71.100.45

Ключевые слова: хладагенты, термодинамические свойства, азеотропная смесь, зеотропная смесь, соединение, уравнение состояния, номинальный состав хладагентов

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 25.11.2015. Подписано в печать 24.12.2015. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,45. Тираж 35 экз. Зак. 4312.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru