



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 121372

(13) C2

(51) МПК

G21C 3/04 (2006.01)

G21C 3/32 (2006.01)

G21C 3/33 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2014 05432	(72) Винахідник(и):	Сперроу Джеймс А. (US/US), Александр Джеффри (US)
(22) Дата подання заявки:	21.05.2014	(73) Власник(и):	ВЕСТИНГХАУС ЕЛЕКТРИК КОМПАНІ ЛЛС, 1000 Westinghouse Drive, Suite 141, Cranberry Township, PA 16066, USA (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.05.2020	(74) Представник:	Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13/899,699	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	Лескин С. Т., Шелегов А. С., Слободчук В. И. "Физические особенности и конструкция реактора ВВЭР-1000": Учебное пособие. М: НИЯУ МИФИ, 2011, с. 71-85 RU 2079170 C1, 10.05.1997 RU 2506657 C1, 10.02.2014 UA 98441 C2, 25.05.2012 UA 94367 C2, 26.04.2011 RU 2120670 C1, 20.10.1998 WO 2014/046568 A1, 27.03.2014 RU 2294570 C1, 27.02.2007 EP 2031599 A1, 04.03.2009 US 8548113 B2, 01.10.2013
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	22.05.2013		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	26.01.2015, Бюл.№ 2		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.05.2020, Бюл.№ 10		

(54) ТЕПЛОВИДІЛЬНА ЗБІРКА ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЕР-1000

(57) Реферат:

Тепловидільна збірка ядерного реактора ВВЕР-1000, яка має модифікований хвостовик із фасками на верхньому краї перехідної частини, що має форму зрізаного конуса, від гексагональної верхньої секції хвостовика до нижнього кільцевого кінця, що монтується на опорній плиті активної зони.

UA 121372 C2

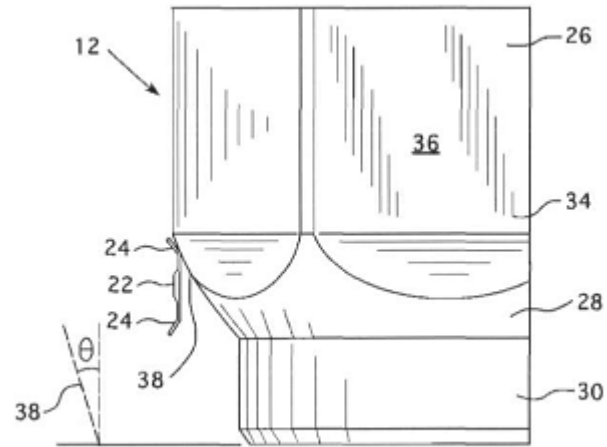


Fig. 4

Даний винахід стосується в цілому тепловидільних (паливних) збірок водо-водяних ядерних реакторів, зокрема конструкції хвостовика таких тепловидільних збірок (ТВЗ).

У ядерних реакторах типу, розроблених у колишньому Радянському Союзі, активна зона ядерного реактора складалася з великої кількості подовжених тепловидільних збірок, кожна з яких має множину паливних стрижнів (твелів), які утримуються у структурованій гексагональній збірці за допомогою множини решіток, розташованих з інтервалами у подовжному напрямку вздовж твелів, і які кріпляться до напрямних втулок з нержавіючої сталі для стрижнів системи керування та захисту ядерного реактора. Напрямні втулки з нержавіючої сталі для стрижнів системи керування та захисту ядерного реактора проходять вище і нижче кінців твелів і кріпляться до головок і хвостовиків ТВЗ на своїх відповідних кінцях. Тепловидільні збірки розміщуються у корпусі ядерного реактора, при цьому їх хвостовики спираються на опорну плиту активної зони реактора. Верхня частина активної зони спирається на головки ТВЗ і притискає ТВЗ під дією висхідного потоку теплоносія, що проходить через активну зону.

