



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105883** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
G21F 9/12 (2006.01)
C02F 1/42 (2006.01)
B01J 49/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 09233	(72) Винахідник(и): Іванець Валерій Григорович (UA), Корякін Володимир Михайлович (UA), Гайдін Олександр Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.09.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.04.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.04.2016, Бюл.№ 7	(73) Власник(и): Іванець Валерій Григорович, вул. Боголюбова, 14, кв. 160, с. Софіївська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, 08131 (UA)

(54) СПОСІБ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КАТІОНООБМІННИХ СМОЛ АЕС З ДЕЗАКТИВАЦІЄЮ ЗМІШУВАННЯМ

(57) Реферат:

Спосіб регенерації відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням включає регенерацію і відмивання катіонітового фільтра шляхом: подавання в робочий об'єм катіонітового фільтра розчину азотної кислоти з заданою витратою, припинення після закінчення заданого часу подавання розчину азотної кислоти, встановлення заданої витрати промивної води через катіонітовий фільтр, припинення після регенераційного відмивання катіонітового фільтра, скидання після кожного циклу регенерації і відмивання кожного регенераційного і відмивного розчину на подальшу переробку та гідровивантаження після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого катіоніту. Робочий об'єм фільтра після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого радіоактивного катіоніту перед гідровивантаженням відмитого відпрацьованого радіоактивного катіоніту заповнюють кислим розчином нітрату багатовалентного металу. Як кислий розчин нітрату багатовалентного металу використовують нітрати три- і чотиривалентних катіонів з групи: Mn^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Mn^{4+} , переважно, Fe^{3+} , Al^{3+} , заданої концентрації, а кислий розчин нітрату багатовалентного металу витримують протягом заданого часу. Робочий об'єм катіонітового фільтра, заповненого кислим розчином нітрату багатовалентного металу, безперервно або періодично перемішують стисненим газом, що подається, з групи: повітря, азот, вуглекислий газ, водень, метан, переважно повітря, азот, при заданій температурі з відведенням відпрацьованого газу в систему спецвентиляції. Після закінчення витримки протягом заданого часу утворений регенераційний радіоактивний розчин видаляють з робочого об'єму катіонітового фільтра і направляють його на нейтралізацію розчином лужного агента з групи: $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, або регенерату аніонообмінних фільтрів, переважно $NaOH$, регенерату аніонообмінних фільтрів, крім того утворену в результаті нейтралізації радіоактивну суспензію направляють на подальшу переробку затвердінням. Після видалення з робочого об'єму катіонітового фільтра утвореного регенераційного радіоактивного розчину операції заповнення робочого об'єму катіонітового фільтра розчином нітрату багатовалентного металу, витримувannya, перемішування стисненим газом і видалення утвореного регенераційного розчину на нейтралізацію повторюють до отримання останнього регенераційного розчину з питомою активністю, що забезпечує звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.

UA 105883 U

Корисна модель належить до сфери видалення радіоактивних катіонів з технологічних вод атомних електростанцій на катіонітових фільтрах, зокрема до регенерації катіонообмінних смол, і може бути використано для дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів у вигляді катіонітів, що застосовуються на АЕС і в інших галузях промисловості, які мають справу з розчинами радіоактивних катіонів.

Відомий спосіб регенерації катіонітів (патент РФ № 2026825, МПК C02F1/42, B01J49/00). Відомий спосіб регенерації катіоніту, відпрацьованого в процесі водень-катіонування води, включає двопорційну регенерацію розчином сірчаної кислоти при використанні в ролі другої порції дозміщеного розчину кислоти, відмивання катіоніту, фільтрування відпрацьованого регенераційного розчину і відмивної води через аніоніт з подальшою десорбцією сірчаної кислоти з аніоніту водою і використання отриманого розчину кислоти для регенерації катіоніту, при цьому десорбцію кислоти здійснюють при об'ємному співвідношенні води і аніоніту 6...12:1, відповідно, причому для отримання першої порції регенераційного розчину беруть 60...80 мас. % від загального обсягу води, для отримання другої порції - 3...18 мас. % від загального обсягу води з подальшим дозміщенням зазначеної порції до концентрації сірчаної кислоти 4...9 мас. %, а в ролі відмивної води катіоніту використовують решту, що пройшла через аніоніт, загального об'єму води.

