



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107392** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**G21C 9/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

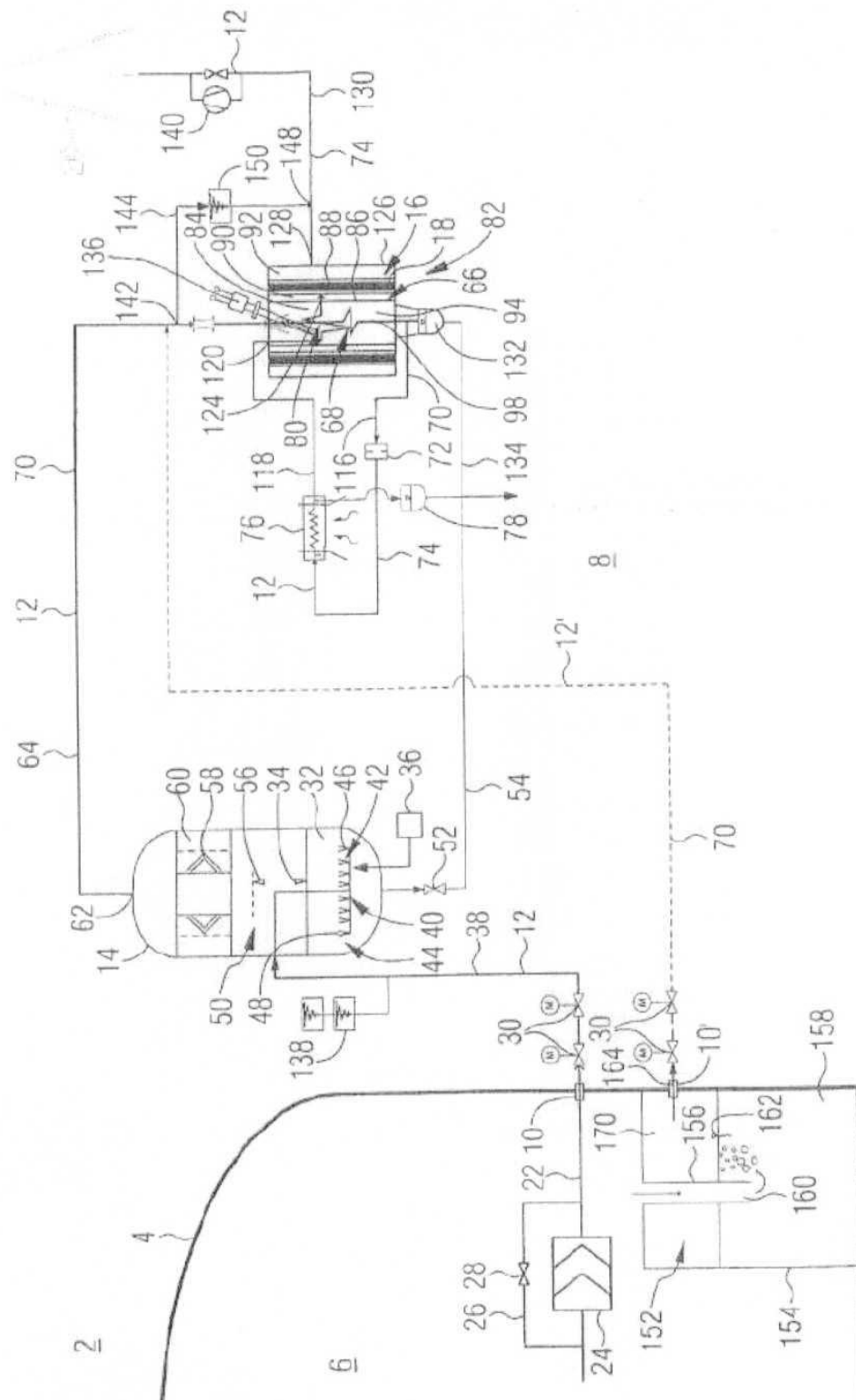
(21) Номер заявки:	<b>а 2013 02385</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Еккард Бернд (DE), Лош Норберт (DE), Пазлер Карстен (DE)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>18.07.2011</b>	(73) Власник(и):	<b>АРЕВА ГМБХ, Paul-Gossen-Strasse 100, 91052 Erlangen, Germany (DE)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.12.2014</b>	(74) Представник:	<b>Пахаренко Антоніна Павлівна, реєстр. №4</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>10 2010 035 509.7</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>DE 3815850 A1; 23.11.1989 DE 10328773 B3; 17.02.2005 DE 3824606 A1; 25.01.1990 US 5272738 A; 21.12.1993</b>
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>25.08.2010</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>DE</b>		
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>13.05.2013, Бюл.№ 9</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.12.2014, Бюл.№ 24</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/EP2011/003574, 18.07.2011</b>		

## (54) СПОСІБ СКИДАННЯ ТИСКУ В АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, СИСТЕМА ДЛЯ СКИДАННЯ ТИСКУ В АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, А ТАКОЖ АТОМНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ОСНАЩЕНА ТАКОЮ СИСТЕМОЮ

### (57) Реферат:

Винахід стосується способу і пристрою для скидання тиску в атомній електростанції (2), що містить захисну оболонку (4) для затримання носіїв радіоактивності із випуском (10, 10') для скидального потоку, причому скидальний потік напрямляють через оснащений фільтрувальною системою скидальний трубопровід (12, 12') з-під захисної оболонки (4) в атмосферу, причому фільтрувальна система містить фільтрувальну камеру (16), що включає впуск (124) фільтрувальної камери, випуск (128) фільтрувальної камери і розміщений між ними сорбційний фільтр (18), причому скидальний потік спочатку напрямляють на ділянку (70) високого тиску, після чого знижують тиск шляхом розширення в дросельному пристрої (72), потім принаймні частково напрямляють через фільтрувальну камеру (16), яка містить сорбційний фільтр (18), і насамкінець випускають в атмосферу. Для забезпечення можливості особливо ефективного затримання носіїв радіоактивності, які містить скидальний потік, зокрема йодовмісних органічних сполук, згідно з винаходом, передбачено, що розширений за допомогою дросельного пристрою (72) скидальний потік безпосередньо перед впуском у фільтрувальну камеру (16) напрямляють через ділянку (80) перегріву, на якій його нагрівають шляхом прямої або опосередкованої передачі тепла від ще не розширеного скидального потоку на ділянці (70) високого тиску до температури, яка принаймні на 10 °C, переважно на 20-50 °C, перевищує температуру точки роси на цій ділянці.

UA 107392 C2



Фиг. 1

Винахід стосується способу скидання тиску в атомній електростанції, що містить захисну оболонку для затримання носіїв радіоактивності із випуском для скидального потоку, причому скидальний потік через оснащений фільтрувальною системою скидальний трубопровід виводять із захисної оболонки в атмосферу, причому фільтрувальна система включає впуск

- 5 фільтрувальної камери, випуск фільтрувальної камери і розміщений між ними сорбційний фільтр, і причому скидальний потік
  - спочатку напрямляють на ділянку високого тиску,
  - потім знижують тиск шляхом розширення в дросельному пристрої,
  - після чого принаймні частково напрямляють через фільтрувальну камеру із сорбційним
  - 10 фільтром і
    - насамкінець випускають в атмосферу.

Винахід стосується також відповідної системи для скидання тиску в атомній електростанції, що містить захисну оболонку для затримання носіїв радіоактивності із випуском для скидального потоку, причому до випуску приєднаний оснащений фільтрувальною системою

- 15 скидальний трубопровід, причому фільтрувальна система включає фільтрувальну камеру, що містить впуск, випуск і розміщений між ними сорбційний фільтр, і причому
  - скидальний трубопровід має ділянку високого тиску,
  - в кінці ділянки високого тиску в скидальний трубопровід включений дросельний пристрій,
  - скидальний трубопровід після дросельного пристрою відносно напрямку потоку
  - 20 приєднаний до впуску фільтрувальної камери, і
    - випуск фільтрувальної камери сполучений з вихідним отвором, виведеним в атмосферу.

Насамкінець винахід стосується атомної електростанції, оснащеної такою системою для скидання тиску.

- 25 Для затримання утворюваних в аварійних ситуаціях, зокрема в неймовірному випадку перегрівання і розплавлення паливних стрижнів в активній зоні ядерного реактора, активних газів або парів, атомні електростанції в звичайному випадку оточують порівняно масивною, герметично ізольованою від довкілля захисною оболонкою з бетону, залізобетону або сталі, яку називають також протиаварійною оболонкою ядерного реактора (англ. containment). У звичайному випадку параметри подібних захисних оболонок розраховані таким чином, щоб
- 30 вони витримували також вищий внутрішній тиск, який може бути утворений, наприклад, внаслідок вибуху гримучого газу або при масовому вивільненні пари охолоджувального засобу з контуру циркуляції.

- Проте, результати досліджень поведінки захисної оболонки ядерного реактора при значному підвищенні тиску внаслідок аварії свідчать, що в несприятливих ситуаціях внаслідок
- 35 утворення місць витоку може відбуватися суттєве вивільнення порівняно значно забрудненого радіоактивними матеріалами повітря в навколишнє середовище. Дуже сприятливим для мінімізації таких нефільтрованих витоків є забезпечення можливості значного скидання тиску до невеликого надлишкового тиску або навіть до навколишнього тиску. Це має суттєве значення зокрема для захисних оболонок, в яких на таких стадіях надлишкового тиску зростає
- 40 ймовірність зумовленого конструкцією утворення тріщин, наприклад бетонних захисних оболонок, або для критичних ділянок ущільнень, наприклад шлюзів тощо.

- Тому на багатьох атомних електростанціях вже встановлені різні системи для обмеження надлишкового тиску і (фільтрованого) скидання тиску в захисній оболонці реактора в аварійних ситуаціях. Ці пристрої дозволяють затримувати аерозолі і частково також елементарний йод.
- 45 Ефективне затримання органічного йоду із цього скидального потоку – в пасивному режимі без підведення енергії від сторонніх джерел – досі не було можливим. Проте, нові знання, одержані в результаті дослідження аварій, свідчать про те, що в таких ситуаціях зокрема вміст органічного йоду у викидах атомної електростанції, може суттєво впливати на отримувану населенням дозу опромінення і тому належить до факторів ризику. Органічним йодом у рамках
- 50 цієї заявки є зокрема йод у формі органічних сполук із низькою кількістю атомів вуглецю, таких як метилйодид тощо.

- Наприклад, в описаному вище способі згідно з викладеним описом до неакцептованої заявки WO 90/16071 і відповідному апаратурному комплексі відведений через скидальний
- 55 трубопровід із захисної оболонки і перебуваючий під порівняно високим тиском скидальний потік після зниження тиску, під яким він перебуває, і висушування шляхом розширення за допомогою названого також дроселем дросельного клапана напрямляють через фільтрувальну камеру із сорбційним фільтром. Подібні сорбційні фільтри називають також молекулярними ситами; вони порівняно добре затримують елементарний йод із скидального потоку шляхом сорбції, якщо вибрані такі умови експлуатації, в яких не відбувається

конденсація вологи зі скидального потоку в молекулярному ситі. У вологому режимі, навпаки, може відбуватися руйнування або необоротне "закупорювання" чутливих поверхонь фільтра.

Для уникнення подібних ситуацій згідно з публікацією WO 90/16071 достатньо високу робочу температуру йодосорбційного фільтра, зокрема з покриттям із нітрату срібла, забезпечують за рахунок того, що порівняно теплий скидальний потік на ділянці високого тиску скидального трубопроводу, тобто перед дроселем відносно напрямку потоку, напрямляють повз фільтрувальну камеру (або також по нагрівальних трубах через окремі фільтрувальні елементи) і при цьому попередньо нагрівають камеру шляхом теплопередачі. Пристрій виконаний із можливістю комбінування з передвключеними фільтрами грубого і тонкого очищення, ситом із металевих волокон для видалення вологи з газу і додатково зі скруббером Вентурі, виконаним із можливістю вільного продування. Досягнута різниця між поточною температурою і точкою роси скидального потоку на ділянці низького тиску в основному визначається (теоретичною) температурою дроселя і в даному випадку в зв'язку з особливостями конструкції становить лише близько 5 °С. Ефективність затримання органічного йоду, як вже було описано вище, згідно з результатами попередніх досліджень є недостатньою; в будь-якому випадку ефективно затримання не може бути забезпечене в економічному режимі роботи без використання енергії від сторонніх джерел.

Окрім цього, особливо на стадії відключення (відсутність потоку) внаслідок розпаду закладених радіоактивних матеріалів утворюється велика кількість залишкового тепла. Це може призвести до відповідного нагрівання молекулярного сита, причому вже при робочій температурі близько 210 °С відбувається руйнування мікрокристалів внаслідок розплавлення покриття з нітрату срібла, що призводить до припинення осадження і вивільнення радіоактивних матеріалів.

Процес скидання тиску в захисній оболонці шляхом випуску в атмосферу (фільтрованого) газу або пари, що перебуває під надлишковим тиском, називають також випуском (відведенням) газу. Відповідно до цього скидальний потік називають також потоком відвідного газу або застосовують подібний термін.

Конструкцією і можливим виділенням радіоактивних матеріалів сучасні установки значно відрізняються від нових реакторів третьої генерації (GEN 3), оскільки параметри останніх визначали вже з урахуванням можливої ситуації перегрівання і розплавлення паливних стрижнів в активній зоні реактора. Вже модернізовані пристрої, такі як, наприклад, скрубери або комбінації фільтрів із піщаним баластним шаром, не вирішують потребуючої нового підходу проблеми затримання органічного йоду та надійного скидання тиску, зокрема внаслідок високого робочого тиску в скруберах і невеликих реакційних поверхонь для здійснення масообміну в рідкій фазі, а також дуже низької ефективності осадження йоду в піщаних баластних шарах або молекулярних ситах у вологому режимі. Оптимізація цих пристроїв, також у вже існуючих установках, має суттєве значення для досягнення вищого стандарту безпеки цих атомних електростанцій.

Кількісне осадження всіх транспортованих повітрям радіоактивних аерозолів і йоду дозволило б суттєво зменшити витрати на експлуатацію установок третьої генерації (GEN3), оскільки розпад радіоактивних ізотопів благородних газів, які не можуть бути затримані, відбувається протягом кількох діб, завдяки чому забезпечується можливість зниження тиску протягом середньотривалого періоду без суттєвого вивільнення радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище. Це дозволяє застосовувати спрощену конструкцію захисної оболонки ядерного реактора і відповідні системи безпеки, в результаті чого значно зменшити витрати.

