

Винахід належить до переробки рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, а більш конкретно - до зневоднювання рідких радіоактивних відходів у термічних апаратах.

Недолік вільних обсягів в ємкостях збереження рідких радіоактивних відходів на атомних електростанціях (АЕС) є актуальною проблемою, тому що ємкості заповнені на 80-90%. А стаціонарні комплекси по кондиціонуванню рідких радіоактивних відходів на АЕС за останні 20-30 років так і не були побудовані, оскільки знаходяться в стадії дослідження і розробок. Одним зі шляхів рішення задачі скорочення обсягів рідких радіоактивних відходів на АЕС є створення простих установок для переробки відходів шляхом концентрування і сушіння, скорочення їхніх обсягів у 5-10 разів і приведення у форму, що допускає довгострокове збереження в сховищах твердих радіоактивних відходів або транспортування на спеціалізоване підприємство для подальшої переробки.

Відома установка для переробки рідких радіоактивних відходів АЕС, що містить послідовно встановлені і зв'язані між собою транспортуючими засобами сховище рідких радіоактивних відходів, видаткову ємкість, випарний апарат, апарат термічного сушіння кубового залишку, накопичувальний бункер і завантажувальний механізм сухого продукту в контейнери [1]. На першому етапі в зазначеній установці виробляється зневоднювання відходів у випарному апараті до концентрації солей 500 г/л у кубовому залишку. А на останньому етапі кубовий залишок висушують в апаратах термічного сушіння до сипкості продукту.

Відомі установки, в апаратах термічного сушіння яких, підведення тепла до продукту, що висушується, здійснюється контактом через теплопередавальну поверхню: роторні плівкові випарники (мал. 3.7 [1]) і вальцові барабанні сушарки (мал.4.4 [1]). До першого відноситься, зокрема, роторний плівковий випарник із плівкою, що примусово переміщується, горизонтального або вертикального типу. Основний вузол апарата - ротор, встановлений усередині металевого циліндра, що має зовні парову сорочку. Ротор поставлений твердими шкребками. Розчин відходів, що надходить у верхню частину апарата, через розподільний диск, попадає в простір між поверхнею ротора і циліндричною стінкою з паровою сорочкою зовні, що забезпечує інтенсивний теплообмін. А здатність ротора очищати шкребками поверхню теплообміну дозволяє одержувати продукт із залишковою вологістю від 20% і нижче. Недоліком є низька продуктивність і велика залишкова вологість сухого продукту, а також наявність обертових механізмів з малими зазорами, що створює знижену надійність експлуатації.

Відома також установка для переробки рідких радіоактивних відходів з апаратом термічного сушіння у вигляді барабанної вальцовальної сушарки (мал.4.4, стор.115 [1]) на останньому етапі апаратурно-технологічної схеми установки. У цьому апараті термічного сушіння обертової барабан є робочою поверхнею для плівкового розливу рідких відходів і теплопередавального потоку від пари, що гріє і подається у середину барабана, до плівки, що висушується. Апарат сушіння складається з двох барабанів із зустрічним обертанням, без зазору між ними, у зону якого подається суміш рідких відходів. Суміш тонкою плівкою покриває поверхню барабанів, що обертаються зі швидкістю 2 об/хв. За двох третин обороту продукт висихає, за допомогою шкребків знімається з барабана в накопичувальний бункер і всі ці вузли укладені у величезний циліндричний корпус, що обігрівается [2]. Продуктивність апарата барабанної сушарки, у значній мірі, визначається поверхнею нагрівання. Кінцевий продукт має залишкову вологість 20-15%. Надійність роботи апарата барабанної сушарки вище, ніж роторної, тому що в ньому відсутні малі зазори між рухливими і нерухомими вузлами. Ця установка для переробки рідких радіоактивних відходів, з апаратом барабанного вальцового сушіння на останньому етапі, є прототипом.