Відомий також спосіб регенерації іонітових фільтрів установок обробки радіоактивних відходів атомної електростанції (АС СРСР 1762666, МПК G21F9/12). Даний спосіб належить до сфери техніки обробки радіоактивних відходів і включає попереднє очищення від радіонуклідів катіоніту пропусканням через нього розчину кислої натрієвої солі сильної мінеральної кислоти при сумарній концентрації іонів натрію і водню 10...100 г/л і очищення отриманого розчину від радіонуклідів на фероціанідному сорбенті і подальшу обробку катіоніту і аніоніту, відповідно, кислим і лужним регенераційними розчинами. Розчин кислої натрієвої солі сильної мінеральної кислоти може бути отриманий змішуванням відпрацьованих лужних і кислих регенераційних розчинів.

Недоліками відомих способів регенерації катіонітів є велика номенклатура радіоактивних відходів, що виникають, у вигляді радіоактивних розчинів і радіоактивних відпрацьованих фільтруючих матеріалів, а також високі фінансові витрати, зумовлені тимчасовим зберіганням відпрацьованих радіоактивних катіонообмінних смол в ємностях тимчасового зберігання РРВ. При регенерації катіонітів розчинами кислот навіть при високих концентраціях катіонів водню та/або натрію (до 100 г/л) в катіонообмінній смолі залишаються не витісненими радіоактивні та нерадіоактивні катіони двовалентних металів, хімічний потенціал яких в катіоніті вище, ніж хімічний потенціал катіонів водню та/або натрію в регенеруючому розчині. У результаті багаторазових циклів регенерації і промивання іонообмінна потужність катіоніту за рахунок залишкових (не витіснених катіонами водню та/або натрію) радіоактивних і нерадіоактивних двовалентних катіонів зменшується до граничного значення, при якому катіоніт переходить в розряд відпрацьованого фільтрувального матеріалу. Після останньої регенерації і відмивання відпрацьований радіоактивний катіоніт, що містить радіоактивні та нерадіоактивні катіони, скидається в ємність тимчасового зберігання РРВ. При застосуванні відомих способів регенерації катіонітів утворюються два види радіоактивних залишків: радіоактивний розчин, що містить радіонукліди, переважно у вигляді одновалентних катіонів цезію, що утворюється кожен раз при проведенні процесу регенерації катіоніту, і радіоактивний відпрацьований катіоніт, що містить радіонукліди, переважно у вигляді двовалентних катіонів кобальту, стронцію, марганцю тощо, що утворюється при останній регенерації катіоніту. Таким чином, застосування відомих способів регенерації катіонітів веде до збільшення номенклатури радіоактивних відходів, що виникають на АЕС, з одного боку, і до підвищених фінансових витрат на тимчасове зберігання відпрацьованих катіонітів, з іншого боку.

Найбільш близьким аналогом є спосіб очищення трапних вод (див., наприклад, Інструкція для експлуатації системи очищення трапних вод. 10.XЦ.ТР.ІЕ.09Ж. Міністерство палива та енергетики України. Державне підприємство "Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом". ВП Запорізька АЕС. Хімічний цех. 2007). Відомий спосіб очищення трапних вод включає приймання і попереднє очищення трапних вод, очищення трапних вод на випарній установці і вузлі доочищення дистилату, видання кубового залишку, кислотну промивку конденсатора-дегазатора, розпушування та відмивання катіонітових та аніонітових фільтрів, регенерацію катіонітових і аніонітових фільтрів.

