

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

(19) BG

(11) 64430 B1

7(51) G 21 C 3/32, 3/33,
3/332, 3/334



ОПИСАНИЕ КЪМ ПАТЕНТ

ЗА

ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Регистров № 106957
(22) Заявено на 26.07.2002
(24) Начало на действие
на патента от: 18.10.2000

Приоритетни данни

(31) 2000101671 (32) 26.01.2000 (33) RU

(41) Публикувана заявка в
бюлетин № 4 на 30.04.2003
(45) Отпечатано на 31.01.2005
(46) Публикувано в бюлетин № 1
на 31.01.2005
(56) Информационни източници:
FR 2606200; RU 2093906

(62) Разделена заявка от рег. №

(73) Патентоприитежател(и):
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
“МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД”,
ЭЛЕКТРОСТАЛЬ, МОСКОВСКАЯ ОБЛ.,
УЛ. “К. МАРКСА” Д. 12 (RU)

(72) Изобретател(и):
Валерий Алексеевич Межуев
Альберт Константинович Панюшкин
Геннадий Григорьевич Потоскаев
Владимир Сергеевич Курсков
Юрий Анатольевич Алешин
Александр Викторович Иванов
Юрий Николаевич Киселев
Геннадий Александрович Симakov
Евгений Глебович Бек,
Электросталь, Московская обл.
Олег Борисович Самойлов
Вадим Иванович Курьлев, Нижний Новгород (RU)

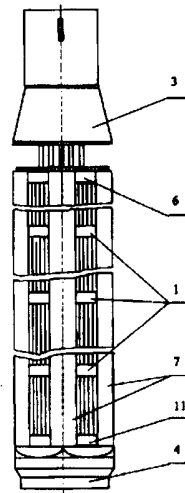
(74) Представител по индустриална
собственост:
Нейко Христов Неиков, 1125 София, п.к. 34

(86) № и дата на РСТ заявка:
PCT/RU2000/000412, 18.10.2000

(87) № и дата на РСТ публикация:
WO2001/056039, 02.08.2001

(54) ТОПЛОТДЕЛЯЩ ВЪЗЕЛ ЗА ВОДО-ВОДЕН
ЯДРЕНОЕНЕРГИЕН РЕАКТОР

(57) Възелът е приложен в ядрената техника и технология. Чрез него се понижава деформацията на дистанциращите решетки, като едновременно с това се повишава степента на равномерно разпределение на механичните натоварвания между възлите и елементите на конструкцията, намалява се възможността за изменение на формата на топлоотделящия възел, както като цялостна конструкция, така и за отделните й елементи. Теплоотделящият възел се състои от разположени по дължината му дистанциращи решетки (1 и 11) за образуване на хексагонален сноп от топлоотделящи елементи (2), опорни елементи, изпълнени във вид на ълови пластини



BG 64430 B1

64430

(7), неподвижно свързани с решетките (1 и 11) и опашната част (4), и направляващи канали (5). По каналите (5) с предварително определена междина, която не е по-голяма от 1,5 mm спрямо прътите на дистанциращите решетки (1 и 11), са разположени втулки (8). В първата по отношение на движение на топлоносителя дистанцираща решетка (11) втулките (8) са разположени от страната на долно разположения прът, а по останалите дистанциращи решетки (1) втулките (8) са разположени от страната на горния прът.

3 претенции, 4 фигури

(54) ТОПЛОТДЕЛЯЩ ВЪЗЕЛ ЗА ВОДО-ВОДЕН ЯДРЕНОЕНЕРГИЕН РЕАКТОР

Област на техниката

Изобретението се отнася до ядрената техника и технология и може да бъде използвано при конструиране и изработване на топлоотделящи възли (ТВ) за ядреноенергийни реактори от водо-воден тип, по-специално за реактори от типа ВВЕР-1000.

