

## ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР ПРИРОДНОГО ХОЛОДАГЕНТУ ДЛЯ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Марченко В. О., аспірант, e-mail: [postvlad1995@gmail.com](mailto:postvlad1995@gmail.com)

Хмельнюк М. Г., д.т.н., проф., e-mail: [hmel\\_m@ukr.net](mailto:hmel_m@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Різноманітність холодоагентів та систем холодопостачання надмірна. На фазі реалізації інновацій при проектуванні системи, щодо зменшення часу на розробку HVAC&R систем, коли існує чітка тенденція до використання природних холодоагентів, що регламентовано нормативно-правовою базою, з дослідження виявлено, що наукові пропозиції, гіпотези відрізняються один від одного щодо зручності використання HVAC&R систем. Виявлено, що порівняння між різними системами в комерційній і технічній документації відображає інтерес особи або компанії, яка готує оцінку. Такий тип порівняння не є оптимальним, через пряме використання комерційних інтересів або внаслідок ненавмисної упередженості.

**Мета дослідження.** Знайти оптимальний природний холодоагент або суміш природних холодоагентів для систем холодопостачання.

**Основні матеріали досліджень.** Природні холодоагенти є екологічно чистою альтернативою звичайним синтетичним холодоагентам. Вуглеводні, такі як пропан і бутан, набирають популярності через низький ПГП та енергоефективність. Аміак (NH<sub>3</sub>) широко використовується в промисловості через його чудові властивості теплопередачі, але його токсичність вимагає обережного поводження та міркувань безпеки. Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) є ще одним природним варіантом з низьким ПГП, який підходить як для середніх, так і для високих температур. Кожен холодоагент має свої переваги та обмеження, і вибір залежить від таких факторів, як застосування, правила безпеки та системні вимоги.

У прагненні до стійких та екологічно відповідальних систем охолодження та вентиляції та кондиціонування повітря вибір холодоагентів став визначальним фактором. Природні холодоагенти, які включають вуглеводні, аміак і вуглекислий газ, привернули значну увагу через їх низький вплив на навколишнє середовище та сприятливі термодинамічні властивості. У цьому розділі розглядаються природні холодоагенти, досліджуються їхні характеристики, переваги, обмеження та застосування в контексті холодильних систем і технологій HVAC.

Вуглеводні: вуглеводні, включаючи пропан (R290) та ізобутан (R600a), набули популярності як природні холодоагенти завдяки їх низькому потенціалу глобального потепління (GWP) і потенціалу руйнування озонового шару (ODP). Їх відмінні термодинамічні властивості роблять їх придатними для різних застосувань, починаючи від домашніх холодильників і закінчуючи комерційними холодильними установками. Однак їхня займистість вимагає обережного поводження та міркувань безпеки, вимагаючи дотримання суворих норм і стандартів.

Аміак (NH<sub>3</sub>): Аміак є давнім природним холодоагентом з винятковими термодинамічними властивостями, що робить його кращим вибором для промислових холодильних систем і великомасштабних установок HVAC & R систем. Його високий коефіцієнт теплопередачі та енергоефективність сприяють його популярності в таких сферах застосування, як холодильні камери, ковзанки та підприємства харчової промисловості. Тим не менш, токсична природа аміаку вимагає дотримання суворих протоколів безпеки при його зберіганні, поводженні та застосуванні.

Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>): вуглекислий газ, також відомий як R744, набув значної популярності як екологічно чистий холодоагент завдяки своєму незначному GWP і нетоксичній природі. CO<sub>2</sub> ефективно працює при більш високому тиску, що робить його

придатним як для середніх, так і для високих температур. Він знаходить застосування в транскритичних і субкритичних системах, зокрема в комерційних холодильних установках і деяких системах HVAC & R систем. Незважаючи на те, що його унікальні характеристики викликають інженерні проблеми, прогрес у технології призвів до інноваційних систем, які використовують потенціал CO<sub>2</sub>.

Природні холодоагенти разом мають декілька переваг перед звичайними синтетичними холодоагентами, головним чином через їх менший вплив на навколишнє середовище. Їхній низький ПГП зменшує внесок у глобальне потепління та зміну клімату. Крім того, багато природних холодоагентів мають відмінні термодинамічні властивості, які підвищують ефективність і продуктивність системи. Однак їх прийняття не обходиться без проблем. Питання безпеки, займистість (у випадку вуглеводнів), токсичність (для аміаку) і потреба в спеціалізованому обладнанні створюють обмеження, які необхідно враховувати під час проектування та впровадження системи.

Використання природних холодоагентів поширюється на широкий спектр застосувань, починаючи від побутових холодильних установок і закінчуючи промисловими холодильними установками. У міру того, як законодавчі органи потребують поступової відмови від синтетичних холодоагентів із високим ПГП, природні холодоагенти все частіше застосовуються, особливо в комерційних холодильних установках, харчовій промисловості та великомасштабних системах HVAC & R систем. Тенденція до екологічних методів і охорони навколишнього середовища ще більше підштовхнула дослідження інноваційних технологій і проектів систем, які використовують потенціал природних холодоагентів.

Сфера природних холодоагентів насичена постійними дослідженнями та інноваціями. Інженери та дослідники продовжують досліджувати шляхи підвищення їх сумісності з різними програмами, пом'якшити проблеми з безпекою та оптимізувати ефективність системи. Нові конструкції теплообмінників, удосконалена архітектура систем і розширені стратегії керування – лише деякі приклади інноваційних рішень, які формують майбутнє використання природного холодоагенту.

**Висновок.** Природні холодоагенти є ключом у прагненні до стійких систем охолодження та кондиціонування. У міру того як промисловість повертається до екологічно свідомих рішень, до вибору та застосування природних холодоагентів необхідно підходити з повним розумінням їхніх властивостей, переваг і проблем. Орієнтуючись на нюанси вуглеводнів, аміаку та вуглекислого газу, проектувальники систем та інженери можуть скеровувати траєкторію пошуку оптимального холодильного обладнання та технологій HVAC & R систем у бік екологічно чистішого та екологічно відповідального майбутнього.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ciconkov R. Холодоагенти: досі немає бачення стійких рішень. *International Journal of Refrigeration*. 2018. Т. 86. С. 441–448.
2. Refrigerant CO<sub>2</sub>. Startseite. URL: <https://www.konvekta.de/en/research/refrigerant-co2.html> (date of access: 01.11.2023).
3. Альфа Лаваль публікує технічний документ про екологічні холодоагенти. теплообмінники, сепаратори, декантери | Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/media/news/2021/alfa-laval-publishes-white-paper-on-sustainable-refrigerants/> (дата звернення: 01.11.2023).
4. Падилькес И. Властивість холодильних агентів. Київ : Харч. пром-сть, 1981. 325 с.
5. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л., ГОТЛІНСЬКА А., ЛЕЩЕНКО В. Процеси та апарати хімічної технології. Харків : НТУ «ХПІ», 2007. 540 с.