

ОЧИЩЕННЯ ГАЗО-АЕРОЗОЛЬНИХ ВИКИДІВ АЕС (Частина 3) *

Левченко О. Г., д.т.н., проф., зав. каф. ОПЩБ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. Виконано аналіз методів та систем очищення повітря від радіоактивних газо-аерозольних викидів атомних електричних станцій. Наведено опис і характеристики електрофільтрів та ядерних фільтрів для очищення повітря від викидів атомних електростанцій, а також дані щодо зниження активності інертних радіоактивних газів.

Ключові слова: радіоактивні аерозолі, газоподібні радіоактивні викиди, електрофільтри, ядерні фільтри, інертні радіоактивні гази.

Abstract. The analysis of methods and systems of air purification from radioactive gas-aerosol emissions of nuclear power plants was performed. The description and characteristics of electrofilters and nuclear filters for air purification from emissions of nuclear power plants are given. as well as data on reducing the activity of inert radioactive gases.

Keywords: radioactive aerosols, gaseous radioactive emissions, electrostatic precipitators, nuclear filters, inert radioactive gases.

Електрофільтри на відміну від інших видів фільтрувальних матеріалів, які працюють лише певний час і потім утилізуються, очищаються від осадженого на них пилу і знову використовуються. Вони являють собою набір перфорованих осаджувальних пластин-електродів, встановлених перпендикулярно до головного газового потоку. Між складовими частинами таких електродів, які називаються осаджувальними секціями, розташовані двосторонні голчасті іонізатори. Осаджувальні електроди одного знаку (негативні) повністю ізольовані діелектриком. Напруга на електродах становить 20-30 кВ, струм іонізації – 1,5-1,6 мА. Максимальна температура газів, що очищаються, складає 60 ° [1].

Електрофільтри використовуються при початковій концентрації частинок трохи більше 5 мг/м². Ступінь очищення від високодисперсних аерозольних частинок – 97-99%. Фільтри працюють практично за будь-якої вологості. Тонкодисперсний пил досить міцно утримується на ізольованих електродах [2].

Електрофільтри виготовляються у вигляді окремих частин, з яких легко комплектується фільтр будь-якої бажаної продуктивності. Регенерація фільтра здійснюється водою, тому він є фільтром тривалого користування. Електрофільтри зручні для очищення вентилязованого припливного повітря від пилу та очищення вентиляційних викидів з невеликим вмістом пилу [3].

Ядерні фільтри. Якщо направити струмінь важких іонів, отриманих на прискорювачах, на тонку плівку речовини (слюду, скло, лавсан, фторопласт), то важкі іони утворюють канал сильного радіаційного пошкодження в матеріалі плівки. У напрямку руху іонів складні молекули розриваються і розщеплюються на більш прості. Під дією окиснювачів (наприклад, перекису водню) простіші молекули активно захоплюють атоми кисню з утворенням кислот. Після

травлення ці кислоти перетворюються в розчинні солі. Якщо ретельно промити плівку, то у місцях впливу іонів утворюються наскрізні отвори, діаметр яких залежить від типу та енергії іонів, від матеріалу плівки та умов травлення. У такий спосіб можна приготувати плівки з отвором до 10 мкм. Кількість отворів на одиницю площі плівки та їх діаметр можна варіювати в широких межах [1].

Такі плівки можна використовувати для виготовлення фільтрів тонкого очищення. Частинки з діаметром більшим ніж діаметр отвору в таких плівках затримуються і збираються на поверхні фільтра. Цей фільтр можна легко очистити, якщо продути повітрям у зворотному напрямку. Матеріал плівки необхідно вибрати стійким до дії температури, кислот та лугів.

Очищення від інертних радіоактивних газів. Одним із методів очищення повітря від інертних газів є їх стиснення у спеціальних ємностях (газгольдерах) та зберігання до розпаду короткоживучих нуклідів з подальшим викидом газу через витяжну трубу [4].

Очищення повітря від інертних радіоактивних газів (ІРГ) – дуже складне завдання. Зважаючи на хімічну інертність, їх можна витягти з газоподібних потоків за допомогою фізичної адсорбції на відповідному сорбенті [5]. Таким сорбентом можуть бути активоване вугілля, силікагель, скловата та інші речовини. Інертні гази при проходженні через адсорбент затримуються на значний час порівняно з газом-носієм, і тому в газовій фазі, що рухається, залишається менша частина початкової кількості інертного газу. У результаті розпаду короткоживучих радіонуклідів сумарна питома активність газового середовища суттєво знижується. За допомогою активованого вугілля з великою ефективністю можна вловлювати радіоактивні гази, наприклад фтористий уран, радіоактивний йод. Конструкції фільтрів із вугільним адсорбентом дуже різноманітні. Часто їх використовують у поєднанні з іншими пристроями, що фільтрують (скруберами з водними розчинами лугів, аерозольними фільтрами). При уловлюванні парів елементарного йоду використовують тканини Петрянова [6], просочені спиртовим розчином гідроксиду калію. На радіохімічних заводах з переробки опроміненого палива та установках для очищення від високоактивних відходів створюють два типи окремих вентиляційних систем. Загальнообмінну, що обслуговує головну виробничу будівлю, приміщення для приготування нерадіоактивних реагентів, відділення прийому та зберігання палива, та системи місцевої вентиляції для очищення відхідних газів з основних технологічних вузлів, апаратів, включаючи баки сховища рідких високоактивних відходів [3].

