



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 56368

(13) C2

(51) 7 G21C3/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТЕПЛОВИДІЛЬНА ЗБОРКА ВОДО-ВОДЯНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

1

2

(21) 2002075702

(22) 18 10 2000

(24) 15 05 2003

(86) PCT/RU00/00412, 18 10 2000

(31) 2000101671

(32) 26 01 2000

(33) RU

(46) 15 05 2003, Бюл. № 5, 2003 р.

(72) Межуєв Валерій Алексєєвич, RU, Панюшкін Альберт Константинович, RU, Потоскаєв Геннадій Григорєвич, RU, Курсков Владімір Сергєєвич, RU, Альошін Юрій Анатолєєвич, RU, Іванов Александр Вікторович, RU, Кісєльов Юрій Ніколаєвич, RU, Сімаков Геннадій Александрович, RU, Бєк Євгеній Глебович, RU, Самойлов Олег Борисович, RU, Курільов Вадім Іванович, RU

(73) ОТКРИТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД", RU

(56) RU 2093906, G21C 3/30, 1997

FR 2606200, G21C 3/30, 1988

Крамєров А.Я., Вопросы конструирования ядерных реакторов, М., Атомиздат, 1971, с. 198, 204

(57) 1 Тепловидільна збірка водо-водяного енергетичного ядерного реактора, яка включає розміщені по довжині збірки дистанційовальні ґрати для гексагонального пучка тепловидільних

елементів, опорні елементи у вигляді кутових пластин, жорстко з'єднаних з дистанційовальними ґратами і хвостовою частиною, і напрямні канали, що проходять крізь частину комірок у дистанційовальних ґратах, яка відрізняється тим, що на напрямних каналах з гарантованим зазором не більше 1,5 мм відносно торців дистанційовальних ґрат установлені втулки, що мають у плані перерізу, розмір якого перевищує вписаний діаметр комірок, причому в перших за ходом теплоносія дистанційовальних ґратах втулки розташовані з боку нижнього торця, а на інших дистанційовальних ґратах втулки розміщені з боку верхнього торця

2 Тепловидільна збірка водо-водяного енергетичного реактора за п. 1, яка відрізняється тим, що втулки виконані розрізними і з буртиком, діаметр якого більше вписаного діаметра комірки дистанційовальних ґрат

3 Тепловидільна збірка водо-водяного енергетичного реактора за п. 1 чи п. 2, яка відрізняється тим, що принаймні на частині напрямних каналів, біля торців, протилежних торцям, в яких розміщені основні втулки, установлені додаткові втулки, причому сума величин зазорів між торцями ґрат і основною та додатковою втулками становить не більше 1,5 мм

Винахід відноситься до області ядерної техніки та технології і може бути використаний при конструюванні та виготовленні тепловидільних збірок (ТВЗ) для ядерних енергетичних реакторів водо-водяного типу, особливо для реакторів типу ВВЕР-1000

Однією з основних функцій ТВЗ є закріплення і дистанціювання тепловидільних елементів (твєлів). При конструюванні і виготовленні ТВЗ необхідно забезпечити надійне кріплення твєлів, збереження необхідних зазорів між ними і можливість розширення при нагріванні в будь-яких заданих режимах роботи реактора. Дистанціювання повинно бути таким, щоб оболонки твєлів не руйнувалися внаслідок їх стирання при вібрації від руху теплоносія. Крім цього, за допомогою ТВЗ організується потік теплоносія в активній зоні реактора

Стрижневі твєли кріпляться з одного боку до кінцевих деталей, які звичайно є ґратами з отворами для наконечників твєлів, розташування яких відповідає розташуванню твєлів в поперечному перерізі ТВЗ, і для проходу теплоносія

Заданий крок розташування твєлів забезпечується дистанційовальними ґратами, розташованими по довжині ТВЗ. Вказані ґрати бувають різнотипними, але усі складаються з окремих комірок, з'єднаних у єдину конструкцію, в яких твєли фіксуються чи то пружними елементами, чи то за рахунок натягу дистанційовальних виступів комірки на твєлах

В залежності від типу реактора пучки твєлів можуть бути поміщені до кожуха, який утворює тракт теплоносія, або встановлюватися в реактор без кожуха. В каналних реакторах, де тракт теп-

(13) C2

(11) 56368

(19) UA

поносія утворюється каналом, ТВЗ виконані без корпусу. В корпусних водо-водяних реакторах ТВЗ також не завжди мають кожух.