Тому в основу винаходу було покладено задачу розроблення способу скидання тиску в атомній електростанції вказаного вище типу, розрахованого на особливо ефективне затримання наявних у скидальному потоці носіїв радіоактивності, зокрема йодовмісних органічних сполук. Окрім цього, слід було розробити особливо придатну для здійснення цього способу систему для скидання тиску в атомній електростанції.

Стосовно способу цю задачу вирішено згідно з пунктом 1 формули винаходу таким чином, що розширений скидальний потік після зниження тиску за допомогою дросельного пристрою безпосередньо перед його впуском у фільтрувальну камеру напрямляють через ділянку перегріву, на якій шляхом прямої або опосередкованої передачі тепла від ще не розширеного скидального потоку на ділянці високого тиску його нагрівають до температури, яка принаймні на 10 °С, переважно на 20-50 °С перевищує температуру точки роси на цій ділянці.

Неочікувано було винайдено, що високорадіоактивні компоненти газового потоку при скиданні тиску в захисній оболонці можна високоефективно затримувати за допомогою здійснюваного після дроселя, особливо ефективного пасивно-регенеративного перегріву газу шляхом передачі тепла з ділянки підвищеного тиску на ділянку атмосферного тиску і наступного

сорбційного фільтрування. Як ще буде докладно описано далі, перегрів розширеного скидального потоку на ділянці низького тиску при цьому може бути здійснений, по-перше, шляхом прямої передачі тепла з ділянки високого тиску скидального трубопроводу із використанням відвідного газу як нагрівального теплоносія (перший головний варіант: "сухе" нагрівання). По-друге, може бути здійснене непряма, багатостадійна передача тепла через контур циркуляції промивальної рідини підключеного в напрямку потоку на ділянці високого тиску мокрого фільтра/скрубера із використанням промивальної рідини як проміжного нагрівального теплоносія, який, в свою чергу, нагрівається в промивному резервуарі відвідним газом (другий головний варіант: "рідинне" нагрівання). Обидва варіанти можна також комбінувати між собою.

Дросель, називаний також дросельним або розширювальним клапаном, забезпечує перше сушіння скидального потоку внаслідок розширення, причому температура дроселя може бути навіть суттєво нижче теоретичної внаслідок наявності вологи в газі і неідеального дроселювання залежно від стадії технологічного процесу. Потім на підключеній після дроселя ділянці перегріву здійснюють – значною мірою незалежно від ефективності сушіння шляхом розширення – вирішальний перегрів скидального потоку, що дозволяє надійно запобігти конденсації вологи поблизу чутливого до вологи йодсорбційного фільтра навіть у несприятливих технологічних умовах.

Завдяки ефективному використанню надлишкового тепла на ділянці високого тиску скидального трубопроводу для попереднього нагрівання фільтрувальної камери, з однієї сторони, і для прямого нагрівання розширеного скидального потоку безпосередньо перед його впуском у фільтрувальну камеру, з іншої сторони, згідно з принципом регенеративної рекуперації тепла з нагріванням за рахунок власних засобів відпадає потреба у використанні енергії сторонніх джерел, наприклад електронагрівальних пристроїв. Тому спосіб є не лише високоефективним, але й надзвичайно енергоефективним.

У переважній формі виконання скидальний потік на ділянці перегріву нагрівають до температури, яка в передбачуваних згідно з розрахунками аварійних умовах принаймні на 10 °C, переважно на 20-50 °C перевищує температуру точки роси на цій ділянці. Точкою роси або температурою точки роси називають таку температуру, при якій у скидальному потоці встановлюється стан рівноваги між кількістю води, що конденсується, і кількістю води, що випаровується, іншими словами – саме починається процес утворення конденсату. Як було неочікувано виявлено, якщо різниця між температурою потоку і точкою роси перевищує 10 °C, переважно перевищує 20 °C, навіть якщо скидальний потік лише частково очищений і містить велику кількість пари, ефективність осадження органічного йоду, зокрема при застосуванні водонерозчинних срібних покриттів, стрибкоподібно зростає і, наприклад, для таких матеріалів-сорбентів на основі цеолітів у типових випадках досягає 99,99 %.

Щоправда, для надійного затримання великої частки органічного йоду за допомогою високоефективного молекулярного сита з (водорозчинним) покриттям із нітрату срібла залежно від конкретних обставин було б достатньо вже незначного перегріву, наприклад на 5 °C вище точки роси. Проте, було виявлено, що такий процес у відомих із рівня техніки установках значною мірою залежить від досягнення якомога ближчої до теоретичного значення температури дроселя та від уникнення будь-якої залишків вологи в газі, які суттєво мінімізують перегрів. Ці нові знання створюють підстави для висновку, що забезпечити ефективну і надійну експлуатацію подібної установки традиційної конструкції, наприклад такої, яка описана у вже згаданій вище публікації WO 90/16071, з типовими для таких установок невеликими перегрівами, неможливо. Ефективно допомогти в цьому випадку може лише відповідна винахідова концепція.

Переважно досягається вказане перевищення температури точки роси принаймні на 20 °C, особливо переважно принаймні на 50 °C в режимі повного навантаження системи для скидання тиску. Під цим слід розуміти початковий режим скидання тиску після розрахункової аварії, коли тиск під захисною оболонкою реактора є найвищим, тобто в типовому випадку – залежно від типу реактора і його захисної оболонки – становить приблизно від 3 до 8 бар. При цьому масовий потік відвідного газу в типовому випадку сягає близько 3-10 кг/с. Температура точки роси на ділянці сорбційного фільтра при цьому залежно від вмісту пари в типовому випадку становить від 80 до 100 °C, внаслідок чого температура відвідного газу після завершення перегріву на вході в сорбційний фільтр становить переважно від 100 до 170 °C. У режимі часткового навантаження, коли масовий потік відвідного газу досягає близько 25 % відповідного значення в режимі повного навантаження, підвищення температури переважно все ще становить принаймні 10 °C.

При цьому йодосорбційне фільтрування зі змінюваним перегрівом та зворотно залежною від температури перегріву тривалістю перебування у фільтрі (короткотривала обробка при великому перегріві та довготривала обробка при меншому перегріві) можна особливо ефективно і компактно здійснювати до майже атмосферного тиску без використання допоміжної енергії. При цьому, якщо тиск під захисною оболонкою реактора є високим, після дроселювання утворюється великий об'ємний потік, і попри невелику в результаті тривалість перебування у сорбційному фільтрі внаслідок тепер вже високого перегріву газу на сорбенті забезпечуються оптимальні умови реакції з одночасним підвищенням дифузії. При низькому тиску під захисною оболонкою реактора, наприклад такому, що становить чверть від початкового максимального тиску, наприклад 5 бар абс., після дроселювання до майже атмосферного тиску утворюється невеликий об'ємний потік зі зменшеним перегрівом газу, але внаслідок збільшеній тепер майже вчетверо тривалості перебування в сорбційному фільтрі, попри несприятливі умови сорбції, також забезпечується можливість ефективної сорбції йоду. Завдяки цьому здійснення ефективного сорбційного фільтрування є можливим також до повного скидання тиску і при температурі під захисною оболонкою реактора лише від 50 до 100 °C внаслідок додаткового зростання тривалості перебування в сорбційному фільтрі.

У першій основній формі виконання способу скидальний потік на ділянці високого тиску принаймні частково напрямляють повз фільтрувальну камеру і при цьому нагрівають її шляхом майже прямої передачі тепла від гарячого відвідного газу ("сухе" нагрівання). Стосовно апаратурного оснащення це означає, що принаймні частина ділянки високого тиску скидального трубопроводу прокладена вздовж фільтрувальної камери і через теплообмінні поверхні термічно сполучена з фільтрувальною камерою, завдяки чому фільтрувальна камера нагрівається порівняно гарячим на ділянці високого тиску скидальним потоком.

В особливо переважній формі виконання винаходу скидальний потік на ділянці високого тиску перед пропусканням повз фільтрувальну камеру напрямляють крізь наповнений промивальною рідиною промивний резервуар ("скрубер"), переважно за допомогою впускних сопел типу скруберів Вентурі. Тобто стосовно апаратурного оснащення це означає, що промивний резервуар підключений відносно напрямку скидального потоку перед фільтрувальною камерою, яку обтікає цей потік, на ділянці високого тиску скидального трубопроводу. Промивний резервуар забезпечує ефективне тонке відфільтровування наявних у скидальному потоці аерозолів, переважно з ефективністю понад 99 %, для зменшення концентрації аерозолів, яка в типовому випадку в разі аварії під захисною оболонкою реактора сягає кількох г/м<sup>3</sup>, до некритичного діапазону, наприклад до кількох мг/м<sup>3</sup>. Ефективне мокре фільтрування аерозолів дозволяє уникнути відповідних відкладень на поверхнях теплообмінника, підключеного послідовно відносно напрямку потоку. Таким чином забезпечується ефективна і незмінно велика теплопередача для перегріву розширеного на дроселі скидального потоку і для нагрівання сорбційного фільтра.

Впускні сопла, крізь які скидальний потік входить у промивний резервуар, при цьому працюють переважно за принципом інжектора Вентурі: газовий потік, який протікає через звуження (горловину) соплової труби, крізь розташований у місця звуження, виконаний наприклад у формі кільцевого прорізу вхідний отвір підхоплює промивальну рідину, якою наповнений оточуючий промивний резервуар, внаслідок чого відбувається особливо інтенсивне змішування газового потоку і всмоктаних чи підхоплених ним краплинок промивальної рідини за типом (особливо тонкого) розпилення. При цьому підхоплені газовим потоком частинки аерозолі та інші частинки проникають у краплинки промивальної рідини. Після виходу з сопла знову відбувається відокремлення промивальної рідини від газового потоку, насамперед під дією сили тяжіння, і очищений у такий спосіб і звільнений від аерозолів газовий потік виводять із промивного резервуара через відповідний, сполучений із послідовно підключеним блоком теплообмінника і сорбційного фільтра газопровідний трубопровід. Газопровідний трубопровід для цього доцільно приєднують до промивного резервуара над так званою зоною басейну, тобто вище рівня промивальної рідини, який встановлюється в робочому режимі, і над зоною викиду і відокремлення.

Самозрозуміло, що альтернативно або додатково можуть бути передбачені також звичайні, напрямлені або занурені в промивальну рідину впускні сопла. Крім цього, в зоні басейну промивного резервуара можуть бути розміщені відповідні обтічні вбудовані елементи, турбулізатори, змішувачі, пакери тощо, які для (тимчасового) змішування відвідного газу і промивальної рідини збільшують відповідну граничну чи внутрішню поверхню між обома змішуваними компонентами.

Переважно вибирають таку конструкцію і розміри впускних сопел, а також скидального трубопроводу перед впускними соплами відносно напрямку потоку, щоб швидкість протікання

скидального потоку, який напрямляють крізь впускні сопла у промивний резервуар, перевищувала 100 м/с. У випадку високошвидкісного осадження із використанням ефекту Вентурі такі швидкості необхідно забезпечити, зокрема, в місцях звуження чи горловин трубок Вентурі, де передбачені впускні отвори для промивальної рідини.

5 Переважно промивальну рідину у промивному резервуарі піддають хімічному кондиціонуванню шляхом додавання лугу, переважно натрієвого лугу, та/або тіосульфату натрію, переважно в формі водного розчину тіосульфату натрію. Завдяки цьому забезпечується відповідне підвищення ефективності затримання радіоактивних матеріалів, насамперед елементарного йоду, які містить потік відвідного газу. З цією метою до промивного резервуара

10 приєднують відповідні дозувальні пристрої та інжектори, за допомогою яких в разі необхідності можуть бути введені також інші хімікати.

Окрім цього, до промивальної рідини переважно домішують засіб для прискорення поверхневих реакцій, зокрема в формі амінів, який сприяє введенню підхоплених потоком відвідного газу аерозолів у промивальну рідину чи їх зв'язуванню з нею.

15 Між промивним резервуаром і блоком теплообмінник-сорбційний фільтр на ділянці високого тиску скидального трубопроводу можуть бути підключені ще додаткові фільтрувальні елементи, зокрема діючі як фільтри тонкого очищення фільтри з металевих волокон або патронні фільтри, для додаткового зменшення вмісту аерозолів у скидальному потоці перед його пропусканням повз теплообмінні поверхні. Подібні фільтрувальні елементи можуть бути також конструктивно

20 інтегровані у промивний резервуар, і в цьому випадку їх раціонально розташовують над зоною басейну. Якщо подібні фільтри розраховані для роботи в (переважному) сухому режимі, перед ними раціонально підключають відокремлювачі рідини чи сепаратори для видалення вологи з газового потоку.

В альтернативній формі виконання способу скидальний потік відводять із конденсаційної камери реактора, зокрема реактора з киплячою водою, і звідти без проміжного включення (зовнішнього) промивного резервуара напрямляють повз фільтрувальну камеру та/або ділянку перегріву для їх нагрівання. Тобто стосовно апаратурного забезпечення це означає, що скидальний трубопровід підключений до конденсаційної камери зі сторони впуску.

25 Конденсаційною камерою в цьому зв'язку в звичайному випадку називають відокремлену газонепроникною перегородкою від іншого простору під захисною оболонкою реактора (так звана камера високого тиску), частково заповнену рідиною (конденсатом) частину простору, яка сполучена з іншим простором під захисною оболонкою реактора зануреною в рідину перепускною трубою, називаною конденсаційною трубою. При цьому в нормальному режимі роботи атомного реактора перепускну трубу закривають рідинним затвором. У випадку аварії із суттєвим вивільненням пари, а також не здатних до конденсації газів і відповідним збільшенням тиску в камері високого тиску суміш пари з газом може надходити по перепускній трубі в конденсаційну камеру, причому відбувається конденсація переважної частини пари. Неконденсовані компоненти скопичуються над поверхнею рідини у конденсаційній камері, і їх згідно з описаним тут варіантом виконання винаходу в формі скидального потоку виводять із

40 конденсаційної камери та з-під захисної оболонки реактора.

Поняття "конденсаційна камера" в цьому зв'язку охоплює також інші конденсаційні басейни аналогічного принципу дії, наприклад системи конденсаційних жолобів водо-водяного реактора (ВВЕР) російської або іншої конструкції.

Оскільки конденсаційна камера певною мірою сама діє як скруббер і фільтр для осадження аерозолів зі скидального потоку, у переважній формі виконання винаходу можна відмовитися від застосування окремого, встановленого поза захисною оболонкою реактора промивного резервуара описаного вище типу.

Утворюючий ділянку перегріву регенеративний теплообмінник і фільтрувальну камеру з сорбційним фільтром для забезпечення ефективної теплопередачі розміщують переважно безпосередньо поряд один із одним із інтервалом між ними менше 5 м, або в більш сприятливому варіанті об'єднують в один компонент. При цьому комбінація може бути розміщена в різних камерах резервуара високого тиску для мінімізації втрат тепла і витрат та забезпечення оптимальних умов перегріву і реакції.