На Фігурі 1 зображений вертикальний вигляд тепловидільної збірки, в цілому позначеної посилальним номером 10. Тепловидільна збірка 10 належить до типу, який використовується у водо-водному реакторі конструкції ВВЕР-1000, і має конструктивний каркас, який на своєму нижньому кінці містить хвостовик 12. Хвостовик 12 підтримує ТВЗ 10 на опорній плиті активної зони ядерного реактора. Крім хвостовика 12, конструктивний каркас ТВЗ 10 також містить головку 14 на своєму верхньому кінці і ряд напрямних трубок або втулок 16, які є вирівняними з напрямними трубками у верхніх внутрішніх конструкціях над активною зоною для спрямування стрижнів керування та захисту всередину та назовні активної зони з метою керування ядерною реакцією. Напрямні трубки або втулки 16 проходять у подовжному напрямку між хвостовиками 12 і головками 14, та на протилежних кінцях жорстко кріпляться до них.

Тепловидільна збірка 10 додатково включає в себе множину поперечних решіток 18, розташованих вздовж з інтервалами в осьовому напрямку, і які кріпляться до напрямних втулок 16 та структурованої збірки подовжених твелів 20, розташованих з інтервалами у поперечному напрямку, і які підтримуються решітками 18. Решітки 18 традиційно формуються за допомогою збірки ортогональних смуг, які перемежуються у вигляді решітчастої структури із суміжною поверхнею чотирьох смуг, які визначають приблизно квадратні підтримуючі комірки, через які твели 20 підтримуються у поперечному, розташованому з інтервалами, положенні одна відносно одної. Ортогональна збірка смуг приварена на кожному кінці смуги до граничної смуги 22 з метою формування решітчастої структури. Граничні смуги 22 включають в себе верхні та нижні виступи, які є вигнутими всередину, які призначені для запобігання зачепленню решіток із суміжними решітками, коли ТВЗ завантажується в активну зону реактора. Проте останнім часом певні труднощі виникали при завантаженні нових тепловидільних збірок в активну зону реактора, де хвостовики ТВЗ зачіплювалися за виступи 24 решіток 18 на суміжних ТВЗ, в результаті чого виступи на суміжних ТВЗ згиналися зі зміщенням. Як можливо побачити на Фігурі 1, хвостовик має шість плоских поверхонь, які проходять по суті паралельно подовжній осі ТВЗ, і навколо периферії хвостовика. Плоскі поверхні 26 переходять у кільцевий нижній кінець 30, який має менший діаметр, ніж плоскі поверхні 26, через осьовий сегмент, що має форму зрізаного конуса 28. Під час завантаження ТВЗ в активну зону ядерного реактора хвостовик зачіплюється у місці переходу до сегмента, що має форму зрізаного конуса 28, на виступах 24 на суміжних ТВЗ, як можливо побачити на вигляді збоку частини хвостовика, зображеному на Фігурі 2, і вигляді спереду, зображеному на Фігурі 3.

Відповідно, задача даного винаходу - модифікувати конструкцію хвостовика таким чином, щоб він не зачіплювався за виступи суміжної решітки.

Крім того, задачею даного винаходу є створення такої модифікації, яка не буде негативно впливати на перепад тиску, що має місце навколо тепловидільної збірки.

Ці та інші задачі вирішуються за допомогою подовженої тепловидільної збірки ядерного реактора, що має вісь уздовж подовженого виміру тепловидільної збірки, яка проходить від верхнього кінця головки до нижнього кінця хвостовика. Хвостовик має багатогранну поверхню, що має сторони, які проходять в осьовому напрямку і навколо окружності хвостовика, де кожна зі сторін поверхні має по суті плоску частину, яка переходить в осьовому напрямку у по суті кільцеву, трубчасту основу на нижньому кінці. Кільцева основа має радіальний розмір, який є меншим відповідного радіального розміру, що проходить від осі до поверхні, і перехідна частина проходить вздовж по суті криволінійної траєкторії вздовж осьової ділянки з конусом, утвореної у перехідній частині нижче принаймні деяких плоских частин. Переважно, конус є по суті плоским, а багатогранна поверхня має більше ніж чотири сторони, наприклад, шестигранна поверхня. Бажано, щоб плоскі частини були по суті паралельними осі ТВЗ, а криволінійна поверхня осьової ділянки перехідної частини мала радіус приблизно 5,906 дюймів (15 см). В одному

варіанті, конус проходить приблизно під кутом 5-15 градусів відносно плоских частин і більш переважно 8-12 градусів відносно плоских частин. В іншому варіанті, конус проходить під кожною з плоских частин.