Відома конструкція ТВЗ ядерного енергетичного реактора, яка включає гексагональний у поперечному перерізі пучок твєлів, розміщений у розташованих по довжині зборки дистанційовальних ґратах, головну та хвостову частини, з'єднані зовнішнім чохлам, що має гексагональний поперечний переріз (Крамерів А.Я., Вопросы конструирования ядерных реакторов, М., Атомиздат, 1971г., с 198).

Наявність чохла забезпечує необхідну міцність і жорсткість ТВЗ, однак чохол вносить додаткову масу металу в активну зону і збільшує теплове навантаження твєлів за рахунок змушеного збільшення кроку між ТВЗ, оскільки залишається менше твєлів в одиниці об'єму активної зони реактора. Крім того, чохол збільшує нерівномірність енерговиділення по перерізу ТВЗ.

Відома конструкція ТВЗ, у якій в чохла передбачені отвори, розташовані по всій довжині і ширині грані чохла, чи вікна по довжині грані чохла (FR 2606200, G 21 C 3/30, 1988). Наявність отворів чи вікон у гранях чохла помітно зменшує величину додаткової маси металу, внесеного в активну зону, але не знижує лінійне теплове навантаження твєлів, а нерівномірність енерговиділення по довжині ТВЗ навіть зростає, що приводить до збільшення термічних деформацій у конструкції тепловидільної зборки.

Відома конструкція ТВЗ, у якій не передбачена наявність чохла, а головна і хвостова частини з'єднані напрямними каналами, що проходять крізь комірки дистанційовальних ґрат (див Крамерів А.Я., Вопросы конструирования ядерных реакторов, М., Атомиздат, 1971г., с 204).

Відсутність додаткової маси металу дає можливість зменшити крок розміщення ТВЗ, що зменшує нерівномірність тепловиділення у ТВЗ і лінійні навантаження на твєл. Однак, відсутність чохла приводить до помітного зниження міцності і порушення геометрії ТВЗ в процесі експлуатації. Під впливом висхідного потоку теплоносія відбувається скривлення напрямних каналів і переміщення дистанційовальних ґрат, що приводить до скривлення твєлів і зміни кроку їх розташування у ТВЗ. Усе це свідчить про недостатню жорсткість і стійкість такої конструкції ТВЗ, що істотно знижує безпеку роботи ядерного реактора.

Найбільш близькою за технічною сутністю до описуваної є тепловидільна зборка водо-водяного енергетичного ядерного реактора, яка включає розміщені по довжині зборки дистанційовальні ґрати для гексагонального пучка тепловидільних елементів, опорні елементи у вигляді кутових пластин, жорстко з'єднаних з дистанційовальними ґратами і хвостовою частиною, та напрямні канали, що проходять крізь частину комірок у дистанційовальних ґратах (RU 2093906, 021 C 3/30 1997).

Опорні елементи, виконані у вигляді кутових пластин, суттєво підвищують міцність і жорсткість ТВЗ за рахунок створення коробчастої конструкції, не вносячи при цьому помітної кількості додаткового металу в активну зону.

Однак, збільшуючи міцність і жорсткість теп-

ловидільної зборки в цілому, кутові пластини не забезпечують достатню жорсткість в центральній області ТВЗ, особливо в дистанційовальних ґратах. Центральні області дистанційовальних ґрат зазнають помітного деформуючого впливу висхідного потоку теплоносія. При цьому центральні області дистанційовальних ґрат, не закріплені жорстко, зазнають значних згинаючих деформацій під дією потоку теплоносія.

