

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РОБОЧИХ РЕЧОВИН У ТЕПЛОВИХ НАСОСАХ:

### АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ

Заруба Г. Г., аспірант, e-mail: [tezsonaft2021@gmail.com](mailto:tezsonaft2021@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.** Антропогенний вплив на глобальні зміни у кліматі через збільшення викидів парникових газів, таких як діоксид вуглецю та метан, призвів до невідворотного підвищення середньої температури планети. Холодильні робочі речовини грають значну роль у цьому процесі. Цикл використання холодоагентів, включаючи виробництво, експлуатацію та утилізацію, призводить до великих викидів парникових газів. Один з ключових секторів, де використовуються холодоагенти, це кондиціонування повітря та використання теплових насосів. Традиційно використовується R-410A, який має високий потенціал глобального потепління (GWP) в розмірі 2088 одиниць. Це привело до пошуку альтернатив, які були б енергоефективними та мали низький GWP для зменшення впливу на навколишнє середовище.

**Основні матеріали досліджень.** Деякі холодоагенти мають потенціал замінити R-410A, враховуючи GWP та інші характеристики, такі як безпека, ефективність та екологічна стійкість. Суміші холодоагентів стають важливим варіантом, оскільки вони можуть замінити застарілі холодоагенти з аналогічними характеристиками, але з меншим впливом на навколишнє середовище, надаючи стійке рішення без конкурентоспроможних однокомпонентних альтернатив.

Так Бісвас та ін. (2012) досліджували варіанти холодоагентів DR-5 та DR-4 (з GWP менше 500 та 300 відповідно) у каналному спліт-блоці кондиціонера потужністю 17,6 кВт (5т), спочатку спроектованому для R-410A. Ці два холодоагенти мали COP нагріву на 22% і 16% вище, ніж R-410A, відповідно, а при правильному управлінні заправкою потужність нагріву була приблизно на 10% і 30% нижче порівняно з R-410A відповідно (Рис. 1)[1].

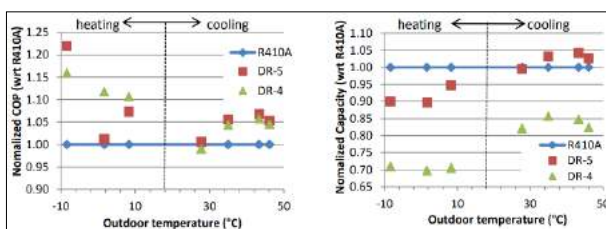


Рисунок 1 – COP та продуктивність системи при прямому тестуванні

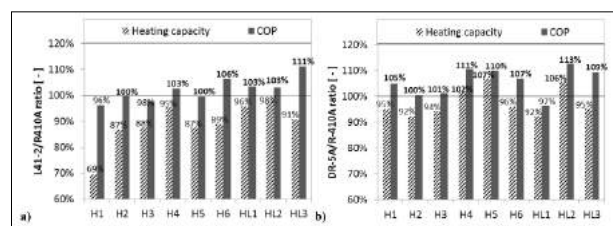


Рисунок 2 – Характеристики ТН з використанням альтернативних холодоагентів: а) L41-2; б) DR-5A

Пардо та ін. (2016) у своєму експериментальному дослідженні аналізували два холодоагенти, DR-5A і L41-2 в тепловому насосі "повітря-вода" потужністю 10 кВт з метою порівняння їх характеристик як альтернативу R-410A з низьким ПГП. Заміна R-410A на L41-2 і DR-5A не виявила особливих проблем, а отримані характеристики, за деякими дуже рідкісними винятками, практично еквівалентні (+/- 10%) характеристик R-410A (Рис.2)[2].

