

# ВИКОРИСТАННЯ ORC-МОДУЛІВ В КОМПЛЕКСНИХ ГЕЛІОСИСТЕМАХ

**Панченко Я.Л., студент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Дедалі ширше використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) вимагає оцінки потенціалу не лише комерційних проєктів промислових сонячних електростанцій (СЕС), а і перспективи поширення розподіленої генерації електричної та теплової енергії. Однак варіативність, періодичність та погана передбачуваність таких джерел енергії та децентралізація виробництва викликає серйозні проблеми, пов'язані з надійністю та контролем якості, особливо це стосується електричної енергії. Рішення цих проблем лежить в комплексному використанні ВДЕ, а також в акумулюванні електричної або теплової енергії для її використання в часи відсутності прямої генерації. Одним з таких прикладів може служити використання турбін, що працюють за органічним циклом Ренкіна (Organic Rankine Cycle – ORC).

Органічний цикл Ренкіна відрізняється від традиційного термодинамічного, закладеного в основу роботи парових турбоустановок, тим, що в якості робочого тіла в тепловому циклі цих турбоустановок замість води і водяної пари використовуються органічні речовини, температура кипіння і випаровування яких нижче, ніж температура кипіння води. Такі речовини називаються низькокиплячими робочими тілами (НРТ); це, наприклад, сполуки на основі фреону, вуглеводні типу пентану, бутану і т. д.

**Мета роботи.** Основною метою даної роботи є огляд можливих областей застосування установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна, можливостей використання ORC-модулів в комбінованих геліосистемах, та визначення перспектив розвитку даної технології в світі.

## **Матеріали і результати досліджень.**

*Можливі напрямки використання установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна.*

- Біопаливо та ORC.

Біомаса в великих кількостях є побічним продуктом різноманітних сільськогосподарських та промислових підприємств а її вартість значно нижче, ніж вартість викопного палива.

- Геотермальна енергія.

Наразі існує багато геотермальних електростанцій, які працюють за бінарним циклом з використанням як робочого тіла низькокиплячих рідин. Як зазначається в [6], ідея використання фреонів в якості робочого тіла паросилової установки для генерації електричної енергії вперше була реалізована ще в 1967 році в СРСР на Паратунській дослідно-промисловій геотермальній електростанції.

- Утилізація теплових відходів промислових підприємств.

Промислові підприємства скидають в навколишнє середовище велику кількість теплової енергії разом з потоками продуктів згорання та

охлаждающих жидкостей. Это не только приводит к снижению энергоэффективности предприятия и увеличению себестоимости произведенной продукции, а и неблагоприятно влияет на состояние окружающей среды, приводя к тепловому загрязнению и климатическим изменениям.

- Комбинированный цикл.

ORC-модули могут быть использованы в сочетании с газотурбинными установками (ГТУ) или двигателями внутреннего сгорания (ДВС) для утилизации тепловой энергии продуктов сгорания и повышения термической эффективности комбинированного цикла.

- Солнечная энергия.

Солнечные системы генерации электроэнергии с использованием ORC-модулей подобны обычным электростанциям малой мощности, за исключением того, что источником тепловой энергии является геотермальная система. Рассматривая различные модели использования тепловой энергии геотермального поля, важно обращать внимание на возможные сценарии и экономические показатели целесообразности. Подобные системы могут быть использованы как для генерации исключительно электрической энергии, так и для создания полностью автономных систем обеспечения потребителя тепловой и электрической энергией, например в районах с отсутствием централизованного энергоснабжения.

На данный момент существует широкий выбор различных ORC-модулей, которые в первую очередь различаются температурой рабочего тела. Современные решения позволяют работать в диапазоне от 65°C до 350°C, что позволяет использовать различные конфигурации солнечных преобразователей, такие как независимые концентрационные геотермальные системы с аккумуляцией тепла, так и обычные вакуумные коллекторы с дополнительным подогревом теплоносителя [1-2].

