

ОЧИЩЕННЯ ГАЗО-АЕРОЗОЛЬНИХ ВИКИДІВ АЕС (Частина 1)

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

Анотація. Виконано аналіз методів та систем очищення повітря від радіоактивних газо-аерозольних викидів атомних електричних станцій. Наведено опис і характеристики основних видів фільтрів і матеріалів для очищення повітря від викидів атомних електростанцій.

Ключові слова: АЕС, газоподібні радіоактивні викиди, аерозолі, гази, системи очищення, фільтруючі матеріали.

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 the main types of filters and materials for air purification from emissions of nuclear power plants are given.

Keywords: Nuclear power plants, gaseous radioactive emissions, aerosols, gases, cleaning systems, filter materials.

Вступ. У процесі роботи АЕС утворюються аерозолі та гази, причому в більшості випадків з такими концентраціями, що викид їх в атмосферу неприпустимий. У зв'язку з різноманітністю технологічних процесів у практиці використовуються різні методи уловлювання аерозолів. Для уловлення дисперсних частинок аерозолів їх необхідно відокремити від газу (найчастіше повітря) і запобігти можливості їх повторного потрапляння в це середовище. АЕС, радіохімічні заводи та інші ядерні установки мають розгалужену та складну мережу припливно-витяжної вентиляції, що складається із систем загальнообмінної вентиляції, і системи очищення газів, що відходять, з основних технологічних вузлів та апаратів [1].

Методики, матеріали і результати досліджень. У деяких вентиляційних системах здійснюється очищення вентиляційного повітря від аерозольних частинок. У припливних вентиляційних системах встановлюють пилоємні повітряні фільтри, ефективність очищення яких становить 60-80% щодо атмосферних аерозолів. Призначення цих фільтрів полягає не тільки в гігієнічному очищенні повітря, а й у забезпеченні роботи (збільшення терміну служби) фільтрів у витяжних вентиляційних системах.

Для очищення повітря перед викидом його в атмосферу використовують високоефективні дрібноволокнисті фільтри. У деяких системах вентиляції внаслідок порушення технологічних процесів чи аварій можливе значне підвищення температури повітря, вологості, утворення пари та крапельної вологи.

Останнім часом при проектуванні систем вентиляції намітилася тенденція до зменшення кількості повітря, що викидається витяжними системами з радіаційно-небезпечних приміщень, і все більша перевага надається рециркуляційним системам, призначення яких полягає в охолодженні та очищенні частини повітря. У рециркуляційних вентиляційних системах нема потреби вимагати суттєвого очищення повітря від аерозольних частинок. Ефективність очищення тут визначається переважно кратністю повітрообміну та рівнем активності аерозолів у

приміщеннях, що вентилюються [2].

Завдання очищення газо-аерозольного викиду АЕС – знизити активність аерозолів, радіонуклідів йоду та інертних радіаційних газів (ІРГ), що надходять на викид до допустимих значень. У зв'язку з тим, що ці три складових викиду мають різний агрегатний стан, різні фізичні та хімічні властивості, для зниження їх активності доводиться вдаватися до різних прийомів і методів їх видалення з газового потоку.

Аерозолі – це тверді частинки, тому для їх уловлювання придатні аерозольні фільтри, які використовуються і в інших галузях промисловості [3]. Для уловлювання радіоактивних ізотопів йоду використовуються властивості деяких речовин, наприклад активованого вугілля, ефективно сорбувати йод або використовувати хімічну активність йоду та виводити його з газового потоку шляхом хімічних реакцій із міцно закріпленими у фільтрах речовинами. ІРГ – інертні радіоактивні гази, тому одна з можливостей знизити їхню активність – витримати деякий час, перш ніж викинути в атмосферу.

Радіоактивні аерозолі та ізотопи радіоактивного йоду видаляються з приміщень вентиляційними системами, що працюють або за принципом рециркуляції або на викид. Тому, щоб не перевищити встановлені вимогами СПАЕС-79 допустимі викиди (ДВ) або гранично допустимі викиди (ГДВ), розраховані згідно з вимогами СПАС-88 для радіоактивних аерозолів та ізотопів йоду, повітря, що викидається, очищають за допомогою аерозольних та йодних фільтрів [2].

Усі парогазові та аерозольні викиди АЕС проходять систему очищення (зокрема, витримуються певний час у камерах витримки (КВ) для розпаду короткоживучих радіонуклідів) або очищення на спеціальних установках придушення активності (УПАК). Для очищення вентиляційного повітря від аерозолів у складі вентиляційних систем на АЕС передбачаються фільтрувальні станції. Це блоки з різними адсорбуючими фільтрами (вугільними – АУ1500, аерозольними – Д 23 кл та ін.).