Недоліком відомої установки для переробки рідких радіоактивних відходів, з апаратом термічного сушіння кубового залишку у вигляді барабанної вальцової сушарки, на останньому етапі апаратурно-технологічної схеми, є низька якість кінцевого продукту переробки рідких радіоактивних відходів, обумовлена його високою вологістю від 20% до 15%. Конструкція апарата термічного сушіння не дозволяє одержати нульову вологість, тому що час сушіння регламентується одним оборотом барабанів. Наявність такої високої залишкової вологості продукту створює можливість протіканню електрохімічного характеру процесу корозії стінок контейнера поховання, його розгерметизації й обумовлює низький рівень безпеки при поводженні з радіоактивними відходами. Як показав промисловий досвід: збереження глибоко упарених відходів у контейнері привело до наскрізної корозії стінок через 2 роки, а збереження солей відходів із залишковою вологістю 20-15% привело до наскрізної корозії його стінок через 8-10 років. Це говорить про неприпустимо низьку безпеку поводження з радіоактивними відходами з низькою якістю кінцевого продукту переробки. А для виконання вимог нормативного документа як "Збір, переробка, збереження і кондиціонування рідких радіоактивних відходів. Вимога до безпеки", на площадці АЕС необхідно забезпечити схоронність контейнерів на весь період збереження. Тому необхідно як підвищення якості кінцевого продукту переробки, так і посилення бар'єрних властивостей пакувальних контейнерів, і збільшення гарантійного терміну їхньої фізичної схоронності. Недоліком є і мала потужність теплового потоку в таких апаратах термічного сушіння - всього 2 Вт/см², а також жорстко закріплені шкребки видалення продукту. Іншим недоліком є і те, що процес подачі, сушіння і видалення продукту здійснюється в замкнутому закритому обсязі і не піддається промислово-технологічному телевізійному спостереженню, а це, у свою чергу, знижує надійність контролю роботи установок.

Метою винаходу є підвищення якості кінцевого продукту при переробці рідких радіоактивних відходів і рівня безпеки при поводженні з радіоактивними відходами.

Зазначена мета досягається тим, що у відомій установці для переробки рідких радіоактивних відходів, що містить послідовно встановлені і зв'язані між собою транспортуючими засобами сховище рідких радіоактивних відходів, видаткову ємність, випарний апарат, апарат термічного сушіння кубового залишку зі шкребком для видалення продукту, накопичувальний бункер і завантажувальний механізм сухого продукту в контейнер, апарат термічного сушіння кубового залишку виконаний у вигляді обертового круглого столу і закріпленої на ньому по периметру кільцевою профільною керамічною доріжкою, яку сектором охоплює надвисокочастотна піч. Кільцева керамічна доріжка виконана з заглибленим профілем, що виключає неорганізований розлив при подачі на неї розчину кубового залишку. Шкребок видалення кінцевого продукту з доріжки виконаний піднімальним, періодичної дії.

На приведеному кресленні показана апаратурно-технологічна схема установки для переробки рідких радіоактивних відходів.

Установка для переробки рідких радіоактивних відходів містить сховище рідких радіоактивних відходів, виконане у вигляді великої циліндричної ємкості 1 з нержавіючої сталі. При цьому видалення з ємкості 1 рідких відходів і їхнє транспортування здійснюється гідроелеватором 2 у видаткову ємкість 3, з якої насосом 4 рідкі відходи подаються у