При експлуатації ТВЗ такої конструкції, центральні комірки дистанційовальних ґрат, що мають можливість переміщення уздовж пучка твєлів, спричиняють її прогин уздовж осі тепловидільної зборки.

Експериментальні дослідження показали, що зміна профілю поперечного перерізу дистанційовальних ґрат викликає збільшення зусилля переміщення твєлів в комірках, що приводить до їх передчасного руйнування і виходу з ладу усієї ТВЗ.

Підвищення зусилля закріплення твєлів в комірках, з одного боку, трохи зменшить деформацію дистанційовальних ґрат, але, з іншого боку, навіть незначна деформація ґрат значно підвищить деформацію власне твєла і призведе до неможливості його переміщення відносно стінок комірки. В результаті має місце так зване «закушування» твєла.

Зниження деформації твєла можливо шляхом зменшення ступеня фіксації твєла в комірці. Але у цьому випадку збільшується деформація дистанційовальних ґрат, оскільки центральні комірки вільно переміщуються уздовж поверхні твєлів. В свою чергу, дане явище збільшує деформацію твєла.

Крім того, при вивантаженні відпрацьованих тепловидільних зборок після закінчення ресурсу функціонування твєлів, вся маса твєлів діє на нижні дистанційовальні ґрати, створюючи істотні деформуючі зусилля, які приводять до випинання центральних комірок, що також може призвести до деформації твєлів та їх руйнування. Тим більше, що наприкінці експлуатації міцнісні характеристики знижені внаслідок радіаційного розбухання палива, газовиділення, температурного впливу, «старіння» матеріалу оболонки під дією іонізуючого опромінення.

Таким чином, у відомій тепловидільній зборці твєли зазнають постійних деформуючих навантажень, рівень яких неможливо істотно знизити.

Задачею винаходу є створення і розробка тепловидільної зборки водо-водяного енергетичного ядерного реактора, яка має підвищену надійність, міцність і жорсткість.

У результаті рішення даної задачі можуть бути одержані нові технічні результати, які полягають в тому, що знижується деформація дистанційовальних ґрат і твєлів при їх взаємодії, підвищується ступінь рівномірності розподілу механічних навантажень між вузлами та елементами конструкції, зменшується формозміна всієї тепловидільної зборки в цілому та її окремих елементів.

Дані технічні результати досягаються тим, що в тепловидільній зборці водо-водяного енергетичного ядерного реактора, яка включає розміщені по довжині зборки дистанційовальні ґрати для гексагонального пучка тепловидільних елементів, опорні елементи у вигляді кутових пластин, жорстко

з'єднаних з дистанційовальними ґратами і хвостовою частиною, і напрямні канали, що проходять крізь частину комірок у дистанційовальних ґратах, на, принаймні, частині напрямних каналів з гарантованим зазором не більше 1,5 мм відносно торців дистанційовальних ґрат встановлені втулки, що мають у плані переріз, розмір якого перевищує вписаний діаметр комірок, причому у перших за ходом теплоносія дистанційовальних ґрат втулки розташовані з боку нижнього торця, а на інших дистанційовальних ґратах втулки розміщені з боку верхнього торця

Відмітна ознака даного винаходу полягає в такому. Наявність на принаймні частині напрямних каналів втулок, які виконують функцію опор для дистанційовальних ґрат, значно зменшує формозміну дистанційовальних ґрат. Для цього втулки повинні бути жорстко з'єднані з напрямними каналами так, щоб напрямні канали сприймали механічні навантаження, що виникають у дистанційовальних ґратах. Втулки будуть виконувати функцію опор для дистанційовальних ґрат за умови, що розмір перерізу втулок у плані перевищує вписаний діаметр комірки. Інакше втулка може контактувати з порожниною комірки, що насувається на втулку

Втулки необхідно встановлювати з гарантованим зазором відносно торцевих поверхонь дистанційовальних ґрат, оскільки при жорсткому їх з'єднанні з торцями утворюється статично невизначена система, в якій можливі значні концентрації напруг