Приймання і попереднє очищення трапних вод здійснюють постійно або періодично залежно від надходження трапних вод. У режимі нормальної експлуатації системи трапну воду з бака-приямка насосами перекачують у бак-відстійник. Трапна вода самопливом з бака-відстійника надходить в бак декантата. З бака декантата трапну воду насосами через фільтри

передочищення перекачують у трапні баки. Очищену на фільтрах воду направляють в один з трьох баків, в одному з яких (при заповненому баку) визначають водневий показник рН і при необхідності корегують рН від 11,0 до 11,5 одиниць. Коригування рН здійснюють розчином гідроксиду натрію. При переробці трапних вод, що містять сполуки аміаку, коригування рН здійснюють з урахуванням випаровування аміаку в процесі випарювання, в результаті чого істинна величина рН в випарному апараті може виявитися істотно меншою, ніж після коригування в баках трапних вод. Далі воду насосами освітлених трапних вод подають в циркуляційну трубу випарного апарата.

Очищення трапних вод в випарній установці і вузлі доочистки дистиляту здійснюють наступним чином. Через регулюючий клапан в циркуляційну трубу випарного апарата подають попередньо очищену трапну воду. Нормальну роботу випарного апарата забезпечують: безперервним відведенням вторинної пари з випарного апарата на конденсатор-дегазатор; безперервним підведенням до випарного апарата гріючої пари; безперервним відведенням від випарного апарата конденсату гріючої пари; безперервним підведенням до випарного апарата флегми; безперервним перетіканням частини упареного розчину з випарного апарата в доупарювач. Нормальну роботу доупарювача забезпечують: безперервним відведенням вторинної пари з доупарювача в сепаратор випарного апарата; безперервним підведенням до доупарювача гріючої пари; безперервним відведенням від доупарювача конденсату гріючої пари; безперервним підведенням сольового концентрату до випарного апарата. Нормальну роботу конденсатора-дегазатора забезпечують: безперервною подачею вторинної пари з випарного апарата; безперервним підведенням і відведенням охолоджуючої води; безперервним відведенням газів в дефлегматор здувань; безперервним відведенням дегазованого дистиляту з конденсатора-дегазатора. Нормальну роботу дефлегматора здувань забезпечують: безперервним підведенням і відведенням охолоджуючої води; безперервним відведенням охолоджених газів до системи газових здувань; безперервним відведенням конденсату. Після конденсатора-дегазатора дистилят насосами подають на механічні фільтри і далі в один з контрольних баків. Доочистку дистиляту з контрольних баків здійснюють шляхом пропускання його через іонообмінні фільтри. Вузол упарювання і іонообмінного очищення включають в роботу в міру накопичення води в баках освітлених трапних вод.

Розпушування відмиванням фільтруючого матеріалу катіонітового та/або аніонітового фільтрів здійснюють при наявності одного з наступних факторів: у фільтр завантажений новий фільтруючий матеріал; перепад тиску становить більше $1,0 \text{ кгс/см}^2$; перед регенерацією катіонітового та/або аніонітового фільтрів.

Порядок проведення регенерації і відмивання катіонітового фільтра включає наступну послідовність операцій: складання схеми подавання промивної води з бака власних потреб через змішувач азотної кислоти і катіонітовий фільтр в бак трапних вод; видалення повітря з катіонітового фільтра; встановлення заданої витрати промивної води на фільтр; подавання на змішувач концентрованого розчину азотної кислоти з заданою витратою; після закінчення заданого часу припинення подавання розчину азотної кислоти та розбирання схеми подавання концентрованого розчину азотної кислоти; встановлення заданої витрати промивної води через катіонітовий фільтр; здійснення аналізів проб після катіонітового фільтра на рН, Na^+ і кислотність після однієї години відмивання і далі через кожні 15 хвилин; припинення після регенераційного відмивання за умови необхідності проведення також і регенерації аніонітового фільтра по досягненні кислотності після катіонітового фільтра 500 мкг-екв/л або за відсутності необхідності проведення регенерації аніонітового фільтра до отримання після фільтра наступних аналізів: водневий показник рН - не менше 4,5 одиниць, масова концентрація Na^+ - не більше $0,1 \text{ мг/л}$, кислотність - не більше 100 мкг-екв/л .

Регенерацію аніонітового фільтра здійснюють при наявності однієї з наступних факторів: у фільтр завантажений новий фільтруючий матеріал, що знаходиться в сольовій формі; водневий показник рН після аніонітового фільтра менше 6 одиниць; масова концентрація Cl^- після аніонітового фільтра більше $0,05 \text{ мг/л}$.