Фільтрувальна установка загальнообмінної системи вентиляції складається з двох незалежних систем фільтрів та витяжних вентиляторів. Забруднене повітря проходить, зазвичай, через чотири послідовно включені фільтри: фільтр попереднього очищення, фільтр грубого очищення і два фільтри тонкого очищення, що забезпечує ефективне вловлювання аерозолів і твердих частинок діаметром до 0,3 мкм [5].

Вентиляційні системи другого типу забезпечують утримання всіх радіонуклідів, аерозолів та твердих частинок. Ця система очищення газів включає [1]:

- скруббер ядерно-безпечної конструкції для уловлювання пилу;
- пастку для аерозолів (каплевідбійник);
- конденсатор;
- колону для окислення оксидів азоту, в яку вводять кисень, колону для поглинання оксидів азоту;
- скрубери для уловлювання йоду за допомогою різних розчинів;
- твердий поглинач йоду (срібний цеоліт);
- апарат для видалення залишків оксидів азоту каталітичним відновленням до аміаку;
- апарат для відновлення кисню воднем;
- сушарку для уловлювання води за допомогою молекулярних сит;
- систему низькотемпературної дистиляції криптону;
- два високоефективні фільтри.

Сильно насичені парами газоподібні відходи з апарату-розчинника проходять через конденсатор, причому в апарат-розчинник із потоком газу-носія (повітря або азот) надходять також газоподібні відходи від операції різання палива. Конденсат частково розчиняє йод і тому перед рециклом пропускається через йод-десорбційну колону.

Газоподібні відходи в колонці рекомбінації оксидів азоту промивають водою, кислота, що утворюється перед поверненням в апарат-розчинник надходить у колонку, а газова фаза фільтрується через фільтри грубої, тонкої та контрольної очистки для відділення від аерозолів. Ця колонка повинна мати значний об'єм, щоб забезпечити можливість завершення реакцій рекомбінації оксидів азоту, які за низької концентрації оксидів протікають повільно. У колонці десорбція йоду протікає внаслідок пропускання через кислоту газових відходів, очищених від йоду на фільтрі. Операції рекомбінації та десорбції проводять у колонах з насадками. Після очищення від аерозолів газові відходи очищають від елементарного йоду та алкілоїдидів на пористих силікагелевих фільтрах, просочених нітратом срібла. Звільнений від йоду газ проходить стадію доочищення від залишків оксидів азоту, кисню, водню та вуглецю C^{14} , а потім за допомогою низькотемпературної дистиляції з нього виділяють криптон Kr^{85} та ксенон Xe [1, 4].

Для зниження активності ІРГ у викидах АЕС застосовують або камери витримки, або радіохроматографічні системи. Принцип зниження активності ІРГ у газовому потоці, що направляється на викид у витяжну трубу, як за допомогою камери витримки, так і за допомогою радіохроматографічної системи однаковий – витримка газу протягом часу, за який частина радіонуклідів ІРГ розпадається і активність їх в газовому потоці зменшується. Природно, що чим більше часу, тим менше буде активність ІРГ на виході камери витримки чи радіохроматографічної системи проти їх активності на вході.

Камера витримки – найпростіший і досить ефективний очисний пристрій. Вона являє собою герметичну посудину об'ємом 2000–3000 м³, всередині якої для газового потоку є лабіринт. Через великий об'єм і наявність лабіринту газ, що очищається, на виході камери витримки з'являється із затримкою за часом порівняно з часом надходження його на вхід камери витримки [7].

Час затримки не залежить від фізико-хімічних властивостей газу, що очищається, і однаково як для радіонуклідів Кг, так і для радіонуклідів Хе. Тому радіонуклідний склад газу на виході з камери витримки відрізняється від складу на вході. На виході камер витримки газ збагачений радіоактивними ізотопами з великими періодами напіврозпаду. Оскільки камера витримки встановлюється в системі очищення ежекторних газів, проектна витрата яких зазвичай 100 м³/год, будь-яке відхилення витрати від проектного, наприклад за рахунок підсмоктування повітря через нещільності в конденсатор турбіни, погіршує ефективність камери витримки як очисного пристрою.

Камера витримки – єдиний очисний пристрій у системі викиду ежекторних газів на АЕС з РБМК-1000 перших проектів. При управлінні радіаційним станом активної зони реактора камера витримки на цих АЕС справляється зі своїм завданням і знижує потужність викиду ІРГ до значень відповідно до вимог Санітарних правил СПАС-88.

Література

1. Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг. – Чернобыль, 2008. – 456 с.
2. Електрофільтри. <https://7-vz.com/ua/category/elektrofiltry/>.
3. Фільтри для атомної енергетики. <https://selton.com.ua/produkcziya/filtry-dlya-atomnoj-energetiki/>.
4. Поводження з радіоактивними відходами / А.В. Носовский, З.М. Алексеева, Г.П. Борозенець та ін.; за ред.А.В. Носовського. – К.: Техніка, 2007. – С.84-135.
5. Фільтри очищення газів ФСВ-П, ФСВ-О, ФСВ-Т. <https://kms-market.com.ua/ua/p107377496-filtry-ochistki-gazov.html>.
6. Волокнистые фильтрующие материалы ФП / И.В. Петрянов, В.И. Козлов, П.И. Басманов, Б.И. Огородников. – М.: Об-во «Знание», 1968. – 80 с.
7. Аэрозоли объекта «Укрытие» (обзор). Часть 2.2. Концентрации радиоактивных аэрозолей на промплощадке объекта «Укрытие». – Чернобыль, 2004. – 44 с. – (Препр. / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины; 04-1).

* Стаття продовжує серію публікацій про проблеми радіаційної безпеки, розпочату в попередніх збірниках конференцій