Предшестващо състояние на техниката

Една от основните функции на топлоотделящите възли е закрепването и дистанцирането на топлоотделящите елементи. При конструирането и изработването им е необходимо да се постигне сигурно закрепване на топлоотделящите елементи, като се запазят определените междини между тях, както и да се създадат възможности за ефективно поемане на разширенията при нагряване, независимо от режима на работа на реактора. Дистанцирането трябва да бъде изпълнено така, че обвивката на топлоотделящите елементи да не се нарушава в резултат на тяхното износване, резултат от вибрациите, предизвиквани от движението на топлоносителя. С помощта на топлоотделящите възли се организира потокът на топлоносителя в активната зона на реактора. Прътовите топлоотделящи елементи са закрепени откъм едната си страна към накрайници, представляващи обикновено решетка с отвори за разполагане на краищата на топлоотделящите елементи, чието разположение съответства на разположението на топлоотделящите елементи в напречното сечение на топлоотделящите възли и за провеждане на топлоносителя.

Конструктивно определената стъпка на разполагане на топлоотделящите елементи се осигурява от дистанциращите решетки, разположени по дължината на споменатите възли.

Решетките са различни, но всички се състоят от отделни клетки, съединени в единна конструкция, в които топлоотделящите елементи се фиксират или чрез пружиниращи елементи, или за сметка на затягането им в дистанциращите издатини на клетките.

В зависимост от типа на реактора, пакетът топлоотделящи елементи може да бъде разположен в корпус, като по този начин образува дълъг охлаждащ път за топлоносителя, или са разположени в реактор без корпус. В каналните реактори, където пътят на топлоносителя е оформен като канал, топлоотделящите възли са изпълнени без корпус. В топ-

лоотделящите възли на корпусните водо-водни реактори също не винаги е предвиден корпус.

Известна е конструкция на топлоотделящ възел за ядрено енергиен реактор, който включва пакет топлоотделящи елементи с хексагонално напречно сечение, които са поместени в разположени по дължината на възлите дистанциращи решетки, с главна и крайна опашна част, свързани посредством външна обвивка, изпълнена с хексагонално напречно сечение. (Крамеров А. Я., Вопросы конструирования ядерных реакторов М., Атомиздат, 1971 г., с. 198).

Външната обвивка осигурява необходимата здравина и твърдост на топлоотделящите възли, но същевременно увеличава общата тежест на конструкцията, като внася допълнителна тежест от масата на метала в активната зона, както и увеличава топлинното натоварване на топлоотделящите елементи за сметка на принудителното увеличаване на междината между топлоотделящите възли, така че да остане по-малък брой топлоотделящи възли в единица обем от активната зона на реактора. Освен това, обвивката увеличава неравномерното отделяне на енергия по сечението на топлоотделящите възли.

Известна е конструкция на топлоотделящ възел, в обвивката на който са предвидени отвори, разположени по цялата дължина и ширина на обвивката, или пък има оформени прозорци по дължината на обвивката (FR 2606200, G 21 C 3/30, 1988). Наличието на отвори или прозорци в обвивката значително намалява количеството на допълнителната маса от метал, внасяна в активната зона, като същевременно не се намалява линейно топлинното натоварване на топлоотделящите възли. Нещо повече - неравномерното отделяне на енергия по дължината на възлите даже се увеличава, което води в крайна сметка до увеличаване на термичните деформации в конструкцията на топлоотделящия възел.

Известна е конструкция на топлоотделящ възел, в който е предвидена обвивка, а главната и опашната част са свързани чрез направляващи канали, преминаващи през клетките на дистанциращите решетки (см. Крамеров А. Я., Вопросы конструирования ядерных реакторов М., Атомиздат, 1971 г., с. 204).

Отсъствието на допълнителна маса от метал създава възможности за намаляване на разстоянието-стъпката, на която са разположени един от друг топлоотделящите възли, което позволява да се намали неравномерното топлинно отделяне във възлите, както и тяхното линейно натоварване. Същевременно в процеса на експлоатация липсата на обвивка води до значително намаляване здравината и нарушаване на геометрията на топлоотделящите въз-

ли. Под въздействие на възходящия поток на топлоносителя се наблюдава деформиране на насочващите канали и преместване на дистанциращите решетки, водещи до деформации в топлоотделящите елементи и изменение на стъпката на тяхното разположение във възлите. Изложеното доказва по категоричен начин недостатъчната здравина и устойчивост на описаната известна конструкция, което съществено намалява безопасността на работа на ядрения реактор.