Порядок проведення регенерації і відмивання аніонітових фільтрів включає наступну послідовність операцій: складання схеми подачі промивної води з бака власних потреб через змішувач та аніонітовий фільтр в бак трапних вод; видалення повітря з аніонітового фільтра і встановлення заданої витрати промивної води на фільтр; подавання на змішувач концентрованого розчину гідроксиду натрію з заданою витратою; припинення після закінчення заданого часу пропускання розчину гідроксиду натрію заданої концентрації і розбирання схеми подавання концентрованого розчину гідроксиду натрію; встановлення заданої витрати промивної води через аніонітовий фільтр; здійснення після однієї години відмивання і далі через кожні 15 хвилин аналізів проб після аніонітового фільтра на водневий показник рН,

масову концентрацію Na^+ , Cl^- і лужність; припинення відмивання по досягненні лужності після аніонітового фільтра 500 мкг-екв/л; збирання схеми подавання промивної води з бака власних потреб через змішувач азотної кислоти та послідовно через катіонітовий фільтр із заданою витратою промивної води; відмивання до отримання після катіонітового і аніонітового фільтрів наступних аналізів: після катіонітового фільтра водневий показник pH не менше 4,5 одиниць, масова концентрація Na^+ не більше 0,1 мг/л, кислотність не більше 100 мкг-екв/л і після аніонітового фільтра водневий показник pH не більше 8,2 одиниць, масова концентрація Na^+ не більше 0,1 мг/л, масова концентрація Cl^- не більше 0,05 мг/л, лужність не більше 100 мкг/л; закінчення відмивання і розбирання схеми відмивання.

Гідровивантаження фільтруючого матеріалу здійснюють після закінчення терміну служби матеріалу або за результатами аналізу роботи фільтрів, а також при необхідності ремонту нижньої розподільчої системи фільтра. Гідровивантаження фільтруючого матеріалу в ємність фільтруючих матеріалів включає наступну послідовність операцій: складання схеми прийому сорбенту в ємність фільтруючих матеріалів низькоактивних або високоактивних сорбентів; встановлення заданої витрати промивної води; ведення періодичного контролю за вивантаженням сорбенту через повітряники фільтра; завершення гідровивантаження фільтруючого матеріалу протягом 2 годин; дренаж залишків води в спецканалізацію.

Порядок проведення завантаження фільтруючого матеріалу включає наступну послідовність операцій: підготовку фільтруючого матеріалу в заданому обсязі; завантаження відповідної кількості фільтруючого матеріалу у фільтр через люк або через завантажувальний штуцер у верхній частині фільтра; вимір рівня фільтруючого матеріалу у фільтрі; ущільнення люка фільтра; заповнення фільтра водою і перевірку ущільнення фільтра. Після завантаження фільтра новим фільтруючим матеріалом, фільтр заповнюють промивною водою для набухання сорбенту протягом 16-24 годин. Після цього проводять розпушування відмиванням фільтруючого матеріалу і його регенерацію, при цьому час пропускання регенераційних розчинів збільшують удвічі.

Суттєвими ознаками найближчого аналога, які збігаються з запропонованим способом, є: регенерація і відмивання катіонітового фільтра шляхом:

подавання в робочий об'єм катіонітового фільтра розчину азотної кислоти з заданою витратою, після закінчення заданого часу припинення подавання розчину азотної кислоти, встановлення заданої витрати промивної води через катіонітовий фільтр, припинення після регенераційного відмивання катіонітового фільтра, скидання після кожного циклу регенерації і відмивання кожного регенераційного і відмивного розчину на подальшу переробку, гідровивантаження після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого катіоніту.