5 Подальше розуміння винаходу можливо отримати з наступного опису переважних варіантів здійснення при прочитанні спільно з фігурами, що додаються, на яких:

Фігура 1 являє собою вигляд у вертикальному розрізі гексагональної тепловидільної збірки з хвостовиком, яка може мати конструкцію за даним винаходом;

10 Фігура 2 являє собою вигляд збоку частини конструкції хвостовика відповідно до відомого рівня техніки, зображеної відносно частини граничної смуги суміжної решітки на суміжній ТВЗ під час завантаження хвостовика ТВЗ в активну зону ядерного реактора;

Фігура 3 являє собою вигляд спереду частини хвостовика, зображеного на Фігурі 2;

Фігура 4 являє собою вигляд збоку частини модифікованого хвостовика відповідно до одного з варіантів здійснення даного винаходу, коли він є завантаженим повз граничну смугу суміжної решітки на суміжній ТВЗ; та

15 Фігура 5 являє собою вигляд спереду частини хвостовика/суміжної граничної смуги, зображеної на Фігурі 4.

Як описано вище відносно Фігур 1-3, хвостовик традиційної гексагональної ТВЗ має верхню багатогранну поверхню 34, що має сторони 36, які проходять в осьовому напрямку і навколо окружності хвостовика 12. Кожна зі сторін поверхні має по суті плоску частину 36, яка переходить в осьовому напрямку по суті у кільцеву основу 30, що має радіальний розмір, вимірний від центральної осі 32 ТВЗ, який є меншим, ніж відповідний радіальний розмір, що проходить від осі 32 до поверхні 36 з перехідною частиною 28, яка має по суті форму зрізаного конуса з вигнутим в осьовому напрямку розміром, що має радіус приблизно 5,906 дюймів (15 см). Перехід між плоскими поверхнями 36 і формою зрізаного конуса 28 призводить до неналежного контакту між збіркою, що має завантажуватися, і суміжними збірками, які були завантажені раніше, як зображено на Фігурах 2 і 3, на яких перехідна частина контактує з виступами 24 граничних смуг 22 суміжних решіток. Модифікація, пропонується даним винаходом, додає західну фаску 38 (також визначену як конус або скіс) до верхнього краю перехідної частини 28 у нижній частині всіх шести поверхонь хвостовика 12 традиційної гексагональної тепловидільної збірки. Ці фаски мають такі розміри, щоб забезпечити поширення початкового контакту між хвостовиком і кожною з решіток суміжних збірок на значну частину поверхні решітки, при цьому повністю виключаючи контакт між хвостовиком і виступами верхньої решітки 24. Фаски повинні мати такий розмір, щоб не виникало негативного впливу при взаємодії ТВЗ з нижніми опорними трубами активної зони ядерного реактора. Західна фаска, включена відповідно до варіанта, зображеного на Фігурах 4 і 5, як описано нижче, дозволить звести до мінімуму взаємодію між паливними збірками під час завантаження ТВЗ. Конструкція ТВЗ відповідно до відомого рівня техніки не має західної фаски, що призводить до неналежної взаємодії між ТВЗ, що завантажуються, та суміжними ТВЗ, які були завантажені раніше, як це можливо зрозуміти на вигляді збоку на Фігурі 2.

40 Як можливо побачити на Фігурі 2, контакт між хвостовиком 12 традиційної ТВЗ та виступами решітки 24 повністю відбувається всередині зовнішньої смуги 22, що свідчить про наявність значного згинального моменту на самих виступах 24, які є відносно слабкими в осьовому напрямку. Крім того, виходячи з вигляду спереду, зображеного на Фігурі 3, можливо побачити, що все осьове навантаження, яке передається на пластини, спочатку передається тільки через дві центральні пластини. Коли паливна збірка, що завантажуються, продовжує свій рух вниз під час завантаження, реактивне навантаження, що впливає на зовнішню смугу решітки, починає діяти у центральній частині решітки, а потім повільно поширюється на більшу частину смуги в ході цього процесу. Стискувальні бічні сили і спричинені ними напруження є значно вищими, коли все навантаження передається тільки через центральну частину решітки.