55 Переважно у вищеописаній першій основній формі виконання способу сорбційний фільтр встановлюють в оточуючій центральну камеру кільцевій камері, в яку вже вбудована система газового нагрівання за допомогою теплообмінних труб. Кільцева камера містить, наприклад, металеві сита з перфорованих труб із сорбентом. Для затримання продуктів стирання сорбенту після сорбційного фільтра може бути підключений волокнистий фільтр. В альтернативній формі виконання може бути передбачена працююча майже без застосування тиску конструкція

60 фільтрувальної камери із плоскими фільтрами та проміжним підключенням елементів

регенеративного теплообмінника. При цьому можливим є застосування модульної конструкції, яку складають із множини модулів. Нагрівання сорбційного модуля в такому випадку здійснюють безпосередньо перед пропусканням потоку; в більш сприятливому випадку забезпечують також часткове нагрівання фільтрувальних камер зовнішнім теплоносієм.

В особливо переважній формі виконання винаходу скидальний потік принаймні частково напрямляють крізь центральну камеру, яка оточена фільтрувальною камерою або примикає до неї, причому порівняно сильно стиснений скидальний потік на ділянці високого тиску напрямляють крізь теплообмінні елементи, зокрема теплообмінні труби, які розміщені в центральній камері або введені в неї, і причому розширений, маючий порівняно великий об'єм скидальний потік на ділянці перегріву напрямляють зовні повз теплообмінні елементи крізь центральну камеру. Тобто перед дроселем відносно напрямку потоку ще перебуваючий під високим тиском гарячий скидальний потік (залежно від конкретних обставин також лише його частина) віддає значну частину свого тепла назовні напрямленому навколо труб теплообмінника, вже розширеному скидальному потоку і, таким чином, опосередковано також розміщений ще далі в напрямку назовні фільтрувальній камері для попереднього нагрівання елементів сорбційного фільтра.

Стосовно апаратурного забезпечення це означає, що фільтрувальна камера доцільно оточує центральну камеру або примикає до неї, причому один або множину проточних теплообмінних елементів розміщують у центральній камері або вводять у неї, і причому напрямлення потоку в скидальному трубопроводі здійснюють таким чином, що скидальний потік на ділянці високого тиску напрямляють через теплообмінні елементи, а на ділянці перегріву – повз елементи теплообмінника через центральну камеру. При цьому раціонально передбачено один або множину прохідних отворів між центральною і фільтрувальною камерами, які разом утворюють впуск фільтрувальної камери.

Для забезпечення особливо ефективної теплопередачі елементи теплообмінника виконують переважно в формі труб, на зовнішній стороні яких із рівномірними інтервалами по периметру або в поздовжньому напрямку доцільно формують ребра або виступи. На внутрішній стороні труб теплообмінника також можуть бути передбачені відповідні структурні або вбудовані елементи для турбулізації або утворення завихреного потоку.

У переважній формі виконання винаходу скидальний потік на ділянці перегріву напрямляють зустрічно або перехресно-зустрічно відносно скидального потоку на ділянці високого тиску. Стосовно апаратурного забезпечення це означає, наприклад, що утворюючі ділянку перегріву теплообмінні труби розміщують в центральній камері або вводять у неї, орієнтуючи їх у відповідному напрямку, наприклад в основному в формі вертикальних чи зигзагоподібних труб.

Довготривале активне підтримування ефективної теплопередачі забезпечується завдяки виконанню поверхонь нагрівання у вигляді стійких до забруднення гладких поверхонь зі стійкими до опромінення покриттями або гладких поверхонь із високоякісної сталі, або додатково оброблених, наприклад полірованих чи електрополірованих поверхонь, і вбудовуванню систем розподілу конденсату в зоні теплообміну, таких як, наприклад, донні або жолобчасті системи та/або розпилювальні системи.

Для ще більш інтенсивного попереднього нагрівання за допомогою додаткового теплообмінного пристрою (труб або кільцевої камери) частину перебуваючого під високим тиском скидального потоку відводять із скидального трубопроводу, зокрема ще перед промивним резервуаром, і для нагрівання безпосередньо напрямляють крізь сорбційний фільтр або на ділянку, підключену перед ним в напрямку потоку. Завдяки цьому, зокрема в ситуаціях значного перегрівання атмосфери під захисною оболонкою реактора, вдається додатково підвищити робочу температуру на сорбенті і поліпшити ефективність затримання органічного йоду.

У переважній формі виконання винаходу на ділянці високого тиску встановлюють швидкість скидального потоку в діапазоні від 10 м/с до 50 м/с. На ділянці перегріву швидкість скидального потоку встановлюють переважно в діапазоні від 10 м/с до 70 м/с. Вільний поперечний переріз потоку дроселя доцільно встановлюють таким, щоб тиск на ділянці високого тиску в два-п'ять разів перевищував тиск на ділянці перегріву. Зокрема, завдяки цьому при наявності промивного пристрою (скрубера Вентурі) на ділянці високого тиску мокре фільтрування скидального потоку, яке відбувається в ньому під тиском від близько 7 до 1 бар, здійснюють переважно під тиском, який у два-п'ять разів перевищує тиск молекулярного сита на сорбційному фільтрі, що приблизно відповідає атмосферному тиску.

Як вже було описано вище, вміщуючий аерозолі відвідний газ на ділянці високого тиску переважно напрямляють по трубах теплообмінника, які доцільно розміщені в каналоподібній структурі (центральної камері) для утворення високих швидкостей газового потоку, зокрема



понад 10 м/с. Елементи теплопередачі (ребра) на стороні необробленого газу сформовані переважно з інтервалом понад 1 мм, особливо переважно понад 5 мм, і переважно орієнтовані вертикально. Завдяки вибору відповідно збільшеного розміру площі теплообмінної поверхні на стороні вміщуючого аерозолі газу, з додатковим резервом нагрівальної поверхні понад 100 %, причому особливо міцними і надійними в експлуатації є теплообмінні поверхні з резервом понад 500 % (відносно значення без накипу), може бути забезпечений надійний режим роботи. В блоці теплообмінника при цьому цілеспрямовано може бути здійснене також часткове фільтрування для затримання аерозолів і йоду.

Можливість напрямлення вміщуючих аерозолі газів по теплообмінних трубах забезпечується при застосуванні гладкотрубного теплообмінника і при особливо високій швидкості потоку, наприклад від понад 10 м/с до 50 м/с, що дозволяє запобігти утворенню можливих відкладень в трубах. На стороні зі зниженим, атмосферним тиском, на стадіях обробки максимальної кількості матеріалу, також встановлюють дуже високу швидкість газового потоку від понад 10 м/с до 70 м/с, що дозволяє досягти високої ефективності теплопередачі і застосовувати дуже компактні компоненти.

Високошвидкісну регенеративну рекуперацію тепла можна здійснювати переважно за допомогою теплообмінника, що діє за принципом зустрічного або перехресно-зустрічного напрямлення потоків, у формі теплообмінника з ребристими трубами або пластинчатого теплообмінника. Для досягнення ефективної теплопередачі у випадках із обробкою невеликої кількості матеріалу в/на трубах для утворення турбулентних та/або завихрених потоків передбачають переважно відповідні вбудовані елементи або структуровані поверхні (ребра тощо). При цьому вдається досягти коефіцієнта ефективності рекуперації тепла понад 0,5 при високому тиску під захисною оболонкою ядерного реактора і обробці великої кількості матеріалу, який потім може бути збільшений до 0,8 при низькому тиску під захисною оболонкою реактора і обробці невеликої кількості матеріалу, із застосуванням дуже компактних модулів.

У переважній формі виконання винаходу центральну камеру блока теплообмінник-сорбційний фільтр в зоні дна сполучають зі збірним резервуаром для конденсату, утворюваного в процесі роботи. Шляхом нагнітання або закладання гідроксиду натрію чи натрієвого лугу (NaOH) та/або тіосульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), та/або пероксиду кальцію ( $\text{CaO}_2$ ) в конденсат, наприклад в зоні збірного резервуара для конденсату, або шляхом впорскування у центральну камеру можна додатково суттєво збільшити осадження йоду на ділянці низького тиску регенеративного теплообмінника. Крім цього, таким чином можна сприяти фільтруванню чи затриманню хлоровмісних газів.

В особливо переважній формі виконання системи для скидання тиску під захисною оболонкою реактора, альтернативно або додатково також поза захисною оболонкою реактора, встановлюють фільтр попереднього очищення (фільтр попереднього сухого очищення) для грубого відфільтровування аерозолів із скидального потоку. Паралельно фільтру попереднього очищення переважно підключений виконаний із можливістю перекриття регульованим клапаном обвідний трубопровід, завдяки чому скидальний потік у разі необхідності може бути частково або повністю напрямлений повз фільтр попереднього очищення із захисної оболонки реактора до розміщених зовні фільтрувальних систем.

Таким чином, при скиданні тиску під захисною оболонкою реактора сильно забруднений радіоактивними матеріалами газовий потік може бути напрямлений крізь фільтр попереднього очищення, в якому, наприклад за допомогою металевих патронів нутч-фільтрів або металоволокнистих фільтрів, забезпечується ефективне відфільтровування грубодисперсних аерозолів із діаметром частинок більше 1 мкм (ефективність затримання переважно понад 90 %) і часткове відфільтровування невеликої кількості тонкодисперсних аерозолів із діаметром частинок менше 1 мкм (ефективність затримання понад 50 %). Попереднє фільтрування здійснюють переважно під тиском, який в два-п'ять разів перевищує тиск на сорбційному фільтрі (молекулярне сито), в діапазоні, наприклад, від 7 до 1 бар.

Для обмеження можливих втрат тиску на фільтрі попереднього очищення і, зокрема при послідовному підключенні промивного пристрою (Вентурі) до впускних сопел, наприклад сопел Вентурі, забезпечення можливості встановлення порівняно великої швидкості втікання потоку, в разі необхідності передбачають застосування обвідного трубопроводу без пропускання потоку крізь фільтр попереднього очищення. Відкривання обвідного трубопроводу відбувається переважно автоматично і пасивно (тобто без застосування енергії від сторонніх джерел), для чого вбудовують пристрій для обмеження надлишкового тиску, такий як, наприклад, запобіжна мембрана або навантажений зусиллям пружини перепускний клапанний пристрій. Механізм відкривання може бути відрегульований, наприклад, таким чином, щоб забезпечувати деблокування обвідного трубопроводу в тому випадку, якщо втрата тиску на фільтрі

попереднього очищення перевищуватиме 0,5 бар. Завдяки забезпечуваному при перекритому обвідному трубопроводі за допомогою фільтра попереднього очищення затриманню переважної кількості аерозолів, утворених на початковій стадії аварії, що характеризується їх високою концентрацією, потім на наступній стадії аварії при відкритому обвідному трубопроводі може  
5 бути забезпечений ефективний режим роботи регенеративного теплообмінного пристрою навіть без фільтра попереднього очищення.

Розміри відповідних компонентів установки та експлуатаційні параметри в режимі скидання тиску вибирають переважно таким чином, щоб втрата тиску на фільтрі попереднього очищення і регенеративному теплообміннику на ділянці високого тиску в цілому становила менше 30 %  
10 загальної втрати тиску до вивільнення в атмосферу для забезпечення високих температур для регенеративного нагрівання.

У переважній формі виконання винаходу для нагрівання скидального потоку в скидальному трубопроводі передбачений додатковий нагрівальний пристрій, зокрема електричний нагрівальний пристрій або нагрівальний пристрій, працюючий на технологічній парі від іншої  
15 установки, який раціонально виконаний із можливістю встановлення або регулювання параметрів незалежно від технологічних умов в регенеративному теплообміннику і на ділянці перегріву. Цей нагрівальний пристрій може бути підключений, наприклад, після дроселя відносно напрямку потоку. Альтернативно або додатково подібні нагрівальні елементи можуть бути підключені також перед дроселем відносно напрямку потоку на ділянці високого тиску  
20 скидального трубопроводу. Переважним є, наприклад, розміщення у промивному резервуарі (в разі наявності), зокрема в басейні для промивальної рідини або над ним, наприклад в зоні викиду чи у зоні застосовуваних у разі потреби сепараторів/додаткових фільтрів.

Подібне додаткове нагрівання скидального потоку може бути здійснене також за допомогою другого, попередньо нагріваного за допомогою скидального потоку або окремих допоміжних  
25 джерел енергії акумулятора тепла. Ці пристрої можуть бути також використані для забезпечення роботи на стадії пуску.

В іншій формі виконання винаходу між дросельним пристроєм і ділянкою перегріву в скидальний трубопровід включають газоосушувач або осушувач-охолоджувач, який забезпечує  
30 додаткове висушування газу і зниження температури точки роси скидального потоку перед його впуском на ділянку перегріву. Охолоджувальну потужність такого осушувача-охолоджувача встановлюють переважно меншою, ніж 25 % охолоджувальної потужності регенеративного теплообмінника, переважно менше 10 %.

Завдяки цьому в режимах експлуатації з уже низьким тиском під захисною оболонкою реактора і низькою температурою, тобто з лише невеликим потенціалом перегріву, як це має  
35 місце, наприклад, на стадії пуску, в проміжному охолоджувальному пристрої температуру точки роси зменшують шляхом часткової конденсації і передачі тепла навколишньому середовищу або масам із відповідною теплоємністю, які необхідно нагрівати. Тепер на наступній ділянці перегріву шляхом нагрівання скидального потоку приблизно до технологічної температури на ділянці високого тиску може бути забезпечена суттєва різниця між температурою потоку і  
40 точкою роси.

Окрім цього, між дросельним пристроєм і сорбційним фільтром у скидальний трубопровід може бути підключений (додатковий) промивний пристрій, розрахований на затримання  
45 хлоровмісних та/або нітрозних газів, завдяки чому скидальний потік після його розширення в дросельному пристрої і перед пропусканням крізь сорбційний фільтр піддають відповідному очищенню в промивному пристрої.

У переважній формі виконання винаходу в скидальний трубопровід підключають витяжний вентилятор із електроприводом або приводом від двигуна внутрішнього згоряння чи передбачають можливість його підключення в разі необхідності, завдяки чому зокрема при  
50 довготривалій експлуатації системи для скидання тиску, тобто коли утворений спочатку в разі аварії високий внутрішній тиск під захисною оболонкою реактора вже суттєво зменшується, скидальний потік "активно" відводиться витяжним вентилятором з-під захисної оболонки реактора по скидальному трубопроводу через розміщені в ньому фільтрувальні пристрої. Іншими словами, завдяки підключенню витяжного вентилятора забезпечується можливість  
55 активного застосування фільтрувальної системи також у довготривалому режимі експлуатації після аварії, а також її цілеспрямованого використання для підтримання зниженого тиску під захисною оболонкою реактора, щоб повністю уникнути витоку назовні нефільтрованих потоків з-під захисної оболонки реактора.