Головною характеристикою уловлювальних пристроїв є їх ефективність. Під ефективністю уловлювання аерозолів розуміють відношення кількості дисперсної фази (маси, активності), затриманої в уловлювальному пристрої, до кількості дисперсної фази на його вході за певний проміжок часу. Так, наприклад, ефективність аерозольних фільтрів типу Д 23 кл становить до 95%. Велике значення для правильного вибору фільтруючих пристроїв має і швидкість процесу фільтрації, що визначається перепадом тиску (до і після), створюваного газовідсмоктуючими або газоподаючими установками [1].

Важливими характеристиками пристроїв, що фільтрують, є габарити, легкість очищення, тривалість роботи, вартість. Залежно від дисперсності частинок аерозолу та його фізико-хімічного стану використовують ті чи інші способи очищення. У промисловості найбільшого поширення набули способи очищення вентиляційних викидів за допомогою циклонів, скрубєрів, фільтрів, адсорбентів, газгольдерів [3].

Для уловлювання пилу широко використовують інерційні пилевідокремлювачі [4], в яких зовнішньою силою є аеродинамічний вплив

газового потоку за умови, що впливом інших сил можна знехтувати. Запилений газ (повітря) уводиться у верхню частину циклону в тангенціальному напрямку. Частки пилу, що летять з великою швидкістю, начебто притискаються під дією відцентрових сил до внутрішніх стінок сепаратора і опускаються з кільцевого простору, що утворюється корпусом циліндра і вихлопною трубою, в конусну частину, зсипаючись через випускний отвір у збірники. Газ, продовжуючи обертатися, видаляється через вихлопну трубу на викид чи подальше очищення.

Таким чином, можна забезпечити практично повне пиловловлення частинок розміром більше 30 мкм. Уловлювання дрібнодисперсніших частинок здійснюється важко і малоефективно. У високопродуктивних циклонах частинки розміром 5 мкм можуть бути уловлені на 80%, а 2 мкм – менш ніж на 40% [5]. Тому циклонні сепаратори в таких випадках застосовуються спільно з пиловловлюючими пристроями, що дозволяють доуловлювати дрібнодисперсну фазу аерозолів, наприклад скруберами [6].

Для очищення викидів застосовуються скрубери найрізноманітнішої конструкції. Уловлювання зважених частинок у скрубери може відбуватися, наприклад, за допомогою крапельок рідини, що зрошують газ, і за допомогою піни через яку проходить газо-аерозольна суміш.

Широке застосування для очищення повітря від радіоактивних аерозолів знаходить скрубер Вентурі разом з циклонним бризко уловлювачем [1]. У горловині (вузької частини) скрубера Вентурі тиск нижчий, ніж у широкій. Зрошуюча рідина (наприклад, чиста вода) впорскується в горловину труби Вентурі під низьким тиском і рівномірно розподіляється у вигляді рідкої завіси по поперечному перерізу горловини. Забруднений радіоактивними частинками газ розбиває рідину на краплі, які, стикаючись з частинками пилу, спрямовуються в частину труби, що розширюється. У ній частинки збільшуються в розмірі і потрапляють у циклонний бризко уловлювач, в якому крапельки радіоактивної рідини стікають по стінках вниз. Забруднена рідина надходить у спеціальну ємність, звідки знову подається на зрошення. Періодично вода в ємності замінюється, а забруднена прямує на очищення.

Мокрі способи очищення підходять для високотемпературних (гарячих) газів, що виходять з печі спалювання радіоактивних відходів виробництва або технологічних апаратів, а також при очищенні повітря, забруднених крапельками радіоактивної рідини. Таким способом уловлювання можна досягти ефективності до 97% при розмірі частинок більше 0,5 мкм.

Для очищення вентиляційних викидів застосовуються фільтри, різні за конструкцією і принципом дії. У нашій країні і за кордоном застосовуються аерозольні фільтри різних типів і модифікацій. Касетно-клинові, циліндричні та інші фільтри на основі скловолокна з поверхнею фільтруючого шару від 1,5 до 5,6 м [1, 2].

В умовах високої температури й вологості в якості фільтруючого матеріалу пропонується використовувати змішане волокно з поліпропілену і полікарбонату, яке має більш високу механічну міцність, ніж скловолокно, і більш високу хімічну стійкість в агресивних середовищах.