Най-близкото известно техническо решение за същата цел е топлоотделящ възел за водо-воден ядрено енергиен реактор, включващ разположени по дължината си дистанциращи решетки, образувачи хексагонална клетка от топлоотделящи елементи, опорни елементи, изпълнени като ъглово оформени пластини, неподвижно свързани с дистанциращите решетки и опашната част, както и направляващи канали, преминаващи през част от клетката на дистанциращите решетки. (RU 2093906, G 21 C 3/30 1997).

Опорните елементи, изпълнени като ъглови пластини, съществено повишават здравината и твърдостта на топлоотделящите възли за сметка на създаването на кутиеобразна конструкция, като това изпълнение облекчава внасянето на допълнително количество метал в активната зона.

Все пак с увеличаването на здравината и твърдостта на топлоотделящите възли като цяло, ъгловите пластини не осигуряват достатъчна здравина в централната област на възлите, по-специално в дистанциращите решетки. Централните области на дистанциращите решетки са подложени на значителни по големина деформиращи въздействия на възходящия поток на топлоносителя. При това централните части на дистанциращите решетки, които не са здраво закрепени, са подложени от действието на потока на топлоносителя на значителни по големина огъващи деформации.

При експлоатацията на такава конструкция на топлоотделящ възел, централната клетка на дистанциращата решетка е изпълнена така, че да има възможност за преместване на пакета от възли надолу, предизвиквайки неговото огъване надолу по оста на топлоотделящия възел.

Експерименталните изследвания показват, че изменението на профила на напречното сечение на дистанциращата решетка предизвиква увеличение на усилията за преместване на възлите в клетката, което води до преждевременното им разрушаване, респективно отпадането им като работоспособни елементи.

С повишаването на усилията на закрепване

на възлите в клетката се намалява деформацията в дистанциращите решетки, като същевременно дори и незначително малка деформация на решетката значително повишава деформацията на възела и по този начин прави невъзможно неговото преместване по отношение стените на клетката. В резултат се наблюдава така нареченото явление "захапване" на възела.

Намаляването на деформацията във възела е възможно да се постигне посредством намаляване степента на фиксиране на възела в клетката. В този случай обаче деформацията на дистанциращата решетка се увеличава дотолкова, доколкото централните клетки се преместват свободно надолу по повърхността на възела. Описаното явление увеличава деформацията на топлоотделящия възел.

Допълнително трябва да се отбележи, че след завършване на определеното за експлоатация използване на възлите, при разтоварване на отработените топлоотделящи възли, цялото тегло на възлите въздейства върху долно разположената дистанционна решетка, като упражнява значителни по големина деформиращи усилия, водещи до издуване на централно разположената клетка така, че е възможно да се достигне до деформация на възела и неговото разрушаване. В края на периода на експлоатация якостните характеристики са силно понижени в резултат на радиационното раздуване на горивото, на газоотделянето, на температурното въздействие, на стареенето на материала на обвивката под действие на йонизиращото облъчване.

Описаните известни конструкции на топлоотделящи възли са подложени на постоянно действащи деформиращи натоварвания, нивото на които е невъзможно да бъде съществено понижено.

Техническа същност на изобретението

Предвид на изложеното по-горе известно ниво на техниката, в разглежданата област задача на настоящото изобретение е да се създаде усъвършенствана конструкция на топлоотделящ възел за водо-воден ядрено енергиен реактор, който да се отличава с повишена надеждност, здравина и твърдост.

Поставената задача се решава с топлоотделящ възел за водо-воден ядрено енергиен реактор, с който е възможно да се постигнат нови технически резултати, изразяващи се в понижаване на деформациите в дистанциращите решетки и възлите при тяхното взаимодействие, повишаване на нивото на равномерно разпределение на механичните натоварвания между възли и елементи от конструкцията, както и намаляване изменението на формата на топло-

отделящия възел като цяло и поотделно за неговите елементи.

