



УКРАЇНА

(19) UA (11) 24734 (13) C1

(51) G 21 C 7/10

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) РЕГУЛЮЮЧИЙ СТЕРЖЕНЬ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(21) 97010087

(22) 09.01.97

(24) 30.10.98

(46) 30.10.98. Бюл. № 5

(56) Пономаренко В.Б., Пославский А.О., Чернышев В.М. и др. Органы регулирования и СВЯ ядерных реакторов ВВЭР-1000 и пути их усовершенствования. – Вопросы атомной науки техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, 1994, вып. 2 (62), 3(63), с. 95–113.

(72) Чернишов Владімір Михайлович (RU), Пославський Александр Олеговіч (RU), Рісований Владімір Дмитрієвич (RU), Осадчий Александр Івановіч (RU), Ряховскіх Віктор Івановіч (RU), Пономаренко Віктор Борисовіч (RU), Зальотних Борис Александровіч (RU)

(73) Государственное предприятие Московский завод полиметаллов (RU)

(57) 1. Регулирующий стержень ядерного реактора, содержащий столб поглотителя нейтронов, выполненный по длине из двух частей, одна из которых выполнена из материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, а другая, вдвигаемая в активную зону первой, выполнена в виде жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, отличающийся тем, что столб поглотителя нейтронов размещен в оболочке, причем жесткая продольная конструкция из материала, включающего гафний, расположена в оболочке с возможностью осевого перемещения относительно оболочки.

2. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1, отличающийся тем, что часть столба поглотителя нейтронов, включающего гафний, выполнена в виде стержня из металлического гафния.

3. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1 или 2, отличающийся тем, что оболочка по длине выполнена, по крайней мере, из двух секций, соединенных сваркой

4. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1 или 2, или 3, отличающийся тем, что концевые части жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, установлены во втулках, жестко соединенных с оболочкой.

5. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1 или 2, или 3, или 4, отличающийся тем, что в качестве материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, применен порошок карбида бора с размерами зерен от 5 мкм до 160 мкм, виброуплотненный до плотности не менее 1,7 г/см³.

6. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1 или 2, или 3, или 4, или 5, отличающийся тем, что оболочка выполнена из нержавеющей стали или хромоникелевого сплава.

7. Регулирующий стержень ядерного реактора по п.1 или 2, или 3, или 4, или 5, или 6, отличающийся тем, что втулка, вдвигаемая в активную зону первой, выполнена из металлического гафния.

Изобретение относится к ядерной технике, в частности к устройствам системы

управления и защиты (СУЗ) водо-водяных реакторов, и может быть использовано в ре-

(19) UA (11) 24734 (13) C1

гулирующих органах, выполненных в виде одиночных стержней с различным поперечным сечением или в виде сборок, содержащих набор регулирующих стержней или набор топливных и регулирующих стержней, предназначенных для компенсации избыточной реактивности, регулирования реактивности в процессе работы на мощности, при переходе с одного уровня мощности на другой и в качестве аварийных стержней, а также при использовании в управляющих системах с совмещенными функциями.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является регулирующий стержень ядерного реактора, содержащий столб поглотителя нейтронов, выполненный по длине из двух частей, одна из которых выполнена из материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, а другая, вдвигаемая в активную зону первой, выполнена в виде жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний.

Выполнение части столба поглотителя нейтронов, включающей гафний, в виде жесткой продольной конструкции позволяет уменьшить искривление стержня в целом, т.к. возможные формоизменения стержня за счет распухания карбида бора будут восприняты жесткой продольной конструкцией из гафния. В известном устройстве жесткая продольная конструкция выполнена в виде полого стержня из металлического гафния, соединенного с оболочкой, содержащей карбид бора. Полый стержень из металлического гафния, вводимый в активную зону первым, достаточно надежно экранирует карбид бора, не допуская его существенного распухания, и практически не деформируется при эксплуатации, снижая, тем самым, суммарную деформацию стержня. Однако, жесткая продольная конструкция, снижая в целом суммарную деформацию столба поглотителя нейтронов, передает всю нагрузку на другую часть, содержащую оболочку с карбидом бора, что оказывает негативное воздействие в месте соединения этих частей.

