

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ

Мольський С. М., експерт, e-mail: kriofor69@gmail.com,

Холодильна асоціація України

Актуальність дослідження. За даними МЕА, у 2019 році загальносвітовий обсяг викидів парникових газів (ПГ) від спалювання палива становив 34,2 Гт в еквіваленті CO₂.

Викопні види палива — вугілля, нафта та газ — роблять найбільший внесок у глобальну зміну клімату: на їхню частку припадає понад 75 відсотків глобальних викидів парникових газів та майже 90 відсотків усіх викидів вуглекислого газу.

Середньосвітовий показник вуглецевої місткості електроенергії у 2018 році становив близько 0,479 кг CO₂ /кВт*год, а середньорічний показник майже кожної країни менший 0,800 кг CO₂/кВт*год. З активізацією успішних зусиль з декарбонізації електроенергії середній показник CO₂ /кВт · год у світі знизився з 0,537 кг у 2000 році до 0,479 г у 2018 році. Більшість відновлюваних джерел енергії мають переривчастий характер і не здатні забезпечити постійну подачу електроенергії до мережі; так, сонячні та вітрові установки можуть забезпечувати електропостачання тільки за умови наявності достатньої кількості сонячної та вітрової енергії відповідно. На даний час ці джерела не мають суттєвого впливу на світову електрогенерацію. [1]

Мета дослідження: розкрити потенціал оптимізації холодильних систем з холодоагентами з високим GWP для зниження шкоди зовнішньому середовищу у вигляді аварійних витоків і зменшення енергоспоживання для зниження обсягів викидів вуглекислого газу тепловими електростанціями.

Основні матеріали досліджень: розрахунки викидів CO₂ електростанціями що працюють на природному газі, аналіз чинників що впливають на енергоспоживання холодильного обладнання, аналіз чинників, що впливають на обсяги заправки холодоагенту в холодильній системі.

Розрахуємо кількість CO₂, який безпосередньо викидає електростанція, що працює на природному газі, тобто об'єм CO₂, який виділяється в результаті спалювання природного газу.

Повне згоряння одного кубічного метра природного газу виділяє:

$$3.841 \times 10^7 \text{ Дж/м}^3 / 3.6 \times 10^6 \text{ Дж/ кВт-год} = 10,67 \text{ кВт-год (теплових) / 1м}^3.$$

Щільність газу становить приблизно: 0,800 кг/м³.

За повного спалювання одного кілограма природного газу буде виділено:

$$10,67 \text{ кВт-год/ м}^3 / 0,8 \text{ кг/м}^3 = 13,34 \text{ кВт-год (теплових)}$$

Середня продуктивність діючих установок з комбінованим циклом природний газ становить близько 50%. Тобто 50% енергії, що вивільняється за рахунок спалювання природного газу, в результаті перетворюється на електроенергію, а решта 50% витрачаються на опалення та інші види втрати енергії.

Електрична продуктивність на один кілограм природного газу:

$$13,34 \text{ (теплових) кВт-год} \times 0,50 = 6,67 \text{ (електричних) кВт-год /кг (природного газу).}$$

Кілограми природного газу на одну кВт-год електрики:

$$1/6,67 = 0,150 \text{ кг/ кВт-год (електроенергії)}$$

Природний газ у середньому на 73,4% складається з вуглецю (за масою).

Електростанція на природному газі при виробництві 1кВт електричної енергії виділить вуглецю:

$$0,15 \text{ кг природного газу /кВт-год електрики} \times 0,734 \text{ кг вуглецю на кг природного газу} = 0,110 \text{ кг вуглецю на кВт-год електроенергії}$$

При спалюванні вуглецю додаткова маса кисню означає, що кожен кілограм вуглецю, що виділяється, дорівнює 3,67 кілограма вуглекислого газу (CO₂).

Електростанція на природному газі за 1 кВт-годину генерованої електрики викидає:

$0,11 \text{ кг вуглецю /кВт-год (електрики)} \times 3,67 \text{ кг CO}_2/\text{кг (вуглецю)} = 0,404 \text{ кг CO}_2/\text{кВт-год (електроенергії)}$. [2]

Дані розрахунки не враховують додаткові непрямі викиди вуглекислого газу, пов'язані зі здобиччю та транспортування цього виду палива, а також з будівництвом електростанції.

