

## АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ ТЕПЛОНОСІВ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В КОМУНАЛЬНІЙ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ

Аналіз стану комунальної та промислової енергетики показав, що основною причиною її низької ефективності є висока температура відхідних газів для більшості паливоспалювальних установок, а саме: від 170-200 °С і вище. Втрати теплоти в навколишнє середовище з відхідними газами при цьому становлять 10- 40 % від теплової потужності агрегату.

Одним з сучасних способів утилізації теплоти відхідних газів є технологія органічного циклу Ренкіна (ORC), головною перевагою якої є можливість комбінованого вироблення теплової і електричної енергії за умови достатньо низьких параметрів робочого тіла. Головною відмінністю (ORC) від класичного циклу Ренкіна-Клаузіуса є робочі тіла, що використовуються. В органічному циклі Ренкіна використовуються робочі тіла, температура кипіння яких нижче ніж у води. Таким чином, термодинамічні процеси, як на верхньому, так і на нижньому джерелах енергії проходять при більш низьких температурах та тисках. Завдяки цьому виникає можливість використання у якості первинної енергії низькотемпературних вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), а процеси скраплення робочого тіла протікають з використанням природних джерел довкілля без необхідності суттєво зниження тиску.

До інших відмінностей ОЦР можна віднести:

- використання робочих тіл, з параметрами точки Кюрі, меншими за водяну пару дає можливість реалізувати цикл при більш низьких параметрах робочих тіл на гарячому джерелі енергії;
- робочі тіла в ОЦР мають менший ентропійний перепад ніж у води. Це призводить до того що при однаковій витраті робочого тіла кількість енергії, яку можна корисно використати у циклі Ренкіна більша, ніж у ОЦР. Така особливість призводить до можливості спрощення конструкції турбіни в ОЦР та зменшення кількості обертів без втрати її характеристик.

Найчастіше в агрегатах, які працюють з принципом ОЦР використовують такі робочі тіла: R245fa, R245ca, R245, що належить до класу HFC- HCFC (тобто є фреоном). Але вже існує нове покоління робочих тіл які рекомендовані до використання в циклах ОЦР, оскільки мають кращі термодинамічні показники та є більш екологічно нейтральними. До цього покоління відноситься речовини класу HCFO-HFO (R1233zd(E), R1224yd(Z)). Відомі приклади використання органічних масел є :

Параметри	R245fa	R1233zd	R1233yd
Хімічний склад	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	C <sub>3</sub> ClH <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> ClHF <sub>4</sub>
Молекулярна маса, г/моль	134,03	130,5	148,5
Критичний тиск, ат	35,5	35,7	33,3
Критична температура, °С	154,01	165,6	155,5
Ентальпія пароутворення при 20°С, кДж/кг	193,25	193,73	166,43
Температура кипіння при атмосферному тиску, °С	14,81	17,92	14,53
dS/dT	>1	>1	>1

Гранично допустима концентрація , ppm	300	800	1000
---------------------------------------	-----	-----	------

Таблиця 1. Параметри деяких теплоносіїв ( робочих тіл) для ОЦР[1].

Головним фактором що впливає на ефективність роботи та співвідношення виробленої теплоти та роботи ( $q/l$ ) в органічному циклі Ренкіна є вибір теплоносія і його параметри на гарячому і холодному джерелі енергії. Вибір теплоносія в свою чергу залежить від параметрів ВЕР. Побудова органічного циклу Ренкіна з перегрівом пари R1233zd(E) представлена на рис. Початкові параметри робочого тіла для циклу з перегрівом :  $P=10\text{бар}$  ;  $T=413\text{ }^\circ\text{K}$ . Початкові параметри робочого тіла для циклу без перегріву :  $P=10\text{бар}$  ;  $T=372\text{ }^\circ\text{K}$ . Виконано розрахунки циклу, визначено величину термодинамічної ефективності циклу (КВП). Для циклу з перегріванням КВП становить 49%., без перегрівання 49%. Можливе співвідношення  $q/l$  для циклу з перегрівом 2,5/1 , а для циклу в сухій насиченій парі 5,2/1.

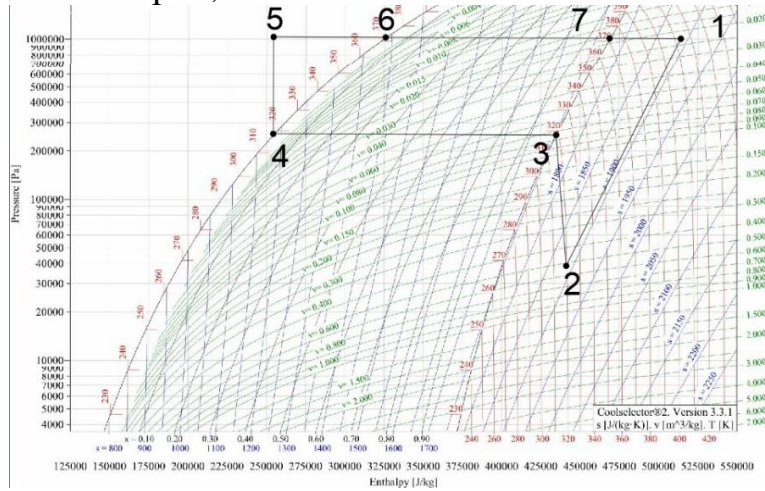


Рис. 1 P-h діаграма ОЦР циклу з перегрівом пари робочого тіла.

Аналіз побудованих циклів свідчить про те що перегрів пари робочого тіла в ОЦР не призводить до росту ефективності, як це можна прослідкувати в циклі Ренкіна , а лише змінює співвідношення отриманої теплоти до роботи. Ця особливість пов'язана з характером граничної лінії ступеню сухості  $x=1$  для органічних робочих тіл.

Використання нових робочих тіл в ОЦР , що працюють з використанням ВЕР суттєво розширяє і демократизує ринок джерел бінарного вироблення теплової і електричної енергії, робить більш доступним вироблення електричної енергії, сприяє процесам декарбонізації в енергетиці і розвитку ринку електричної енергії.

### Література

1. Zyhowski G., Brown A. *Low Global Warming Fluids for Replacement of HFC-245fa and HFC-134a in ORC Applications Honeywell - A, History of Innovation CFCs HCFCs HFCs HFOs*, 2014.