50 Варіант здійснення винаходу, зображений на Фігурах 4 і 5, усуває таку ситуацію шляхом забезпечення західної фаски або скосу 38 у перехідній частині 28 відразу нижче плоских поверхонь. Проте, слід розуміти, що скіс 38 може бути сформований у нижній частині плоских поверхонь 26 без шкоди даному винаходу. Західна фаска 38 переважно має кут відносно плоскої поверхні 26 приблизно 5-15 градусів, і завершується переважно не досягаючи кільцевої основи 30. Переважно фаска 38 проходить в осьовому напрямку приблизно на півдорозі до перехідної частини 28 від плоских поверхонь 26 і під кутом приблизно 8-12 градусів відносно плоских поверхонь 26.

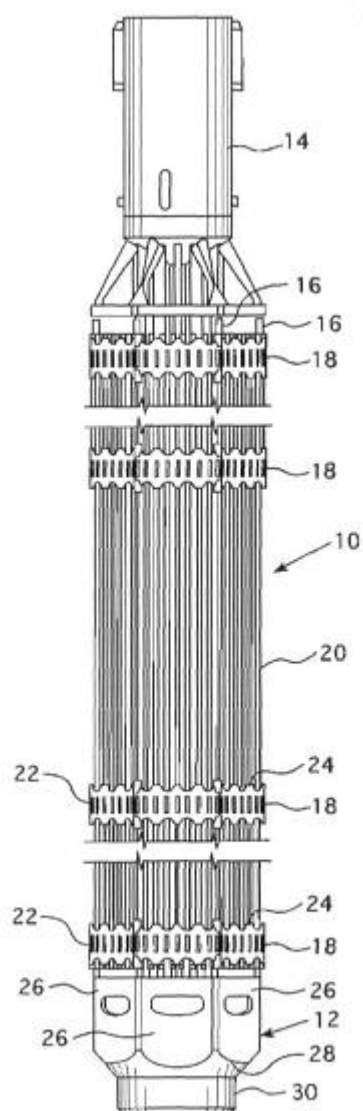
60 Як можливо побачити на вигляді збоку, зображеному на Фігурі 4, контакт відбувається між хвостовиком 12 і зовнішньою смугою решітки 22, а не з самим виступом 24. Це свідчить про відсутність жодного навантаження на зовнішні виступи, а отже вони не будуть пошкоджені або

зігнуті під час таких взаємодій. Виходячи з вигляду спереду, зображеному на Фігурі 5, можливо побачити, що все осьове навантаження, яке передається на зовнішню смугу, спочатку передається через майже всю ширину смуги. У міру того, як паливна збірка продовжує рухатися вниз, бічне навантаження, яке виникає, поширюється на значно більшу частину стяжної смуги, по суті на усі поверхню смуги. Стискувальні напруження, що виникають, будуть значно нижчими, якщо навантаження поширюється по всій поверхні решітки, і ймовірність пошкодження решітки значно знижується.

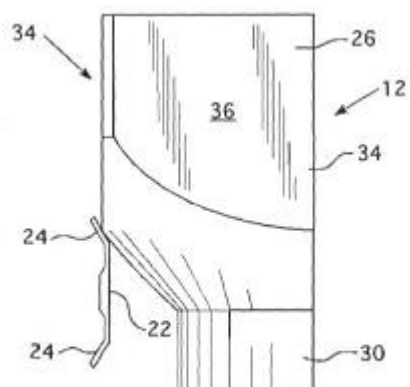
Попри те, що конкретні варіанти здійснення винаходу були описані докладно, фахівцям у даній галузі техніки буде зрозуміло, що різні модифікації та альтернативи таких докладних варіантів можуть бути розроблені в світлі загальних ідей даного винаходу. Відповідно, описані конкретні варіанти здійснення винаходу є тільки ілюстративними і не обмежують обсягу винаходу, що має бути охоплений всією повнотою захисту, який забезпечує формула винаходу, що додається, і будь-які та всі її еквіваленти.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Подовжена тепловидільна збірка ядерного реактора, що має вісь уздовж подовженого виміру, яка проходить від верхнього кінця головки до нижнього кінця хвостовика, при цьому хвостовик має багатогранну поверхню, що має сторони, які проходять в осьовому напрямку і навколо окружності хвостовика; по суті кільцеву, трубчасту основу на нижньому кінці хвостовика; перехідну ділянку між багатогранною поверхнею та по суті кільцевою, трубчастою основою, де перехідна ділянка має форму зрізаного конуса, що має множину плоских ділянок, утворених у ньому, причому кожна плоска ділянка відповідає одній стороні багатогранної поверхні, де кожна з плоских ділянок проходить під кутом від 5 до 15 градусів відносно її відповідної сторони багатогранної поверхні.
2. Тепловидільна збірка ядерного реактора за п. 1, де багатогранна поверхня має більше ніж чотири сторони.
3. Тепловидільна збірка ядерного реактора за п. 2, де хвостовик має шестигранну поверхню.
4. Тепловидільна збірка ядерного реактора за п. 1, де сторони багатогранної поверхні є по суті паралельними осі тепловидільної збірки.
5. Тепловидільна збірка ядерного реактора за п. 1, де кожна з плоских ділянок проходить під кутом 8-12 градусів відносно її відповідної багатогранної поверхні.
6. Тепловидільна збірка ядерного реактора за п. 1, де кожна з плоских ділянок проходить від її відповідної сторони багатогранної поверхні.