У своєму дослідженні Кюппер та ін. (2021) провели аналіз альтернативних варіантів холодоагентів у сценаріях заміни R-410A та R-407C у системах кондиціонування повітря та теплових насосах. R-454B продемонстрував продуктивність та ефективність, близьку до R-410A, з невеликим відхиленням близько 5% у теплових насосах "повітря-вода". У той час як R-454A з ПГП близько 240 та R-454C з ПГП менше 150 показали невелике підвищення

продуктивності приблизно на 7% та зниження продуктивності на 7% порівняно з R-407C відповідно. Ефективність R-454A і R-454C також виявилася нижчою приблизно на 3% до 6% відповідно [3].

Кім та ін. (2023) аналізували можливість заміни R-410A на R-468C та R-485A. Для проведення випробувань використовувався серійно випускається тепловий насос на R-410A потужністю 17,6 кВт. R-468C показав порівнянні з R-410A характеристики. Крім того, була продемонстрована можливість використання речовини R-485A, яка забезпечує таку ж потужність, як і R-410A, а також більш високий COP (Рис. 3-4)[4].

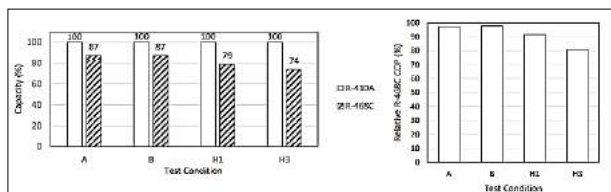


Рисунок 3 – Продуктивність R-410A та R-468C та відносний COP R-468C по відношенню до R-410A

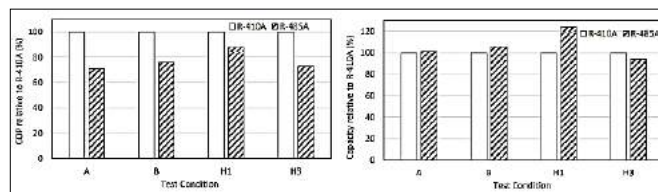


Рисунок 4 – Відносний COP та продуктивність R-485A по відношенню до R-410A

**Висновок.** У свою чергу ми пропонуємо звернути увагу на такі агенти, як пропан та суміші вуглеводнів. Вуглеводні мають деякі термодинамічні переваги. У разі критична температура становить особливий інтерес. Як правило, прихована теплота випаровування прямо пропорційна критичній температурі. Отже, вуглеводні мають більш високу приховану теплоту, що за інших рівних умов призводить до вищої ефективності. Проте вища критична точка зазвичай призводить до зниження робочого тиску, що, своєю чергою, призводить до зниження щільності парів. Нижча щільність парів означає, що об'ємна продуктивність також буде нижчою. Тому вуглеводні мають меншу об'ємну продуктивність. Це означає, що для перекачування вуглеводнів знадобиться потужніший компресор.

У контексті нашої майбутньої роботи, важливо досліджувати та розвивати альтернативні холодоагенти, такі як суміші вуглеводнів та інші, які поєднують ефективність і низький вплив на навколишнє середовище. Наші дослідження можуть сприяти створенню стійких та екологічно дружніх рішень для промисловості теплових насосів у майбутньому.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Biswas, A., Cremaschi, L. Performance and Capacity Comparison of Two New LGWP Refrigerants Alternative to R410A in Residential Air Conditioning Applications: proceedings of the 14th International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue (July 16-19, 2012, West Lafayette). Paper 1210. URL: <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1210>
2. Pardo, P., Charbonnier, L., Mondot, M. Evaluation of R-410A refrigerant alternatives in a residential reversible air-to-water heat pump: proceedings of the 16th International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue (July 11-14, 2016, West Lafayette)
3. Kuepper, H.D., Chereau, L., Saab, S. Energy efficiency, Safety and Sustainability of A2L low GWP HFO based refrigerant solutions in Heat Pump Applications: proceedings of the 2nd IIR Conference on HFOs and Low GWP blends (June 16-18, 2021, Osaka)
4. Kim S., Low R., Seeton C. Evaluation of low GWP refrigerants for unitary air-conditioning and heat pump applications: proceedings of the 26th IIR International Congress of Refrigeration (August 21-25, 2023, Paris). URL: <https://doi.org/10.18462/iir.icr.2023.0626>