



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **95140** (13) **C2**
(51) **МПК (2011.01)**
F22B 1/16 (2006.01)
F22B 37/22 (2006.01)
F22B 29/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ СТВОРЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ КОТЛОВОЇ ВОДИ У ПАРОУТВОРЮЮЧІЙ ЧАСТИНІ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) а200911705

(22) 16.11.2009

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) БІЛЯВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ, КОТ ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ТРУНОВ НІКОЛАЙ БОРИСОВИЧ, RU, ФЕОФЕНТОВ МИКОЛАЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ФОЛЬТОВ ІВАН МИХАЙЛОВИЧ, ЛУКАСЄВИЧ БОРИС ІВАНОВИЧ, RU, ПОРТНЯГІН ВАЛЕРІЙ ІВАНОВИЧ

(73) БІЛЯВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ, КОТ ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ТРУНОВ НІКОЛАЙ БОРИСОВИЧ, RU

(56) US 7261120 B2; 28.08.2007

US 4681129 A; 21.07.1987

SU 1353972 A1; 23.11.1987

SU 706642 A1; 30.12.1979

US 3881450 A; 06.05.1975

US 4100888 A; 18.07.1978

Маргулова Т. Х. Расчет и проектирование парогенераторов атомных электростанций. - М.-Л. : Госэнергоиздат, - 1962. - С.75, рис. 4.3.

(57) 1. Спосіб створення циркуляції котлової води у пароутворюючій частині парогенератора за допомогою процесу теплообміну на пучках труб по-

2

верхонь нагрівання і кипіння води при вільній конвекції у великій ємності, обмеженій корпусом барабанного типу і, набраним із окремих листів з отворами, зануреним дірчастим щитом з закраїнами, оснащеними опускними екранами, який **відрізняється** тим, що додатково створюють примусову циркуляцію котлової води шляхом використання кінетичної енергії витікання пари при дроселюванні пари через отвори зануреного дірчастого щита і перекачування котлової води шляхом ежекції із-під парової подушки уверх на дірчастий щит.

2. Парогенератор для здійснення способу створення циркуляції котлової води у пароутворюючій його частині, що містить корпус барабанного типу з розташованими в ньому пучками труб поверхонь нагрівання, і, розташований над ними, набраний із окремих листів з отворами, занурений дірчастий щит з закраїнами, оснащеними опускними екранами, який **відрізняється** тим, що дірчастий щит має отвори у вигляді патрубків, верхні кінці котрих закріплені в листах щита, а нижні кінці розташовані нижче парової подушки під рівнем котлової води, при цьому усередині патрубків концентрично розташовані дроселюючі парові сопла, що з'єднані каналами з паровою подушкою.

Винахід належить до атомної енергетики, а більш конкретно - до способу створення примусової циркуляції котлової води в парогенераторі АЕС.

В техніці розрізняють конвективний теплообмін при примусовому русі рідини - примусова конвекція, і вільному русі рідини - вільна або природна конвекція. Так, в горизонтальному парогенераторі АЕС вільний рух рідини, тобто природна циркуляція котлової води викликається неоднорідним розподілом щільності котлової води у великій ємності у зв'язку з протіканням процесу теплообміну і виникненням розрізнення щільності рідини і парової фази при змінюванні агрегатного стану [1]. І так відомий спосіб створення циркуляції

котлової води у пароутворюючій частині парогенератора, котрий викликається протіканням процесу теплообміну на пучках труб поверхонь нагрівання і кипіння води при вільній конвекції у великій ємності, обмеженій корпусом у вигляді барабана, набраним із окремих листів з отворами, зануреним дірчастим щитом з закраїнами, оснащеними опускними екранами, закріпленим на несучому каркасі [2, Фіг.4-3].

Даний спосіб є найбільш близьким до описаного винаходу по технічній суті, який досягає більш високого результату.

Спосіб здійснюють пристроєм під назвою парогенератор, що містить корпус барабанного типу, розташовані в ньому пучки труб поверхонь нагрів-

(11) **95140** (13) **C2**
(19) **UA**

вання, і набраний із окремих листів, з отворами, занурений дірчастий щит з закраїнами, оснащеними опускаючими екранами, закріплений на несучому каркасі [2].

