

НАБЛИЖЕНИЙ ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПАРОГЕНЕРАТОРА АЕС З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000

Медведєв Р. Б., Складанний Д. М., Пустовий Д. О.

ПРИБЛИЖЕННЫЙ ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

Медведев Р. Б., Складанный Д. М., Пустовой Д. А.

THE APPROXIMATE THERMAL CALCULATION OF THE STEAM GENERATOR AT THE NPP WITH THE VVER-1000 REACTOR

Medvedev R. B., Skladannyi D. M., Pustovyy D. O.

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Київ, Україна
skl_den@ukr.net

Запропоновано алгоритм, який дозволяє достатньо точно і без значного обсягу обчислень провести тепловий розрахунок парогенератора атомної електростанції. Результати розрахунків за запропонованим алгоритмом добре узгоджуються з реальними даними.

Ключові слова: АЕС, парогенератор ПГВ-1000, тепловий розрахунок.

Предложен алгоритм, который позволяет достаточно точно и без значительного объема вычислений провести тепловой расчет парогенератора атомной электростанции. Результаты расчетов по предложенному алгоритму хорошо согласуются с реальными данными.

Ключевые слова: АЭС, парогенератор ПГВ-1000, тепловой расчет.

An algorithm that allows to carry out a thermal calculation of a steam generator of a nuclear power plant with sufficient accuracy and without a significant amount of computation is proposed. The calculations results according to the proposed algorithm are in good agreement with the real data.

Keywords: NNP, PVG-1000 steam generator, thermal calculation.

ВСТУП

Парогенератор в рівній мірі відноситься до першого і другого контуру АЕС і служить для підігріву води другого контуру до стану пари температурою води першого контуру. Алгоритми розрахунку парогенератора атомної електростанції, яка працює на водо-водяному атомному реакторі відомі, добре розроблені, і наведені в літературі, наприклад [1, 2, 3]. Проте ці алгоритми досить громіздкі, потребують використання значної кількості довідкових даних і розраховують надмірну кількість величин. Нами пропонується спрощений алгоритм, який містить незначну кількість формул, проте результати його застосування добре узгоджуються з реальними умовами. Розрахунок проводиться для парогенератора типу ПГВ-1000, який встановлюють на АЕС з водо-водяним реактором типу ВВЕР-1000.

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ

Алгоритм розрахунку розроблено на прикладі парогенератора горизонтального типу атомної електростанції з водо-водяним ректором. Дані стану теплоносіїв першого та другого контурів, які застосовуються для розрахунку такого парогенератора, зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Початкові дані для розрахунку парогенератора

Параметр	Значення
Витрата води першого контуру через парогенератор т/год	18
Температури води першого контуру на вході в ПГ, °С	320
Температури води першого контуру на виході в ПГ, °С	290
Тиск води першого контуру, МПа	15,7
Тиск пари, МПа	6,27
Температура живильної води (другого контуру), °С	220
Температура пари, °С	278,5

В основі розрахунку лежить рівняння теплового балансу [1]:

$$Q_{ПГ} = G_{ДК} \cdot \eta \cdot (i''_{ДК} - i_{Ж}) = G_{ПК} \cdot \eta \cdot (i'_{ПК} - i''_{ПК}), \quad (1)$$

де $Q_{ПГ}$ – теплова потужність парогенератора, $G_{ПК}$ та $G_{ДК}$ – масова витрата середовищ першого та другого контуру відповідно, $i'_{ПК}$ й $i''_{ПК}$ – ентальпія води першого контуру на вході та виході з парогенератора відповідно, $i''_{ДК}$ – ентальпія пари, що утворена в парогенераторі, $i_{Ж}$ – ентальпія живильної води, тобто води другого контуру, яка надходить у парогенератор, η – коефіцієнт корисної дії парогенератора, рівне 0,98 (за даними [2]).

Визначаємо кількість отриманої пари з формули з роботи [3]:

$$Q_{ПГ} = D \cdot [(i''_{ДК} - i_{ПВ}) + r] + D_{ПР} \cdot (i''_{ДК} - i_{ПВ}), \quad (2)$$

де D – кількість отриманої пари, $D_{ПР}$ – величина продувки, $i_{ПВ}$ – ентальпія води, якою здійснюється продувка, r – питома теплота пароутворення

Приймаємо що величина продувки $D_{ПР} = 0,01 D$ отримуємо:

$$D = \frac{Q_{ПГ}}{(i''_{ДК} - i_{ПВ}) \cdot 1.02 + r}, \quad (3)$$

Для визначення зміни температури за час в парогенераторі використовуємо наступну систему рівнянь:

$$\frac{dT_i}{d\tau} = \frac{Q_{ПГ}}{G_i \cdot c}, \quad (4)$$

де c – питома теплоємність середовища, T_i ($i = 1, 2$) – температура теплоносія першого і другого контурів відповідно, $G_i = G_{ПК}$ для першого контуру і $G_{ДК}$ для другого контуру. На останньому етапі визначимо площу теплообміну в парогенераторі за відомою формулою $Q = F \cdot k \cdot \Delta t_{\log}$, яка включає в себе середньологарифмічну різницю температур:

$$\Delta t_{\log} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}} \right)}$$

де Δt_{δ} – більша різниця температур, Δt_{μ} – менша різниця температур.

ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПАРОГЕНЕРАТОРА

Оскільки витрата води першого контуру через парогенератор, на відміну від другого, є величиною практично постійною, розрахунок за формулою (1) проведемо для першого контуру. Ентальпії теплоносія визначаємо за значеннями температури та тиску $i'_{пк} = 1451.94$ кДж/кг, $i''_{пк} = 1284.7$ кДж/кг. Таким чином, теплова потужність парогенератора становить $Q = 8.278 \cdot 10^5$ кДж/с.

Кількість отриманої пари розрахуємо за формулою (3). Для $i_{пв} = 944.58$ кДж/кг та $r = 1794$ кДж/кг, отримаємо $D = 408,33$ кг/с пари та 249 кг/с води теплоносія першого контуру на виході.

Рівняння (4) вирішимо методом Рунге-Кутта. Для середньої температури у парогенераторі приймемо теплоємність $c = 5515 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. Розрахована за результатами розв'язку системи рівнянь зміна температур для теплоносія першого контуру становить 0.59°C/s , другого контуру – 0.372°C/s , час знаходження води в парогенераторі становить 14.7 с.

Площа теплообміну в парогенераторі, розраховане виходячи з середньологарифмічної різниці температур становить $F = 5496$ м², значення коефіцієнту теплопередачі, рівне $k = 6519$ Ват/(м²*К) запозичене з [2, 3].

ВИСНОВКИ

Для перевірки результатів розрахунку за запропонованим алгоритмом, порівняємо одержані результати розрахунків з паспортними результатами парогенератора ПГВ-1000 (табл.2), наведеними у [1].

Таблиця 2. Порівняння результатів розрахунків

Величина	Запропонований алгоритм	Реальні значення	Відносна похибка
Площа поверхні теплообміну, м ²	5496	5590	1,7 %
Кількість генерованого пару, кг/с	410	408,33	0,5 %
Температура пари на виході, °C	278,5	278,5	0
Температура гарячого потоку на виході, °C	289,5	289,7	0,7 %
Час теплопередачі, с	14,7	15	2 %

Таким чином, запропонований алгоритм розрахунку показує достатню точність розрахунку з врахуванням незначного обсягу самих розрахунків. Відносна похибка розрахованих за запропонованим алгоритмом параметрів не перевищує 2%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сорокін В. В., Карницький Н. Б. Парогенератори АЕС. Минск, Білоруський національний університет, 2013. 73 с.

2. Математическая модель горизонтального парогенератора типа ПГВ-1000 энергоблока АЭС с ВВЭР / Ефимов А.В., Каверцев В.Л. та ін. *Вісник НТУ «ХПІ»*, 2014. № 13(1056). С. 92 – 102.
3. Рассохин Н.Г. Парогенераторные установки атомных электростанций. Москва, Энергоатомиздат, 1987. 384 с.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ СТВОРЕННЯМ МЕДІАМАТЕРІАЛІВ

Акімов Д. Д., Жураковська О. С.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЕМ МЕДИАМАТЕРИАЛОВ

Акимов Д. Д., Жураковская О. С.

SUPPORTING SYSTEM OF MEDIA MATERIALS CREATING CONTROL PROCESS

Akimov D., Zhurakovska O.

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Київ, Україна
std.akimov@gmail.com
o.zhurakovska@kpi.ua

В статті, на основі аналізу процесів створення медіа матеріалів в сучасному кінематографі, запропоновано систему підтримки вказаних процесів. Впровадження системи дозволить уникнути деяких основних проблем, та мінімізувати негативні чинники, що впливають на процес створення медіа матеріалів.

Ключові слова: Система підтримки, створення медіаматеріалів

В статье, на основе анализа процессов создания медиа материалов в современном кинематографе, предложена система поддержки указанных процессов. Внедрение системы позволит избежать некоторых основных проблем, и минимизировать негативные факторы, влияющие на процесс создания медиаматериалов.

Ключевые слова: Система поддержки, создания медиаматериалов

In the article, based on the analysis of the processes of creating media in modern cinema, a system of support for these processes is proposed. The introduction of the system will avoid some of the main problems, and minimize the negative factors that influence the process of creating media materials.

Keywords: support system, creation of mediamaterials

ВСТУП

В теперішній час у сфері кіномистецтва дуже гостро стоїть питання вирішення проблеми підвищення рівня робіт. Це пов'язано із створенням та аналізом дуже великого обсягу медіаматеріалу та значними витратами. У зв'язку із цим дуже актуальною є розробка системи, що забезпечить підтримку процесу створення та аналізу медіаматеріалу, користувачами якої є працівники телебачення та