випарний апарат 5. З випарного апарата 5 упаренні відходи у вигляді кубового залишку подаються по трубопроводу 6 через дозатор 7 в апарат термічного сушіння 8. Апарат термічного сушіння 8 містить обертовий круглий стіл 9 і закріплену на ньому по периметру кільцеву профільну керамічну доріжку 10, на яку подається через дозатор 7 розчин кубового залишку тонкою плівкою. Обертання столу 9 здійснюється від планетарного багатоступінчастого мотор-редуктора 11. Над кільцевою керамічною доріжкою 10 обертового столу 9, встановлена у формі сектора, що охоплює доріжку, у три четверти кола надвисокочастотна піч 12. Таким чином, ділянка кільцевої доріжки 10 з розлитою на ній плівкою, що входить у сектор, охоплюваний надвисокочастотною піччю 12, утворює сушильну камеру. На виході із сушильної камери надвисокочастотної печі 12 сухий продукт із керамічної доріжки 10 віддаляється ковзним по поверхні доріжки шкребок 13. Шкребок 13 виконаний поворотно-піднімальним і опускається в робоче положення на доріжку для видалення продукту тільки після осушки останнього до нульової вологості. Вилучений шкребок 13 сухий продукт зсипається в накопичувальний бункер 14, у підставі якого розміщений завантажувальний механізм 15 для заповнення продуктом транспортно-пакувальних контейнерів 16. Транспортно-пакувальні контейнери стоять на транспортному конвеєрі 17 і після заповнення, повний контейнер від'їжджає, а порожній під'їжджає під завантажувальний механізм. Для видалення пари і газів із сушильної камери надвисокочастотної печі установлений відсмоктувальний вентилятор 18, що по газопроводу 19 подає пари і гази у фільтр очищення 20, а після нього - в охолоджувач 27, виконаний у вигляді кожухотрубного теплообмінника, де уловлюються пари води, після чого гази направляються в спецсистему газоудалення АЕС. На вході і виході кільцевої доріжки із сушильної камери надвисокочастотної печі виконані ущільнювальні завіси, що зменшують підсмоктування зовнішнього повітря. Для технологічного контролю і керування установкою над апаратом термічного сушіння змонтована камера спостереження промислового телебачення 22, що охоплює оглядом усі вузли роботи апарата термічного сушіння: дозатор розливу, плівку на виході і продукт на виході із надвисокочастотної печі, роботу шкребка, завантаження транспортно-пакувального контейнера, його від'їзд, подачу порожнього контейнера під завантаження.

Установка для переробки рідких радіоактивних відходів працює в такий спосіб. Усі рідкі радіоактивні відходи на АЕС збирають у ємкості сховища рідких радіоактивних відходів 1 і, частково, у видаткову ємкість 3. Витяг рідких радіоактивних відходів з ємкості сховища рідких відходів 1 виробляється гідроелеватором 2. Насосом 4 рідкі відходи з видаркової ємкості 3 подаються одночасно на підживлення у випарний апарат 5 і на гідроелеватор 2 - для витягу зі сховища 1 і подачі їх у видаткову ємкість 3. Подані у випарний апарат 5 рідкі відходи за рахунок тепла пари, що гріє, упаровуються до концентрації по солях 500 г/л і є кубовим залишком - кінцевим технологічним продуктом випарного апарата 5. Кубовий залишок з випарного апарата 5 під тиском подається по трубопроводу 6 через дозатор 7 тонкою плівкою на кільцеву профільну керамічну доріжку 10 обертового круглого столу 9, що приводиться в обертання планетарно-зубчастим мотор-редуктором 11, що дозволяє регулювати швидкість обертання столу. Ділянка кільцевої профільної керамічної доріжки 10 обертового столу 9, з розлитим на нього тонкою плівкою кубовим залишком, надходить у сушильну камеру надвисокочастотної печі 12, що сектором у три четверти кола охоплює кільцеву доріжку 10. У сушильній камері надвисокочастотної печі 12 плівка кубового залишку, за три четверти одного обороту столу, за рахунок перетворення потоку хвиль надвисокої частоти у теплову енергію, усередині рідкої плівки або мокрої солі висихає до продукту з залишковою вологістю 20%. Після розливу кубового залишку на ділянку кільцевої доріжки в три четверти кола, дозатор 7 закривається, і подача кубового залишку припиняється. За рахунок продовження обертання столу, при підняттю поворотному шкребку 13, продукт у вигляді солей із залишковою вологістю, що знаходиться на кільцевій доріжці, надходить на досушку в сушильну камеру другий і, при необхідності, третій раз, і висихає до зниження залишкової вологості близько до нульової (0,5-0,2%) або нульової. При закінченні сушіння і зниженні залишкової вологості до нульової, обумовленим дистанційним приладом, автоматично опускається шкребок видалення сухого продукту 13. Кінцевий продукт віддаляється з кільцевої доріжки 10 і зсипається в накопичувальний бункер 14. Після чого процес повторюється: шкребок 13 піднімається з робочого положення над доріжкою, дозатор 7 відкривається і подається кубовий залишок тонкою плівкою на кільцеву доріжку обертового столу 9, рідина з плівки кубового залишку випаровується у надвисокочастотній печі 12 і відсмоктується вентилятором 18. Волога сіль, що залишилася, при повторному повороті столу і подачі її у надвисокочастотну піч, висихає до нульової вологості і на виході із надвисокочастотної печі 12 віддаляється автоматично занепадом у робоче положення шкребок 13 у накопичувальний бункер 14. З накопичувального бункера 14 сухий кінцевий продукт переробки завантажувальним механізмом 15, у мірному обсязі, завантажуються в транспортно-пакувальний контейнер 16. Після заповнення транспортно-пакувального контейнера 16, він герметично закривається і транспортується в сховище твердих відходів атомної електростанції на довгострокове безпечне збереження. Водяні пари і гази, а також тонкодисперсні аерозолі, що утворюються в процесі сушіння в сушильній камері надвисокочастотної печі 12, відсмоктуються вентилятором 18 і, по газопроводу 19, подаються у фільтр тонкого очищення 20, а після нього - в охолоджувач 21, де водяні пари конденсуються, збираються і повертаються після доочищення в цикл АЕС, а гази направляються в спецсистему газовидалення АЕС.

