

Бражник Максим Анатолійович, студент групи М-21-22,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Сахно Віталій Олександрович, студент групи М-22-22,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОРС ЯК РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛОПАТОК ТУРБІН ТА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Безліч технологічних процесів у промисловості супроводжується виділенням значного обсягу високотемпературних газів, що відходять. Найчастіше їх тепло викидається і розсіюється в атмосфері через димові труби, або утилізується в градирнях. В умовах, коли ціни на паливо та електроенергію неухильно зростають, подібна практика поводження з цінним джерелом тепла виглядає марнотратною. Тим більше, що коло технологій, які дозволяють використовувати вторинні енергоресурси, постійно розширюється. Одне з перспективних рішень, яке широко й досить давно застосовується у зарубіжній практиці, що базується на технології Organic Rankine Cycle (ORC), є метою даної роботи.

Принцип органічного циклу Ренкіна досить простий: контур із низькокиплячим робочим тілом (далі НРТ – органічна або синтетична речовина з низькою температурою кипіння) нагрівається від джерела «непрямого» тепла через теплообмінник. Залежно від температур скидного тепла як НРТ можуть бути використані термомасло, пропан, пентан, бутан, фреони R-134a, R-245f, R-22 і т.д.

Тепло газів, що відходять, передається органічній рідині (НРТ). Переходячи в газоподібний стан, вона проходить по контуру і подібно до водяної пари приводить в рух турбіну, яка може бути з'єднана з електрогенератором або виступати механічним приводом для технологічного обладнання.

Відпрацьована пара органічної рідини здійснює зворотний фазовий перехід у контурі мережної води (конденсується, перетворюючись на рідину), де після охолодження готова до повторного використання.

Органічний цикл Ренкіна дуже схожий з циклом Ренкіна, яким будується процес більшості паротурбінних установок (рис.1), але замість води використовується низькокипляча органічна рідина, що забезпечує за рахунок низької молекулярної ваги роботу турбіни на низьких оборотах при меншому тиску.

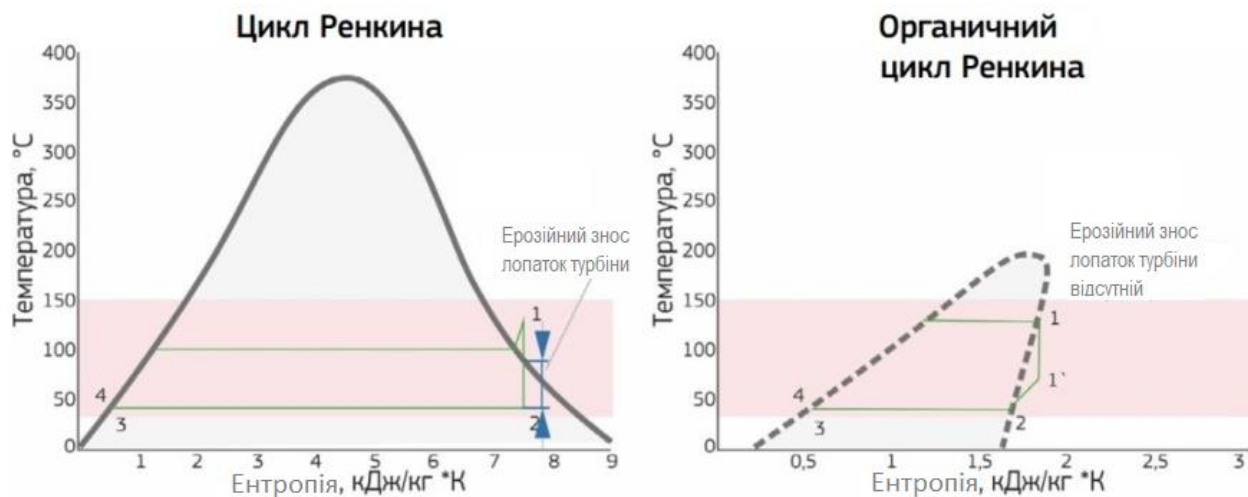


Рисунок 1 – Ентропія циклу Ренкина та органічного циклу Ренкина.

Термоолія (або друга НРТ), яка використовується в первинному контурі такої системи, стійка до високих температур, а потім нагрівається не вище 280-310 °С при роботі на різних джерелах тепла. Завдяки цьому ORC-технології здатні виробляти електроенергію, використовуючи вторинне тепло від багатьох промислових процесів.

До того ж процес Ренкина має особливості, що дозволяють знизити ерозію та знос обладнання:

- процес спрацьовування пари знаходиться в області сухої пари;
- конденсація НРТ відбувається за тиску вище атмосферного.

Джерелами тепла для власної ORC-генерації можуть стати пара, вода, гази ГТУ, що йдуть, і котлів з температурою від 85 до 500 °С:

- Відпрацьовані гази плавильних печей у металургії, скляній промисловості та виробництві цементу.
- Гази, що відходять від установок утилізації відходів.
- Вихлопні гази двигунів.
- Пар, вода чи інші води з охолодних контурів на промислових виробництвах.

Різноманітність можливих джерел тепла робить цю технологію доступною та економічно привабливою для широкого кола галузей, де будівництво власної міні-ТЕЦ із застосуванням електрогенеруючих установок на базі ORC-циклу може стати чудовою альтернативою або доповненням до традиційного енергопостачання.

