

# ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ У КЛІМАТИЧНИХ УСТАНОВКАХ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Розглянуто властивості діоксиду вуглецю як холодоагенту. Проаналізовано перспективи використання діоксиду вуглецю у сучасних кліматичних установках автомобіля. Його переваги та недоліки у порівнянні з іншими холодоагентами, наведена порівняльна характеристика різних холодоагентів, які застосовуються на автомобілях в даний момент.*

**Ключові слова:** діоксид вуглецю, холодоагент, R744, система клімат-контролю, кліматична установка, GWP, навколишнє середовище.

## *Abstract*

*The properties of carbon dioxide as a refrigerant are considered. The prospects for using carbon dioxide in modern climatic installations of the car are analyzed. Its advantages and disadvantages in comparison with other refrigerants, the comparative characteristic of various refrigerants, which are used in cars at the moment, is given.*

**Key words:** carbon dioxide, refrigerant, R744, climate control system, climatic installation, GWP, environment.

## Вступ

На даний момент ще не знайдений холодоагент, який повністю задовольняє всім вимогам екології і одночасно відповідає вимогам, що пред'являються до холодоагенту з точки зору енергетичних і фізичних властивостей, необхідних для використання в кліматичних установках автомобіля. Тому постає питання доцільності використання альтернативних, так званих природних холодоагентів, перш за все діоксиду вуглецю, його застосування в автомобільних кліматичних установках з точки зору відповідності екологічним нормам, а саме потенціал руйнування озонового шару Землі – ODP та потенціал глобального потепління - GWP, безпеки застосування, продуктивності [3].

## Результати дослідження

За останні роки перспективність CO<sub>2</sub>, як холодоагенту помітно зростає. Діоксид вуглецю - один з небагатьох холодоагентів, актуальний з точки зору ефективності застосування і безпеки для навколишнього середовища. Застосування традиційних холодоагентів обмежується різними нормативами, причому в усьому світі спостерігається тенденція до їх посилення. У зв'язку з цим природні холодоагенти знаходять все більше застосування. Діоксид вуглецю належить до групи природних холодоагентів таких, як аміак, пропан, бутан, вода. У кожного з природних холодоагентів є свої недоліки, наприклад, аміак токсичний, пропан горючий, а у води обмежена область застосування.

Діоксид вуглецю (холодоагент R744) - досить інертний при нормальних умовах двох атомний газ без кольору, смаку і запаху. R744 може служити альтернативним холодоагентом. Міститься в атмосфері і біосфері Землі. Технічно, це побічний продукт в хімічній промисловості.

З точки зору екологічності та безпеки є майже ідеальним холодоагентом. Він не отруйний, не горить, має нульовий потенціал руйнування озонового шару Землі (ODP = 0) і є еталонною одиницею при розрахунку потенціалу глобального потепління (GWP = 1), дешевий і хімічно неактивний. Отже, відпадає проблема відновлення та утилізації. Недоліком є високий тиск, що ставить особливі вимоги перед технічними компонентами системи, такими як компресор і теплообмінники. Однак, в цьому випадку можна створювати більш компактні установки з меншими компресорами і меншим поперечним перерізом труб. Високий критичний тиск має і позитивний аспект, пов'язаний з низьким ступенем стиснення, внаслідок чого ефективність компресора стає більшою [2].

З 1 січня 2017 роки жоден автомобіль в Євросоюзі не допускається до експлуатації, якщо на ньому застосовується холодоагент зі значенням GWP < 150. Тому в цих країнах заборонено застосовування холодоагенту R134a. На автомобілях в якості альтернативи R134a використовується R1234yf. Синтетичні холодоагенти R134a і R1234yf схожі за своїми термодинамічними властивостями. При однакових характеристиках системи можуть працювати з порівнянною ефективністю. Проте, при несправності системи R1234yf може займатися з утворенням їдкої флуоридної кислоти. У таблиці 1 показано порівняння властивостей холодоагентів, які використовуються на автомобілях в даний момент [4].

Таблиця 1 – Властивості холодоагентів

Холодоагент	R12(фреон)	R134a	R1234yf	R744(CO <sub>2</sub> )
Руйнування озонового шару	+	-	-	-
Парниковий ефект (GWP)	10 000	1400	4	1
Застосування в автомобілях	До 1992 року	З 1991 року	З 2016 року	З 2017 року
Тип холодоагенту	Синтетичний	Синтетичний	Синтетичний	Природний
Горючість	-	-	+	-
Тиск	< 30 бар	< 30 бар	< 30 бар	< 140 бар

Фазова діаграма CO<sub>2</sub> (рис. 1). Криві лінії, які розділяють діаграму на окремі ділянки, визначають граничні значення тисків і температур для різних фаз: рідкої, твердої, газоподібної. У контурі холодоагенту R744 може також зустрічатися надкритична фаза. Критична точка  $p_c$  – це термодинамічний стан речовини, який характеризується вирівнюванням щільності рідкої і газоподібної фаз [1].

