

**ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ПАРОГЕНЕРАТОРА**

**ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ПАРОГЕНЕРАТОРА**

**RATIONALE FOR EXTENDING THE LIFE OF A STEAM GENERATOR**

Науковий керівник - кафедра АЕС; доцент, к.т.н.

Чулкін О.О., Чулкин О.А., Chulkin O.A.

Магістр – Орлов Р.С., Орлов Р.С., Orlov R.S.

**Анотація:** У даній роботі проведено розрахунок парогенератора в умовах експлуатації, виконані розрахунки надійності вузлів та елементів парогенератора, на основі яких оцінено технічний стан парогенератора. Розроблено технічні рішення з метою подальшої безпечної експлуатації енергоблоків АЕС, а також розглянуто модернізацію шва 111.

**Ключові слова:** парогенератор, експлуатація, модернізація, безпека.

**Аннотация:** В данной работе проведен расчет парогенератора в условиях эксплуатации, выполнены расчеты надежности узлов и элементов парогенератора, на основе которых оценено техническое состояние парогенератора. Разработаны технические решения с целью дальнейшей безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС, а также рассмотрены модернизацию шва 111.

**Ключевые слова:** парогенератор, эксплуатация, модернизация, безопасность.

**Annotation:** In this paper the calculation of the steam generator in the operating conditions, the calculations of the reliability of units and elements of the steam generator were performed, on the basis of which the technical condition of the steam generator was evaluated. Technical solutions have been developed with the aim of further safe operation of NPP units, as well as the modernization of the seam 111.

**Key words:** steam generator, operation, modernization, safety.

## **Вступ**

Парогенератор являється невід'ємною частиною АЕС. Майбутня робота АЕС неможлива без продовження терміну експлуатації парогенератора. Продовження термінів безпечної експлуатації АЕС є важливим для України. Актуальність питання продовження терміну експлуатації атомних станцій дуже висока: будь-які АЕС з часом приходять в непридатність, вичерпуючи власний ресурс. Наявність ефективної та економічної можливості продовжити робочий ресурс АЕС вирішує масу проблем. Україна зацікавлена у продовженні термінів експлуатації власних АЕС, адже більшість з них введено в експлуатацію досить давно і їх ресурс поступово виснажується. АЕС є складним теплоенергетичним комплексом з ядерно-паливним циклом, і це створює певну ступінь ризику виникнення ядерних аварій, небезпечних для обслуговуючого персоналу, населення і навколишнього середовища. Трагічні наслідки подій на атомних електростанціях висунули проблему забезпечення безпеки АЕС на перше місце в атомній енергетиці і визначили необхідність створення нових або модернізації відомих типів реакторних установок [1-3].

Проект АЕС повинен бути виконаний відповідно до «Загальних положень безпеки атомних електростанцій при проектуванні, спорудженні та експлуатації» ОПБУ-2008, згідно з якими АЕС вважається безпечною, якщо не перевищуються встановлені межі радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє середовище при нормальній експлуатації АЕС, порушеннях нормальної експлуатації і проектних аваріях, а також обмежується радіаційний вплив при запроектних аваріях [6, 8, 10].

У даній роботі проводиться підвищення надійності кріплення парогенераторів до головної циркуляційної труби з метою кількісної оцінки її придатності до експлуатації, що характеризується ймовірністю їх безвідмовної роботи протягом всієї кампанії ядерного реактора [2].

## **Визначення об'єкта дослідження**

Отримання підтвердження працездатності парогенератора і можливість здійснення подовження ресурсу за рахунок модифікація системи продувки „кишень” колекторів парогенератору [5].

### **Мета модернізації парогенератора:**

- Удосконалення і розробка заходів щодо підвищення надійності зварних з'єднань №111;
- розробка заходів модернізації технології видалення домішок системами продувки та водо живлення;
- необхідність подовження терміну експлуатації парогенератора ;
- модифікація системи продувки „кишень” колекторів парогенератору [5];
- розробка заходів покращення технології зварювання ;
- розробка методів зняття напружень шва №111;

### **Призначення Парогенератора**

Парогенератор ПГВ-1000М призначений для вироблення насиченої пари тиском 64,0 кгс / см<sup>2</sup> з вологістю не більше 0,2% при температурі живильної води 220 ° С в складі енергоблоку з водо-водяним енергетичним реактором і є складовою частиною циркуляційних петель реакторної установки, тобто для:

- передачі тепла від теплоносія I контуру живильній воді II контуру і нагрівання її до температури кипіння;
- перетворення живильної води II контуру в насичений пар;
- сепарування отриманого пара і вироблення сухого насиченої пари.

Тип парогенератора - горизонтальний, однокорпусному із занурюваним поверхнею теплообміну з горизонтально розташованих труб, з вбудованими паросепараційними пристроями, системою роздачі живильної води, паровим колектором, з зануреним дірчастим листом [6,9,11].

### **Суть модифікації:**

Механізм продувки „карманів” парогенератору

Допускається виконання двох етапів у разі наявності міді в відкладеннях менше 10,0% і трьох етапів у разі наявності міді в відкладеннях більше 10,0%.