Фільтри характеризуються такими показниками, як ефективність

уловлювання, пористість фільтра, пилеємкість, аеродинамічний опір тощо. Під пористістю фільтра розуміють відношення повітряного простору пор у фільтруючому матеріалі до загального об'єму цього матеріалу.

За способом застосування фільтри поділяються на фільтри грубого та тонкого очищення. Бувають самоочищувальні (генеровані) фільтри і фільтри разового використання. Найбільше застосування знайшли наступні фільтри:

- металотканинні МТФ;
- металокерамічні МКФ;
- набивні;
- тканинні;
- фільтри Петрянова;
- електрофільтри;
- ядерні фільтри.

Для утилізації сухого пилу використовують фільтри на основі металопластику і металокераміки.

Металотканинні фільтри [7] виготовляються з матеріалу, тканого разом з дротом такої щільності, щоб повітряні проміжки не пропускали частинки аерозолі більшого від заданого розміру. Такі фільтри мають високу ефективність очищення, витримуючи низьку і високу температуру, високу механічну міцність і корозійну стійкість. На відміну від металокерамічних фільтрів вони мають менший аеродинамічний опір.

У якості фільтруючого матеріалу зазвичай використовують сітки з термічно обробленого дроту із нержавіючої сталі діаметром 0,09–0,055 і 0,064–0,032 мм. Введення у сталь хрому, нікелю й молібдену підвищує стійкість фільтруючого матеріалу з нержавіючої сталі до йоду в поєднанні з парою і оксидами азоту.

Застосування металотканинних фільтрів для очищення газових викидів від сухого радіоактивного пилу дозволило досягти ефективності очищення 95–99% для частинок діаметром менше 1 мкм і 99,5–99,9% для частинок діаметром 2,5–3 мкм. При високій концентрації пилу в газоповітряному потоці на першому етапі очищення використовують металотканинні фільтри і скрубери.

Металокерамічні фільтри [8] складаються з керамічних трубок із високорозвиненою поверхнею. Набивні фільтри складаються з різних волокнистих і зернистих матеріалів: скловолна, поліетиленового волокна (нейлон), полівінілхлоридного волокна, шлакової «вовни» (виготовляється з доменного шлаку), лавсану, картону, паперу.

До **набивних** фільтрів можна віднести і тканинні, якщо набивка фільтрів виробляється фетром, сукном та іншими тканинними матеріалами.

Тканинні фільтри. В якості фільтруючого матеріалу в тканинних фільтрах разом із перерахованими матеріалами застосовуються і звичайна бавовнянопаперова тканина, войлок та механічні переплетені волокна різних тканинних матеріалів. Фільтри виготовляють у вигляді рукавів (рукавні) і касет (касетні). Зазвичай, волокнисті фільтри – фільтри об'ємної дії, які очищають і накопичують аерозолі [9].

Осадження частинок у початковий період роботи фільтра відбувається за

рахунок інерції, дифузії та електричної взаємодії з найближчими до частинок волокнами. Кожна частинка, багатократно зустрічаючись на своєму шляху з волокнами, осаджується на них. У результаті накопичення частинок на фільтрі ефективність фільтра зростає за рахунок того, що на ньому починається процес самостійної фільтрації частинок. Волокнисті фільтри із спеціальних матеріалів (наприклад, скловолокна) дають можливість уловити не тільки тверді, але й рідкі аерозолі. У процесі накопичення твердої та рідкої фази фільтр самоочищається, оскільки забруднений осадок стікає з фільтра. Фільтри із синтетичного волокна мають високу хімічну стійкість. Керамічні фільтри характеризуються не тільки хімічною, але й температурною стійкістю. Перераховані вище фільтри у залежності від розміру можуть очищати газ від аерозолів розміром близько 1–10 мкм.

Література

1. Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг. – Чернобыль, 2008. – 456 с.
2. 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).
3. Петрянов-Соколов И.В., Сугутин А.Г. Аэрозоли. – М.: Наука, 1989. – 144 с.
4. Пирунов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
5. Огородников Б.И. Дисперсность радиоактивных аэрозолей на рабочих местах // Атомная энергетика за рубежом. – 2000, № 11. – С. 12-20.
6. <https://mail.ukr.net/desktop#msglist/f0/p0>.
7. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%96+%D1%84%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B8+%D1%86%D0%B5&nfpr=1&sa=X&ved=2ahUKEwi8h4Wa3-77AhWigf0HHYtrCKQQvgUoAXoECCMQAg&biw=1280&bih=647>.
8. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96+%D1%84%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B8+>.
9. <https://studfile.net/preview/9364418/page:69/>.

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