

міста сміттєзвалища. Воно розміщене в південно-східній частині міста Надвірна. Біля території звалища протікає річка, яка потім тече через місто. У часи повені у воду цієї річки потрапляють продукти гниття зі сміттєзвалища, які є джерелом амонійного, нітратного та нітратного забруднення води. Цей водотоїк впадає в річку Ворона, яка несе свої води у Бистрицю Надвірнянську, куди, відповідно, потрапляють ці забруднювачі.

У відповідності до вище сказаного, необхідно зазначити, що в м. Надвірна, Івано-Франківської області спостерігається несприятлива екологічна ситуація. Погіршення стану вод можливе через недотримання санітарних норм для джерел нецентралізованого водопостачання та навантаження на ландшафтні комплекси з боку сміттєзвалища.

Список використаних джерел:

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. *Екологічний аудит територій // Підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів.* – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – С. 232.
2. Геренчук К.І. *Природа Івано-Франківської області.* Львів, 1973. - 160 с.
3. *Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Івано-Франківській області / Департамент екології та природних ресурсів - Івано-Франківськ, 20118.-214с.*
4. Тимуляк Л.М. *Особливості методики дослідження перед гірських урбанізованих ландшафтів / Укр. геогр. журнал -2010. - № 3. - С. 2 4 -2 9.*

ОСОБЛИВОСТІ ВОДНО-ХІМІЧНОГО РЕЖИМУ ДРУГОГО КОНТУРУ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ

Т. П. Коваленко, Г. Ф. Матіко

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

FEATURES OF WATER CHEMISTRY CONDITIONS OF THE SECONDARY CIRCUIT OF NUCLEAR POWER PLANTS OF UKRAINE

T. P. Kovalenko, H. F. Matiko

Lviv Polytechnic National University, Lviv

The main sources of pollution of the working fluid of the secondary circuit of nuclear power plants (NPP) of Ukraine are considered in the work. Measures for improving the water chemistry conditions of NPP are presented. The authors proved that ensuring optimal physical and chemical properties of heat carrier will help to reduce corrosion damages of equipment and deposits on its surfaces.

Водно-хімічний режим (ВХР) атомної станції – це найдоцільніший комплекс експлуатаційних і конструкторських заходів, які забезпечують оптимальні фізико-хімічні характеристики теплоносія і робочого тіла з метою підвищення надійності і безпеки роботи енергетичного обладнання [1]. Починаючи з введення в експлуатацію перших блоків АЕС до теперішнього часу залишається актуальною проблема створення і підтримання таких фізико-хімічних властивостей теплоносіїв, які б запобігали корозійним пошкодженням конструкційних матеріалів обладнання та утворенню відкладень на їх поверхнях.

Норми якості робочого середовища другого контуру АЕС з ВВЕР встановлюють гранично допустимий рівень забруднень, що впливають на безпеку, надійність і економічність роботи парогенератора (ПГ) і обладнання другого контуру при різних режимах експлуатації АЕС. ВХР другого контуру повинен забезпечувати:

- мінімальну кількість відкладень на теплообмінній поверхні ПГ, в проточній частині турбіни і в конденсатно-живильному тракті;
- запобігання корозійних і корозійно-ерозійних пошкоджень конструкційних

матеріалів ПГ, обладнання та трубопроводів другого контуру;

- мінімальний обсяг стічних вод з вмістом домішок, що не перевищує гранично-допустимої концентрації для водойм.

Основними можливими джерелами забруднення робочого середовища другого контуру є:

- додаткова вода після хімоводоочищення;
- присмокти повітря через нещільності у вакуумній частині конденсатного тракту;
- присмокти охолоджувальної води через нещільності в конденсаторах турбіни;
- витікання мережевої води в бойлерах тепломережі;
- конденсат дренажних баків;
- продукти корозії конструкційних матеріалів обладнання та трубопроводів другого контуру.

Досвід експлуатації блоків АЕС з ВВЕР показав, що ключовою проблемою ВХР другого контуру є підтримання умов надійної і безпечної експлуатації ПГ [2]. В останні роки це пов'язано з корозійним зношенням теплообмінних трубок ПГ, що призводить до порушень їх цілісності, пов'язаних з підшламовою корозією і корозійним розтріскуванням під напругою [3].