Фіг. 1  
Попередній рівень техніки



Фіг. 2

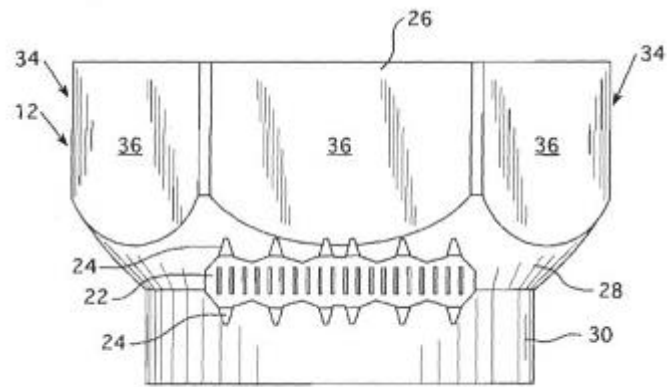


Fig. 3

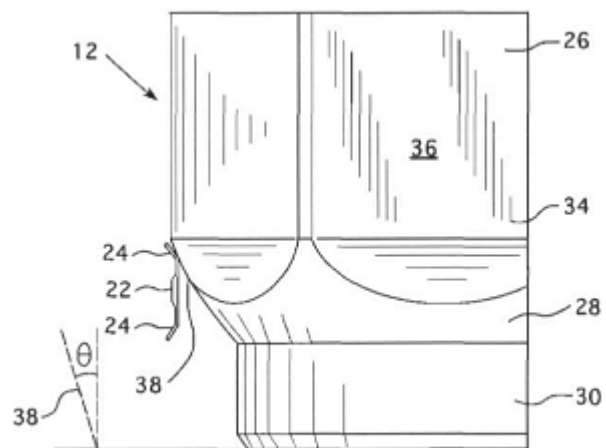


Fig. 4

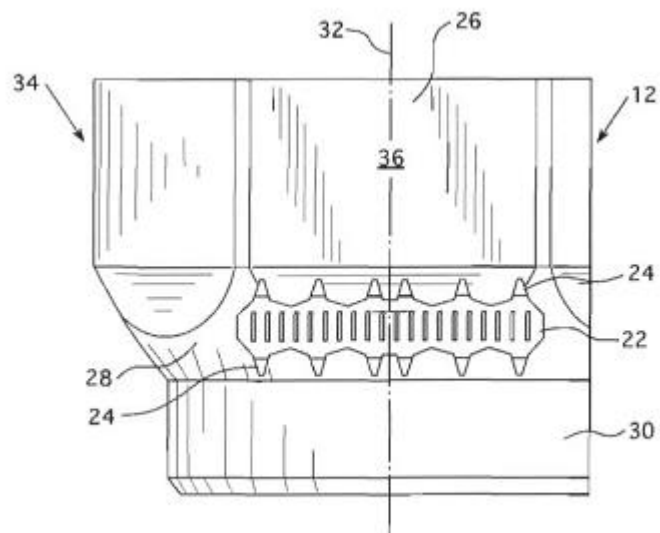


Fig. 5

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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