Задачей настоящего изобретения является создание регулирующего стержня ядерного реактора, обеспечивающего необходимое введение реактивности в различных динамических и аварийных режимах при уменьшении величины изменения формы стержня в целом во время эксплуатации.

При решении этой задачи реализуется новый технический результат, заключающийся в уменьшении суммарной деформации по длине стержня за счет перераспределения возникающих напряжений по элементам конструкции при одновре-

менном обеспечении возможности уменьшения толщины оболочки.

Данный технический результат достигается тем, что в регулирующем стержне ядерного реактора, содержащем столб поглотителя нейтронов, выполненный по длине из двух частей, одна из которых выполнена из материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, а другая, вдвигаемая в активную зону первой, выполнена в виде жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, столб поглотителя нейтронов размещен в оболочке, причем жесткая продольная конструкция из материала, включающего гафний, расположена в оболочке с возможностью осевого перемещения относительно оболочки.

Отличительной особенностью настоящего изобретения является размещение всего столба поглотителя нейтронов в оболочке, при котором часть столба в виде жесткой продольной конструкции расположена в оболочке с возможностью осевого перемещения относительно оболочки. В результате жесткая продольная конструкция, с одной стороны, не допускает значительных деформаций столба в целом, выполняя функцию несущей конструкции, а, с другой стороны, свободное перемещение жесткой продольной конструкции внутри оболочки позволяет перераспределить нагрузку по всей длине оболочки. Действительно, при значительных напряжениях, возникающих во время эксплуатации стержня, в области границы частей столба образуется своеобразное шарнирное, а не жесткое соединение за счет возможности осевого перемещения жесткой продольной конструкции внутри оболочки, что приводит к снижению значения нагрузки, воспринимаемой частью столба, содержащей материал, имеющий с нейтронами (n, α) реакцию, поскольку некоторая доля нагрузки будет восприниматься оболочкой, в которой свободно установлена жесткая продольная конструкция, не препятствуя незначительной деформации окружающей ее оболочки.

Часть столба поглотителя нейтронов, выполненная в виде жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, может быть выполнена в виде стержня из металлического гафния.

Целесообразно оболочку по длине выполнять, по крайней мере, из двух секций, соединенных сваркой, а концевые части жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, устанавливать во втулках, жестко соединенных с оболочкой.

Кроме того, в качестве материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, применен порошок карбида бора с размерами зерен от 5 мкм до 160 мкм, виброуплотненный до плотности не менее $1,7 \text{ г/см}^3$, а стержень из металлического гафния выполнен с внутренней полостью.

Оболочка может быть изготовлена из нержавеющей стали или из хромоникелевого сплава, а втулка, вдвигаемая в активную зону первой, может быть выполнена из металлического гафния.

На фиг.1 изображен общий вид регулирующего стержня ядерного реактора; на фиг.2 – сечение А-А (увеличено) на фиг.1.

Регулирующий стержень 1 ядерного реактора состоит из герметичной оболочки 2, внутри которой расположен столб 3 поглотителя нейтронов. Одна часть 4 столба 3 включает материал, имеющий с нейтронами (n, α) реакцию, например порошок карбида бора. Другая часть 5 столба 3, вводимая в активную зону (активная зона на чертеже не показана) первой, выполнена в виде жесткой продольной конструкции, выполненной, например, в виде стержня 6 из металлического гафния.

Оболочка 2 загерметизирована, например сваркой, при помощи нижней 7 и верхней 8 концевых деталей.

Между верхней концевой деталью 8 и столбом 3 может быть предусмотрена полость 9 для сбора газов, в части которой расположен утяжелитель 10. В качестве материала, имеющего с нейтронами (n, α) реакцию, применен порошок карбида бора, в частности с размерами зерен от 5 мкм до 160 мкм, виброуплотненный до плотности не менее $1,7 \text{ г/см}^3$. Возможно использование и других материалов, параметры которых подбираются экспериментально с учетом требуемых характеристик. Полость 9 для сбора газов отделена от порошка карбида бора пыжом 11 и пробкой 12, выполняемыми, например, из никелевой сетки. Оболочка 2 может быть выполнена из нержавеющей стали или хромоникелевого сплава.