Посочените по-горе технически резултати се постигат благодарение на това, че в топлоотделящите възли на водо-воден енергиен ядрен реактор се съдържат разположени по дължина на възела дистанциращи решетки за образуване на хексагонална клетка от топлоотделящи елементи, опорни елементи, изпълнени във вид на ъглови пластини, неподвижно свързани с дистанциращите решетки и опашната част, и направляващи канали, преминаващи частично през клетката от дистанциращи решетки, като част от направляващите канали са изпълнени с предварително определена междина, не по-голяма от 1,5 mm спрямо дистанциращите решетки и са поместени във втулка със сечение, чиито размер е по-голям от вписания диаметър на клетката, при което в първата дистанцираща решетка втулките са разположени от страната на долния край, а на останалите дистанциращи решетки втулките са разположени откъм страната на горния край.

Характерно за топлоотделящия възел съгласно изобретението е това, че част от направляващите канали на втулките, които всъщност изпълняват ролята на опори за дистанциращите решетки, значително намаляват деформациите в дистанциращите решетки. За целта втулките трябва да бъдат здраво свързани с направляващите канали така, че да поемат механичните натоварвания, възникващи в дистанциращите решетки. Всъщност втулките ще изпълняват ролята на опора за дистанциращата решетка при условие, че размерът на сечението на втулката е по-голям от вписания диаметър на клетката. По такъв начин втулката може да контактува с кухината на клетката, която е надяната на втулката.

За предпочитане е втулката да бъде разположена с гарантирана, предварително определена междина по отношение повърхността на дистанциращите решетки, доколкото при твърдото им свързване с краищата се образува статически неопределена система, в която са възможни значителни по големина концентрации напрежения.

Гарантираната (с минимална стойност, равна на 0) междина между втулката и пръта предполага своеобразно шарнирно взаимодействие между втулката и пръта, което позволява да се реализира равномерно преразпределение на напреженията, възникващи в елементите на възела, като се образува кутия със значителна здравина.

Експериментално е установено, че размерът на междината не трябва да бъде по-голям от 1,5 mm, тъй като при други стойности на междината ще се

получат недопустими по големина деформации в дистанциращите решетки.

В описаната конструкция важно значение има разположението на втулката под долния прът на първата по отношение на движение на топлоносителя решетка, тъй като при разтоварване на възела решетката поема цялото тепло на възела и поради това е подложена на значителна деформация. Предвидената под долния прът втулка на първата решетка не ѝ позволява да се деформира при претоварване на топлоотделящия възел. При това напреженията, възникващи в елементите на конструкцията, ще бъдат равномерно преразпределени между възлите.

Освен това втулките могат да бъдат изпълнени с разрез и с пръстен, диаметърът на който е по-голям от вписания диаметър на клетката от дистанциращи решетки.

Подходящо е също така, в частта на направляващите канали на прътите, в противоположните пръти, в които са разположени основните втулки, да се поставят допълнителни втулки, при което сумарният размер на междината между прътите на решетката и основната и допълнителна втулка да не бъде по-голяма от 1,5 mm.

Описание на приложените фигури

Едно примерно изпълнение на топлоотделящ възел съгласно изобретението е пояснено по-подробно с помощта на предпочитано изпълнение на топлоотделящ възел, изложено в съответствие с придружаващите описанието чертежи както следва:

фигура 1 показва общ вид на топлоотделящ възел;

фигура 2 - частичен надлъжен разрез на възела от фиг. 1;

фигура 3 - частичен напречен разрез;

фигура 4 - общ вид на втулка.