Суттєвими ознаками запропонованого способу, які відрізняють від найближчого аналога, є:

заповнення робочого об'єму фільтра після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого радіоактивного катіоніту перед гідровивантаженням відмитого відпрацьованого радіоактивного катіоніту кислим розчином нітрату багатовалентного металу,

використання як кислого розчину нітрату багатовалентного металу нітратів три- і чотиривалентних катіонів з групи: Mn^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Mn^{4+} , переважно, Fe^{3+} , Al^{3+} , заданої концентрації,

витримування кислого розчину нітрату багатовалентного металу протягом заданого часу, безперервне або періодичне перемішування робочого об'єму катіонітового фільтра, заповненого кислим розчином нітрату багатовалентного металу стисненим газом, що подається,

використання стисненого газу з групи: повітря, азот, вуглекислий газ, водень, метан, переважно повітря, азот, при заданій температурі з відведенням відпрацьованого газу в систему спецвентиляції,

видалення після закінчення витримки протягом заданого часу утвореного регенераційного радіоактивного розчину з робочого об'єму катіонітового фільтра і направлення його на нейтралізацію розчином лужного агента,

використання як лужного агента лужних розчинів з групи: NaOH , KOH , Ca(OH)_2 , або регенерату аніонообмінних фільтрів, переважно NaOH , регенерату аніонообмінних фільтрів, направлення утвореної в результаті нейтралізації радіоактивної суспензії на подальшу переробку затвердінням,

повторення після видалення з робочого об'єму катіонітового фільтра утвореного регенераційного радіоактивного розчину операцій: 1) заповнення робочого об'єму катіонітового

фільтра розчином нітрату багатовалентного металу, 2) витримування, перемішування стисненим газом і видалення утвореного регенераційного розчину на нейтралізацію до отримання останнього регенераційного розчину з питомою активністю, що забезпечує звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.

В основу корисної моделі, що запропоновано, поставлена задача за рахунок видалення з радіоактивних відпрацьованих катіонообмінних смол радіоактивних компонентів шляхом витіснення їх дезактивуючими розчинами з хімічним потенціалом розчинених катіонів, більшим за хімічний потенціал радіонуклідів у твердій фазі катіонітів, забезпечити дезактивацію відпрацьованих катіонітів до питомого рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.

Очікуваним технічним результатом корисної моделі, що запропонована є зниження обсягів РРВ, що утворюються при регенерації катіонообмінних смол АЕС, з дезактивацією змішуванням. За рахунок зниження обсягів РРВ відбувається зменшення витрат на тимчасове зберігання відпрацьованих катіонітів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі регенерації відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням, що включає регенерацію і відмивання катіонітового фільтра шляхом: подавання в робочий об'єм катіонітового фільтра розчину азотної кислоти з заданою витратою, припинення після закінчення заданого часу подавання розчину азотної кислоти, встановлення заданої витрати промивної води через катіонітовий фільтр, припинення після регенераційного відмивання катіонітового фільтра, скидання після кожного циклу регенерації і відмивання кожного регенераційного і відмивного розчину на подальшу переробку та гідровивантаження після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого катіоніту, згідно з корисною моделлю,

робочий об'єм фільтра після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого радіоактивного катіоніту перед гідровивантаженням відмитого відпрацьованого радіоактивного катіоніту заповнюють кислим розчином нітрату багатовалентного металу,

як кислий розчин нітрату багатовалентного металу використовують нітрати три- і чотиривалентних катіонів з групи: Mn^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Mn^{4+} , переважно, Fe^{3+} , Al^{3+} , заданої концентрації,

кислий розчин нітрату багатовалентного металу витримують протягом заданого часу,

робочий об'єм катіонітового фільтра, заповненого кислим розчином нітрату багатовалентного металу, безперервно або періодично перемішують стисненим газом, що подається,

стиснений газ використовують з групи: повітря, азот, вуглекислий газ, водень, метан, переважно повітря, азот, при заданій температурі з відведенням відпрацьованого газу в систему спецвентиляції,

після закінчення витримки протягом заданого часу утворений регенераційний радіоактивний розчин видаляють з робочого об'єму катіонітового фільтра і направляють його на нейтралізацію розчином лужного агента,

як лужний агент використовують лужні розчини з групи: $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, або регенерат аніонообмінних фільтрів, переважно $NaOH$, регенерат аніонообмінних фільтрів,

утворену в результаті нейтралізації радіоактивну суспензію направляють на подальшу переробку затвердінням,

після видалення з робочого об'єму катіонітового фільтра утвореного регенераційного радіоактивного розчину операції: 1) заповнення робочого об'єму катіонітового фільтра розчином нітрату багатовалентного металу, 2) витримування, 3) перемішування стисненим газом і 4) видалення утвореного регенераційного розчину на нейтралізацію повторюють до отримання останнього регенераційного розчину з питомою активністю, що забезпечує звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.