Розглянемо, у чому переваги виробітку ORC-генерації з її «традиційним конкурентом» – паротурбінною технологією.

Ефективність.

ORC-модулі мають більш високий порівняно з традиційними паровими турбогенераторами електричний КПД, у тому числі на змінних режимах роботи, і високий відносний внутрішній КПД турбіни (до 85 %); широкий діапазон регулювання: 10-100% забезпечує можливість гнучкості в експлуатації та відмінну роботу при частковому завантаженні.

Оснащення системи та експлуатація.

Паротурбінова електростанція – складна система з великою кількістю допоміжного обладнання: системами водопідготовки, охолодження, численними насосами та розгалуженою мережею трубопроводів. Пуск та експлуатація обладнання пов'язані з великою кількістю ручних операцій, а, отже, і значними витратами на обслуговуючий персонал та високим ризиком помилок в управлінні.

Схема ORC-установки значно простіше, тому її запуск та зупинка не вимагають спеціальної підготовки, а робота в автоматичному режимі виключає необхідність у присутності оператора, забезпечуючи більшу надійність при менших витратах на персонал (тимчасові витрати на технічне обслуговування системи становлять 5-6 годин на тиждень).

Строк служби.

Термін служби ORC-установок – 25 років та більше. Досягається він за рахунок:

- Застосування неагресивних органічних рідин, що знижують ризик корозії.
- Конструктивні особливості (невелика механічна напруга турбіни внаслідок низької окружної швидкості; відсутність редуктора між турбіною та генератором).
- Роботи при нижчих тисках та температурах.

Вартість та впровадження.

Вибираючи ORC-технологію, підприємство може суттєво скоротити бюджет та термін реалізації проекту порівняно з впровадженням енергоцентру на базі паротурбінних технологій:

- склад обладнання, довжина трубопроводів та кількість регулюючої та запірної арматури на ORC-установці значно менша, ніж на паротурбінній;
- за рахунок розміщення на відкритому повітрі виключаються витрати на будівництво будівлі;
- більшість виробників реалізує ORC-об'єкти з модулів високого ступеня заводської готовності, що суттєво скорочує час на БМР.

Згадавши витрати, не можна залишити без уваги економіку проектів у сфері ORC-генерації.

Бюджет їх визначають відразу кількох факторів:

- встановлена електрична потужність;
- комплектація системи (наявність градирні, рекуператора, АСУ ТП тощо);
- використовувана технологія утилізації тепла та вид НРТ.

А економічна доцільність переважно залежить від:

- підключеного теплового та електричного навантаження, графіків їх споживання;
- доступного виду палива;
- регіональних тарифів на електроенергію та тепло.

У світовій практиці широкого поширення ORC-генерація набула на підприємствах скляної промисловості, металургійних, цементних заводах, деревообробних підприємствах. Причому, що цікаво, ORC-установки сьогодні все частіше вибирають навіть там, де основні теплові процеси побудовані з

використанням паросилового обладнання. В Україні випадки впровадження цієї технології поки що поодинокі, але з огляду на світову тенденцію та галузеву структуру промисловості в недалекій перспективі можна прогнозувати, що найближчим часом після війни ми станемо очевидцями активного розвитку ОРС-генерації, а першопрохідниками стануть енергоємні металургія та нафтопереробка.

Науковий консультант: Красніков С.В., доц. каф. Деталей машин і теорії механізмів і машин

Губарьков Олексій, ст. гр. АА-21мб-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СИСТЕМА ВІДВЕДЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИ РІЗЦІ ТА ГРАВІЮВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАЛОПОТУЖНОГО ЛАЗЕРА

Лазери знайшли дуже широке розповсюдження. Вони можуть використовуватись у спеціальних датчиках контролю, в дальномірах, для передачі інформації (оптоволоконний інтернет), медицині (лазерний ніж, лазерна корекція зору) і звісно завдяки високій щільності енергії вони широко застосовуються в обробці матеріалів.

Лазери у промисловості використовуються для розкрою матеріалу, гравіювання, зварювання, поверхневої термообробки, зняття покриттів, в згинальних верстатах та у пристроях адитивного виробництва.

Основними перевагами лазерної обробки матеріалів є:

- висока точність та контрольованість процесу, що дозволяє створювати складні геометричні форми та вирізати деталі з максимальною акуратністю;
- незначна деформація матеріалу в процесі обробки;
- велике різноманіття оброблюваних матеріалів;
- відсутність фізичного контакту з матеріалом, що зменшує знос обладнання та забезпечує тривалий термін служби верстатів.

В залежності від активного середовища, що використовується, виділяють газові лазери, напівпровідникові лазери (лазерні діоди), рідинні лазери, твердотільні лазери, волоконні лазери.

Серед названих особливої уваги заслуговують напівпровідникові лазери. Наряду з волоконними лазерами вони мають високу ефективність перетворення енергії (20-40%) і вирізняються компактністю та простотою будови, що в свою чергу обумовило їх доступність. На основі таких модулів розроблена значна кількість верстатів з ЧПУ для лазерного розкрою, гравіювання та маркування (рис.1).