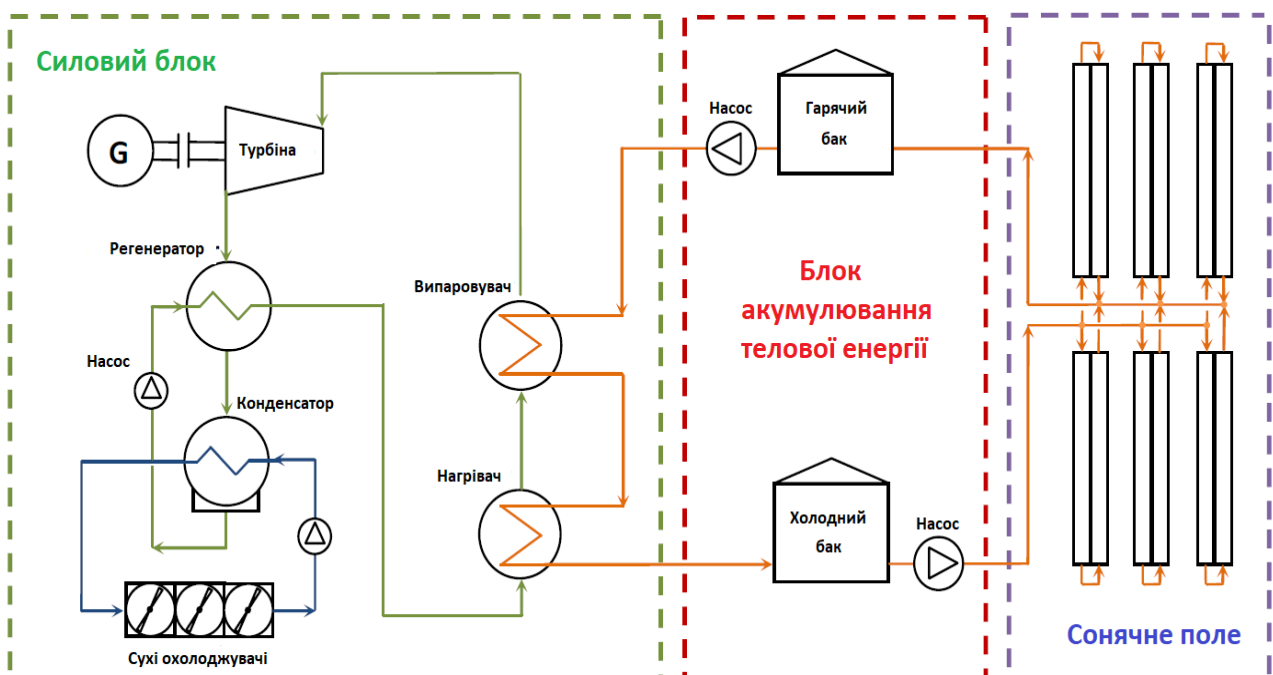


Рисунок 1 – Схема технологического процесса концентрационной геотермальной установки с ORC-модулем

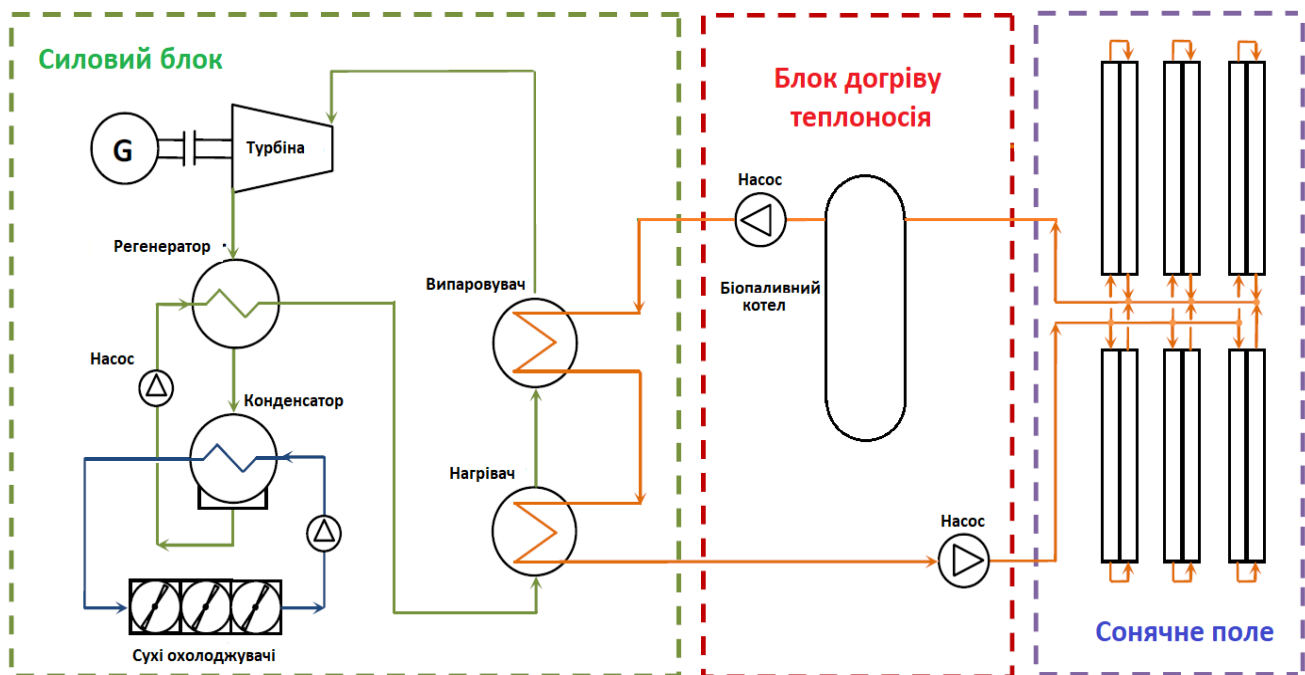


Рисунок 2 – Схема технологічного процесу геліоустановки з ORC-модулем з догрівом теплоносія

Перший варіант доцільно використовувати на територіях зі сприятливими кліматичними умовами, другий же варіант буде доцільним у разі наявності достатньої кількості біопалива.