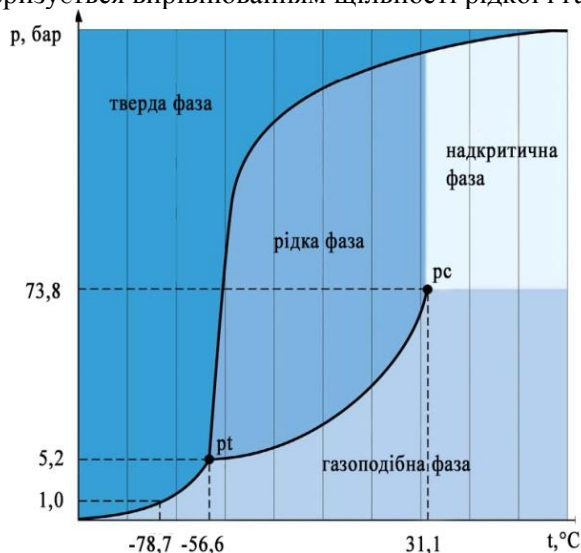


Рисунок 1 – Фазова діаграма залежності тиску CO<sub>2</sub> від температури

Відмінності між обома агрегатними станами в цій точці припиняють існувати. В разі надкритичного стану холодоагент в газоохолоджувачі не трансформується з газоподібного в рідкий агрегатний стан, а тільки охолоджується. Звідси назва - газоохолоджувач. Завдяки великій внутрішній енергії CO<sub>2</sub> невеликої масової витрати досить для досягнення такої ж холодопродуктивності. Поряд зі збільшенням холодопродуктивності ця перевага може бути корисною для зменшення розмірів агрегатів або для зменшення поперечних перерізів труб.

З точки зору термодинамічних властивостей R744 істотно відрізняється від раніше використовуваних синтетичних альтернатив.

Перша відмінність полягає в рівні тиску в системі: для ефективної роботи на боці високого тиску циркуляційного контуру холодоагенту, тобто після проходження компресора, необхідний тиск від 60 до 130 бар, що відповідає шестикратному збільшенню тиску в холодоагентах, використовуваних раніше. На стороні низького тиску переважає тиск від 35 до 50 бар, що в десять разів вище.

Друга істотна відмінність: при зовнішній температурі вище 25 градусів за Цельсієм тиск холодоагенту знаходиться на так званій критичній точці. Вище цього значення газ більше не зріджується при охолодженні. У конкретному випадку це означає, що R744 за даних умов безперервно охолоджується шляхом встановленого спереду охолоджувача газу набігаючим повітрям.

## Висновки

Встановлено, що використання даного холодоагенту в кліматичних установках сучасних автомобілів є безпечним, економічним та екологічним зважаючи на посилення екологічних вимог, які ставляться до автомобільного транспорту, але все ще існують перешкоди масового застосування даного холодоагенту на автомобілях такі як: високі вимоги до герметичності установок, складність проведення ремонту та його вартість. Результати роботи дозволяють зробити висновок про доцільність використання даного холодоагенту в кліматичних установках автомобілів в майбутньому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Cavallini, F. Steimle, 'Natural Working Fluids in a Historic Perspective' in Natural Working Fluids '98. IIR-Gustav Lorentzen Conference, Oslo (Norway), June 1998, 37-42.
2. Гафуров Ш. Д., Карабаев А. С. Перспективы применения углекислого газа в холодильных машинах // Молодой ученый. – 2017. – №7. – С. 46-48.
3. Перспективы применения природного хладагента CO<sub>2</sub> в холодильной технике – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5152975/> (дата звернення 03.03.2019). – Назва з екрана.
4. Хладагент R744. Новый рынок в системах кондиционирования – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://laduga.ru/blog/хладагент-r744/> (дата звернення 03.03.2019). – Назва з екрана.

**Цимбал Сергій Володимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net);

**Петров Владислав Романович** – студент групи ІАТ-18м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [petrov96vlad@gmail.com](mailto:petrov96vlad@gmail.com).

**Tsymbal Serhii V.**, – Ph.D., Associate Professor of cars and transport management, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net);

**Petrov Vladyslav R.** – student group ІАТ-18m, Faculty for Machine Building and Transport, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, email : [petrov96vlad@gmail.com](mailto:petrov96vlad@gmail.com).