Використання в установці апарата термічного сушіння кубового залишку у вигляді обертового столу і закріпленої на ньому по периметру кільцевою керамічною доріжкою, яку охоплює сектором надвисокочастотна піч, і з піднімальним шкребок періодичної дії для видалення висушеного кінцевого продукту з доріжки дозволяє: регулювати час сушіння, збезводнити кубовий залишок і висушити кінцевий продукт до нульової залишкової вологості, і, як наслідок, підвищити якість кінцевого продукту при переробці рідких радіоактивних відходів до значення - гарне, і, відповідно, підвищити рівень безпеки при поводженні з радіоактивними відходами. Отриманий кінцевий продукт із нульовою залишковою вологістю, завантажений у пакувальний контейнер, гарантує цілісність стінок контейнера на весь період довгострокового збереження його в сховищі твердих радіоактивних відходів АЕС (до 50 років).

Авторами в лабораторних умовах, на експериментальній установці, що складається з обертового столу з кільцевою доріжкою і надвисокочастотної печі, проведені іспити сушіння моделі кубового залишку із солей нерадіоактивних відходів. Результати іспитів позитивні, розрахункова продуктивність майбутньої установки складе близько 180 л/годину по рідким відходам, що перевищує обсяги надходження рідких радіоактивних відходів в процесі експлуатації АЕС.

Запропонований винахід планується використовувати на Южно-Українській АЕС. Його використання дозволить Южно-Українській АЕС швидко переробити обсяги рідких радіоактивних відходів, що нагромадилися, у якісну тверду

форму, упакувати в контейнери і помістити в сховище твердих радіоактивних відходів, чим підвищити рівень безпеки при поводженні з радіоактивними відходами і вирішити проблему дефіциту вільних обсягів у сховищах рідких радіоактивних відходів. При цьому вартість переробки 1 м³ рідких радіоактивних відходів складе, по розрахунках, 1,2 тис. доларів, що значно нижче, ніж на спеціалізованих підприємствах закордонних країн, що пропонують свої установки.

Список використаної інформації і літератури:

1. А. С. Никифоров, В. В. Куличенко, М. И. Жихарев. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. Энергоатом издат, Москва, 19.55.

2. Laser M., Maliek H., Jablonski W.

Solidification of waste water concentrates using a roller drier.-

In: Symposium on the on-site management of power reactor wastes, Zurich, 26-30 March 1979. Pans, 1979, p.373-377.