Якщо порівняти світовий показник - 0,479 кг/кВт з розрахунками що до електростанції, яка працює на природному газі - 0,404 кг/кВт, можна зробити висновок, що в енергетиці поки що домінує системи електрогенерації, що використовують природне паливо.

Кожен кВт електроенергії, який можна зекономити - це можливість зменшення викидів CO₂

Холодильні системи мають великий потенціал енергозбереження. Застосування ефективних моторів, оптимізація процесів регулювання продуктивності і розморожування випарників, мінімізація втрат місцевих і магістральних, додаткове переохолодження рідини, зменшення градієнтів температур на теплообмінниках, утилізація викидного тепла і т.і.

З іншого боку оптимізація, яка буде направлена на зменшення обсягів холодоагенту в системі з метою зниження шкоди екології в разі аварійного витоку холодоагенту.

Для прикладу візьмемо низькотемпературну систему холодопродуктивністю 25кВт. Об'єм холодоагенту R507a (GWP3985) - 55 кг. Енергоспоживання компресору, вентиляторів конденсатора та повітроохолоджувачів такої системи приблизно дорівнює 119 000 кВт/рік (для низькотемпературної системи при коефіцієнті робочого часу 0,7).

Електростанція на природному газі, щоб виробити таку кількість електричної енергії, викине в атмосферу:

$$11900\text{кВт} \cdot 0,404 \text{ кг/кВт} = 48076 \text{ кг (CO}_2\text{)}$$

Повний викид в атмосферу холодоагенту R507a (GWP3985) у випадку серйозної аварії системи еквівалентно:

$$55 \text{ кг} \cdot 3985 \text{ т} = 219175 \text{ кг (CO}_2\text{)} [3]$$

Системна оптимізація елементів (теплообмінників, трубопроводів, арматури) при проектуванні холодильної системи доведе до суттєвого зниження заправки холодоагенту з 55 до 17кг.

Вірогідний викид 17 кг холодоагенту R507a (GWP3985) в атмосферу може бути:

$$17 \text{ кг} \cdot 3985 \text{ т} = 67745 \text{ кг (CO}_2\text{)}$$

Системна оптимізація енергетичного обладнання та енергоємних процесів холодильної системи приведе до зменшення загального енергоспоживання системи з 119 000 до 64458 кВт /рік

Електростанція на природному газі, щоб виробити таку кількість електричної енергії, викине в атмосферу:

$$64458\text{кВт} \cdot 0,404 \text{ кг/кВт} = 26041 \text{ кг (CO}_2\text{)}$$

Висновок. Системні оптимізації направлені на підвищення енергоефективності обладнання та на зменшення об'ємів заправки холодоагентом можуть зробити реальний вплив на екологію. В прикладі що наданий викиди CO₂ електростанції зменшаться майже в двічі: з 48 до 26 т/рік, а ризики нанесення шкоди у разі аварійного витоку холодоагенту зменшаться в три рази з 219 до 68 т. Щорічне зменшення викидів CO₂ в атмосферу за 2,62 роки перекриє ефект аварійного 100% витоку холодоагенту. Для середньотемпературних систем потенціал енергозбереження буде менший ніж для низькотемпературних систем. Основна причина цього в менших коефіцієнтах робочого часу на протязі всього року, та більш високі значення COP для компресорів. Питомі обсяги заправки системи в середньотемпературних системах будуть менші.

ПЕРЕІК ПОСИЛАНЬ

1. ECE /TRANS/WP.6/2022/6. ООН. Економічна і соціальна рада. Сімдесят третя сесія Женева, 15–17 червня 2022 року Заряджання електромобілів: аналіз викидів CO₂. Записка секретаріату URL: <https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE-TRANS-WP.6-2022-06r.pdf>

2. Інститут досліджень енергетики та навколишнього середовища. Енергетика та Безпека №38 (2007) Розрахунок викидів CO₂ від електростанції, що працює на природному газі.

3. Кігалійська поправка. Інформаційний листок №3. ПГП, CO₂ (екв.) та кошик ДФУ URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26866/7878FS3>