Описані вище заходи, зокрема висушування газу та збільшення внаслідок цього різниці між температурою потоку і точкою роси, дозволяють надійно уникати суттєвого навантаження  
60 великої внутрішньої реакційної поверхні сорбційного фільтра водовмісною парою, як у макро-,

так і в мікропорах сорбційного засобу, і таким чином особливо ефективно забезпечувати затримання йоду шляхом адсорбції на поверхнях, а в разі необхідності хемосорбції на сорбційному матеріалі.

У переважній формі виконання винаходу, зокрема при здійсненні мокрого фільтрування на ділянці високого тиску за допомогою відповідного промивного пристрою, у скидальний трубопровід підключений обвідний трубопровід в обхід фільтрувальної камери. При цьому переважно передбачена можливість регулювання частини скидального потоку, яку направляють через обвідний трубопровід, за допомогою відповідних регулювальних засобів. Завдяки цьому забезпечується можливість такого режиму роботи системи для скидання тиску, в якому (регульовану) частину скидального потоку випускають через обвідний трубопровід в обхід фільтрувальної камери і розміщеного в ній йодосорбційного фільтра безпосередньо в атмосферу. Для узгодження тисків в обвідний трубопровід переважно включений відповідний редукційний клапан.

Завдяки цьому при дуже великій кількості оброблюваного матеріалу, наприклад на ранніх стадіях аварії з утворенням великої кількості газу і невеликої кількості органічного йоду та ефективного осадження домінуючого на цій стадії елементарного йоду у включеному перед фільтром відносно напрямку потоку промивному пристрої, може бути здійснене ефективне затримання всіх радіоактивних матеріалів без надмірного навантаження йодосорбційного фільтра. На наступних стадіях аварії – із початком утворення протягом цього проміжку часу органічного йоду і порівняно зменшеною кількістю утворюваного газу – при майже повністю або повністю перекритому обвідному трубопроводі переважно здійснюють повнопотокове фільтрування із застосуванням йодосорбційного фільтра для подальшого забезпечення високої ефективності затримання всіх радіоактивних матеріалів.

Сорбційні матеріали чи сорбенти, які виготовляють із неорганічних матеріалів, переважно мають площу внутрішньої поверхні понад 50 м<sup>2</sup>/г. Таким чином, завдяки здійснюваному тепер безперервно перегріву забезпечується можливість застосування сорбційних матеріалів навіть із чутливим до вологи (водорозчинним) нанесеним на них або введеним у них у формі домішки нітратом срібла.

Наприклад, застосування просочених сріблом керамічних продуктів, зокрема силікагелю, забезпечує можливість дуже високої ефективності осадження йоду, яка перевищує 99,9 %. Молекулярне сито може бути, наприклад, виготовлене також на основі цеоліту або із застосуванням іншого, переважно неорганічного носія, покритого або легованого нітратом срібла (AgNO<sub>3</sub>), який при потраплянні на нього йоду перетворюється, наприклад, на йодид срібла. Проте, це є сприятливим лише у разі забезпечення достатнього перегріву скидального потоку на всіх стадіях технологічного процесу.

У переважній формі виконання винаходу при цьому може бути здійснене також високоефективне затримання органічного йоду в забруднених газах, наприклад у газах, які містять оксиди азоту тощо.

Як міцний матеріал для фільтрів може бути використаний синтетичний цеоліт, в тривимірну кристалічну решітку якого введені, наприклад, шляхом іонообміну катіони срібла та/або важких металів. Можливим є також застосування комбінацій цеолітів, які не містять зв'язувальні речовини і мають переважно відкриту структуру. Такі не вміщуючі зв'язувальних речовин молекулярні сита, наприклад зі структурою типу фожазиту, є ще більш надійними в експлуатації, навіть в атмосфері сильно перегрітої пари, наприклад із температурою понад 200 °С, а також в умовах короткотривалої сорбції водяної пари (вологий режим). Таким чином, короткотривалий вологий режим не призводить до руйнування цих легованих, наприклад, сріблом, цеолітів. Допустимим може бути також введення невеликої кількості лугу. Крім цього, завдяки адсорбції вологи може бути забезпечений (додатковий) короткочасний перегрів газу.

Особливо переважною є форма виконання винаходу, в якій сорбційний фільтр містить сорбційний матеріал на цеолітній основі в формі суміші цеолітів із водонерозчинною домішкою, зокрема домішкою срібла, і неорганічні сорбційні матеріали з водорозчинною домішкою, наприклад нітратом срібла. При цьому також протягом короткочасних стадій вологого режиму адсорбція водяної пари раціонально відбувається виключно або в кожному випадку насамперед на цеоліті, причому тимчасове вивільнення теплоти в процесі адсорбції сприяє здійсненню технологічного процесу, завдяки чому можна надійно уникнути виділення водорозчинних речовин, таких як, наприклад, нітрат срібла. Ця комбінація в формі суміші, наприклад, як цеолітів із домішкою срібла, так і молекулярного сита з домішкою нітрату срібла, та/або також нанесена на спільний носій, виявляється високоефективною і надійною в експлуатації внаслідок подвійного механізму осадження.

Окрім цього як придатні до застосування сорбційні матеріали для особливо ефективного та економічного затримання йоду можуть бути використані фосфазенові молекули, фосфазенові цеоліти, зокрема цикло-трифосфазенові цеоліти, кристали каналного типу, в разі необхідності з додатковими домішками.

5 У переважній формі виконання винаходу фільтрувальна камера поряд із йодосорбційним фільтром може містити також додаткові фільтрувальні та затримувальні пристрої, наприклад для затримання хлоровмісних та/або нітрозних газів, та/або масловмісних сполук. Для цього можуть бути передбачені, наприклад, фільтри з піщаним баластним шаром, а також в разі необхідності подача через сопла або закладення відповідних хімікатів.

10 Додатково при цьому на певних стадіях технологічного процесу завдяки цілеспрямованій частковій адсорбції водяної пари на вищеописаних цеолітах (збільшення вологості, наприклад, менше ніж на 2 масових відсотки шляхом сорбції), може бути забезпечений додатковий короткочасний перегрів газу, а разом із цим також бажане безперервне затримання органічного йоду. Це представляє інтерес, зокрема, на стадії пуску (так звана пускова адсорбція). Для  
15 обмеження температури при утворенні вологи може бути здійснене також цілеспрямоване обмеження каталітичної активності цих сорбентів, наприклад за допомогою дифузійних шарів або змішаного легування (зокрема іонами срібла та/або важких металів) і в разі необхідності некаталітичних добавок.

Як вже було описано вище, в пусковому режимі системи для скидання тиску – при ще  
20 порівняно низьких робочих температурах - переважно допускають принаймні часткову адсорбцію пари в сорбційному фільтрі і використовують тепло абсорбції для перегріву скидального потоку і сорбційного фільтра. Проте, це є доцільним лише у тому випадку, якщо сорбційний фільтр є достатньо нечутливим до вологи, тобто, наприклад, виконаний на основі цеоліту із нерозчинною домішкою.

25 В іншій основній формі виконання способу, в якій передбачене підключення промивного резервуара для мокрого фільтрування скидального потоку на ділянці високого тиску, промивальну рідину з промивного резервуара напрямляють по циркуляційному трубопроводу, принаймні одна ділянка якого перебуває в термічному контакті з фільтрувальною камерою і нагріває її шляхом передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини. Стосовно  
30 апаратного забезпечення це означає, що до промивного резервуара підключений циркуляційний трубопровід для циркуляції промивальної рідини, причому циркуляційний трубопровід прокладений повз фільтрувальну камеру і перебуває з нею в термічному контакті, завдяки чому здійснюється передача тепла від циркулюючої промивальної рідини фільтрувальній камері.

35 Отже, це означає, що на ділянці високого тиску скидального трубопроводу введена разом із відповідним газом кількість тепла у промивному резервуарі більшою частиною передається промивальній рідині, яка потім циркулює через фільтрувальну камеру або повз неї, де відбувається повторна передача тепла для нагрівання фільтрувальної камери з сорбційним фільтром та/або для перегріву розширеного шляхом пропускання через дросель скидального  
40 потоку безпосередньо перед його впуском у сорбційний фільтр.

Особливо переважною є форма виконання, в якій розширений за допомогою дроселя скидальний потік на ділянці перегріву перебуває в термічному контакті з циркуляційним трубопроводом і нагрівається шляхом передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини. Для цього ділянка перегріву скидального трубопроводу через поверхні теплообмінника термічно  
45 сполучена з циркуляційним трубопроводом, завдяки чому там здійснюється передача тепла від циркулюючої промивальної рідини скидальному потоку.

У переважній формі виконання керування потоком промивальної рідини по циркуляційному трубопроводу здійснюють за допомогою імпульсу, переданого у промивному резервуарі від скидального потоку промивальній рідині. Для цього принаймні одне з впускних сопл орієнтують  
50 відповідним чином, наприклад на впускний отвір циркуляційного трубопроводу, завдяки чому переданий у промивальну рідину імпульс протікаючого по ньому скидального потоку ініціює циркуляцію промивальної рідини по циркуляційному трубопроводу. Проте, альтернативно або додатково можуть бути передбачені також відповідні насоси, які приводять у дію за допомогою приводів, щоб приводити в рух або підтримувати циркуляційний потік.

55 У переважній формі виконання циркуляційний трубопровід має сполучений із промивним резервуаром впуск промивальної рідини і розташований вище відносно впуску промивальної рідини, також сполучений з промивним резервуаром випуск промивальної рідини. Таким чином, відведену з промивного резервуара промивальну рідину після протікання по циркуляційному трубопроводу знову напрямляють у промивний резервуар у місці, геодезична висота якого є  
60 вищою, ніж геодезична висота місця відведення.

Переважно промивальну рідину відбирають із промивного резервуара в такому місці, в якому вміст бульбашок газу в скидальному потоці є найбільшим, тобто, наприклад, в зоні викиду впускних сопел.

У переважній формі виконання винаходу передбачено центральну камеру, яка оточена фільтрувальною камерою або примикає до неї, причому циркулюючу промивальну рідину напрямляють по розміщених в центральній камері або введених у неї теплообмінних елементах, зокрема теплообмінних трубах, і при цьому скидальний потік на ділянці перегріву напрямляють зовні повз теплообмінні елементи через центральну камеру. Таким чином, промивальна рідина в процесі протікання по теплообмінних трубах віддає велику частину свого тепла напрямленому повз труби під низьким тиском скидальному потоку, який при цьому перегрівають перед впуском у фільтрувальну камеру. Крім цього, перегрітий таким чином скидальний потік низького тиску перед впуском у фільтрувальну камеру віддає невелику частину свого тепла розташованій далі в напрямку назовні фільтрувальній камері, внаслідок чого певною мірою забезпечується її попереднє підігрівання.

Окрім цього, сприятливим є також напрямлення скидального потоку низького тиску у центральній камері зустрічно або перехресно-зустрічно відносно потоку промивальної рідини через теплообмінні елементи.

Окрім цього, в переважній формі виконання скидальний потік напрямляють в основному вертикально згори вниз через центральну камеру, а промивальну рідину напрямляють в основному вертикально знизу вгору через теплообмінні елементи.

Переважно швидкість потоку промивальної рідини в циркуляційному трубопроводі встановлюють більше ніж 1 м/с, переважно більше ніж 3 м/с, що дозволяє надійно уникнути відкладень із промивальної рідини і забезпечити особливо ефективну теплопередачу.

Іншими словами: для приведення в рух використовуваної як теплоносії промивальної рідини застосовують імпульс високошвидкісного впуску відповідного газу. При цьому промивальну рідину відбирають із промивного резервуара поблизу впуску відповідного газу і подають по трубах у теплообмінник блоку теплообмінник-сорбційний фільтр, а потім знову повертають у басейн промивного резервуара. Саме завдяки цілеспрямованому відбору вміщуючої більшу кількість відповідного газу суміші рідин (з бульбашками) і її напрямленню по висхідній через теплообмінний пристрій внаслідок меншої густини порівняно з густиною промивальної рідини (без бульбашок) у басейні промивного резервуара, зокрема якщо геодезична висота місця повторного впуску є більшою, ніж геодезична висота місця відбору, забезпечується додаткове посилення імпульсу для приведення рідини в рух. Шляхом відбору промивальної рідини, яка містить повітряні та парові бульбашки, з найгарячішої зони скрубера, і конденсації парових бульбашок в процесі теплопередачі можна додатково підвищити температуру і мінімізувати недогрів до температури насичення при теплообміні. Повернення промивальної рідини до промивного резервуара переважно здійснюють в місці над зоною осадження.

Слід також зауважити, що наведені вище висновки в зв'язку з першою основною формою виконання способу/пристрою відносно фільтрувальних матеріалів, а також температурних умов на сорбційному фільтрі, режиму тиску і швидкостей потоку в трубопроводах, по яких напрямляють відповідний газ, конструкції промивного резервуара і розміщених у ньому впускних сопел, а також відносно додатково передбачуваних компонентів, тобто газоосушувача, вентилятора, додаткового фільтру тощо, безсумнівно стосуються також другої основної форми виконання, і тому повторювати ці висновки тут ще раз немає потреби.

Першу і другу основні форми виконання способу і відповідного пристрою для скидання тиску можна також комбінувати між собою, а саме, зокрема, таким чином, що нагрівання фільтрувальної камери з сорбційним фільтром та/або розширеного скидального потоку на ділянці перегріву може бути здійснене як безпосередньо за допомогою скидального потоку на ділянці високого тиску ("сухий спосіб"), так і опосередковано за допомогою промивальної рідини ("рідинний/мокрый спосіб"). Наприклад, конструкція може бути такою, що нагрівання принаймні в певних технологічних режимах здійснюють паралельно обома способами (тобто як "сухим", так і "мокрим"), проте в інших технологічних режимах, наприклад залежно від рівня промивальної рідини в промивному резервуарі, лише одним із двох способів. У вдосконаленій формі виконання передбачені засоби для забезпечення активного і цілеспрямованого перемикання із одного режиму в інший.

Саме при застосуванні описаної вище комбінації різних концепцій нагрівання, а також в інших випадках промивний резервуар і блок теплообмінник-сорбційний фільтр, залежно від конкретних обставин також лише його частини, наприклад теплообмінник, конструктивно можуть бути об'єднані чи інтегровані в один компонент. Пояснення відповідного прикладу наведене в докладному описі ілюстрацій.

Стосовно пристрою вказану на початку задачу вирішено шляхом розроблення системи для скидання тиску з ознаками пункту 20 формули винаходу.