Гарантований (який має мінімальне значення, що дорівнює нулю) зазор між втулками і торцями передбачає своєрідну шарнірну взаємодію між втулками і торцями, що дозволяє більш рівномірно перерозподілити напруга, які виникають в елементах зборки й утворити більш міцний каркас. Експериментально встановлено, що зазор не повинен перевищувати 1,5мм, оскільки в протилежному випадку має місце неприпустима деформація дистанційовальних ґрат

Суттєвим є також установка втулок під нижнім торцем перших за ходом теплоносія ґрат, тому що найбільшій деформації дані ґрати зазнають при вивантаженні зборки, сприймаючи всю масу твєлїв. Наявність втулок під нижнім торцем перших за ходом теплоносія ґрат не дозволяє їй деформуватися при перевантаженні тепловидільної зборки. При цьому напруги, що виникають в елементах конструкції, будуть більш рівномірно перерозподілені між вузлами зборки

Крім того, втулки можуть бути виконані розрізними і з буртиком, діаметр якого більше вписаного діаметра комірки дистанційовальних ґрат

Доцільно також принаймні на частині напрямних каналів у торців, протилежних торцям, в яких розміщені основні втулки, установити додаткові втулки, причому сума величин зазорів між торцями ґрат і основною та додатковою втулками повинна бути не більше 1,5мм

Вказані переваги, а також особливості даного винаходу пояснюються кращим варіантом його здійснення з посиланнями на прикладені креслення

На фіг 1 зображений загальний вид теплови-

дільної зборки, на фіг 2 показаний фрагмент позовжнього перерізу, на фіг 3 приведена частина поперечного перерізу, на фіг 4 показаний загальний вид втулки

Тепловидільна зборка включає розміщені по довжині зборки дистанційовальні ґрати 1 для гексагонального пучка тепловидільних елементів 2. Ґрати 1 можуть бути виконані з цирконієвого сплаву. Головна 3 і хвостова 4 частини зборки, виготовлені з нержавіючої сталі, з'єднані напрямними каналами 5, виготовленими з цирконієвого сплаву, причому головна частина 3 підпружинена відносно напрямних каналів 5. В кутах зборки по її довжині від хвостової частини 4 до верхніх дистанційовальних ґрат 6 встановлені опорні елементи у вигляді кутових пластин 7. Пластини 7 можуть бути виконані з цирконієвого сплаву, який має радіаційну стійкість. Пластини 7 жорстко з'єднані, наприклад зварюванням, з дистанційовальними ґратами 1, а також жорстко з'єднані, наприклад гвинтами, із хвостовою частиною 4. Направні канали 5 проходять крізь частину комірок (на кресленнях не показані) у дистанційовальних ґратах. Форма комірок та їх конструкція можуть бути найрізноманітнішими. На напрямних каналах 5 установлені з гарантованим зазором відносно торцевих поверхонь дистанційовальних ґрат втулки 8. Втулки 8 мають у плані переріз, розмір якого перевищує вписаний діаметр комірок для того, щоб втулки не могли проходити усередину порожнини комірки. Втулки 8 можуть бути виконані з буртиком 9, діаметр якого більше вписаного діаметра комірки, і мати розріз 10, що забезпечує при монтажі вільне переміщення втулок уздовж напрямних каналів. Після установки втулки на напрямному каналі здійснюється її фіксація зварюванням відносно напрямного каналу. Гарантований зазор δ_0 між втулкою і торцевою поверхнею дистанційовальних ґрат не повинен перевищувати 1,5мм. У протилежному випадку мають місце істотні деформації і скривлення дистанційовальних ґрат

У перших за ходом теплоносія дистанційовальних ґрат 11 опорні втулки розташовані з боку нижнього торця, а на інших дистанційовальних ґратах втулки розміщені з боку верхнього торця. Вказане розташування втулок обумовлене таким. При експлуатації зборки потік теплоносія чинить істотну дію на дистанційовальні ґрати, що приводить до їх деформації. Оскільки потік теплоносія спрямований знизу угору, то і скривлення ґрат спрямоване угору. Тому для створення додаткових опор, що перешкоджають деформації ґрат, втулки розташовані над верхніми торцями у всіх ґрат, крім перших за ходом теплоносія. Перші за ходом теплоносія ґрати 11 зазнають істотного напруження при перевантаженні зборки, тому що при русі зборки угору ґрати 11 сприймають всю масу тепловидільних елементів