Корозійний стан теплообмінних трубок ПГ залежить від кількісного і якісного складу відкладень на них [3]. Найбільш радикальним сучасним методом запобігання корозійного зношення теплообмінних трубок ПГ є проведення періодичних хімічних промивань ПГ з боку другого контуру. Вперше такі промивання ефективно були проведені на 1-3 блоках АЕС «Козлодуй» в Болгарії. Надалі після низки технологічних удосконалень промивання ПГ здійснюється також і на українських АЕС з ВВЕР [4, 5]. Ефективним методом промивання ПГ є розроблений в останні роки метод промивання ПГ під час розхолодження реакторної установки [6].

Однак, хімічні промивання ПГ впливають на корозійний стан конструкційних матеріалів ПГ, а також призводять до утворення значних обсягів рідких радіоактивних відходів, які складно переробити та утилізувати. Тому прийняття рішення про проведення хімічного промивання ПГ має бути засноване на всебічному аналізі стану поверхонь теплообмінних трубок ПГ, їх питомого забруднення і складу відкладень.

Розроблені і реалізовані в останні роки заходи щодо вдосконалення ВХР другого контуру АЕС, такі як корекційна обробка робочого середовища другого контуру гідроксидом літію, морфаліном, етаноламіном, консервація плівкоутворюючими амінами з метою підвищення щільності конденсаторів турбін і вакуумної частини конденсатного тракту, впровадження автоматичного хімічного контролю, можуть істотно вплинути на процес утворення відкладень на теплообмінних поверхнях ПГ [1].

Складність підтримання ВХР другого контуру АЕС пов'язана також із застосуванням для обладнання і трубопроводів другого контуру таких конструкційних матеріалів, як аустенітні хромнікелеві сталі (08X18N10T), вуглецеві сталі (10ГН2МФА) та мідні сплави (МНЖ 5-1, Л 68). Це обумовлено тим, що утворені відкладення на 70-90% складаються з оксидів заліза і міді, а також включають незначну кількість сполук Zn, Ni, Mn, Co, Cr, що входять до складу конструкційних матеріалів обладнання конденсатно-живильного тракту, і домішок, що надходять з присмоктами охолоджувальної води в конденсаторах турбін: Ca, Mg, Si тощо. Наявність сполук міді у відкладеннях підсилює дію корозійно-активних іонних домішок під відкладеннями і сприяє утворенню тріщин аж до наскрізного пошкодження металу труб.

Тому при модернізації експлуатаційних блоків АЕС з ВВЕР слід аналізувати можливість та економічну доцільність заміни мідних сплавів у підігрівниках низького тиску і в конденсаторах турбін, а при проектуванні блоків нового покоління – відмовитися від використання мідних сплавів в обладнанні другого контуру.

Таким чином, водно-хімічний режим другого контуру атомної станції є одним з інструментів управління терміном служби обладнання АЕС. Оптимальне проведення ВХР сприятиме зменшенню корозійних пошкоджень матеріалів обладнання та відкладень на його поверхнях, а отже, продовжить термін його

експлуатації. Однак, проблема підвищення надійності обладнання АЕС не може бути вирішена лише засобами ВХР, а повинна розглядатись комплексно із застосуванням інших доцільних заходів під час проектування і модернізації енергоблоків АЕС.

1. Коваленко Т. П., Лукашук Д. І. [Організація водно-хімічного режиму АЕС з метою безпечної та надійної роботи парогенератора ПГВ-1000](#)// Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 14–15 листопада 2019 р.). – 2019. – С. 137–138.
2. Тимошук О. І., Коваленко Т. П. [Підвищення експлуатаційної надійності парогенератора ПГВ-1000](#) // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики : у 2 т. : матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, Київ, 23–26 квітня 2019 року. – 2019. – С. 40.
3. Kovalenko T., Lys S., Vostres V. [Analysis of eddy-current testing and metallographic examinations for corrosion damages of heat exchanging tubes in NPP steam generators](#) // Енергетика та системи керування. – 2020. – Vol. 6, № 1. – С. 7–15.
4. Kuznetsov P., Tichomirov A. Water-chemistry operating condition of the second circuit power units №1-4 Rivne NPP with ethanolamine's corrective treatment // Problems of Atomic Science and Technology. – 2017. – № 2. – С. 109-113.
5. Архипов О.П., Брыков С.И., Гусев Б.А. и др. Совершенствование технологии химических промывок парогенераторов АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. – 2001. – № 8. – С. 13-19.
6. Архипов О. П., Брыков С. И., Банюк Г. Ф., Замфираки Н. В. Опыт проведения химических промывок парогенератора ПГВ-1000 при расхолаживании реакторной установки // Теплоэнергетика. – 2000. – №2. – С. 53–56.