Зарубіжний досвід в сфері енергопостачання свідчить про перспективність будівництва біопаливних котелень малої і середньої потужності для забезпечення потреб споживачів в зоні низької щільності тепlopостачання, особливо в районах з великими запасами біопалива [3].

Найменша вартість виробництва тепла припадає на таке біопаливо, як тріска. Основним конкурентом тріски є природний газ. Однак, з урахуванням швидкого зростання вартості природного газу, можна очікувати, що в найближчому майбутньому інші види біопалива потіснять природний газ в цьому рейтингу. Важливим фактором ефективної мінімізації ризику використання такого виду палива, як тирса, стружка, тріска, шматки деревини є стабільність їх поставки на котельню протягом всього опалювального сезону. Наприклад, вважається, що будівництво автономної котельні на трісках доцільно тільки при виконанні однієї умови: наявності в радіусі 5-10 км навколо котельні такої кількості паливної тріски або інших деревних відходів, якого достатньо для забезпечення безперебійної роботи котельні. В інших випадках варто розглядати доцільність використання деревних пелетів та гранул, транспортація яких на досить великі відстані не є затратною чи ускладненою іншими факторами [4].

#### *Ефективність ORC-установок*

Ефективність роботи та експлуатаційні характеристики ORC-установки при генерації електричної енергії були визначені експериментально [5]. В якості робочого тіла використовувався холодоагент R245fa – гідрофторвуглевод (HFC). Температура робочого тіла в випарнику була в межах від 77°C до 83°C.

В серії експериментів були досліджені ефективність циклу та турбіни. Встановлено, що максимальне значення термічної ефективності циклу може досягати 5,22%, а ізоентропійний ККД турбіни склав 78,7%.

#### *Перспективи розвитку ORC-установок.*

Установки ORC, які зараз працюють переважно мають просту структуру, в якості робочого тіла використовують чисту речовину і лише в рідких випадках проводиться регенерація теплової енергії.

Наразі проводиться пошук речовин, які зможуть покращити ефективність термодинамічного циклу, знизити вартість експлуатації установок та розширити їх область застосування.

Одним з недоліків існуючих ORC-установок є їх малоефективна робота в умовах часткового навантаження. Таким чином одна з задач, яка потребує вирішення – це підвищення ефективності ORC-установок з регульованою потужністю.

**Висновки.** Використання установок, що працюють за органічним циклом Ренкіна в поєднанні з геліосистемами відриває широкі перспективи для розвитку децентралізованої мережі з тепло та електрозабезпечення.

На ряду з цим установки ORC мають надзвичайно широкий спектр можливого використання як з відновлюваними джерелами енергії (геотермальна енергія, сонячна енергія, біокотельні) так і в якості інструменту енергозбереження та енергоефективності на різноманітних підприємствах (утилізація низькопотенційного тепла продуктів згорання та стічних вод).

До переваг органічного циклу Ренкіна можна віднести:

- робота при досить низьких температурах (починаючи з 65°C)
- висока щільність робочого тіла, що дозволяє зробити установку компактною
- можливість утилізації низькопотенційної теплової енергії

#### **Перелік посилань**

1. Tchanche BF, Lambrinos G, Frangoudakis A, Papadakis G. Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles - A review of various applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011;15(8):3963-79.

2. Vélez F, Segovia JJ, Martín MC, Antolín G, Chejne F, Quijano AA. Technical, economic and market review of organic Rankine cycles for the conversion of low-grade heat for power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2012;16(6):4175-89.

3. Introduction to biomass boilers – [Електронний ресурс] – <https://www.thegreenage.co.uk/tech/biomass-boiler/>

4. Низкотемпературные ORC-модули – [Електронний ресурс] – <https://www.aquaecology.group/katalog/turbiny-organicheskogo-tsikla-renkina-orc-turbines/nizkotemperaturnye-orc-moduli/>

5. Kang S.H. Design and experimental study of ORC (organic Rankine cycle) and radial turbine using R245fa working fluid // *Energy*. 2012. Vol. 41. P.514-524.

6. Огуречников Л.А. Геотермальные ресурсы в энергетике // *Альтернативная энергетика и экология*. 2005. № 11. С.58-66.