

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041297**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.10.05**

**(51)** Int. Cl. **G21C 3/352 (2006.01)**  
**G21C 3/322 (2006.01)**

**(21)** Номер заявки  
**202192667**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2021.10.28**

---

**(54) ДИСТАНЦИОНИРУЮЩАЯ И ПЕРЕМЕШИВАЮЩАЯ РЕШЕТКА ТОПЛИВНОЙ КАСЕТЫ ЯДЕРНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА**

---

**(43)** **2022.10.03**

**(96)** **2021000112 (RU) 2021.10.28**

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
"НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ) (RU)**

**Добров Александр Алексеевич,  
Доронков Денис Владимирович,  
Доронкова Дарья Сергеевна, Пронин  
Алексей Николаевич, Рязанов Антон  
Владимирович, Солнцев Дмитрий  
Николаевич, Хробостов Александр  
Евгеньевич, Легчанов Максим  
Александрович (RU)**

**(74)** Представитель:  
**Куркин А.А. (RU)**

**(72)** Изобретатель:  
**Дмитриев Сергей Михайлович,  
Демкина Татьяна Дмитриевна,**

**(56)** GB-A-2277191  
RU-C2-2399968  
US-A-4021300  
DE-A1-19915444

---

**(57)** Изобретение относится к области атомной промышленности, конкретно к конструкции дистанционирующих перемешивающих решеток для топливных кассет ядерных реакторов. Задачей заявляемого изобретения является создание более совершенной конструкции дистанционирующей перемешивающей решетки, которая будет гарантированно обеспечивать жесткую структуру геометрии пучка твэлов (7), а также будет нести дополнительную функцию перемешивания потока и тем самым обеспечивать интенсификацию теплообмена за счет применения специальных смесительных лопаток (19) и (20), прорезей (9) и отгибов (17). Технический результат - обеспечение геометрической стабильности пучка твэлов (7), гомогенизация температурного поля потока в поперечном сечении топливной кассеты, интенсификация теплообмена в пучке твэлов (7), исключение застойных зон течения теплоносителя в поперечном сечении кассеты и увеличение запаса до кризиса теплообмена, что, в свою очередь, повышает теплотехническую надежность топливной кассеты и активной зоны в целом. Технический результат достигается тем, что в дистанционирующей решетке с треугольной упаковкой тепловыделяющих элементов, взятой за прототип, и состоящей из трех групп пересекающихся пластин, заключенных между двумя обечайками, была изменена форма внутренней обечайки на двенадцатигранник (фиг. 4), установлены дополнительные ребра жесткости (6) в углах внешней обечайки (4), конструкция пластин внешней обечайки (4) изменена добавлением диагональных прорезей (9), на торцы двух групп пластин, расположенных между внутренней (5) и внешней (4) обечайками, установлены перемешивающие лопатки (19) и (20) двух видов формы профиля, а в одной из двух выделенных групп пластин (фиг. 2), которая обладает наибольшей шириной, дополнительно сделаны отгибы треугольной формы (17).

---

**041297**  
**B1**

**041297**  
**B1**

Изобретение относится к области атомной промышленности, конкретно к конструкции дистанционирующих перемешивающих решеток для топливных кассет ядерных реакторов.

Известна дистанционирующая решетка (RU2127001, G21C3/34, 27.02.1999), имеющая шестигранный обод, в котором размещены соединенные с ободом и между собой ячейки четырехгранной, пятигранной и шестигранной формы, выполненные из циркониевой ленты, снабженной выступами и просечками. Соединение ячеек между собой осуществляется сварными точками по каждой грани.

Недостатком такой конструкции является вхождение тепловыделяющих элементов в ячейки дистанционирующей решетки с большим усилием. Из-за этого растет вероятность повреждения тепловыделяющих элементов, так как диаметр вписанной окружности между четырьмя точками, образованными выступами в решетке, несколько меньше, чем диаметр самого тепловыделяющего элемента. Наличие в решетке различных видов ячеек усложняет процесс изготовления решетки и ведет к удорожанию производства дистанционирующей решетки.

Известна конструкция перемешивающей решетки с расположением тепловыделяющих элементов согласно треугольной схемы (RU2389091, G21C3/344, 10.05.2010), состоящая из ячеек. Ячейки имеют форму трубок переменного сечения, при этом верхняя и нижняя части ячеек имеют форму многогранников, гранями которых они примыкают друг к другу.