Концевые части 13 и 14 стержня 6 установлены соответственно во втулках 15 и 16, жестко соединенных с оболочкой 2. При этом одна из концевых частей, например концевая часть 14, может быть жестко соединена с соответствующей втулкой 16 трехкулачковым обжатием (фиг.2), а осевое перемещение стержня 6 обеспечивается за счет свободного перемещения концевой части 13 во втулке 15, изготовленной из нержавеющей стали, хромоникелевого сплава или

металлического гафния. При этом заделка втулки 15 выполнена с возможностью углового смещения относительно оболочки 2, что позволяет обеспечить свободное перемещение жесткого стержня 6 при искривлении оболочки 2.

Оболочка 2 может быть выполнена из секций, соединяемых, в частности, сваркой. Втулки 15 и 16 соединены с оболочкой 2 сваркой или обжатием 17 (термической осадкой). Втулку 16 целесообразно изготавливать в виде единого узла с нижней концевой деталью 7.

Конструктивно описываемые элементы устройства могут быть выполнены также любым известным образом, учитывающим арсенал имеющихся средств.

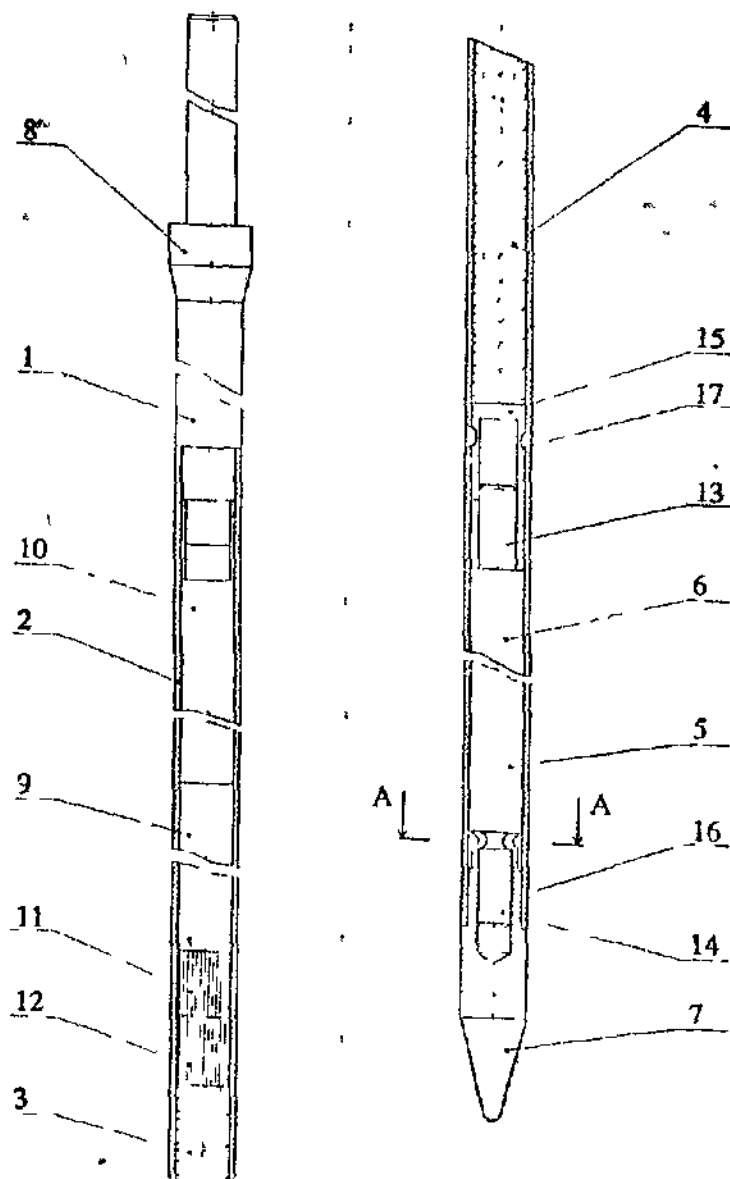
Регулирующий орган функционирует следующим образом. В зависимости от условий эксплуатации и необходимого поддержания уровня мощности, стержень 1 может быть расположен в различных положениях относительно активной зоны. При расположении стержня над активной зоной или при частичном введении его в активную зону, часть 4 столба поглотителя нейтронов не имеет значительной неравномерности выгорания и мало подвержена негативному воздействию нейтронов, заключающемуся в ее распухании и газовыделении из нее, что обеспечивается наличием части 5, включающей гафний. Однако во время эксплуатации всегда имеет место пусть незначительное, но неравномерное распухание карбида бора в осевом и радиальном направлениях за счет невозможности обеспечения одинаковых условий взаимодействия карбида бора с потоком нейтронов. В результате появляются деформации части 4 столба 3, обусловленные напряжениями, возникающими вследствие неоднородных формоизменений части 4 с карбидом бора. Под действием таких напряжений оболочка 2 может значительно искривляться в различных направлениях. Особенно данный эффект проявляется при существенном превышении длины стержня в целом по сравнению с его диаметром, что предполагают реальные конструкции стержней регулирования. Часть 5 столба 3, выполненная в виде жесткой продольной конструкции (стержень из металлического гафния), препятствует суммарным деформациям стержня 1, воспринимая нагрузки и препятствуя отклонению стержня от продольной оси выше допустимого. Установка стержня внутри оболочки с возможностью осевого перемещения относительно оболочки приводит к более равномерному перераспределению возникающих напряжений, т.к. в месте сочленения частей 4 и 5 столба 3 не