Примери за изпълнение на изобретението

Топлоотделящият възел съгласно изобретението се състои от разположени по дължина на възела дистанциращи решетки 1 за образуване на хексагонална клетка от топлоотделящи елементи 2. Решетките 1 могат да бъдат изработени от циркониева сплав. Главната 3 и опашната част 4 на възела, които са изработени от неръждаема стомана, са свързани чрез направляващи канали 5, изработени от циркониева сплав, при което главната част 3 е подпружинена по отношение на направляващите канали 5. В ъгловите части на възела, надлъжно, от опашната

част 4 до горната дистанцираща решетка 6, са разположени опорни елементи, оформени като ъглови пластини 7. Пластините 7 могат да бъдат изработени от циркониева сплав, притежаваща радиационна устойчивост. Пластините 7 са неподвижно свързани с дистанциращите решетки 1 по един известен начин, например чрез заварка, като са свързани неподвижно и с опасната част 4, например чрез винт. Направляващите канали 5 преминават през част от клетката (не показана на чертежите) в дистанциращите решетки. Формата на клетките и тяхната конструкция могат да бъдат достатъчно различни. По направляващите канали 5, с предварително определена междина спрямо прътовата повърхност на дистанциращите решетки, са разположени втулки 8. Втулките 8 са изпълнени с форма, чието напречно сечение има размер, който е по-голям от вписания диаметър на клетката с толкова, че да не е възможно втулките 8 да могат да преминат през вътрешността на клетката. Втулките 8 могат да бъдат изпълнени с пръстен 9, диаметърът на който трябва да е по-голям от вписания диаметър на клетката и има прорез 10, който позволява по време на монтажа свободно движение на втулката по продължението на направляващите канали. След разполагането на втулката в направляващите канали, тя се фиксира в дадено положение спрямо направляващия канал чрез заварка. Предварително определената междина δ_0 между втулката и прътовата повърхност на дистанциращата решетка не трябва да бъде по-голяма от 1,5 mm. При междина с друг размер е възможно да се наблюдават значителни деформации и изкривявания в дистанциращите решетки.

В първата по отношение движението на топлоносителя дистанцираща решетка 11 опорните втулки са разположени от страната на долно разположения прът, а на останалите дистанциращи решетки втулките са разположени от страната на горния прът. Описаното разположение на втулките е определено от следното: по време на експлоатация на възлите потокът на топлоносителя оказва съществено въздействие върху дистанциращите решетки, водещо до тяхното деформиране. Доколкото потокът на топлоносителя е насочен отдолу нагоре, то и изкривяването на решетките е насочено нагоре. Ето защо за създаването на допълнителни опори, предотвратяващи деформациите в решетките, втулките са разположени над горните пръти на всички решетки, освен на първата решетка по отношение на движение на топлоносителя. При претоварване на възела първата по отношение движението на топлоносителя решетка 11 е подложена на значителни по големина напрежения, тъй като при движение на възела наго-

ре решетката 11 поема цялото тегло на топлоотделящите елементи.

Освен основните втулки 8, дистанциращите решетки могат да имат допълнителни опорни повърхности на прътите, противоположните пръти, от страната на които са разположени основните втулки 8. За целта могат да бъдат разположени с предварително определена междина спрямо прътите на решетките допълнителни втулки 12. При това, допълнителните втулки 12 могат да бъдат разположени по направляващите канали така, че да образуват двойка: основната втулка 8 и допълнителната втулка 12, разположени на някой от каналите от страната на противоположните пръти на една решетка. Но допълнителните втулки 12 могат да бъдат разположени на който и да било канал без основна втулка. Допълнителните втулки 12 благоприятстват понижаването на деформациите в решетките, доколкото по време на експлоатация на възела благодарение на основната втулка 8 се постига преразпределение на възникващите напрежения по сечението на решетките и деформация на част от нейните килийки в посока "надолу".

Втулката 12 позволява да се избегне посоченият недостатък. Описаният ефект може да бъде реализиран само при условие, че сумата от големината на междината δ_1 между основната втулка 8 и края на решетката и големината на междината δ_2 между допълнителната втулка 12, разположени в двойка, не трябва да е по-голяма от междина с размер $\delta_0 - 1,5 \text{ mm}$.