Двоетапна хімічне промивання парогенератору:

- 1-й етап - високотемпературний режим видалення сполук заліза (температура розчину для промивання в парогенератору від 100 ° С до 130 ° С);
- 2-й етап - низькотемпературний режим видалення відновленої міді та мідних відкладень (температура розчину для промивання в ПГ не більше 70 ° С) з подальшою водно-механічної промиванням ПГ аміачним розчином (рН від 9,8 до 10,5) з метою пасивації теплообмінних поверхонь ПГ [5].

Трьохетапна хімічне промивання парогенератору:

- 1-й етап - низькотемпературний режим видалення мідних відкладень (температура розчину для промивання в парогенератору - не більше 70 ° С);
- 2-й етап - високотемпературний режим видалення залізо-окисних відкладень (температура розчину для промивання в парогенератору від 100 ° С до 130 ° С);
- 3-й етап - низькотемпературний режим видалення відновленої міді та мідних відкладень (температура розчину для промивання в парогенератору - не більше 70 ° С) з подальшою водно-механічної промиванням парогенератору аміачним розчином (рН від 9,8 до 10,5) з метою пасивації теплообмінних поверхонь парогенератору [5].

### **Висновок**

Було проаналізовано досвід експлуатації парогенератору .Описана технологія видалення домішок системами продувки та водо живлення. Розглянуто основні проблеми та їх виникнення у зварному шві №111.Для забезпечення надійності та ресурсу шву в процесі експлуатації запропоновано здійснювати продувку „кишень” колекторів парогенератору. Використовувати заходи для зняття напружень на даному шві . Також використовувати нові методи зварювання . Однак існує необхідність в більш детальному розгляді цієї проблеми , так як на різних станціях використовують різні заходи для забезпечення надійності шву №111 [2,5].



### Литература

1. Ривкин С. Л., Александров А. А.. Теплофізичні властивості води і водяної пари. - М.: "Энергоатомиздат". – 1980. - 424 с.
2. Саркисов А. А., Пучков В. Н. Фізичні основи експлуатації ядерних парогенеруючих установок. - М.: «Энергоатомиздат». - 1990. – 504 с.
3. Маргулова Т. Х. Атомні електричні станції. 5-е вид. -М.: ИздАТ. – 1994. - 289с.
4. Парогенератор ПГВ-1000М с опорами. Определение с учетом фактических условий нагружения причин повреждения сварного соединения №111, 320-Пр-647, ФГУП ОКБ «ГИДРОПРЕСС». – 2006. – 363 с.
5. Отчет об испытании смывного устройства «карманов» коллекторов парогенераторов при проведении химической промывки ПГ-1 блока 5 Нововоронежской АЭС Калининский филиал (КАТЭ). – 2006. – 239 с.
6. Чулкін, О. А. Теплообмінне обладнання АЕС. Парогенератори АЕС : конспект лекцій для студентів спец. 143 “Атомна енергетика” / О. А. Чулкін, М. П. Галацан ; Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2019. - 103 с.
7. Скалозубов, В. И. Обзорный анализ условий и последствий гидродинамических ударов в оборудовании и трубопроводах систем, важных для безопасности ядерных энергетических установок / Скалозубов В. И., Чулкин О. А., Пирковский Д. С. // Ядерная энергетика та довілля. - 2018. - № 1 (11). - С. 46-51.
8. Skalozubov, V. I., Chulkin, O. A., Pirkovskiy, D. S., Kozlov, I. L., Komarov, Yu. A. (2019). Method for determination of water hammer conditions and consequences in pressurizers of nuclear reactors. Turkish Journal of Physics, Vol. 43, Iss. 3, p. 229-235.
9. Skalozubov, V. I. Method for determination of water hammer conditions and consequences in pressurizers of nuclear reactors / V. I. Skalozubov, O. A. Chulkin, D. S. Pirkovskiy, I. L. Kozlov, Yu. A. Komarov // Turkish Journal of Physics. – 2019. – Vol. 43, Iss. 3. – С. 229-235.
10. Метод моделирования условий возникновения критических по надежности гидроударов на насосы тепловых и ядерных энергоустановок / Скалозубов В. И., Чжоу Хуиной, Чулкин О. А., Пирковский Д. А. // Вопр. атом. науки и техники. - 2017. - № 4 (110). - С. 74-78.

Тези доповідей 54-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ-магістрантів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» // Одеса: ОНПУ, 2019, вип. 54

11. Оптимизация надежности при модернизации теплотехнического оборудования / Скалозубов В. И., Чжоу Хуиюй, Чулкин О. А., Пирковский Д. С. // Вопр. атом. науки и техники. - 2017. - № 4 (110). - С. 84-87.

12. Харабет, А. Н. Применение теории возможностей для определения надежности энергетического оборудования АЭС / Харабет А. Н., Зотеев О. Е., Чулкин О. А. // Ядерна енергетика та довілля. - 2013. - № 2. - С. 63-69.