

УДК 621.181.647(075.8)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АЕС МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Кравченко О. В.

Науковий керівник – доц. каф. «Атомних електростанцій» Чулкін О. О.

В сучасних умовах рішення енергетичних проблем в глобальному масштабі без ядерної енергії неможливо. Головне завдання подальшого розвитку ядерної енергетики - забезпечення безпеки населення при будь-яких варіантах експлуатації АЕС. Тому розвиток атомної енергетики в ХХІ столітті пов'язано з освоєнням ЯЕУ нового покоління.

Одним з таких безпечних і перспективних напрямків є атомні станції малої потужності (АСММ) [1,2]. По перше, ліцензування, проектування, виготовлення та монтаж такої АЕС більш проста задача, ніж для АЕС великої потужності. По друге, утилізація такої установки значно спрощується, особливо при підземному розташуванні. Недоліком є більша питома вартість. Така станція не є альтернативою іншим проектам, а її специфіка полягає в технічних, екологічних та економічних показниках, недоступних для інших проектів не тільки сьогодні, але і в найближчому майбутньому.

Метою роботи є вибір основних конструктивних параметрів парогенератора (ПГ) для АСММ з тепловою потужністю 180 МВт. За прототип береться ПГ АСММ типу КЛТ-40С [3] – прямоточний ПГ зі змійовиковою поверхнею нагріву. Реакторна установка комплектується чотирма ПГ. Таким чином, тепла потужність одного ПГ дорівнює 45 МВт.

Під конструктивними параметрами ми маємо зовнішній діаметр змійовиків d_{zm} , вертикальний крок навивки змійовика (s_1) та горизонтальний крок між шарами навивки змійовиків (s_2), швидкість живильної води на вході в змійовики (w).

Вихідні дані для розрахунку: паропродуктивність 61,1 т/год., температура пари 275 °С, тиск пари 3 МПа, температура теплоносія на вході і виході ПГ 297,8 °С та 270 °С, тиск теплоносія 15 МПа, температура живильної води 65 °С, розрахункова температура теплоносія 350 °С, розрахунковий тиск на стороні теплоносія 17,2 МПа.

Діапазон зміни параметрів: діаметру 16-27 мм, кроків $s_1=18-29$ мм, $s_2=18-32$ мм, швидкість води 0,3-0,97 м/с.

Критерієм оптимізації є приведені річні витрати [4], які визначаються за виразом:

$$Z=K \cdot 0,2157 + I_{\text{експл}},$$

де K – вартість виготовлення парогенератору; $I_{\text{експл}}$ – експлуатаційні витрати:

$$I_{\text{експл}} = [\Delta P_{\text{мтп}} \cdot v_{\text{тн}} \cdot G_{\text{тн}} / (\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{дв}}) + \Delta P_{\text{тр}} \cdot v_{\text{жв}} \cdot G_{\text{жв}} / (\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{дв}})] \cdot C_{\text{ел}} \cdot \tau_{\text{річ}},$$

$\Delta P_{\text{мтп}}$, $\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір міжтрубного простору для теплоносія та в трубках для живильної води, кПа;

$v_{\text{тн}}, v_{\text{жв}}$ – питомий об'єм теплоносія та живильної води на вході в ПГ, м³/кг;

$G_{\text{тн}}, G_{\text{жв}}$ – витрати теплоносія та живильної води через ПГ, кг/с;

$\eta_{\text{н}}, \eta_{\text{дв}}$ – ККД насоса та його двигуна;

$C_{\text{ел}}, \tau_{\text{річ}}$ – вартість електроенергії та час роботи ПГ за рік, \$/кВт·год., годин.

Габарити та гідравлічний опір теплообмінної поверхні (ТОП) визначалися фахівцями Консорціуму «Атоммашпроект» за допомогою комп'ютерного коду ASPEN-TECH. В роботі були розроблені методика, алгоритм та програми розрахунку геометричних характеристик основних елементів ПГ, їх масу та вартість. За сумою вартості елементів визначалася вартість всього ПГ. Для визначення експлуатаційних витрат на привід насосів були розроблені методика, алгоритм та програма розрахунку загального гідравлічного опору ПГ за стороною теплоносія та стороною робочого тіла в залежності від опору ТОП, визначеного за допомогою ASPEN-Tech.

В результаті розрахунку та аналізу 142 варіантів було отримано, що мінімальному значенню приведених витрат відповідають наступні конструктивні параметри: зовнішній діаметр змійовика 16 мм, крок між змійовиками в шарі (по вертикалі) 20 мм, крок між шарами (по горизонталі) 20 мм, швидкість живильної води на вході в змійовики 0,61 м/с.

Список літератури

1. Атомные станции малой мощности (АСММ) /<https://lektsii.org/5-16403.html> (дата звернення 29.10.2017)
2. Некоторые показатели ядерной энергетической установки типа КН-3 / В.П. Кравченко, Е.В. Корчомный, А.Р.Абдул Хусейн и др.. //Ядерна та радіаційна безпека. – 2011. – Вип. 2(50). – С.43-47.
3. Реакторная установка КЛТ-40С, на примере данных по АЭУ лихтерезова «СевМорПуть» /<http://www.nucon.us/archives/2950> (Дата звернення 29.10.2017).
4. Кравченко В.П., Дубковский В.А. Использование атомной энергетической установки в нефтедобыче /Економіст. - 2011. - № 8.– С. 60-62.