Крім основних втулок 8, дистанційовальні ґрати можуть мати додаткові опорні поверхні на торцях, протилежних торцям, з боку яких розміщені основні втулки 8. Для цього можуть бути встановлені з гарантованим зазором відносно торця ґрати додаткові втулки 12. Причому, додаткові втулки 12 можуть бути встановлені на напрямних каналах так, що утвориться пара основна втулка 8 і додаткова

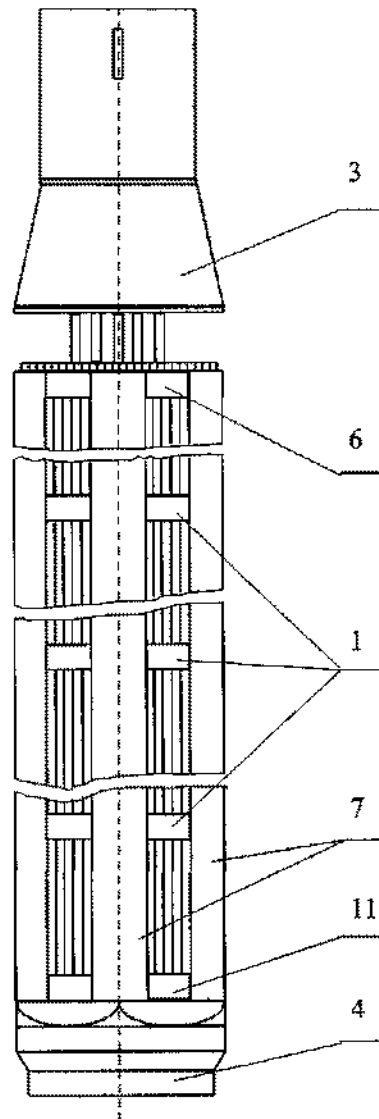
втупка 12, розташовувані на якому-небудь каналі з боку протилежних торців одних ґрат. Але додаткові втупки можуть бути встановлені на якому-небудь каналі без наявності основної втупки. Додаткові втупки 12 сприяють зниженню деформації ґрат, оскільки при наявності основних втулок 8 під час експлуатації зборки можливий перерозподіл напружень по перерізу ґрат і деформація частини її комірок у нижньому напрямку.

Втулки 12 дозволяють уникнути даного негативного моменту. Але в цьому випадку вищевказаний ефект буде досягнутий за умови, що сума величини зазору δ_1 між основною втулкою 8 і торцем ґрат і величини зазору δ_2 між додатковою втулкою 12, встановлюваних у парі, не повинна перевищувати величини зазору $\delta_0 - 1,5$ мм.