Недостатком данной конструкции является недостаточная эксплуатационная надежность решетки и сложность технологии изготовления.

Наиболее близкой по технической сущности к предлагаемой структуре решетки является шестигранная дистанционирующая решетка с треугольной паковкой тепловыделяющих элементов (RU2399968, G21C3/32, 27.04.2010). Решетка имеет три группы пластин, параллельных друг другу в пределах группы. При этом пластины разных групп пересекаются между собой, смещение между пластинами, относящимися к двум любым группам, составляет  $60^\circ$ . Пластины закреплены в решетке между внутренней и внешней обечайками, имеющие соответствующие отверстия под пластины.

Одна группа пластин снабжена прорезями с обеих сторон для фиксирования трех групп пластин между собой и придания жесткости всей конструкции.

Недостатком данной конструкции является выбор неоптимальной формы внутренней обечайки в виде шестигранника, что усложняет установку центрального вытеснителя внутри него, а также стороны внутренней обечайки касаются ряда тепловыделяющих элементов, находящегося около вытеснителя, что может привести к снижению эффективности теплоотвода от тепловыделяющих элементов.

Задачей заявляемого изобретения является создание более совершенной конструкции дистанционирующей перемешивающей решетки, которая будет гарантированно обеспечивать жесткую структуру геометрии пучка твэлов, а также будет нести дополнительную функцию перемешивания потока и тем самым обеспечивать интенсификацию теплообмена за счет применения специальных смесительных лопаток, прорезей и отгибов.

Технический результат - обеспечение геометрической стабильности пучка твэлов, гомогенизация температурного поля потока в поперечном сечении топливной кассеты, интенсификация теплообмена в пучке твэлов, исключение застойных зон течения теплоносителя в поперечном сечении кассеты и увеличение запаса до кризиса теплообмена, что, в свою очередь, повышает теплотехническую надежность топливной кассеты и активной зоны в целом.

Технический результат достигается тем, что в дистанционирующей решетке с треугольной упаковкой тепловыделяющих элементов, взятой за прототип, и состоящей из трех групп пересекающихся пластин, заключенных между двумя обечайками, была изменена форма внутренней обечайки на двенадцатиугольник, установлены дополнительные ребра жесткости в углах внешней обечайки, конструкция пластин внешней обечайки изменена, добавлением диагональных прорезей, на торцы двух групп пластин, расположенных между внутренней и внешней обечайками, установлены перемешивающие лопатки двух видов формы профиля, а в одной из двух выделенных групп пластин, которая обладает наибольшей шириной, дополнительно сделаны отгибы треугольной формы. Сущность технического решения поясняется чертежами, где

- на фиг. 1 - поперечное сечение дистанционирующей перемешивающей решетки;
- на фиг. 2 - пластина внешнего обода дистанционирующей перемешивающей решетки;
- на фиг. 3 - развертка внутренней обечайки дистанционирующей перемешивающей решетки;
- на фиг. 4 - общий вид внутренней обечайки;
- на фиг. 5 - ориентация пластин дистанционирующей перемешивающей решетки относительно тепловыделяющего элемента;
- на фиг. 6 - широкая пластина с перфорацией и смесительными лопатками;
- на фиг. 7 - схема отгиба смесительных лопаток и треугольных отгибов на широкой пластине;
- на фиг. 8 - узкая пластина со смесительными лопатками;
- на фиг. 9 - схема отгиба смесительных лопаток на узкой пластине.

Дистанционирующая перемешивающая решетка, поперечное сечение которой представлено на (фиг. 1) представляет собой набор пластин трех типов 1, 2, 3, параллельных друг другу в пределах одного типа, расположенных в межтвэльном пространстве и заключенных между внешней 4 и внутренней 5 обечайками.

В углы правильного шестиугольника, образованного внешней обечайкой, установлены ребра жесткости 6, выполненные в виде прямоугольных пластин, имеющих длину равную длине обода внешней обечайки. Благодаря ребрам жесткости осуществляется позиционирование угловых тепловыделяющих элементов 7, их жесткая фиксация внутри решетки и повышается прочность конструкции самой решетки.