При цьому згідно з винаходом у скидальному трубопроводі між дросельним пристроєм і впуском фільтрувальної камери передбачено ділянку перегріву, яка через теплообмінні поверхні термічно сполучена із ділянкою високого тиску, причому завдяки відповідному вибору розмірів цих теплообмінних поверхонь утворюваний в умовах розрахункових аварій скидальний потік на ділянці перегріву нагрівають до температури, яка принаймні на 10 °C, переважно на 20-50 °C перевищує температуру точки роси на цій ділянці.

Інші переважні форми виконання пристрою вже були описані вище або логічно впливають із опису відповідних стадій технологічного процесу.

Досягнуті згідно з винаходом переваги полягають зокрема в тому, що шляхом цілеспрямованого нагрівання скидального потоку перед його впуском в йодосорбційний фільтр можна надійно запобігти значного навантаження реакційних поверхонь водяною парою та блокування як макро-, так і мікропор сорбційного засобу внаслідок капілярної конденсації. Завдяки здійсненню процесу перегріву пасивно-регенеративним способом із рекуперацією тепла з ділянки високого тиску спосіб може бути застосований також у випадку повного знеструмлення атомної електростанції (англ. "station blackout"), на якій необхідно здійснити скидання тиску. Крім цього, внаслідок вирішально високого перегріву газу, що становить понад 10 °C, переважно понад 20 °C, наприклад в діапазоні температур від понад 120 °C до 170 °C і вище (при обробці великої кількості газу в одиницю часу і великому перегріві газу на початковій стадії процесу скидання тиску), відбувається значне підвищення швидкості реакції в йодосорбційному фільтрі. Завдяки дуже великим, тепер практично без обмеження, внутрішнім реакційним поверхням і поліпшенню дифузії може бути забезпечене пасивне високоефективне йодосорбційне фільтрування, також для затримання сполук органічного йоду, ефективність якого перевищує 97 %, переважно перевищує 99 %. Ресуспендуванню (повторному вивільненню) йоду із йодосорбційного фільтра можна надійно уникнути шляхом хімічного зв'язування йоду і постійного нагрівання йодосорбційного фільтра.

Таким чином, завдяки високоефективному мокрому фільтруванню скидального потоку на ділянці високого тиску, в разі необхідності в поєднанні з іншими фільтрувальними пристроями, зокрема металевим фільтром попереднього очищення та/або сухим фільтром із піщаним або гравійним баластним шаром, вперше забезпечується можливість випуску в навколишнє середовище активних газів або парів, які утворюються в аварійних ситуаціях під захисною оболонкою реактора, для вирішального обмеження тиску під захисною оболонкою реактора, причому досягнута шляхом фільтрування ефективність затримки органічного йоду становить від понад 99 % до 99,9 %. При цьому фільтрувальна система надійно затримує також інші зважені в повітрі радіоактивні матеріали та аерозолі, навіть якщо режим скидання тиску триває протягом багатьох діб.

Різні приклади виконання винаходу далі докладніше пояснюються за допомогою креслень. На кресленнях наведені зазначені далі значно спрощені схематичні зображення:

Фіг. 1 Принципова схема суттєвих компонентів відповідної винаходові системи для скидання тиску в атомній електростанції,

Фіг. 2 Комбінований блок регенеративного теплообмінника і сорбційного фільтра системи для скидання тиску згідно з фіг. 1 у поздовжньому перерізі,

Фіг. 3 Кілька встановлених поряд блоків регенеративного теплообмінника і сорбційного фільтра згідно з фіг. 2 в ізометричній проекції,

Фіг. 4 Альтернативний варіант системи для скидання тиску згідно з фіг. 1, та

Фіг. 5 Альтернативний варіант комбінованого блока регенеративного теплообмінника і сорбційного фільтра згідно з фіг. 2 із вбудованим промивним резервуаром.

Однакові або діючі за однаковим принципом деталі на всіх кресленнях мають однакові позиційні позначення.

Зображена на фіг. 1 у вигляді окремих частин атомна електростанція 2 має називану також протиаварійною оболонкою реактора зовнішню захисну оболонку 4 у вигляді масивної залізобетонної конструкції. Захисна оболонка 4 оточує внутрішню порожнину 6. У внутрішній порожнині 6 розміщені суттєві ядерні компоненти атомної електростанції 2, такі як, наприклад, корпус реактора під тиском із активною зоною, а також інші ядерні і неядерні компоненти установки (не зображені на кресленні). На внутрішній поверхні залізобетонного шару захисної оболонки 4 передбачене сталеве облицювання. Захисна оболонка 4 забезпечує герметичну ізоляцію внутрішньої порожнини 6 від навколишнього середовища, а в разі неможливої аварії з вивільненням радіоактивно забруднених газів або парів - їх затримання та ізоляцію у внутрішній порожнині 6.

Захисна оболонка 4 розрахована на підтримання навіть порівняно високого внутрішнього тиску, наприклад від 3 до 8 бар, у внутрішній порожнині 6, який може бути утворений, зокрема, у випадках аварій із масованим вивільненням пари, і одночасного збереження герметичності протягом довготривалого періоду. Проте, для додаткового збільшення безпеки ядерного реактора, а також забезпечення можливості відновлення доступу людей у внутрішню порожнину 6 після аварії, передбачено систему 8 для скидання тиску, виконану з можливістю фільтрування, очищення і випуску в навколишній простір перебуваючих у внутрішній порожнині 6 газів і парів, найретельніше очищених від радіоактивних матеріалів, завдяки чому забезпечується можливість контрольованого скидання тиску у внутрішній порожнині 6. Відповідний процес називають також відведенням (видаленням) газу (venting).

Система 8 для скидання тиску в даному випадку розрахована на особливо ефективне і енергетично сприятливе затримання наявних у відвідному газі носіїв радіоактивності, зокрема елементарного йоду та йодовмісних органічних сполук із низькою кількістю атомів вуглецю (так званого органічного йоду). Для цього система 8 для скидання тиску охоплює приєднаний до випуску 10 чи прохідному отвору захисної оболонки 4 скидальний трубопровід 12, до якого послідовно підключені зокрема промивний резервуар 14 і встановлений після нього відносно напрямку потоку у фільтрувальній камері 16 сорбційний фільтр 18, а саме йодсорбційний фільтр. Ще далі відносно напрямку потоку фільтрований скидальний потік через газовідвідну трубу 20 або димову трубу, взагалі через випускний отвір, випускають в навколишню атмосферу. Напрямок скидального потоку позначений стрілками.

Як зображено на фіг. 1, скидальний трубопровід 12 може включати також розміщену під захисною оболонкою 4 внутрішню ділянку 22, до якої необов'язково підключений фільтр 24 попереднього очищення, зокрема металевий фільтр попереднього очищення, для затримання грубодисперсних аерозолів. Для забезпечення в разі необхідності можливості напрямлення потоку повз фільтр 24 попереднього очищення передбачений підключений паралельно до нього обвідний трубопровід 26, виконаний з можливістю відкривання або перекривання за допомогою регульовального клапана 28 залежно від потреби.

Один або кілька підключених до скидального трубопроводу 12, закритих в нормальному режимі роботи атомної електростанції 2 запірних клапанів 30, як зображено на фіг. 1, можуть бути встановлені поза захисною оболонкою 4, альтернативно або додатково також під захисною оболонкою 4. Для ініціювання процесу скидання тиску при аварії з підвищенням тиску у внутрішній порожнині 6 відкривають відповідний запірний клапан 30, переважно в автоматичному режимі і без застосування енергії від сторонніх джерел, наприклад за допомогою керованого тиском пускового пристрою.

Для встановлення якомога більш оптимальних з урахуванням мети фільтрування технологічних умов для сорбційного фільтра 18 передбачений описаний далі комплекс технічних заходів.

По-перше, перебуваючий під порівняно високим тиском скидальний потік (потік відвідного газу), який надходить із внутрішньої порожнини 6 захисної оболонки 4, напрямляють у промивний резервуар 14 крізь промивальну рідину 32, очищуючи його таким чином, зокрема від грубодисперсних аерозолів.

Для цього в стані готовності системи 8 для скидання тиску підтримують мінімально допустимий рівень 34 промивальної рідини 32 у промивному резервуарі 14. Для хімічного кондиціонування промивальної рідини 32, зокрема для поліпшення параметрів фільтрування і затримання, у промивальну рідину 32 за допомогою лише схематично позначеного на цьому кресленні дозувального пристрою 36 можна вводити відповідні реагенти, наприклад розчин тіосульфату натрію.

У режимі випуску газу, тобто у випадку скидання тиску, скидальний потік напрямляють через ділянку 38 скидального трубопроводу 12 у промивний резервуар 14, з якого він виходить через розподільник 40, а потім множину підключених паралельно відносно напрямку потоку впускних сопел 42. Впускні сопла 42 встановлені нижче мінімально допустимого рівня 34 промивальної рідини у так званому басейні 44 для промивальної рідини, скорочено "басейні", промивного резервуара 14, і виконані в даному випадку у формі сопел Вентурі. При цьому кожне з впускних сопел 42 містить трубку 46 Вентурі зі звуженою ділянкою, причому в називаному також горловиною місці звуження передбачений кільцевий проріз (не зображений на кресленні) для підведення оточуючої промивальної рідини 32. Скидальний потік, який в режимі скидання тиску пропускають через трубку 46 Вентурі, завдяки цьому підхоплюється промивальною рідиною 32, яку підводять до горловини. Тому з орієнтованих угору впускних отворів 48 впускних сопел 42 відбувається викид утворюваної в результаті внутрішнього завихрення суміші промивальної

рідини з відповідним газом, причому більша частина сторонніх домішок та аерозолів, які містить відповідний газ, проникає у промивальну рідину 32.

У зоні 50 викиду над басейном 44 для промивальної рідини під дією сили тяжіння знову відбувається розділення суміші промивальної рідини з відповідним газом на рідкі та газоподібні компоненти. Промивальна рідина 32, кількість якої залежно від конкретних обставин збільшується за рахунок конденсату з потоку відповідного газу, насичена аерозолями і сторонніми домішками (частинками, розчинними газами), стікає назад у басейн 44 для промивальної рідини. Надлишкову промивальну рідину 32 чи конденсат в разі необхідності відводять через приєднаний до дна промивного резервуара 14 відвід 54 для рідини, оснащений запірним клапаном 52, завдяки чому рівень рідини в промивному резервуарі 14 не перевищує заданий максимально допустимий рівень 56. Очищений у процесі промивання і все ще перебуваючий під високим тиском відповідний газ – після пропускання через розміщений над зоною 50 викиду вище максимально допустимого рівня 56 вологовіддільник 58 і в разі потреби додаткові фільтрувальні елементи 60 – випускають в напрямку вгору через вихідний отвір 62 із промивного резервуара 14 і направляють на наступну ділянку 64 скидального трубопроводу 12.

По-друге, відбувається нагрівання самої фільтрувальної камери 16, що містить сорбційний фільтр 18, у режимі скидання тиску через відповідні теплообмінні поверхні 66, 68 попередньо очищеним у промивному резервуарі 14 скидальним потоком, що надходить з ділянки 64 трубопроводу і перебуває під тиском, який ще приблизно (в будь-якому випадку стосовно порядку величин) дорівнює тиску у внутрішній порожнині 6 захисної оболонки 4, та є порівняно гарячим. Лише після цієї тепловіддачі і теплопередачі на ділянці 70 високого тиску скидального трубопроводу 12 скидальний потік піддають розширенню в підключеному далі відносно напрямку потоку дросельному клапані, скорочено дроселі 72, до значення, яке приблизно (в будь-якому випадку стосовно порядку величин) відповідає навколишньому тиску, і при цьому висушують. Частина скидального трубопроводу 12 перед дроселем 72 відносно напрямку потоку утворює ділянку 70 високого тиску, а його частина після дроселя відносно напрямку потоку утворює ділянку 74 низького тиску 74.

Після висушування шляхом розширення за допомогою дроселя 72 скидальний потік направляють через (необов'язково підключений) додатковий газоосушувач 76 з відповідним конденсатовідвідником і збірним резервуаром 78 для конденсату. Після цього відносно напрямку потоку скидальний потік на ділянці 74 низького тиску скидального трубопроводу 12 направляють повз ділянку 70 високого тиску таким чином, що на відповідних теплообмінних поверхнях 68 ділянки 80 перегріву відбувається передача тепла від газового потоку на ділянці 70 високого тиску газовому потоку на ділянці 74 низького тиску. Лише після спричиненого таким чином перегріву розширений скидальний потік направляють через фільтрувальну камеру 16, оснащену сорбційним фільтром 18.

Таким чином, теплову енергію ще не розширеного скидального потоку на ділянці 70 високого тиску використовують двічі: по-перше, через теплообмінні поверхні 66, 68 забезпечується нагрівання фільтрувальної камери 16 із розміщеним у ній сорбційним фільтром 18. По-друге, за допомогою теплообмінних поверхонь 68 перегрів розширеного скидального потоку здійснюють безпосередньо перед впуском у фільтрувальну камеру 16. При цьому шляхом вибору відповідних розмірів та конструкції направляючих потік і теплопровідних компонентів, а в разі необхідності шляхом відповідного регулювання поперечного перерізу дроселя 72, а також інших експлуатаційних параметрів забезпечується нагрівання скидального потоку на ділянці 80 перегріву, тобто безпосередньо перед впуском у фільтрувальну камеру 16, до температури, яка принаймні на 10 °C перевищує температуру точки роси на цій ділянці, а в режимі повного навантаження системи 8 для скидання тиску навіть принаймні на 20 °C. Комбінування цих обох заходів дозволяє надійно запобігти конденсації скидального потоку в фільтрувальній камері 16, яка могла б призвести до зменшення ефективності або навіть довготривалого пошкодження сорбційного фільтра 18.

На фіг. 2 наведено більш деталізоване зображення конкретної форми виконання блока 82 теплообмінник-сорбційний фільтр, який містить теплообмінні поверхні 66 і 68. Фільтрувальна камера 16 виконана в формі кільцевої камери, яка кільцеподібно і зокрема коаксіально оточує, наприклад, циліндричну або прямокутну центральну камеру 84. Поздовжня вісь блока 82 теплообмінник-сорбційний фільтр орієнтована вертикально. Газонепроникне відокремлення фільтрувальної камери 16 від центральної камери 84 – принаймні в нижній частині – забезпечується за допомогою перегородки 86, яка добре проводить тепло. В свою чергу, фільтрувальна камера 16 розділена розміщеними в ній кільцеподібно фільтрувальними елементами 88 на внутрішню, обмежену в напрямку всередину перегородкою 86 впускну порожнину 90 і зовнішню впускну порожнину 92. Альтернативною конструкції кільцевої камери



може бути також проста модульна конструкція, причому, наприклад, до прямокутної центральної камери 84 з однієї сторони примикає відокремлена вертикальною перегородкою 86 прямокутна фільтрувальна камера 16. Самозрозуміло, центральна камера 84 може бути сполучена також із кількома відокремленими одна від одної фільтрувальними камерами 16, які в цьому випадку підключають паралельно одна одній відносно напрямку розширеного скидального потоку на ділянці 74 низького тиску.

