

ДОСЛІДЖЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРАЦЮЮЧОЇ  
НА РІЗНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ

Константинов І. О., аспірант, e-mail: [ikonstantinov9@gmail.com](mailto:ikonstantinov9@gmail.com),

Сазанський А. Р., аспірант, e-mail: [AndriiSazanskyi@gmail.com](mailto:AndriiSazanskyi@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н. проф. Хмельнюк М. Г.

Одеський національний технологічний університет

Використання в системах охолодження холодоагентів з низьким ПГП стає все більш поширеним завдяки термічним характеристикам і меншим їх впливом на навколишнє середовище. У цьому дослідженні проводиться порівняння характеристик таких холодоагентів як R452a, R404a, R290 в одній системі охолодження. Дослідження проводилися при параметрах 3-го кліматичного класу (T<sub>ос</sub> – 25°C / HR<sub>ос</sub> – 60%). При проведенні досліду на порівняння холодильних агентів в холодильну систему по чергово заправлялися холодильні агенти в послідовності (R404a/R452a/R290), та після задання параметрів роботи холодильний агрегат вмикався в мережу. В продовж проведення замірів електроенергії зняті показання манометрів та теплові показники холодильної системи, згідно яких було побудовано графік роботи системи впродовж циклу. І відповідно до графіків виходить наступне. Температура нагнітання, впродовж активного періоду роботи стабільна та варується в межах: R404a – 75-72.1 °C; R452a – 74.8-71 °C; R290 – 70.1-66.8 °C. Температура мастила компресора не перевищує 50 °C що відповідає технічним вимогам. Отримані температури початку конденсації, відповідно холодильним агентам протягом активного періоду холодильної машини наближені показам манометрів. Дані результати означають що перегрів знімається повністю, і в конденсаторі відбувається лише фазовий перехід холодоагенту. Значення температур початку конденсації: R404a – 39-36,6 °C; R452a – 40,4-36,9 °C; R290 – 38,6-34,6 °C. Результати експерименту показали, що найвищі значення COP в системі для R452a, R404a, R290 становлять 3,13, 3,02, та 3,19 відповідно. Заключенням такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бромістких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодоагенту R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодоагентом. Окрім того R452a являється висококартисним холодоагентом з GWP= 2140, що свідчить про заборону його використання з 2022 року.

Висновком такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бромістких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодоагенту R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодоагентом. Окрім того R452a являється висококартисним холодоагентом з GWP= 2141, що свідчить про заборону його використання з 2022 року. Холодильні системи дуже важливі через різноманітні сфери їх застосування, починаючи від медицини та теплового комфорту людини до промислових процесів, таких як зберігання харчових продуктів. Швидке зростання населення світу спричинило зростання попиту на холодильне обладнання та кондиціонери. Паризька угода 2015 року та Кігальська поправка до Монреальського протоколу (стосовно F-газів) 2016 року підкреслили значне скорочення використання гідрофторвуглеців (ГФУ). З цієї причини використання екологічно безпечних холодоагентів є необхідним і актуальним як ніколи.

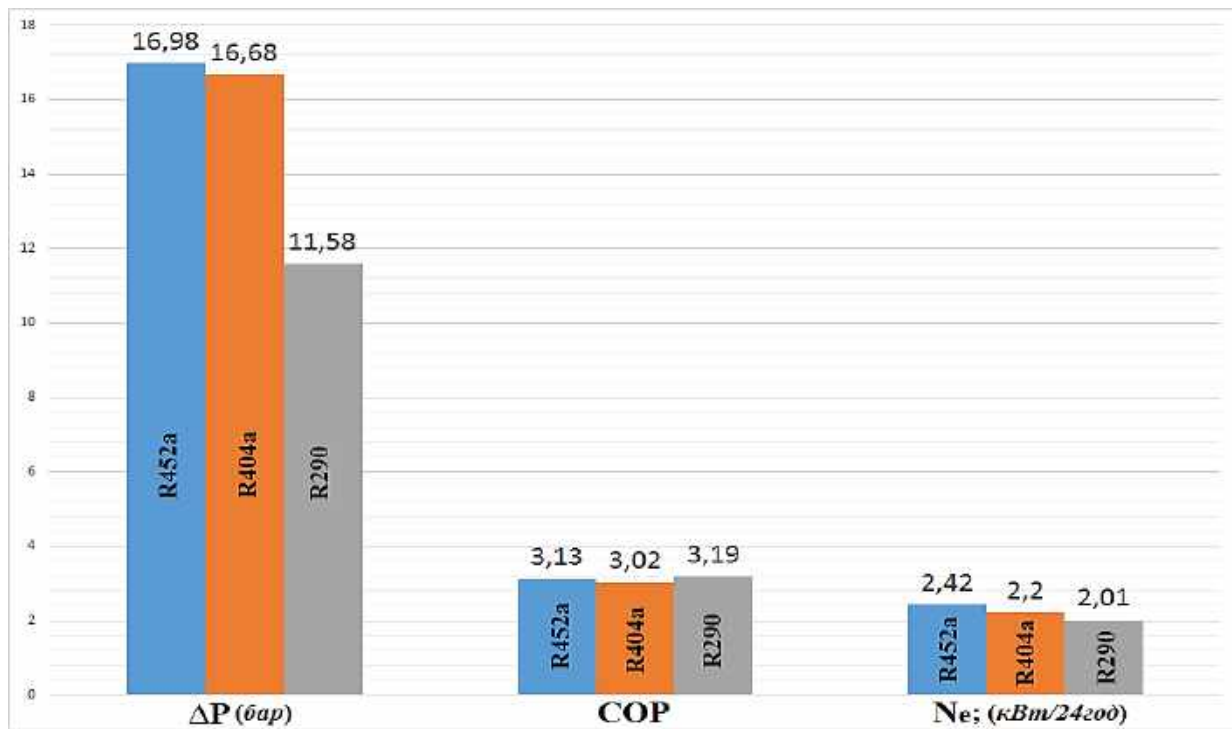


Рисунок 1 – Порівняльний аналіз холодильних агентів

Порівнюючи R290 очевидна його перевага по енергоефективності та собівартість. До переваг R290 також можна віднести його моногамність, а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкі фазі, в об'ємі теплообмінника. Однак до його недоліків при переході можна віднести потребу в заміні мастил в системі та вибухонебезпечність. Ще одним недоліком пропану є обмеження по його кількості в системі та потребу в дотриманні норм безпеки при конструюванні і експлуатації.

Незважаючи на перераховані недоліки R290 залишається найперспективнішим аналогом R404a в низькотемпературні техніці. В сфері торгового холодильного обладнання не виявлено значних проблем при заміні холодильних агентів а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкі фазі, в об'ємі теплообмінника капілярні холодильні системи залишаються перспективними на світовому ринку холодильного обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nair V. HFO refrigerants: A review of present status and future prospects. *Int J Refrig* 2021;122:156–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.10.039>.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). Montreal Protocol, 1987. 1987.
3. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Kyoto Protocol, 1997.