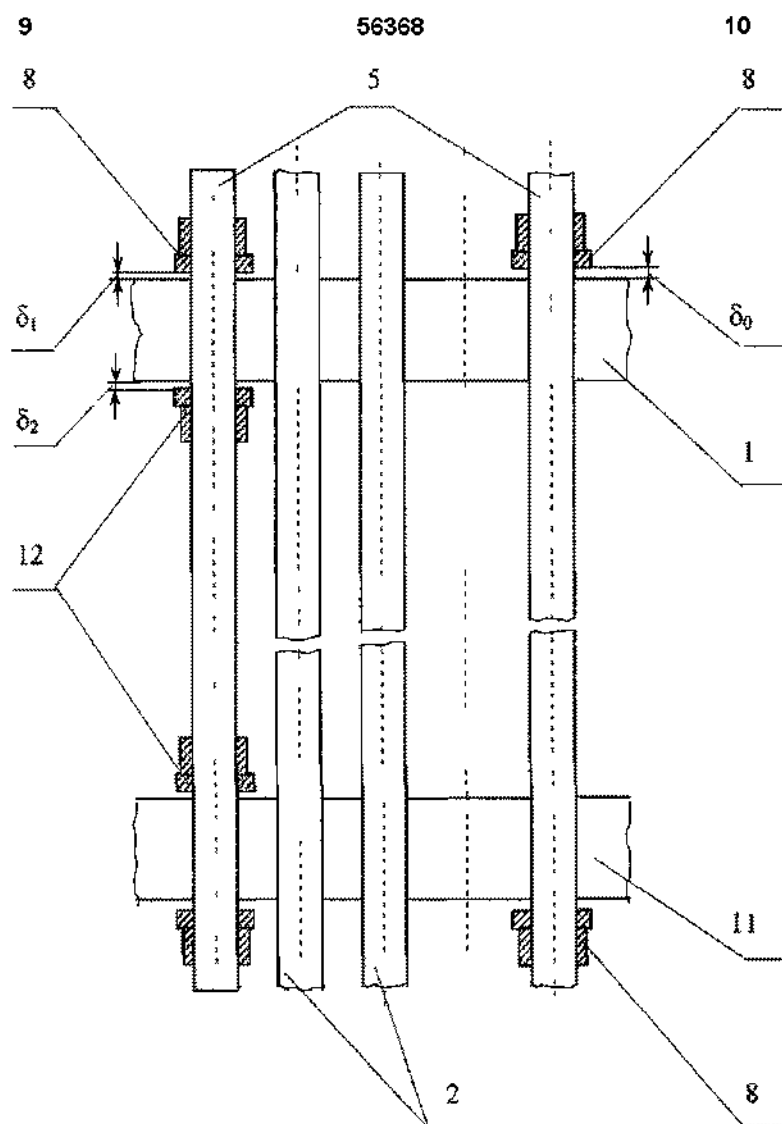
Описувана тепловидільна зборка функціонує в такий спосіб. При експлуатації реактора тепловидільна зборка механічно навантажується зверху в осьовому напрямку для запобігання її спливання

При розігріві всієї конструкції до робочих температур виявляється термомеханічне навантаження зборки. Кутіві пластини 7 разом із хвостовою частиною 4 і дистанційвальними ґратами 1 утворюють досить жорсткий каркас, що перешкоджає деформації зборки і скривленню напрямних каналів, у яких можуть переміщатися регулювальні органи (на кресленні не показані). Деформації, що виникають при цьому в дистанційвальних ґратах у площині, паралельній її торцям, компенсуються основними втулками 8 і додатковими втулками 12. При цьому за рахунок більш рівномірного розподілу навантажень на елементи зборки утворюється монолітна конструкція.

Таким чином, описувана тепловидільна зборка може бути виготовлена з використанням відомих засобів. Використання даної тепловидільної зборки дозволить істотно підвищити стійкість пучка твелів і твердість конструкції в цілому.



Фиг.1



Фиг.2

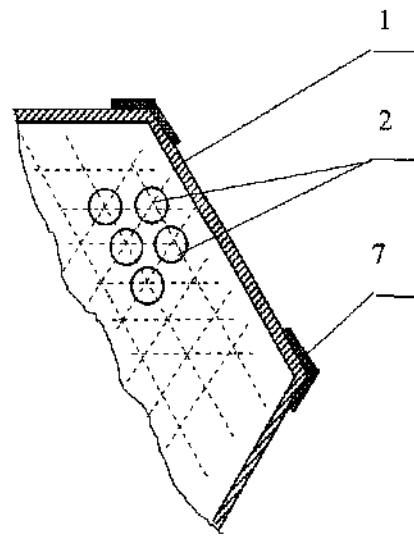


Fig. 3

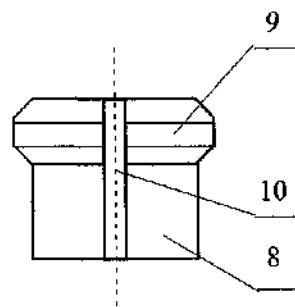


Fig. 4