Ділянка 64 скидального трубопроводу 12, яка відведена від промивного резервуара 14 в напрямку скидального потоку, сполучена з розміщеною у внутрішній порожнині 94 центральної камери 84 системою паралельно підключених у напрямку протікання потоку теплообмінних труб 98, на зовнішній і в разі необхідності також на внутрішній стороні яких сформовані ребра 96 (кінцеві ділянки теплообмінних труб 98 зображені у спрощеному перспективному ракурсі, а між цими ділянками труби позначені лише простими лініями). Крім цього, скидальний трубопровід 12 в кінці ділянки 64 введений крізь виконаний у куполі 100 корпусу центральної камери 84, герметично закритий із зовнішньої сторони отвір 102 у центральну камеру 84 і в разі необхідності розгалужувачем 104 сполучений із теплообмінними трубами 98. Альтернативно можуть бути передбачені також пластинчаті теплообмінники або інші теплообмінні елементи. Теплообмінні труби 98 у внутрішній порожнині 94 центральної камери 84 прокладені у напрямку згори вниз у формі меандра до зони дна 106, де вони знову об'єднані в колектор 108. До колектора 108 зі сторони відведення потоку приєднаний введений крізь інший отвір 110, виконаний у корпусі 112 центральної камери, трубопровід 114, який переходить у сполучену з дроселем 72 ділянку 116 скидального трубопроводу 12.

Відведена від дроселя 72 ділянка 118 скидального трубопроводу 12 після необов'язково підключеного газоосушувача 76 сполучена з центральною камерою 84. Тому в зоні дна 106 центральної камери 84 передбачений впуск 120, до якого приєднана ділянка 118 трубопроводу, відведена від дроселя 72 чи газоосушувача 76 (див. також фіг. 1). У верхній частині центральної камери 84, близько до куполу 100 корпусу, передбачено множину пронизуючих перегородку 86 прохідних отворів 122, які сполучають внутрішню порожнину 94 центральної камери 84 із впускною порожниною 90 фільтрувальної камери 16 і таким чином разом утворюють впуск фільтрувальної камери 124. Через передбачений після фільтрувальних елементів 88 відносно напрямку потоку на зовнішній стороні корпусу 126 фільтрувальної камери, наприклад в зоні її дна або в іншому місці, впуск 128 фільтрувальної камери випускна порожнина 92 фільтрувальної камери 16 сполучена зі з'єднаною з газовідвідною трубою 20 ділянкою 130 скидального трубопроводу 12 (як зображено на фіг. 2, передбачено два підключених паралельно в напрямку потоку випускних отвори з відповідними елементами для приєднання трубопроводів, які далі в напрямку потоку можуть бути знову об'єднані, що на кресленні не зображено).

Таким чином, перебуваючий під високим тиском і порівняно гарячий скидальний потік, що надходить на ділянку 64 трубопроводу з промивного резервуара 14, через отвір 102 у корпусі напрямляють всередину центральної камери 84 і по розміщених у ній теплообмінних трубах 98, причому основним напрямком потоку є вертикальний згори вниз. Після цього відвідний газ через ділянку 116 трубопроводу напрямляють до дроселя 72, висушують шляхом розширення і потім напрямляють через газоосушувач 76. Через ділянку 118 трубопроводу розширений газовий потік знову напрямляють у центральну камеру 84. Його напрямляють зустрічно або перехресно-зустрічно відносно скидального потоку високого тиску в теплообмінних трубах 98, в основному в напрямку знизу вгору повз теплообмінні труби 98, і насамкінець через прохідні отвори 122 впуску 124 фільтрувальної камери у фільтрувальну камеру 16, в якій здійснюють бажане фільтрування і затримання органічного йоду.

При протіканні потоку по теплообмінних трубах 98 відбувається передача тепла від перебуваючого під високим тиском гарячого скидального потоку в теплообмінних трубах 98 перебуваючому під низьким тиском, напрямленому йому назустріч повз теплообмінні труби 98, розширеному за допомогою дроселя 72 і висушеному скидальному потоку. Стінки теплообмінних труб 98 при цьому утворюють теплообмінні поверхні 68 утвореної внутрішньою порожниною 94 центральної камери 84 ділянки 80 перегріву, на якій здійснюють вже описаний вище перегрів розширеного скидального потоку перед його напрямленням у перегрітому стані через утворений прохідними отворами 122 впуск 124 фільтрувальної камери у впускну порожнину 90 фільтрувальної камери 16, після чого скидальний потік напрямляють через фільтрувальні елементи 88; насамкінець фільтрований скидальний потік напрямляють через випускну порожнину 92, впуск 128 фільтрувальної камери і ділянку 130 до газовідвідної труби 20. Одночасно – в звичайному випадку в невеликому обсязі – за допомогою діючих як теплообмінні поверхні 66 перегородок 86, які добре проводять тепло, здійснюють передачу

тепла від нагрітого таким чином скидального потоку низького тиску фільтрувальній камері 16, яка завдяки цьому також відповідно нагрівається.

Для поліпшення теплопередачі може бути також передбачене відповідне структурування внутрішньої поверхні теплообмінних труб 98, наприклад шляхом формування ребер або інших вбудованих внутрішніх елементів для турбулізації або утворення завихреного потоку.

Система 8 для скидання тиску згідно з фіг. 1 розрахована також на пропускання частини скидального потоку на ділянці 70 високого тиску в разі необхідності повз блок 82 теплообмінник-сорбційний фільтр, тобто скидальний потік не напрямляють через теплообмінні труби 98, дросель 72, центральну камеру 84 і фільтрувальну камеру 16. Таким чином, цю напрямлену обвідним шляхом частину потоку не використовують для перегріву скидального потоку низького тиску на ділянці 80 перегріву і нагрівання фільтрувальної камери 16. З цією метою в місці 142 розгалуження після теплообмінника 14 і перед теплообмінними трубами 98 відносно напрямку потоку до ділянки 64 скидального трубопроводу 12 підключений обвідний трубопровід 144, який знову сполучений в місці 148 приєднання зі скидальним трубопроводом 12 після випуску 128 фільтрувальної камери відносно напрямку потоку, а саме на ділянці 130 трубопроводу. Для встановлення і регулювання величини часткового потоку можуть бути передбачені відповідні пристрої (на кресленні не зображені). Крім цього, для узгодження рівня тиску в обвідний трубопровід 144 підключений редукційний клапан 150.

Конденсат 132, утворюваний при протіканні потоку по теплообмінних трубах 98, в разі необхідності можна відбирати через відгалужений від трубопроводу 114 ділянки 116 трубопроводу відвід 134 для конденсату і напрямляти, наприклад, у збірний резервуар для конденсату. Відвід 134 для конденсату може бути, як зображено на фіг. 1, об'єднаний з відводом 54 для рідини із промивного резервуара 14.

Фільтрувальні елементи 88 сорбційного фільтра 18 виготовлені переважно із адсорбуючих йод і органічний йод матеріалів, наприклад із не вміщуючих зв'язувальних речовин, які мають відкриту структуру, тобто відкриту систему пор, і не розчинної у вологому режимі домішки срібла. Якщо можна надійно запобігти утворенню води в сорбційному фільтрі 18 в усіх технологічних режимах системи 8 для скидання тиску, наприклад завдяки відповідному розрахунку потужності перегріву на ділянці 80 перегріву, альтернативно як матеріали фільтрів можуть бути використані або в будь-якому випадку додані також цеоліти з домішкою чи покриттям із нітрату срібла, затримувальна дія яких стосовно органічного йоду неочікувано виявилася особливо високою при достатньо великій різниці між температурою і точкою роси скидального потоку.

Для забезпечення надійної роботи в особливих технологічних умовах, наприклад у пусковому режимі, додатковий нагрівальний пристрій 136, живлення якого забезпечується від зовнішнього джерела (наприклад електричної) енергії, термічно сполучений зі скидальним трубопроводом 12. Як зображено на фіг. 2, його встановлюють, наприклад, в/на центральній камері 84 блока 82 теплообмінник-сорбційний фільтр, альтернативно або додатково у фільтрувальній камері 16, зокрема в її впускній порожнині 90. Самозрозуміло, можливими є також інші місця розміщення.

Окрім цього, наприклад на ділянці 38 трубопроводу між випуском 10 із захисної оболонки 4 і теплообмінником 14, можуть бути передбачені пристрої 138 для обмеження вакууму. Завдяки цьому забезпечується можливість уникнення або кількісного обмеження утворення вакууму під захисною оболонкою 4 реактора, наприклад після скидання тиску і наступної часткової конденсації наявної пари (наприклад шляхом підключення розпилювальної системи або системи охолодження іншого типу), шляхом відповідного потребам всмоктування повітря під захисну оболонку 4 реактора.

Для активного відсмоктування паро-газової суміші з-під захисної оболонки 4 реактора в одній із форм виконання винаходу у скидальний трубопровід 12 перед промивним резервуаром 14, проте, переважно після сорбційного фільтра 18 відносно напрямку потоку, може бути, наприклад, включений або передбачений виконаний із можливістю включення в разі необхідності витяжний вентилятор 140, для приведення в дію якого використовують енергію від зовнішнього джерела. Параметри витяжного вентилятора 140 переважно вибирають таким чином, що в комбінації з невеликим перекриттям водою впускних сопел 42 і порівняно низькою швидкістю потоку в соплах (менше 50 м/с) при цьому забезпечується лише попереднє очищення від грубодисперсних аерозолів, проте після цього може бути встановлена оптимальна швидкість потоку в підключених далі фільтрувальних пристроях при обробці матеріалу в кількості менше ніж 1/4 максимального значення. Завдяки цьому забезпечується можливість встановлення і підтримання у внутрішній порожнині 6 захисної оболонки

(невеликого) зниженого тиску порівняно з навколишньою атмосферою і, таким чином, повного уникнення витоків назовні.

У також зображений на фіг. 1 альтернативній формі виконання винаходу для реактора з киплячою водою не застосовують (розміщений поза захисною оболонкою 4) промивний резервуар 14. Замість цього мокре фільтрування скидального потоку, що виходить із захисної оболонки 4, здійснюють ще під захисною оболонкою 4 в розміщеній під нею конденсаційній камері 152. Конденсаційна камера 152 відокремлена від іншого простору внутрішньої порожнини 6 в захисній оболонці 4 газонепроникною і стійкою до дії тиску перегородкою 154. Сполучення обох ділянок простору в напрямку потоку забезпечується лише за допомогою однієї чи кількох перепускних труб 156, занурених у конденсат 158 у конденсаційній камері 52. Тобто вихідний отвір 160 відповідної перепускної труби 156 перебуває нижче мінімального рівня 162 конденсату 158. Скидальний трубопровід 12' (позначений на цьому кресленні штриховою лінією) в цьому випадку приєднаний до випуску 164 конденсаційної камери, який розміщений вище максимально допустимого рівня заповнення в газозбірній камері 170, яка розміщена над конденсатом 158. У зображений на цьому кресленні формі виконання випуск 164 конденсаційної камери збігається з випуском 10' із захисної оболонки 4. Скидальний трубопровід 12' від випуску 10' без проміжного включення скрубера безпосередньо прокладений до блока 82 теплообмінник-сорбційний фільтр.

Насамкінець слід зауважити, що система 8 для скидання тиску може містити множину підключених паралельно в напрямку потоку ланок однакової або аналогічної конструкції. Можливою є також така форма виконання, в якій лише окремі ділянки скидального трубопроводу 12 дублюються шляхом паралельного підключення однотипних компонентів. При цьому може бути доцільним встановлення множини термічно сполучених між собою зображених на фіг. 2 блоків 82 теплообмінник-сорбційний фільтр за принципом модульної системи безпосередньо один поряд із іншим, а саме переважно з поперемінним розміщенням, наприклад, коробчастих центральних камер 84 і відповідних фільтрувальних камер 16. Така конструкція зображена на фіг. 3.

У зображений на фіг. 4 формі виконання системи 8 для скидання тиску скидальний потік, виведений з-під захисної оболонки 4, спочатку очищають у промивному резервуарі 14, після цього відносно напрямку потоку розширюють за допомогою дроселя 72, в разі необхідності висушують у газоосушувачі 76, потім напрямляють через ділянку 80 перегріву, на якій здійснюють регенетаривне нагрівання, і насамкінець напрямляють через фільтрувальну камеру 16, що містить сорбційний фільтр 18, перед виведенням у навколишнє середовище через газовідвідну трубу 20. Як і в описаних вище формах виконання винаходу, завдяки перегріву скидального потоку безпосередньо перед впуском у фільтрувальну камеру забезпечується порівняно велика різниця між температурою і точкою роси, яка становить принаймні 10 °C, переважно принаймні 20 °C у режимі повного навантаження, для запобігання конденсації на ділянці сорбційного фільтра 18 і досягнення особливо ефективного затримання йодовмісних носіїв радіоактивності.

На відміну від описаних вище форм виконання, у системі згідно з фіг. 4 теплову енергію, необхідну для перегріву скидального потоку низького тиску і для нагрівання фільтрувальної камери 16, не передають безпосередньо від скидального потоку високого тиску. Навпаки, в даному випадку утримувану в промивному резервуарі 14, нагріту, в свою чергу, напрямленим у нього скидальним потоком високого тиску промивальну рідину 32 використовують як засіб для теплопередачі і нагрівання.

Із цією метою в нижній частині басейну 44 для промивальної рідини, тобто, наприклад, значно нижче мінімально допустимого рівня 34, впускний кінець 180 циркуляційного трубопроводу 182 приєднаний до промивного резервуара 14. Випускний кінець 184 циркуляційного трубопроводу 182 перебуває на більшій геодезичній висоті, ніж місце приєднання впускного кінця 180 до промивного резервуара 14, наприклад, як зображено на кресленні, трохи нижче мінімально допустимого рівня 34 або також трохи вище у зоні 50 викиду. По циркуляційному трубопроводу 182 в режимі скидання тиску в напрямку 186 потоку тече (вміщуюча бульбашки) суміш промивальної рідини з відвідним газом, яку приводять у дію імпульсом потоку відвідного газу, напрямленого через впускні сопла 42 у промивний резервуар 14. Таким чином, змішану з відвідним газом промивальну рідину 32 відбирають із промивного резервуара 14 у порівняно низько розташованому місці та – після пропускання через проміжну висхідну ділянку 188 – знову повертають у нього у вищому місці подібно до контуру циркуляції промивальної рідини. Для особливо ефективного використання рушійного імпульсу при цьому принаймні одне із впускних сопел 42 орієнтоване на впускний кінець 180 циркуляційного трубопроводу 182, тобто в даному випадку (навскіс) донизу. Підтримування циркуляції при

цьому забезпечується природним чином за рахунок різниці між густиною (чистої) промивальної рідини 32 і густиною (вміщуючої бульбашки) суміші промивальної рідини з відвідним газом.