У двоконтурних теплових схемах атомних електростанцій парогенератор є пристроєм, що належить обом контурам і розподіляє їх між собою. У цій конструкції парогенераторів із природною циркуляцією не вдається провести її розрахунок, тому що неможливо надійно виділити циркуляційні контури. Можна тільки припустити, що вертикальні канали між трубками будуть слугувати опускаючими каналами, а власне трубні пучки - піднімальними. Саме виходячи з таких припущень, і компоновалася поверхня нагрівання парогенератора. Необхідність у розрахунку циркуляції в такому парогенераторі пов'язана з небезпекою запарювання окремих міждіафрагмних каналів і появою в зв'язку з цим відкладень на поверхнях нагрівання і пульсаційних режимів [2, с. 75].

Як показала двадцятип'ятирічна експлуатація цих парогенераторів на Південно-Українській і Запорізькій АЕС така природна циркуляція котлової води має недостатню кратність циркуляції, звідси недостатню швидкість води, яка омиває усі зони трубних пучків, наявність застійних зон і запарювання окремих міждіафрагмних каналів. Для парогенераторів ПГ-1000 проектом вибраний безсолянний, безнакипний водний режим роботи, але конденсатори турбін на даному рівні техніки не запобігають можливості, хоча і незначних, підсосів охолоджуючої води в них. А із-за частих підсосів охолоджуючої води і великої маси продуктів корозії тракту другого контуру, які надходять в парогенератор, безсолянний, безнакипний водний режим в ньому не вдається забезпечити при відсутності надійно виділених циркуляційних контурів, малої кратності циркуляції і прийнятій проектом продувки. Крім того, в умовах великої водяної ємності з величезними пакетами труб, які тісно розташовані, дуже утруднене видалення домішок і підвищених концентрацій іонів Ca і Mg продувкою із усієї ємності парогенератора. У результаті суми цих негативних факторів відбувається накипоутворення на поверхнях нагрівання труб, виникає підшламова міжкристаллева корозія і масове руйнування металу трубопроводу, що призводить до необхідності заміни парогенераторів на нові і навіть кількарізів.

Задачею цього винаходу є усунення зазначених недоліків шляхом збільшення кратності циркуляції котлової води парогенератора, створення надійно виділеного циркуляційного контуру, умов більш ефективного видалення домішок і продуктів корозії продувкою і зменшення відкладень шламу на поверхнях нагрівання до значень, які запобігають підшламовій міжкристалевій корозії труб.

Указаний технічний результат досягається тим, що у відомому способі створення циркуляції котлової води у пароутворюючій частині парогенератора, за допомогою процесу теплообміну на пучках труб поверхонь нагрівання і кипіння води при вільній конвекції у великій ємності, обмеженій корпусом барабанного типу і, набраним із окремих листів з отворами, зануреним дірчастим щитом з закраїнами, оснащеними опускаючими екранами,

поряд з вільною конвекцією і природною циркуляцією, створюється і примусова циркуляція котлової води шляхом створення і використання кінетичної енергії витікання пари, яку утворюють при дроселюванні пари через отвори зануреного дірчастого щита і перекачування котлової води із-під парової подушки уверх на дірчастий щит.

Заявлюваний спосіб відрізняється від відомого способу створення циркуляції котлової води в пароутворюючій частині парогенератора тим, що поряд з природною циркуляцією, створюють примусову циркуляцію котлової води шляхом створення і використання кінетичної енергії витікання пари, яку утворюють при дроселюванні пари через отвори зануреного дірчастого щита, і перекачування шляхом ежекції котлової води із-під парової подушки уверх на дірчастий щит.

Такий спосіб може бути виконаний парогенератором нової конструкції для створення циркуляції котлової води в пароутворюючій частині парогенератора, що містить корпус барабанного типу з розташованими в ньому пучками труб поверхонь нагрівання і, набраний із окремих листів з отворами, занурений дірчастий щит над ними з закраїнами, оснащеними опускаючими екранами.

Відміна парогенератора, який дозволяє здійснити новий спосіб циркуляції, полягає в тому, що занурений дірчастий щит виконаний з отворами у вигляді патрубків, верхні кінці котрих закріплені в листах щита, а нижні кінці розташовані нижче парової подушки, під рівнем котлової води, і усередині патрубків концентрично розташовані дроселюючі парові сопла, що з'єднані каналами з паровою подушкою.

На Фіг.1 - зображено парогенератор для здійснення способу, загальний вигляд; на Фіг.2 - вузол А на Фіг.1; на Фіг.3 - розріз по Б-Б на Фіг.2.