имеет место жесткое соединение стержня 6 из металлического гафния с оболочкой 2. Поэтому оболочка 2 воспринимает нагрузку не только по длине, заполненной карбидом бора, но также по участку длины, в которой размещен стержень 6 из металлического гафния, исключая резкую концентрацию напряженности в области на границе между двумя частями столба поглотителя нейтронов.

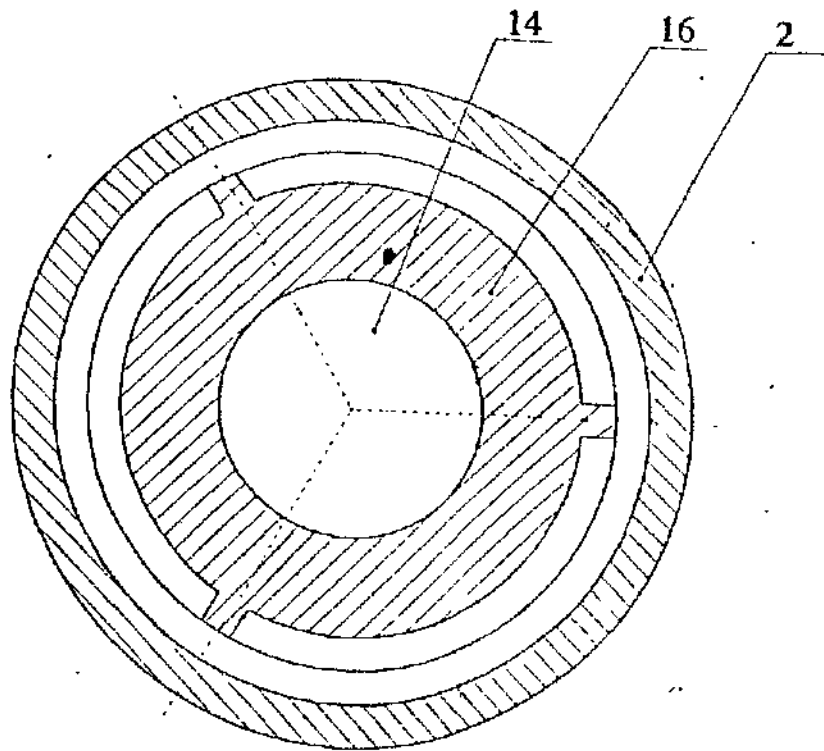
Стержень может использоваться автономно и иметь индивидуальный привод перемещения. Набор стержней может быть объединен в сборку (кластер) с общим приводом. Стержни могут быть установлены в тепловыделяющую сборку вместо твэлов.

Наличие в оболочке свободно установленной жесткой продольной конструкции из материала, включающего гафний, позволяет положительно перераспределять нагрузки по длине оболочки, являющейся несущим элементом при одновременном использовании положительных свойств от применения жесткостной продольной конструкции.

Таким образом, описываемый стержень ядерного реактора имеет сниженную величину суммарной деформации, повышенные прочностные характеристики и достаточно высокую стабильность нейтронно-физических параметров за счет комбинации поглощающих элементов, что положительно сказывается при эксплуатации устройства.



Фиг. 1



Фиг. 2

Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор О. Кравцова

Замовлення 4604

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