У висхідній ділянці 188 циркуляційного трубопроводу 182 циркулюючу, змішану з відвідним газом промивальну рідину 32 напрямляють знизу вгору через множину підключених паралельно в напрямку потоку теплообмінних труб 98 (або інших теплообмінних елементів), які розміщені всередині центральної камери 84 блоку 82 теплообмінник-сорбційний фільтр і орієнтовані приблизно вертикально. Очищений шляхом мокрого фільтрування скидальний потік, який із промивного резервуара 14 напрямляють на ділянці 192 скидального трубопроводу через дросель 72 і газоосушувач 76, знову напрямляють назустріч промивальній рідині 32, що циркулює по теплообмінних трубах 98, тобто згори вниз, зовні повз теплообмінні труби 98 через центральну камеру 84. Скидальний потік протікає через центральну камеру 84, перед тим як він через розміщені в нижній частині в перегородці 86 між центральною камерою 84 і фільтрувальною камерою 16, утворюючи впуск 124 фільтрувальної камери прохідні отвори 122 надходить у фільтрувальну камеру 16, яка містить сорбційний фільтр 18 (впуск 124 фільтрувальної камери, як правило, розміщений ще ближче до дна в перегородці 86, ніж це схематично зображено на фіг. 4).

Аналогічно формам виконання згідно з фіг. 1 та фіг. 2 стінки теплообмінних труб 98 і перегородка 86 при цьому утворюють теплообмінні поверхні 66 і 68 для передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини 32 скидальному потоку низького тиску, з однієї сторони, і фільтрувальної камері 16, з іншої сторони. Ділянка центральної камери 84, крізь яку напрямляють скидальний потік низького тиску, при цьому утворює ділянку 80 перегріву безпосередньо перед фільтрувальною камерою 16 в напрямку потоку.

Насамкінець, на фіг. 5 зображена частина іншої форми виконання системи 8 для скидання тиску. Вона включає комбінований блок 200 теплообмінник-сорбційний фільтр. Згідно із загальною концепцією можна уявити, що при цьому промивний резервуар 14 і блок 82 теплообмінник-сорбційний фільтр системи 8 для скидання тиску згідно з фіг. 1 розміщені у спільному корпусі 202.

Конкретно в нижній частині корпусу 202 зображеного на фіг. 5 у поздовжньому перерізі блока 200 теплообмінник-сорбційний фільтр передбачена промивна ділянка 206, яка заповнена промивальною рідиною 32 принаймні до мінімально допустимого рівня 204. По пропущеному крізь отвір у корпусі трубопроводу 208 і приєднаному до нього в напрямку потоку розподільному елементу 40 відведений із захисної оболонки атомної електростанції скидальний потік напрямляють до множини впускних сопел 42, паралельно підключених відносно напрямку потоку. При випуску в басейн 44 для промивальної рідини потік відвідного газу піддають мокрому фільтруванню аналогічно відомому з фіг. 1 промивному резервуару 14.

Після завершення розділення суміші промивальної рідини з відвідним газом на окремі компоненти перебуваючий під високим тиском, очищений і звільнений від грубодисперсних аерозолів потік відвідного газу напрямляють угору через центральну порожнину 210 і примикаючі до неї вище проточні канали або проходи 212 і 214, які частково прокладені повз розміщену зовні кільцеподібну фільтрувальну камеру 16 і перебувають із нею в термічному контакті, до купольної ділянки 216 корпусу 202, де відхиляється і по проточних каналах 218 напрямляється у вологовіддільник 58 і фільтрувальні елементи 60. Для забезпечення більш інтенсивного попереднього нагрівання за допомогою додаткового нагрівального пристрою 228 відбирають частину скидального потоку високого тиску і в обхід послідовно підключених відносно напрямку потоку теплообмінних труб 98 (див. далі) напрямляють безпосередньо крізь сорбційний фільтр 18 або передбачену вище відносно напрямку потоку ділянку. На вихідній стороні відповідного фільтрувального елемента 60 скидальний потік напрямляють через протічний канал 220 вниз відносно напрямку потоку до дроселя 72, в якому піддають розширенню. На примикаючій до нього ділянці низького тиску розширений відвідний газ спочатку напрямляють через множину підключених паралельно відносно напрямку потоку теплообмінних труб 98 далі вниз, змінюють його напрямок на протилежний на реверсивних ділянках 222 завдяки відповідному контуру напрямляючих потік елементів і напрямляють його через приєднані, прокладені послідовно відносно напрямку потоку і геометрично паралельно орієнтованим униз теплообмінним трубам 98 теплообмінні труби 98 знову вгору до утворюючих впуск 124 фільтрувальної камери прохідних отворів 128 у фільтрувальну камеру 16. Конструкція фільтрувальної камери аналогічна конструкції фільтрувальної камери 16 у пристрої згідно з фіг. 1 або фіг. 2. Через випуск 128 фільтрувальної камери підданий фільтрації в сорбційному фільтрі 18 скидальний потік випускають у трубопровід, сполучений із газовідвідною трубою (яка на цьому кресленні не зображена).

- За допомогою прокладених повз фільтрувальну камеру 16 проточних каналів 214 для скидального потоку високого тиску здійснюють нагрівання фільтрувальної камери 16. Теплопровідні перегородки 86 між проточними каналами 214 і фільтрувальною камерою 16 при цьому утворюють теплообмінні поверхні 66. Крім цього, стінки теплообмінних труб 98
- 5 утворюють теплообмінні поверхні 68 між напрямленим через центральну порожнину 210, порівняно гарячим скидальним потоком високого тиску і скидальним потоком низького тиску, який перед впуском у фільтрувальну камеру 16 піддають перегріву до досягнення різниці між температурою і точкою роси принаймні 10 °С, переважно понад 20 °С, в теплообмінних трубах 98. Таким чином, теплообмінні труби 98 утворюють ділянку 80 перегріву для попередньо
- 10 розширеного у дроселі 72 скидального потоку.
- У зображеному на фіг. 5 робочому режимі рівень 224 промивальної рідини 32 досягає приблизно мінімально допустимого рівня 204, тобто нижче реверсивних ділянок 222 і розміщених над ними теплообмінними трубами 98. Таким чином, нагрівання теплообмінних труб 98 здійснюють виключно або в будь-якому випадку переважно "сухим методом" із
- 15 застосуванням попередньо очищеного у басейні 44 для промивальної рідини, напрямленого повз них зовні скидального потоку високого тиску. Навпаки, при вищому рівні заповнення і, таким чином, ще вищому рівні 224 рідини на ділянці розміщення теплообмінних труб 98, можливим є також нагрівання теплообмінних труб 98 частково або навіть повністю "мокрим" способом промивальною рідиною 32, яку, в свою чергу, нагрівають напрямленим крізь впускні
- 20 сопла 42 відвідним газом. Максимально допустимий рівень 226 є трохи нижчим, ніж місцеположення вологовіддільника 58 чи фільтра 60.

#### Позиційні позначення

- 2 атомна електростанція
- 4 захисна оболонка реактора
- 6 внутрішня порожнина
- 8 система для скидання тиску
- 10, 10' випуск
- 12, 12' скидальний трубопровід
- 14 промивний резервуар
- 16 фільтрувальна камера
- 18 сорбційний фільтр
- 20 газовідвідна труба
- 22 ділянка трубопроводу
- 24 фільтр попереднього очищення
- 26 обвідний трубопровід
- 28 регулювальний клапан
- 30 запірний клапан
- 32 промивальна рідина
- 34 мінімально допустимий рівень
- 36 дозувальний пристрій
- 38 ділянка трубопроводу
- 40 розподільник
- 42 впускне сопло
- 44 басейн для промивальної рідини
- 46 трубка Вентурі
- 48 вихідний отвір
- 50 зона викиду
- 52 запірний клапан
- 54 відвід для рідини
- 56 максимально допустимий рівень
- 58 вологовіддільник
- 60 фільтрувальний елемент
- 62 вихідний отвір
- 64 ділянка трубопроводу
- 66 поверхня теплообмінника
- 68 поверхня теплообмінника
- 70 ділянка високого тиску
- 72 дросель

74	ділянка низького тиску
76	газоосушувач
78	збірний резервуар для конденсату
80	ділянка перегріву
82	блок теплообмінник-сорбційний фільтр
84	центральна камера
86	перегородка
88	фільтрувальний елемент
90	впускна порожнина
92	випускна порожнина
94	внутрішня порожнина
96	ребра
98	теплообмінна труба
100	купол корпусу
102	отвір у корпусі
104	розгалужувач
106	зона дна
108	колектор
110	отвір у корпусі
112	корпус центральної камери
114	трубопровід
116	ділянка трубопроводу
118	ділянка трубопроводу
120	впуск центральної камери
122	прохідний отвір
124	впуск фільтрувальної камери
126	корпус фільтрувальної камери
128	випуск фільтрувальної камери
130	ділянка трубопроводу
132	конденсат
134	відвід для конденсату
136	додатковий нагрівальний пристрій
138	обмежувач вакууму
140	витяжний вентилятор
142	місце розгалуження
144	обвідний трубопровід
148	місце приєднання
150	редукційний клапан
152	конденсаційна камера
154	перегородка
156	перепускна труба
158	конденсат
160	вихідний отвір
162	мінімально допустимий рівень
164	випуск конденсаційної камери
170	газозбірна камера
180	впускний кінець (впуск)
182	циркуляційний трубопровід
184	випускний кінець (випуск)
186	напрямок потоку
188	висхідна ділянка
192	ділянка трубопроводу
200	блок теплообмінник-сорбційний фільтр
202	корпус
204	мінімально допустимий рівень
206	промивна ділянка
208	трубопровід
210	центральна порожнина

212	проточний канал
214	проточний канал
216	купольна ділянка корпусу
218	проточний канал
220	проточний канал
222	реверсивна ділянка
224	рівень рідини
226	максимально допустимий рівень
228	нагрівальний пристрій

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 1. Спосіб скидання тиску в атомній електростанції (2), яка містить захисну оболонку (4) для затримання носіїв радіоактивності із випуском (10, 10') для скидального потоку, причому скидальний потік через оснащений фільтрувальною системою скидальний трубопровід (12, 12') виводять з-під захисної оболонки (4) в атмосферу, причому фільтрувальна система містить фільтрувальну камеру (16), що включає впуск (124) фільтрувальної камери, випуск (128) фільтрувальної камери і розміщений між ними сорбційний фільтр (18), причому скидальний потік спочатку напрямляють на ділянку (70) високого тиску, потім скидають тиск шляхом розширення в дросельному пристрої (72), після чого принаймні частково напрямляють через фільтрувальну камеру (16), яка містить сорбційний фільтр (18), і насамкінець випускають в атмосферу, який **відрізняється** тим, що розширений за допомогою дросельного пристрою (72) скидальний потік безпосередньо перед його впуском у фільтрувальну камеру (16) напрямляють через ділянку (80) перегріву, на якій шляхом прямої чи опосередкованої передачі тепла від ще не розширеного скидального потоку на ділянці (70) високого тиску нагрівають до температури, яка принаймні на 10 °С, переважно на 20-50 °С перевищує температуру точки роси на цій ділянці.
- 10 2. Спосіб за пунктом 1, причому скидальний потік на ділянці (70) високого тиску принаймні частково напрямляють повз фільтрувальну камеру (16) і нагрівають її при цьому шляхом теплопередачі.
- 15 3. Спосіб за пунктом 1 або 2, причому використовують центральну камеру (84), яка оточена фільтрувальною камерою (16) або примикає до неї, причому скидальний потік на ділянці (70) високого тиску напрямляють через розміщені в центральній камері (84) або введені в неї теплообмінні елементи (98), і причому скидальний потік на ділянці (80) перегріву напрямляють зовні повз теплообмінні елементи (98) через центральну камеру (84).
- 20 4. Спосіб за пунктом 3, причому скидальний потік на ділянці (80) перегріву напрямляють зустрічно або перехресно-зустрічно відносно скидального потоку на ділянці (70) високого тиску.
- 25 5. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-4, причому скидальний потік на ділянці (80) високого тиску напрямляють через вміщуючий промивальну рідину (32) промивний резервуар (14), що містить множину впускних сопел (42), переважно типу скрубера Вентурі.
- 30 6. Спосіб за пунктом 5, причому скидальний потік напрямляють через впускні сопла (42) зі швидкістю понад 100 м/с.
- 35 7. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-4, причому скидальний потік відводять із конденсаційної камери (152) ядерного реактора, зокрема реактора з киплячою водою, і звідти без проміжного включення промивного резервуара напрямляють повз фільтрувальну камеру (16) для її нагрівання.
- 40 8. Спосіб за пунктом 5 або 6, причому промивальну рідину (32) із промивного резервуара (14) напрямляють через циркуляційний трубопровід (182), принаймні одна ділянка якого перебуває в термічному контакті з фільтрувальною камерою (16) і нагріває її шляхом передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини (32).
- 45 9. Спосіб за пунктом 8, причому розширений за допомогою дроселя (72) скидальний потік на ділянці (80) перегріву вводять в термічний контакт із циркуляційним трубопроводом (182) і нагрівають шляхом передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини (32).
- 50 10. Спосіб за пунктом 8 або 9, причому потік промивальної рідини (32) по циркуляційному трубопроводу (182) приводять у рух імпульсом, переданим у промивному резервуарі (14) від скидального потоку промивальній рідині (32).