Суть корисної моделі полягає в наступному.

При заповненні робочого об'єму фільтра після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого радіоактивного катіоніту перед гідровивантаженням відмитого відпрацьованого радіоактивного катіоніту кислим розчином нітрату багатовалентного металу, при використанні в ролі кислого розчину нітрату багатовалентного металу нітратів три- і чотиривалентних катіонів з групи: Mn^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Mn^{4+} , переважно Fe^{3+} , Al^{3+} , заданої концентрації,

при витримуванні кислого розчину нітрату багатовалентного металу протягом заданого часу,

при безперервному або періодичному перемішуванні робочого об'єму катіонітового фільтра,

заповненого кислим розчином нітрату багатовалентного металу стисненим газом, що подається,

при використанні стисненого газу з групи: повітря, азот, вуглекислий газ, водень, метан, переважно повітря, азот, при заданій температурі з відведенням відпрацьованого газу в систему спецвентиляції,

5 при видаленні після закінчення витримки протягом заданого часу утвореного регенераційного радіоактивного розчину з робочого об'єму катіонітового фільтра і направленні його на нейтралізацію розчином лужного агента,

при використанні як лужного агента лужних розчинів з групи: NaOH, KOH, Ca(OH)₂, або регенерату аніонообмінних фільтрів, переважно NaOH, регенерату аніонообмінних фільтрів,

10 при направленні утвореної в результаті нейтралізації радіоактивної суспензії на подальшу переробку затвердінням,

при повторенні після видалення з робочого об'єму катіонітового фільтра утвореного регенераційного радіоактивного розчину операцій: 1) заповнення робочого об'єму катіонітового фільтра розчином нітрату багатовалентного металу, 2) витримування, 3) перемішування стисненим газом і 4) видалення утвореного регенераційного розчину на нейтралізацію до
15 отримання останнього регенераційного розчину з питомою активністю, що забезпечує звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання, за рахунок видалення з радіоактивних відпрацьованих катіонообмінних смол радіоактивних компонентів шляхом витіснення дезактивуючи ми розчинами з хімічним потенціалом розчинених катіонів, більшим за хімічний потенціал радіонуклідів у твердій фазі
20 катіонітів, забезпечується дезактивація відпрацьованих катіонітів до питомого рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.

Таким чином, сукупність відмітних суттєвих ознак запропонованої корисної моделі веде до зниження об'ємів РРВ, що утворюються при регенерації катіонообмінних смол АЕС, і зменшення витрат на тимчасове зберігання відпрацьованих катіонітів, тобто до досягнення зазначеного
25 технічного результату.

Суть способу регенерації відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням ілюструється також принциповою схемою апаратного оформлення процесу, наведеною на кресленні, на якому зображено апаратне оформлення процесу регенерації
30 відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням.

Умовні позначення на кресленні:

ДЕЗР - розчин нітрату багатовалентного металу, що вводиться в поровий простір відпрацьованого катіоніту для витіснення одно- і двовалентних радіоактивних катіонів, СГАЗ - стиснений газ, що подається безперервно або періодично для перемішування відпрацьованого
35 катіоніту в розчині нітрату багатовалентного металу, ВПРГ - відпрацьований газ, що утворюється при перемішуванні відпрацьованого катіоніту в розчині нітрату багатовалентного металу, що направляється в спецвентиляцію, РЗАЛ - радіоактивні залишки у вигляді регенераційних розчинів, що нейтралізовані лужним агентом і що скидаються на подальшу переробку,

40 НР/К - катіоніт, вивантажений з робочого об'єму катіонітового фільтра з рівнем питомої активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання, ФЛТР - фільтр з відпрацьованим катіонітом,

ТХК1 - триходовий кран, що забезпечує подавання розчину нітрату багатовалентного металу, ТХК2 - триходовий кран, що забезпечує подавання стисненого газу або виведення
45 радіоактивних залишків,

ВНТ1 - запірний вентиль на магістралі відводу відпрацьованого газу, ВНТ2 - запірний вентиль на магістралі вивантаження дезактивованого катіоніту.