Парогенератор для здійснення способу створення циркуляції котлової води в пароутворюючій частині його містить такі складові: корпус 1 барабанного типу, розташовані в ньому пучки труб поверхонь нагрівання 2, набраний із окремих листів 3 з отворами 4, занурений дірчастий щит 5 з закраїнами, обрамленими опускаючими екранами 6. Занурений дірчастий щит 5 виконаний з отворами 4 у вигляді патрубків 7, верхні кінці котрих закріплені в листах 3 щита 5, а нижні кінці розташовані нижче парової подушки 8 під рівнем котлової води і усередині патрубків 7 концентрично розташовано дроселююче парове сопло 9, з'єднане каналами 10 з паровою подушкою 8.

Спосіб створення циркуляції котлової води здійснюють в парогенераторі для його виконання таким чином. У результаті теплообміну між середовищами першого та другого контуру в барабані 1 парогенератора на пучках труб поверхонь нагрівання 2 відбувається бурхливе безперервне бульбашкове кипіння - пароутворення із злиттям бульбашок у міру просування до межі розподілу середовищ - парової подушки 8. Парова подушка 8 утворюється завдяки опорі проходженню пари дірчастим щитом 5, котрий служить для вирівнювання потоку пари по дзеркалу випаровування у барабані 1 парогенератора і запобігання виносу вологи. Величина парової подушки вибирається шляхом розра-

хунку по завданню придатної швидкості витікання пари при дроселюванні через сопла 9, які розташовані в патрубках 7. Пар із парової подушки 8 надходить по з'єднуючих каналах 10 до парового сопла 9, де завдяки різниці тиску відбувається витікання пари із сопла 9 з розрахунковою швидкістю в концентрично розташований патрубок 7. А завдяки кінетичній енергії витікання пари із сопла 9, яке обмежене концентрично розташованим патрубком 7, заповненням котловою водою, відбувається ежекція води потоком витікання пари із-під парової подушки 8 уверх на дірчастий щит 5. При цьому вода, яка опинилася над дірчастим щитом 5, завдяки перекачуванню її знизу уверх ежекцією парою, вільно стікає між опускним екраном 6 за-країн дірчастого щита 5 і стінками корпусу 1 барабанного типу по опускній ділянці нового циркуляційного контуру на дно корпусу 1 парогенератора. А потім ця вода знову піднімається уверх завдяки конвекції при нагріванні на трубних пучках 2 і додатково завдяки нерозривності динамічного потоку перекачуваної ежекцією води, де вона знову всмоктується в нижні кінці патрубків 7 кінетичною енергією витікання пари через сопла 9, створюючи таким чином, додатково до природної циркуляції, і примусову циркуляцію котлової води в пароутворюючій частині парогенератора, як зазначено стрілками на Фіг.1.

А така змішана циркуляція, природна плюс примусова, збільшує кратність циркуляції котлової води в пароутворюючій частині парогенератора до 3-5, збільшує швидкість води в міждрубному просторі пучків труб 2 на всій їх довжині, ліквідує застійні зони і зони можливого запарювання.

Створення надійно виділеного циркуляційного контуру примусовою циркуляцією котлової води по замкнутому круговому руху рідини, зображеному на Фіг.1 стрілками, зносить продукти корозії і хімічні домішки цим круговим рухом по закону Бера, який А. Ейнштейн пояснив "Феноменом чашки чаю", в центр дна корпусу парогенератора [3, 4]. А знесені і зосереджені у локальній області ємності ці продукти корозії і хімічні домішки тепер удається більшою мірою видалити неперервною продувкою

11 і забезпечити більш надійний безнакипний водний режим роботи парогенератора і навіть застосувати фосфатний режим, який більш надійно забезпечує видалення іонів Са і Mg.