11. Спосіб за будь-яким із пунктів 8-10, причому відведену з промивного резервуара (14) промивальну рідину (32) після протікання через циркуляційний трубопровід (182) знову напрямляють у промивний резервуар (14) в місці, геодезична висота якого є вищою, ніж геодезична висота місця відведення.
- 5 12. Спосіб за будь-яким із пунктів 8-11, причому використовують центральну камеру (84), яка оточена фільтрувальною камерою (16) або примикає до неї, причому циркулюючу промивальну рідину (32) напрямляють через розміщені або введені в центральну камеру (14) теплообмінні елементи (98), зокрема теплообмінні труби, і причому скидальний потік на ділянці (80) перегріву напрямляють зовні повз теплообмінні елементи (98) через центральну камеру (84).
- 10 13. Спосіб за пунктом 12, причому скидальний потік напрямляють в основному вертикально згори вниз через центральну камеру (84), а промивальну рідину (32) напрямляють в основному вертикально знизу вгору через теплообмінні елементи (98).
14. Спосіб за будь-яким із пунктів 8-13, причому швидкість потоку промивальної рідини (32) у циркуляційному трубопроводі (182) встановлюють вище ніж 1 м/с, переважно вище ніж 3 м/с.
- 15 15. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-14, причому частину скидального потоку через обвідний трубопровід (144) випускають в обхід фільтрувальної камери (16) безпосередньо в атмосферу.
16. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-15, причому на ділянці (70) високого тиску швидкість скидального потоку в режимі повного навантаження встановлюють у діапазоні від 10 м/с до 50 м/с.
- 20 17. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-16, причому на ділянці (80) перегріву швидкість скидального потоку в режимі повного навантаження встановлюють у діапазоні від 10 м/с до 70 м/с.
18. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-17, причому вільний поперечний переріз потоку дросельного пристрою (72) встановлюють таким чином, що тиск на ділянці (70) високого тиску в два-п'ять разів перевищує тиск на ділянці (80) перегріву.
- 25 19. Спосіб за будь-яким із пунктів 1-17, причому скидальний потік напрямляють крізь сорбційний фільтр (18), що містить водонерозчинну і стійку до високої температури домішку срібла.
20. Система (8) для скидання тиску в атомній електростанції (2), яка містить захисну оболонку (4) для затримання носіїв радіоактивності із випуском (10, 10') для скидального потоку, причому до випуску (10, 10') приєднаний оснащений фільтрувальною системою скидальний трубопровід (12, 12'), причому фільтрувальна система містить фільтрувальну камеру (16), що включає впуск (124) фільтрувальної камери, випуск (128) фільтрувальної камери і розміщений між ними сорбційний фільтр (18), причому
- 30 скидальний трубопровід (12, 12') має ділянку (70) високого тиску, в кінці ділянки (70) високого тиску в скидальний трубопровід (12) включений дросельний пристрій (72),
- 35 скидальний трубопровід (12, 12') після дросельного пристрою (72) відносно напрямку потоку сполучений з впуском (124) фільтрувальної камери, і випуск (128) фільтрувальної камери сполучений із виведенням в атмосферу випускним отвором (20), яка **відрізняється** тим, що у скидальному трубопроводі (12, 12') між дросельним пристроєм (72) і впуском (124) фільтрувальної камери передбачена ділянка (80) перегріву, яка
- 40 через теплообмінні поверхні (68) термічно сполучена з ділянкою (70) високого тиску, причому ці теплообмінні поверхні (68) виконані зі здатністю в умовах розрахункової аварії забезпечити нагрівання скидального потоку на ділянці (80) перегріву до температури, яка принаймні на 10 °С, переважно на 20-50 °С перевищує температуру точки роси на цій ділянці.
- 45 21. Система (8) для скидання тиску за пунктом 20, причому принаймні частина ділянки (70) високого тиску прокладена повз фільтрувальну камеру (16) і через теплообмінні поверхні (66, 68) термічно сполучена з фільтрувальною камерою (16) з можливістю нагрівання фільтрувальної камери (16) скидальним потоком.
22. Система (8) для скидання тиску за пунктом 20 або 21, причому фільтрувальна камера (16) оточує центральну камеру (84) або примикає до неї, причому один або множина проточних теплообмінних елементів (98) розміщені в центральній камері (84) або введені в неї, і причому
- 50 напрямлення потоку в скидальному трубопроводі (12) здійснено таким чином, що скидальний потік на ділянці (70) високого тиску напрямлений через теплообмінні елементи (98), а на ділянці (80) перегріву напрямлений повз теплообмінні елементи (98) через центральну камеру (84).
- 55 23. Система (8) для скидання тиску за пунктом 22, причому теплообмінні елементи (98) орієнтовані відносно центральної камери (84) таким чином, що скидальний потік на ділянці (80) перегріву напрямлений зустрічно або перехресно-зустрічно відносно скидального потоку на ділянці (70) високого тиску.
24. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-23, причому на ділянці (70) високого тиску в скидальний трубопровід (12) включений вміщуючий промивальну рідину (32)
- 60



промивний резервуар (14), що містить принаймні одне впускне сопло (42), переважно типу скрубера Вентурі.

25. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-23 для атомної електростанції (2), яка містить реактор із киплячою водою, оснащений конденсаційною камерою (152), причому  
5 скидальний трубопровід (12<sup>1</sup>) зі сторони впуску приєднаний до конденсаційної камери (152) і звідти без проміжного промивного резервуара прокладений повз фільтрувальну камеру (16) для її нагрівання.

26. Система (8) для скидання тиску за пунктом 24, причому до промивного резервуара (14) приєднаний циркуляційний трубопровід (182) для циркуляції промивальної рідини (32), причому  
10 циркуляційний трубопровід (182) прокладений повз фільтрувальну камеру (16) і перебуває з нею в термічному контакті із забезпеченням передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини (32) фільтрувальній камері (16).

27. Система (8) для скидання тиску за пунктом 26, причому ділянка (80) перегріву скидального трубопроводу (12) через теплообмінні поверхні (68) термічно сполучена з циркуляційним  
15 трубопроводом (182) із забезпеченням передачі тепла від циркулюючої промивальної рідини (32) скидальному потоку.

28. Система (8) для скидання тиску за пунктом 26 або 27, причому фільтрувальна камера (16) оточує центральну камеру (84) або примикає до неї, причому циркуляційний трубопровід (182) містить один або множину розміщених у центральній камері (84) або введених в неї  
20 теплообмінних елементів (98) для пропускання промивальної рідини в режимі скидання тиску, і причому скидальний трубопровід (12) виконаний з можливістю напрямлення скидального потоку на ділянці (80) перегріву зовні повз теплообмінні елементи (98) через центральну камеру (84).

29. Система (8) для скидання тиску за пунктом 28, причому теплообмінні елементи (98) орієнтовані відносно центральної камери (84) таким чином, що скидальний потік на ділянці (80) перегріву направлений зустрічно або перехресно-зустрічно відносно потоку промивальної  
25 рідини (32) у циркуляційному трубопроводі (182).

30. Система (8) для скидання тиску за пунктом 29, причому центральна камера (84) і теплообмінні елементи (98) виконані та орієнтовані з можливістю напрямлення скидального потоку через центральну камеру (84) в основному вертикально згори вниз і напрямлення потоку  
30 промивальної рідини (32) через теплообмінні елементи (98) в основному вертикально знизу вгору.

31. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 26-30, причому циркуляційний трубопровід (182) містить впуск (180) для промивальної рідини, сполучений із промивним резервуаром (14), і випуск (184) для промивальної рідини, розміщений вище відносно впуску  
35 (180) для промивальної рідини, і також сполучений із промивним резервуаром (14).

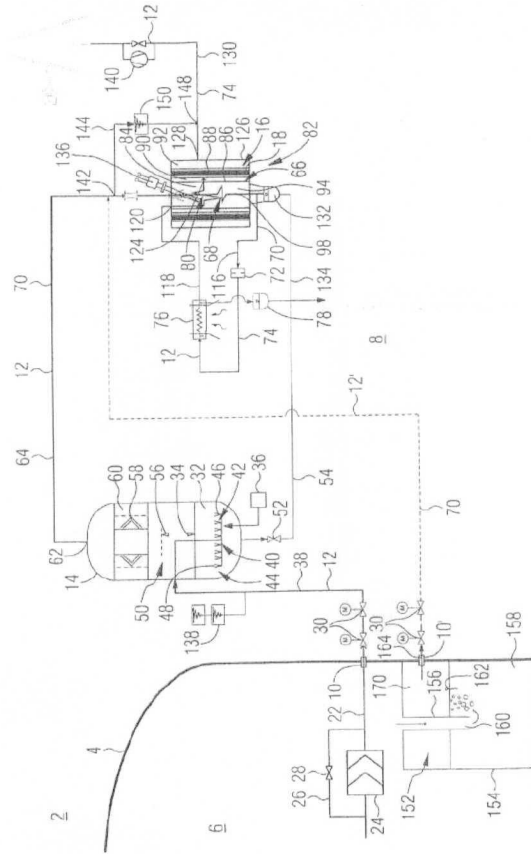
32. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 26-31, причому принаймні одне із впускних сопел (42) орієнтовано таким чином, що переданий промивальній рідині (32) імпульс направлено крізь нього скидального потоку ініціює циркуляцію промивальної рідини (32) по  
40 циркуляційному трубопроводу (182).

33. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-32, причому до скидального трубопроводу (12) приєднаний обвідний трубопровід (144) в обхід фільтрувальної камери (16).

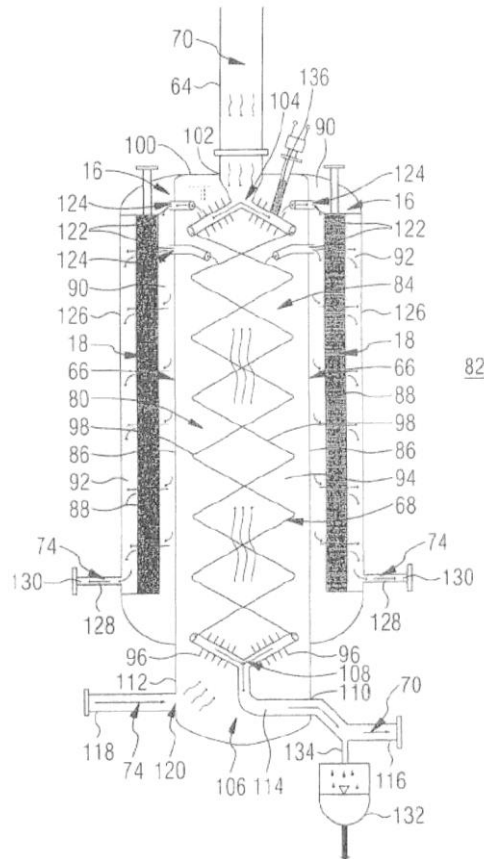
34. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-33, причому сорбційний фільтр (18) містить сорбційний матеріал на основі цеоліту, переважно вміщуючий водонерозчинну домішку срібла.

35. Система (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-34, причому сорбційний фільтр (18) містить неорганічний сорбційний матеріал із домішкою нітрату срібла.

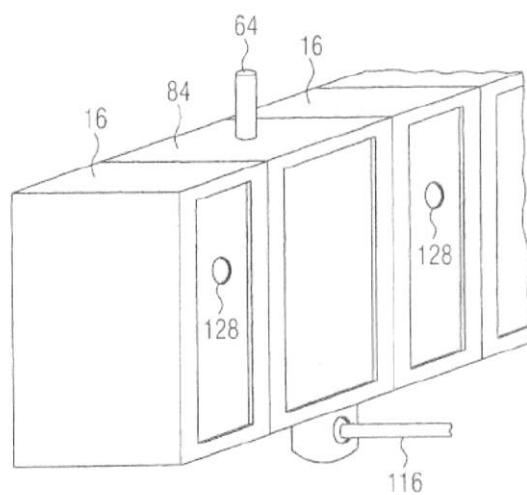
36. Атомна електростанція (2), що містить захисну оболонку (4) для затримання носіїв радіоактивності і систему (8) для скидання тиску за будь-яким із пунктів 20-35.



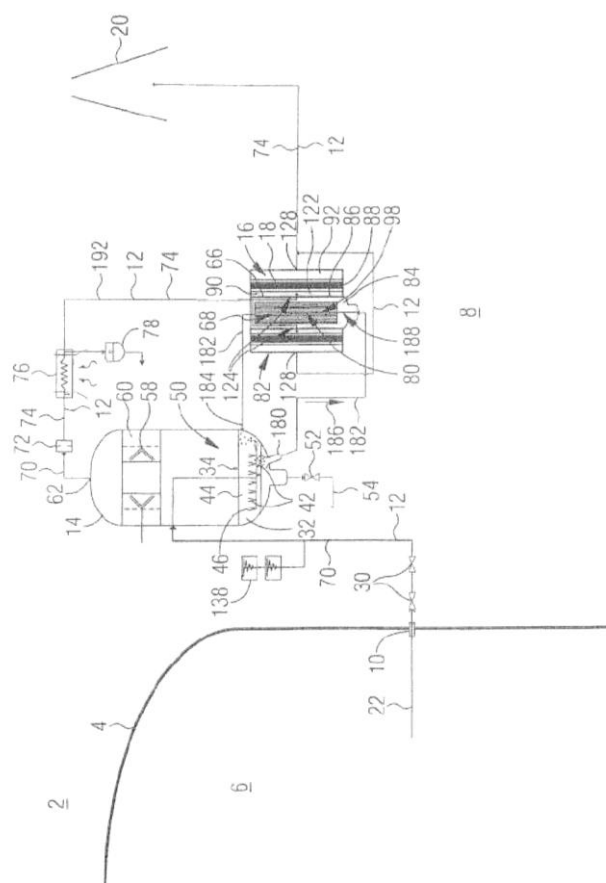
Фиг. 1



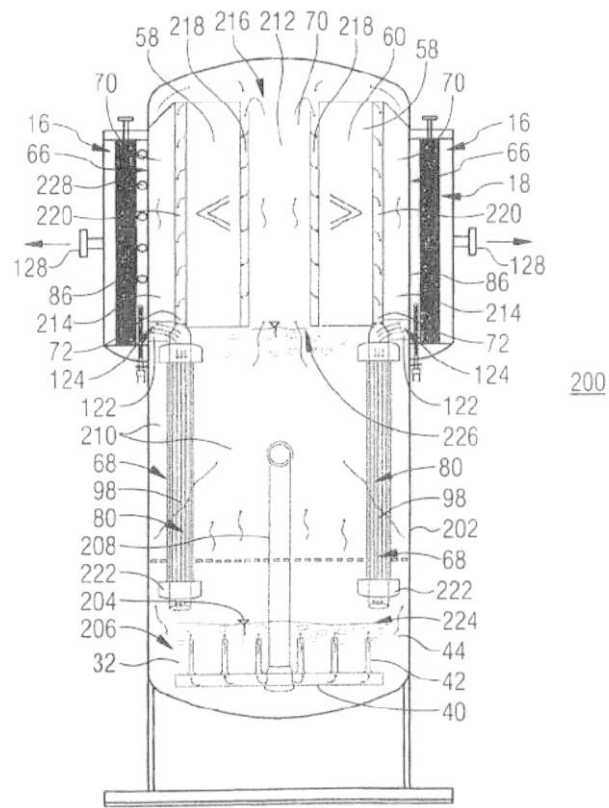
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



ФІГ. 5

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

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

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