Застосування способу, що заявляється, регенерації відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням ілюструється наступним прикладом конкретного здійснення.

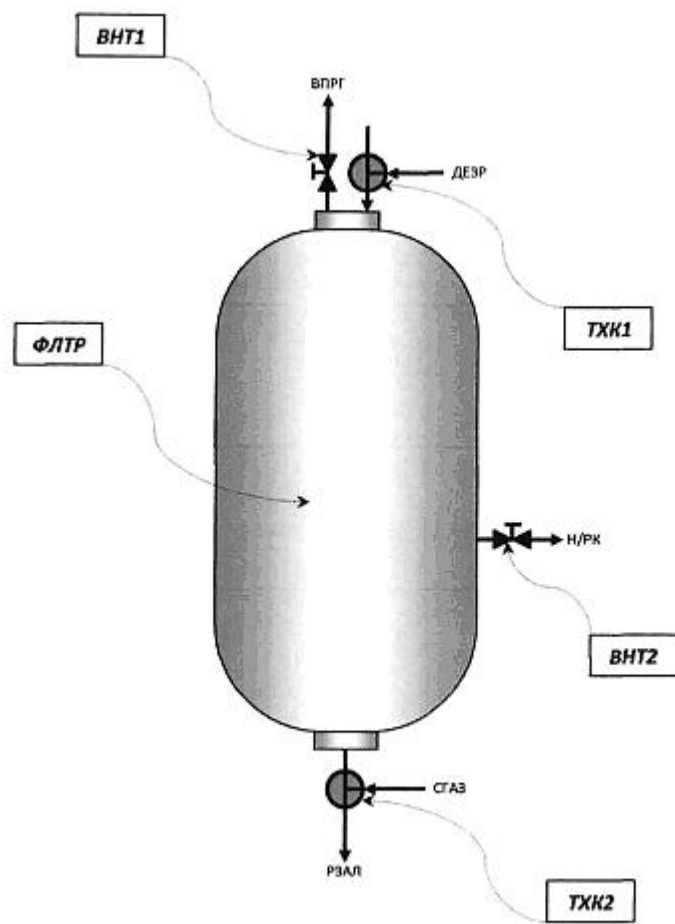
50 Приклад. Після останнього циклу регенерації і відмивання іонообмінна сила катіоніту становила 2,65 мг-екв/г, тобто знизилася на 47 %. Середня питома активність відпрацьованого катіоніту, об'єм якого становив 1,68 м³, знаходилася в межах 1,05...1,15 Ки/м³. Робочий об'єм фільтра (ФЛТР), поровий простір якого становив 37 %, тобто 0,621 м³, не вивантажуючи відмитий відпрацьований радіоактивний катіоніт, заповнювали кислим розчином нітрату тривалентного заліза-3 (ДЕЗР), встановивши триходовий кран (ТХК1) в положення, що
55 забезпечує подавання ДЕЗР. Об'єм введенного розчину становив 0,712 м³. В ролі нітрату багатовалентного металу використовували розчин нітрату заліза-3 з концентрацією 8 %. Введений в робочий об'єм катіонітового фільтра розчин витримували протягом 8 годин. Робочий об'єм ФЛТР періодично через кожні 45 хвилин перемішували протягом 15 хв.
60 стисненим повітрям (СГАЗ). Стиснене повітря подавали при температурі 35°C через триходовий