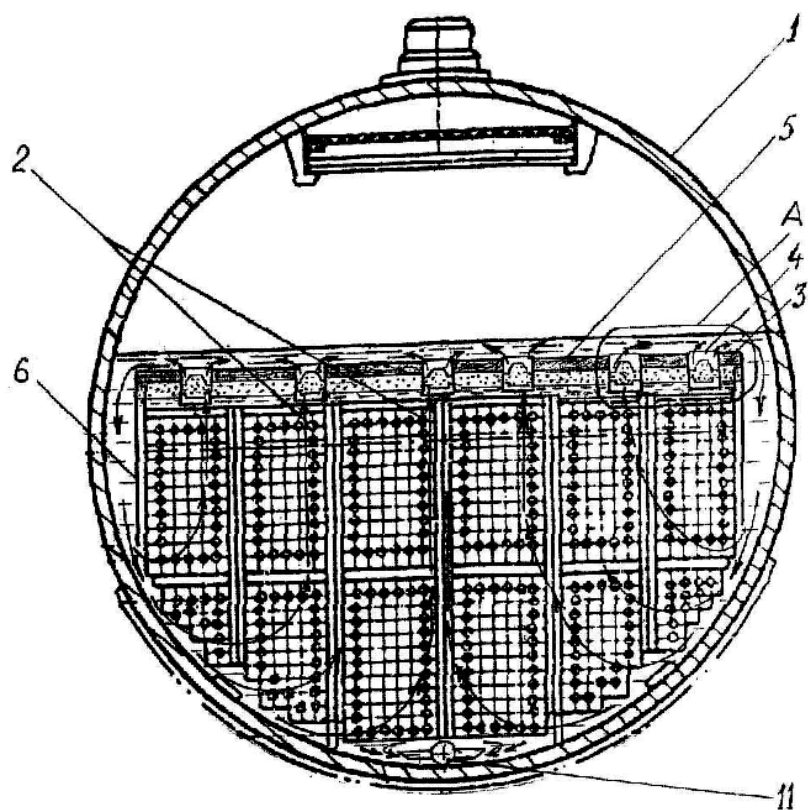
Завдяки створенню суми вищевказаних позитивних факторів у новому парогенераторі вдається забезпечити безсолевий, безнакипний водний режим роботи, завдяки чому зменшується розмір відкладень шламу на поверхнях нагрівання до значень, які відвертають підшламову міжкристалеву корозію металу труб і їх руйнування, і збільшують таким чином строк служби парогенератора до проектної норми і навіть більше.

У запропонованому способі і парогенераторі для його здійснення занурений дірчастий щит і дроселювання пари через його спеціальні отвори виконують не одну, а декілька функцій: зрівнюють швидкість виходу пари по всій площині дзеркала випаровування; створюють кінетичну енергію витікання пари, котра, по принципу пароструминного насоса, перекачує воду із-під парової подушки уверх на дірчастий щит, і створюють таким чином примусову циркуляцію котлової води, по замкнених надійно виділених кругових циркуляційних контурах, котра, по закону Бера, зносить і зосереджує у локальній ємності продукти корозії і хімічні домішки, вони більш ефективно видаляються неперервною продувкою.

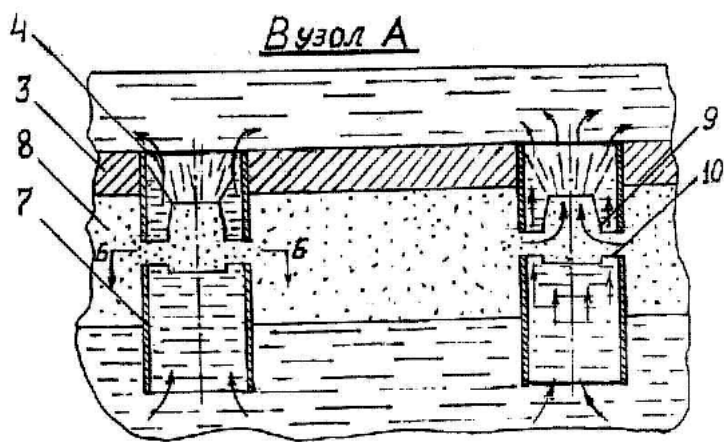
За рахунок збільшення кратності циркуляції котлової води збільшується деякою мірою інтенсифікація процесу теплообміну, паропродуктивність і надійність експлуатації парогенератора.

Список використаної інформації і літератури:

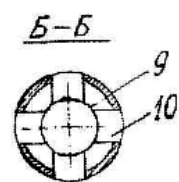
1. Теплотехнический справочник, том 2. - М.: Энергия, 1976.
2. Маргулова Т.Х. Расчет и проектирование парогенераторов атомных электростанций, М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.
3. Энштейн А. Причины образования извилины в руслах рек и так называемый закон Бэра / Собр. науч. тр. М.: Наука, 1967, т. 4. - с. 74-77.
4. Френкель В.Я., Явелов Б.Е. Энштейн - изобретатель. - М.: Наука, 1982. - С. 149.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3