

УДК 621.564

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ СМЕСЕВЫХ ХЛАДОГЕНТОВ

Анастасия Сергеевна Тарабанова

студент

tarabanova02@inbox.ru

Галина Александровна Леденёва

старший преподаватель

g.a.ledeneva@yandex.ru

Сергей Юрьевич Щербаков

кандидат технических наук, доцент

scherbakov78@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию термодинамических и теплофизических свойств современных смесевых хладагентов, используемых в холодильных и климатических системах. В условиях глобального потепления и ужесточения экологических норм, выбор хладагентов становится критически важным для обеспечения эффективной работы оборудования при минимальном воздействии на окружающую среду.

Ключевые слова: хладагенты, термодинамика, смесевые хладагенты, альтернативные хладагенты, стандарты и регламенты.

В последние десятилетия вопрос об эффективном использовании хладагентов стал одной из ключевых тем в области холодильной и климатической техники.

С ростом мировых экологических стандартов и стремлением к снижению негативного воздействия на окружающую среду, разработка и внедрение современных смесевых хладагентов приобрели особую актуальность [1, 2, 3]. Эти вещества, представляющие собой комбинации различных компонентов, обладают уникальными термодинамическими и теплофизическими свойствами, что делает их перспективными для применения в системах кондиционирования воздуха, холодильных установках и тепловых насосах.

Современные смесевые хладагенты обеспечивают более высокий коэффициент производительности, меньшие потери энергии и значительно снижают уровень выбросов парниковых газов по сравнению с традиционными хладагентами, такими как фреоны [4].

Однако их использование требует глубокого понимания термодинамических процессов, а также теплообменных характеристик, что является предметом активных научных исследований. Важным аспектом является также изучение влияния различных факторов, таких как температура, давление и состав смеси, на их свойства.

Цель данной статьи — рассмотреть термодинамические и теплофизические свойства современных смесевых хладагентов, проанализировать их преимущества и недостатки, а также выявить направления для дальнейших исследований и разработок.

Мы рассмотрим основные характеристики смесевых хладагентов, их поведение в различных условиях эксплуатации и перспективы применения в новых технологиях.

Смесевые хладагенты — это вещества, состоящие из двух или более компонентов, которые используются в системах холодильной и кондиционерной техники для передачи тепла [5].

Они могут быть как газообразными, так и жидкими, и их свойства зависят от соотношения компонентов в смеси.

Смесевые хладогенты представляют собой комбинацию различных хладогентов, которые могут иметь разные физико-химические свойства.

Использование смесей позволяет достичь улучшенных характеристик по сравнению с использованием одного компонента, таких как:

- Более широкий температурный диапазон работы.
- Улучшенная эффективность системы.
- Снижение воздействия на окружающую среду (например, меньший потенциал глобального потепления).

Смесевые хладогенты можно классифицировать по нескольким критериям:

1. По состоянию агрегата:

- Газообразные смеси.
- Жидкие смеси.

2. По типу компонентов:

- Гомогенные смеси: состоящие из компонентов, которые полностью смешиваются друг с другом в любых пропорциях (например, смеси хладогентов с близкими физико-химическими свойствами).

- Негомогенные смеси: состоящие из компонентов, которые не полностью смешиваются и могут образовывать две или более фазы (например, жидкости и газы).

3. По назначению:

- Смеси для холодильных установок.
- Смеси для кондиционирования воздуха.
- Смеси для тепловых насосов.

4. По экологическим характеристикам:

- Хладогенты с низким потенциалом глобального потепления(GWP).

- Хладагенты с нулевым потенциалом разрушения озонового слоя(ODP).

Примеры смесевых хладагентов:

- R404A — смесь R125, R143a и R134a, используется в холодильных системах.
- R407C — смесь R32, R125 и R134a, широко применяется в системах кондиционирования воздуха.
- R410A — смесь R32 и R125, популярна в современных системах кондиционирования.

Смесевые хладагенты играют важную роль в современных холодильных технологиях, обеспечивая высокую эффективность и минимальное воздействие на окружающую среду. Их правильный выбор и использование могут значительно повысить производительность систем охлаждения и кондиционирования.

Термодинамические свойства смесевых хладагентов включают в себя такие параметры, как давление, температура, энтальпия, энтропия и плотность. Эти свойства определяют поведение хладагентов в различных условиях эксплуатации.

Давление и температура являются основными параметрами, определяющими работу холодильного цикла.

Смесевые хладагенты часто имеют широкий диапазон температур кипения, что позволяет им эффективно работать при различных условиях.

Например, смеси R404A и R407C используются в низкотемпературных и среднетемпературных холодильных системах благодаря своим оптимальным термодинамическим свойствам.

Энтальпия и энтропия являются ключевыми характеристиками для оценки эффективности холодильного цикла.

Энтальпия определяет количество тепла, которое может быть передано хладагентом, а энтропия — это мера беспорядка системы.

Важно учитывать эти параметры при выборе смесевого хладагента для

конкретного применения.