Внешняя обечайка 4 состоит из пластин, размещенных в виде правильного шестиугольника. Каждая пластина, представленная на (фиг. 2), снабжена пазами прямоугольной формы 8 для крепления пластин 1, 2, 3, а также перфорацией 9, выполненной в виде прямоугольных прорезей, повернутых на угол  $25^\circ$  и шириной, меньшей, чем прорези 8, и предназначенных для дополнительной турбулизации потока в периферийной области топливной кассеты. Торцевые части пластин (фиг. 2) внешней обечайки снабжены выступами 10 так, что пластины совмещались с отсутствием поперечного смещения.

Внутренняя обечайка 5 (фиг. 3, 4) представляет собой пластину, согнутую в двенадцати угольник, для облегчения установки центрального вытеснителя, а также для уменьшения затеснения поперечного сечения. Внутренняя обечайка снабжена пазами прямоугольной формы 11 для фиксации пластин 1, 2, 3, обеспечивающих дистанционирование тепловыделяющих элементов. На (фиг. 3) представлены в виде пунктирных линий места изгиба 12 пластины внутренней обечайки 5.

Пластины 1, 2, 3 (фиг. 1), расположенные между внешней и внутренней обечайками 4, 5, пересекаясь, образуют ячейки двух видов: свободные ячейки 13, выполненные в виде треугольников и не занятые тепловыделяющими элементами 7, и регулярные ячейки 14, выполненные в виде неправильных шестиугольников, в которые устанавливаются тепловыделяющие элементы 7 и надежно позиционируются на все время эксплуатации топливной кассеты. Причем пластины 1, 2, 3 расположены на трех уровнях, таким образом, чтобы касание тепловыделяющего элемента 7 происходило только с пластиной одного из уровней (фиг. 5).

Пластины 1, 2, 3, расположенные между внешней и внутренней обечайками 4, 5 разделены на три группы.

Первая группа - широкие пластины 1 (фиг. 6, 7). На пластинах 1, отнесенных к первой группе, выполнены пазы 15 для фиксации, наклонно расположенных пластин 2, 3 и образования свободных и регулярных ячеек 13, 14 (фиг. 1). В пластинах первой группы имеется перфорация 16, а уголки 17, образованные перфорацией, отогнуты на угол в  $20^\circ$ . Схема расположения прорезей представлена на (фиг. 6), а направления отгиба уголков представлены на (фиг. 7). Отогнутые уголки 17, находящиеся на широкой пластине 1 на одной линии, проходящей параллельно тепловыделяющим элементам 7, направлены в одну сторону. Отогнутые уголки 17 несут функцию дополнительной турбулизации теплоносителя внутри решетки. На боковых торцах пластин сделаны выступы 18 (фиг. 6, 7) для крепления пластин между внешней и внутренней обечайками 4, 5.

На торце широкой пластины 1 (фиг. 6, 7), расположенном со стороны выхода из решетки установлены смесительные лопатки 19, 20, двух видов, представленные на (фиг. 6, 7). Первый вид лопатки 19 имеет трапециевидную форму профиля с отгибом внутрь свободной ячейки 13 на угол в  $30^\circ$ . Форма отгиба смесительной лопатки 19 представлена на (фиг. 7). Второй вид лопатки 20 ассиметричен, с одной стороны имеется вырез, выполненный для соблюдения запаса до соприкосновения с тепловыделяющим элементом 7. Смесительная лопатка 20 находится в ячейках, в которых располагаются тепловыделяющие элементы 7. Лопатка 20 отгибается на угол в  $30^\circ$  в сторону тепловыделяющего элемента 7. Форма отгиба смесительной лопатки 20 представлена на (фиг. 7). Смесительные лопатки 19, 20 и пластины, на которых они расположены, представляют собой единое тело.

Вторая группа пластин - узкие пластины 2 (фиг. 8, 9), повернутые относительно широких пластин 1 на угол в  $60^\circ$ . Они вставляются в пазы 15 широких пластин 1, находящихся со стороны выхода из решетки. Форма узких пластин 2 представлена на (фиг. 8, 9). На узких пластинах 2 располагаются перемешивающие лопатки, имеющие форму, углы отгиба и схему расположения аналогичные лопаткам 19, 20, расположенным на широкой пластине 1.