Описаният топлоотделящ възел работи по следния начин: по време на експлоатация на реактора топлоотделящият възел, последният с оглед предпазване от така нареченото изплуване, се натоварва отгоре в осева посока. При нагряване на цялата конструкция до работна температура се проявява термомеханично натоварване на възела. Ъгловите пластини 7 заедно с опасната част 4 и дистанциращите решетки 1 образуват достатъчно здрава рамка, която предотвратява деформация на възела и изкривяване на направляващите канали, в които могат да се преместват регулиращите органи, не показани на фигурите. Възникващите при това деформации в дистанциращите решетки, по-специално в равнина, ориентирана паралелно на нейните краища, се компенсират от основните втулки 8 и допълнителните втулки 12. По този начин се постига реализирането на здрава монолитна конструкция за сметка на по-равномерното разпределение на натоварванията на елементите.

Патентни претенции

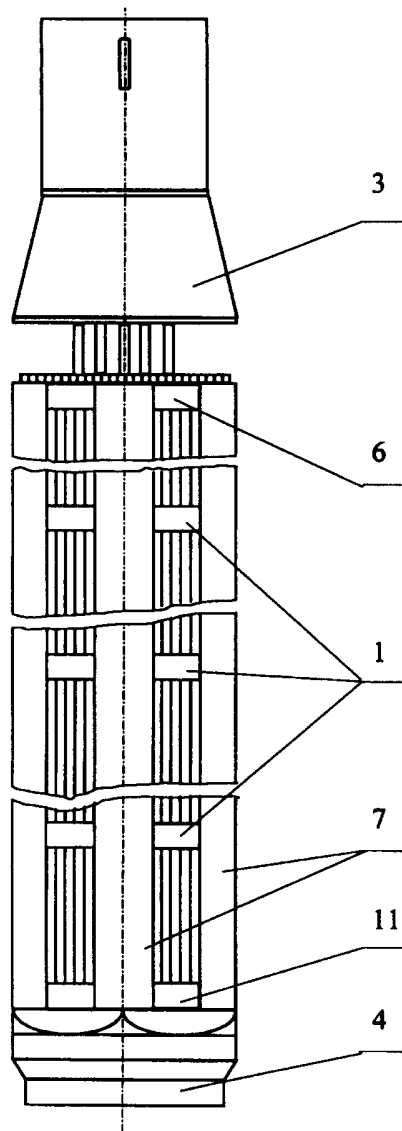
1. Топлоотделящ възел за водо-воден ядрено-
енергиен реактор, съдържащ разположени по дъл-
жината на възела дистанциращи решетки за хекса-
гонална връзка на топлоотделящи елементи, опор-
ни елементи, изпълнени във вид на ъглово оформе-
ни пластини, неподвижно свързани с дистанцира-
щите решетки и опашна част, и направляващи кана-
ли, преминаващи през част от килийките на дистан-
циращите решетки, характеризира се с това, че на
направляващите канали с гарантирана междина, не
по-голяма от 1,5 mm спрямо прътите на дистанцира-
щите решетки са разположени втулки (8), изпълне-
ни с напречно сечение, чийто размер е по-голям от
вписания диаметър на килийките, при което в пър-
вата по отношение на движението на топлоносител-
я дистанцираща решетка (11) втулките (8) са разпо-
ложени от страната на долно разположения прът, а
на останалите дистанциращи решетки (1) втулките

(8) са разположени от страната на горно разполо-
жения прът.