Плотность смесевых хладагентов влияет на их транспортировку и хранение. Более высокая плотность позволяет уменьшить объем системы, что является важным фактором для компактных холодильных установок.

Однако высокая плотность также может привести к увеличению давления в системе, что требует дополнительных мер безопасности.

Теплофизические свойства смесевых хладагентов включают теплопроводность, теплоемкость и вязкость. Эти характеристики определяют эффективность теплообмена и динамику потока в холодильных системах.

Теплопроводность является важным параметром для оценки способности хладагента передавать тепло.

Высокая теплопроводность позволяет более эффективно осуществлять теплообмен между хладагентом и окружающей средой.

Теплоемкость определяет количество тепла, необходимого для изменения температуры единицы массы вещества. Смесевые хладагенты с высокой теплоемкостью могут более эффективно поглощать и отдавать тепло, что улучшает общую производительность системы.

Вязкость влияет на сопротивление потоку хладагента в системе. Низкая вязкость обеспечивает более легкое перемещение хладагента через трубопроводы и компоненты системы, что снижает энергозатраты на перекачку. Однако слишком низкая вязкость может привести к проблемам с утечками и недостаточной смазкой компрессора.

С переходом на более экологически безопасные хладагенты актуальной становится проблема воздействия на окружающую среду.

Многие традиционные хладагенты обладают высоким потенциалом глобального потепления (GWP), что делает их использование нежелательным с точки зрения экологии. Смесевые хладагенты часто разрабатываются с учетом требований к снижению GWP и потенциального воздействия на озоновый слой. GWP является ключевым показателем для оценки воздействия хладагентов на климат.

Современные смесевые хладагенты разрабатываются с учетом минимизации GWP, что делает их более приемлемыми для использования в современных системах охлаждения.

При выборе смесевых хладагентов также важно учитывать их воздействие на озоновый слой.

Смесевые хладагенты, или смеси хладагентов, представляют собой комбинации двух или более веществ, которые используются в системах охлаждения и кондиционирования. Их применение имеет несколько важных аспектов:

1. Эффективность и производительность. Смесевые хладагенты могут иметь лучшие термодинамические свойства по сравнению с отдельными компонентами. Это позволяет улучшить эффективность работы холодильных установок и снизить энергозатраты.

2. Снижение влияния на окружающую среду. Многие современные смесевые хладагенты разрабатываются с учетом экологических норм. Они могут иметь более низкий потенциал глобального потепления (GWP) и менее негативное воздействие на озоновый слой.

3. Широкий диапазон температур. Смеси хладагентов могут обеспечивать эффективное охлаждение в различных температурных диапазонах, что делает их универсальными для различных применений, от бытовых кондиционеров до промышленных холодильных систем [6,7].

4. Устойчивость к утечкам. Некоторые смеси могут быть менее подвержены утечкам, что способствует уменьшению потерь хладагента и снижению воздействия на окружающую среду.

Современные смесевые хладагенты представляют собой эффективные и экологически безопасные альтернативы традиционным хладагентам. Их термодинамические и теплофизические свойства позволяют оптимизировать работу холодильных систем и обеспечивать высокую производительность при минимальном воздействии на окружающую среду.

Список литературы:

1. Бучилин Н.В. Криволапов И.П., Щербаков С.Ю. Определение приземной концентрации загрязняющих веществ, образующихся в результате работы источников выброса // Наука и Образование. 2023. Т. 6. № 1.
2. Бучилин Н.В. Аксеновский А.В., Щербаков С.Ю. Моделирование распространения загрязняющих веществ, образующихся в результате работы источников выброса // Наука и Образование. 2023. Т. 6. № 1.
3. Криволапов И.П. Колдин М.С., Щербаков С.Ю. Исследование эффективности очистки воздуха в животноводческих комплексах от аммиака и сероводорода // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 9-18.
4. Малкин Л.Ш., Колик В.Л. Сушка и очистка малых холодильных машин/ М.: Лег. и пищ. пром-сть. 2022. 152 С.
5. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: Монография. Рязань. Узорочье. 2022. 470 С.
6. Вейнберг Б.С., Вайн Л.Н. Бытовые компрессорные холодильники/ М.: Пищ. пром-сть, 2020. 272 С.
7. В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / Учеб. для вузов. СПб.: Политехника. 2021. 422 С.

UDC 621.564

**THERMODYNAMIC AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF
MODERN MIXED REFRIGERANTS**

Anastasia S. Tarabanova

student

tarabanova02@inbox.ru

Galina Al. Ledeneva

senior lecturer

g.a.ledeneva@yandex.ru

Sergey Yu. Sherbakov

candidate of technical sciences, associate professor

scherbakov78@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article is devoted to the study of thermodynamic and thermophysical properties of modern mixed refrigerants used in refrigeration and climate control systems. With global warming and stricter environmental regulations, the choice of refrigerants is becoming critically important to ensure efficient operation of equipment with minimal environmental impact.

Keywords: Refrigerants, thermodynamics, mixed refrigerants, alternative refrigerants, standards and regulations.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.