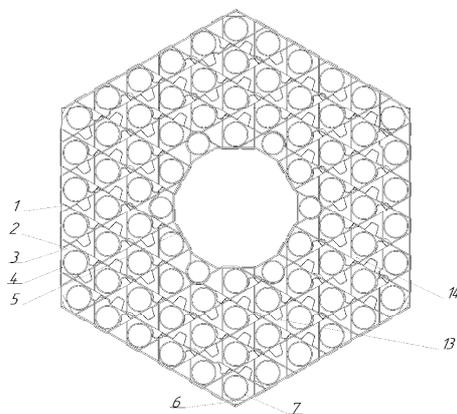
Третья группа пластин - узкие пластины 3, расположенные на входе в решетку, имеют форму аналогичную форме второй группы пластин (узкие пластины 2), но с отсутствием смесительных лопаток. Узкие пластины 3 вставляются в широкие пластины 1 в соответствующие пазы 15. Относительно широких пластин 1 эта группа пластин также повернута на  $60^\circ$ , но в другую сторону.

Фиксация широких пластин 1 между внешней и внутренней обечайками 4, 5 производится за счет выступов 18 в торцах пластин (фиг. 6, 7) и прорезей прямоугольной формы 8 во внешней обечайке и прорезей прямоугольной формы 11 во внутренней обечайке. Фиксация узких пластин 2, 3 производится за счет их крепления в пазах 15 (фиг. 6, 7), расположенных на широких пластинах 1 и в прорезях прямоугольной формы 8 во внешней обечайке и в прорезях прямоугольной формы 11 во внутренней обечайке.

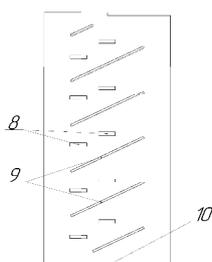
#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Дистанционирующая перемешивающая решетка, состоящая из трех рядов пластин, заключенных между внешней и внутренней обечайками, отличающаяся тем, что внешняя обечайка и один из рядов пластин снабжены перфорацией разной формы для обеспечения дополнительной турбулизации потока,

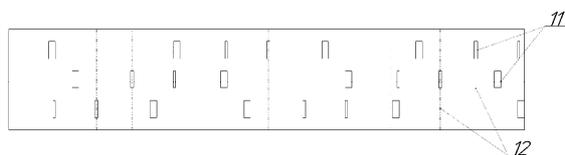
причем указанная перфорация выполнена в указанной пластине с образованием уголков, выполненных с возможностью отгиба с обеспечением дополнительной интенсификации перемешивания теплоносителя; на торцах широких и узких пластин, расположенных со стороны выхода из решетки, размещены смешивательные лопатки, создающие продолжительные по длине твэльного пучка направленные конвективные течения теплоносителя; причем форма внутренней обечайки обеспечивает установку центрального вытеснителя; при этом в углах шестиугольника, образованного внешней обечайкой, установлены дополнительные ребра прямоугольной формы, обеспечивающие дополнительную жесткость конструкции и стабильность пучка тепловыделяющих элементов.



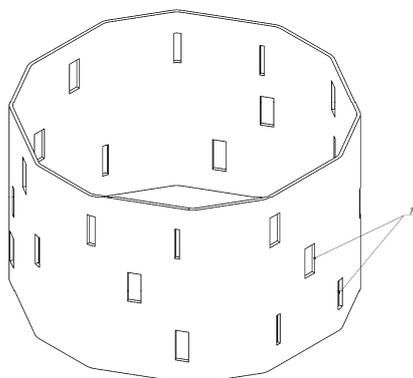
Фиг. 1



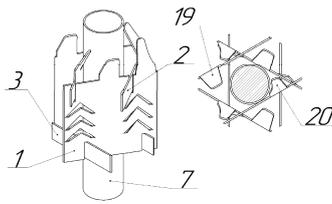
Фиг. 2



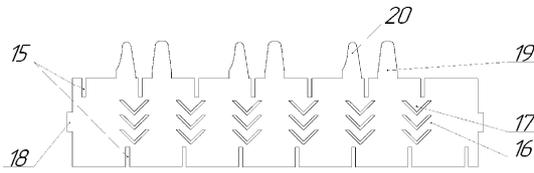
Фиг. 3



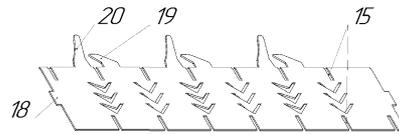
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9