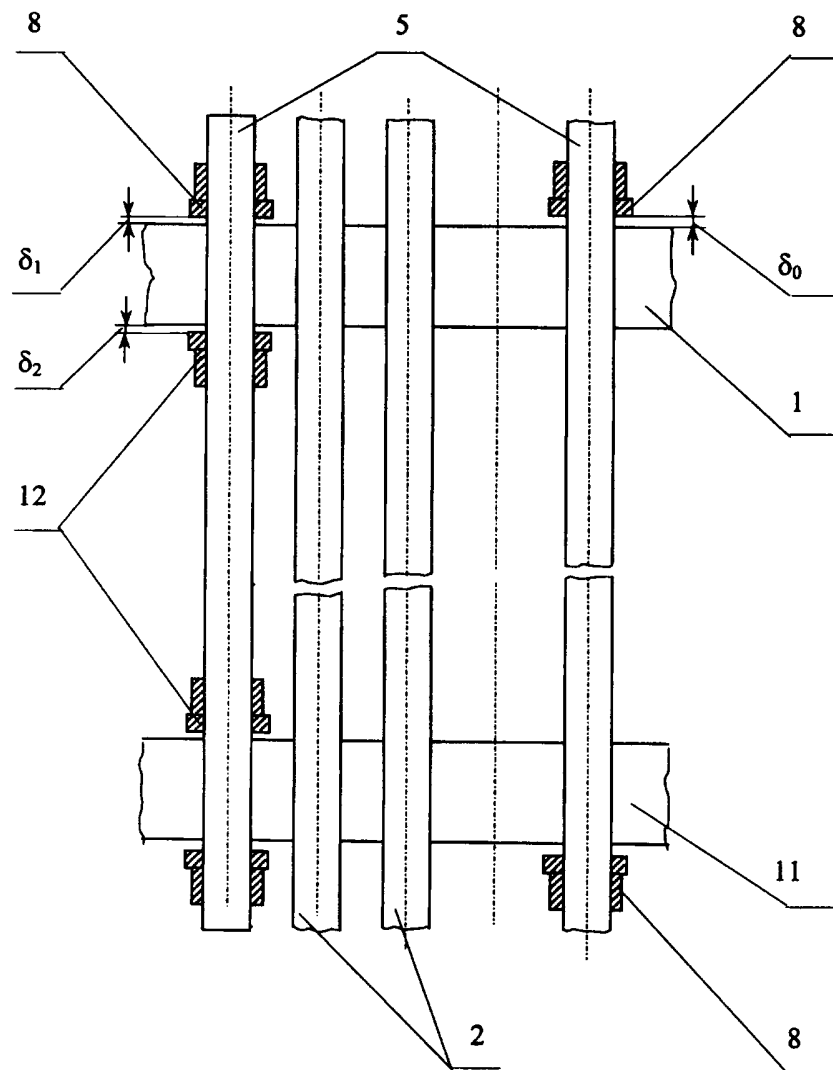
2. Топлоотделящ възел за водо-воден ядрено-
енергиен реактор съгласно претенция 1, характери-
зира се с това, че втулките (8) са изпълнени с про-
рез (10) и с пръстен (9), диаметърът на който е по-
голям от вписания диаметър на килийките на дис-
танциращите решетки (1).

3. Топлоотделящ възел за водо-воден ядрено-
енергиен реактор съгласно претенции 1 и 2, характе-
ризира се с това, че поне на част от направлява-
щите канали (5) на прътите, противоположните пръ-
ти, в които са разположени основните втулки (8), са
предвидени допълнителни втулки (12), като общата
големина на междината между прътите на решет-
ките и основната (8) и допълнителната (12) втулки не
надвишава 1,5 mm.

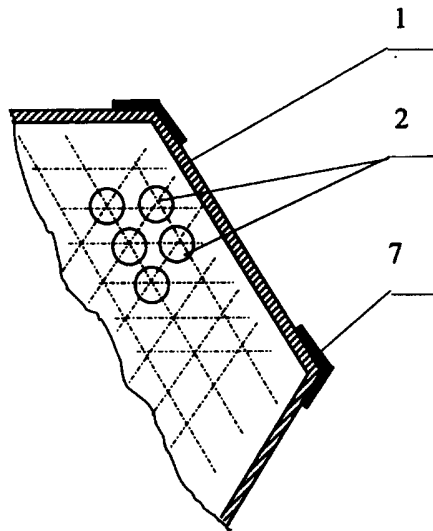
Приложение: 4 фигури



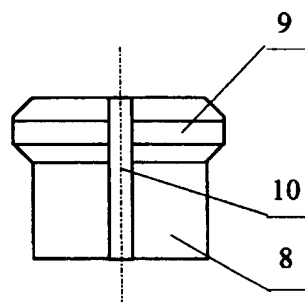
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



ФИГ. 4

Издание на Патентното ведомство на Република България
1113 София, бул. "Д-р Г. М. Димитров" 52-Б

Експерт: Д. Великова

Редактор: Р. Георгиева

Пор. № 42560

Тираж: 40 MB