кран (ТХК2), встановлений в положення, що забезпечує подавання СГАЗ. Відпрацьований газ (ВПРГ) відводили при відкритому запірному вентилі (ВНТ1) в систему спецвентиляції. Після закінчення витримування протягом 8 годин отриманий регенераційний радіоактивний розчин (РЗАЛ) видаляли з робочого об'єму ФЛТР через триходовий кран (ТХК2), встановлений в положення, що забезпечує виведення РЗАЛ. Виведений РЗАЛ мав об'єм $0,693 \text{ м}^3$ і питому активність $2,593 \text{ Ки/м}^3$. Виведений РЗАЛ накопичували для його подальшої нейтралізації. Після видалення з робочого об'єму ФЛТР утвореного РЗАЛ операції 1) заповнення робочого об'єму ФЛТР розчином нітрату заліза-3, 2) витримування, 3) перемішування стисненим повітрям, 4) видалення утвореного регенераційного розчину і відправлення його на подальшу переробку повторювали 5 разів. Після п'яти повторень був отриманий останній регенераційний розчин з питомою активністю $1,26 \cdot 10^{-8} \text{ Ки/м}^3$ ($0,444 \text{ Бк/г}$). При цьому питома активність дезактивованого катіоніту складала $0,0386 \text{ Бк/г}$, що забезпечувало звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежену повторне використання.

У результаті здійснення процесу дезактивації відпрацьованого радіоактивного катіоніту був отриманий сумарний радіоактивний залишок у вигляді радіоактивного розчину об'ємом $5,508 \text{ м}^3$ з питомою активністю $0,336 \text{ Ки/м}^3$. Подальшу переробку видалених з робочого об'єму ФЛТР радіоактивних регенераційних розчинів (РЗАЛ) здійснювали їх нейтралізацією розчином гідроксиду натрію. Утворену в результаті цього радіоактивну суспензію направляли на затвердіння.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб регенерації відпрацьованих катіонообмінних смол АЕС з дезактивацією змішуванням, що включає регенерацію і відмивання катіонітового фільтра шляхом: подавання в робочий об'єм катіонітового фільтра розчину азотної кислоти з заданою витратою, припинення після закінчення заданого часу подавання розчину азотної кислоти, встановлення заданої витрати промивної води через катіонітовий фільтр, припинення після регенераційного відмивання катіонітового фільтра, скидання після кожного циклу регенерації і відмивання кожного регенераційного і відмивного розчину на подальшу переробку та гідровивантаження після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого катіоніту, який **відрізняється** тим, що робочий об'єм фільтра після останнього циклу регенерації і відмивання відпрацьованого радіоактивного катіоніту перед гідровивантаженням відмитого відпрацьованого радіоактивного катіоніту заповнюють кислим розчином нітрату багатовалентного металу, при цьому як кислий розчин нітрату багатовалентного металу використовують нітрати три- і чотиривалентних катіонів з групи: Mn^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} , Mn^{4+} , переважно Fe^{3+} , Al^{3+} , заданої концентрації, а кислий розчин нітрату багатовалентного металу витримують протягом заданого часу, причому робочий об'єм катіонітового фільтра, заповненого кислим розчином нітрату багатовалентного металу, безперервно або періодично перемішують стисненим газом, що подається, з групи: повітря, азот, вуглекислий газ, водень, метан, переважно повітря, азот, при заданій температурі з відведенням відпрацьованого газу в систему спецвентиляції, а після закінчення витримки протягом заданого часу утворений регенераційний радіоактивний розчин видаляють з робочого об'єму катіонітового фільтра і направляють його на нейтралізацію розчином лужного агента з групи: NaOH , KOH , Ca(OH)_2 , або регенерату аніонообмінних фільтрів, переважно NaOH , регенерату аніонообмінних фільтрів, крім того утворену в результаті нейтралізації радіоактивну суспензію направляють на подальшу переробку затвердінням, а після видалення з робочого об'єму катіонітового фільтра утвореного регенераційного радіоактивного розчину операції заповнення робочого об'єму катіонітового фільтра розчином нітрату багатовалентного металу, витримування, перемішування стисненим газом і видалення утвореного регенераційного розчину на нейтралізацію повторюють до отримання останнього регенераційного розчину з питомою активністю, що забезпечує звільнення його від регулюючого контролю, тобто нелімітоване поховання і необмежене повторне використання.



Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601