

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040419**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.05.30

(21) Номер заявки
201991956

(22) Дата подачи заявки
2015.09.16

(51) Int. Cl. **G21C 3/32 (2006.01)**
G21C 3/328 (2006.01)
G21C 3/08 (2006.01)

(54) ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА

(31) 62/050,985**(32) 2014.09.16****(33) US****(43) 2020.01.31****(62) 201790621; 2015.09.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛАЙТБРИДЖ КОРПОРЕЙШН (US)

(72) Изобретатель:
Тотмейер Аарон (US), Башкирцев
Сергей М., Морозов Алексей Г. (RU)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) US-A1-2013322591
US-A1-2009252278
US-A-3361640
US-B1-6434209

(57) Изобретение относится к тепловыделяющей сборке для использования во внутренней конструкции активной зоны ядерного реактора. Сборка содержит множество тепловыделяющих элементов, при этом указанное множество тепловыделяющих элементов размещено с образованием структуры со смешанной сеткой, которая включает первую сетчатую структуру и вторую сетчатую структуру, отличающуюся от первой сетчатой структуры. Каждый из множества тепловыделяющих элементов имеет продольную осевую линию, и продольные осевые линии подмножества тепловыделяющих элементов из указанного множества тепловыделяющих элементов отделены от продольных осевых линий соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями, при этом диаметр описанной окружности для каждого тепловыделяющего элемента из указанного подмножества равен указанному расстоянию между осевыми линиями.

B1**040419****040419****B1**

Заявка на данное изобретение является обычной заявкой на патент США № 62/050985, дата подачи 16 сентября 2014 г. Кроме того, эта заявка является частичным продолжением находящейся на рассмотрении заявки на патент США № 14/081056, поданной заявителем по данной заявке, с датой подачи 15 ноября 2013 г., по которой испрашивается приоритет предварительной заявки на патент США № 61/821918 с датой подачи 10 мая 2013 г. Кроме того, заявка является частичным продолжением находящейся на рассмотрении заявки на патент США № 13/695792, поданной заявителем по данной заявке (дата подачи 3 июня 2013 г.), которая находится на национальной стадии PCT/US2011/036034 (дата подачи 11 мая 2011 г.), по которой, в свою очередь, испрашивается приоритет заявки на патент США № 61/444990, дата подачи 21 февраля 2011 г. Заявка № 61/393499, дата подачи 15 октября 2010 г., и заявка на патент США № 61/333467, дата подачи 11 мая 2010 г. Полное содержание всех вышеупомянутых заявок включено в настоящее описание посредством ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение, вообще, относится к ядерным реакторам и сборкам ядерного топлива, используемым в активной зоне ядерных реакторов. В частности, настоящее изобретение относится к канадским тяжеловодным реакторам на природном уране (CANDU) и тепловыделяющим сборкам, предназначенным для использования в этих реакторах.

Уровень техники

На фиг. 1А и 1В представлены упрощенные виды в разрезе примеров традиционных тепловыделяющих сборок 10. Фиг. 1А отображает тепловыделяющую сборку 10 для легководного реактора с водой под давлением (PWR), фиг. 1В иллюстрирует тепловыделяющую сборку 10 водоохлаждаемого водоводяного энергетического реактора (VVER). Представленная на фиг. 1А сборка 10 тепловыделяющих стержней содержит тепловыделяющие стержни, собранные вместе в виде квадратной сетки. Тепловыделяющая сборка 10 реактора PWR, показанная на фиг. 10, содержит пучок самодистанционирующихся тепловыделяющих стержней, который может быть охарактеризован как имеющий квадратную форму поперечного сечения. Представленная на фиг. 1В тепловыделяющая сборка 10 содержит тепловыделяющие стержни, размещенные в треугольной сетке. Тепловыделяющая сборка 10 реактора VVER на фиг. 1В содержит пучок самодистанционирующихся тепловыделяющих стержней, который может быть охарактеризован как имеющий в поперечном сечении форму правильного шестиугольника.

При размещении этих сборок в трубе 12 образуются незанятые сегменты, не используемые сборкой тепловыделяющих стержней, показанные на фигуре заштрихованной зоной 14, расположенной между трубой 12 и квадратом 14 на фиг. 1А и между трубой 12 и шестиугольником 16 на фиг. 1В.

В соответствии с воплощениями изобретения сборка тепловыделяющих стержней в квадратной сетке занимает приблизительно 63,7% площади описанной окружности (например, сечения трубы 12), в то время как сборка в треугольной сетке занимает приблизительно 82,7% площади описанной окружности (например, сечения трубы 12).

Известно использование незанятого объема для решения проблем разбухания тепловыделяющего стержня и тепловыделяющей сборки во время выгорания топлива. Известно также заполнение этих пустых зон выгорающим поглотителем и т.п.

Сущность изобретения

В соответствии с изобретением тепловыделяющая сборка для использования во внутренней конструкции активной зоны ядерного реактора может содержать множество тепловыделяющих элементов, при этом указанное множество тепловыделяющих элементов размещены по повторяющемуся шаблону смешанной сетки, который включает в себя повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки, отличающийся от повторяющегося шаблона первой сетки, каждый из множества тепловыделяющих элементов имеет продольную осевую линию, и продольные осевые линии подмножества тепловыделяющих элементов из указанного множества тепловыделяющих элементов отделены от продольных осевых линий соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями, а диаметр описанной окружности для каждого тепловыделяющего элемента из указанного подмножества равен указанному расстоянию между осевыми линиями.

Согласно воплощениям продольная осевая линия каждого из указанного множества тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки может быть отделена от продольной осевой линии соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями, при этом диаметр описанной окружности каждого из тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки равен расстоянию между осевыми линиями.

В соответствии с воплощениями продольная осевая линия каждого из множества тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона второй сетки может быть отделена от продольной осевой линии соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями, при этом диаметр описанной окружности каждого из тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки равен расстоянию между осевыми линиями.

В соответствии с воплощениями тепловыделяющий элемент, размещенный в повторяющемся шаблоне первой сетки с первой группой тепловыделяющих элементов, одновременно может располагаться в повторяющемся шаблоне второй сетки со второй группой тепловыделяющих элементов.

Повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки могут чередоваться один с другим. Сеточные шаблоны могут чередоваться один с другим на основе соотношения "один к одному" вдоль любого радиуса от центра тепловыделяющей сборки к внешнему периметру.

В соответствии с воплощениями множество тепловыделяющих элементов может размещаться по концентрическим окружностям, причем повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки могут чередоваться один с другим вдоль одной или большего числа концентрических окружностей. Сеточные шаблоны могут чередоваться один с другим на основе соотношения "три к одному".

В соответствии с воплощениями повторяющийся шаблон первой сетки может представлять собой повторяющийся шаблон прямоугольной сетки, или шаблон изометрической сетки, или шаблон сетки в форме параллелограмма, или шаблон треугольной сетки, или шаблон сетки в форме равностороннего треугольника. Шаблон первой сетки может быть прямоугольным, а шаблон второй сетки - треугольным.

В соответствии с воплощениями повторяющийся шаблон смешанной сетки также может включать в себя шаблон третьей сетки.

Согласно воплощениям множество тепловыделяющих элементов может представлять собой четырехлепестковые тепловыделяющие стержни, или таблетированные цилиндрические тепловыделяющие стержни, или тепловыделяющие стержни с выгорающим поглотителем.

Тепловыделяющие элементы могут быть спирально закрученными тепловыделяющими элементами, имеющими многолепестковую форму, которая включает спиральные ребра.

Множество тепловыделяющих элементов также содержат внешнюю границу, ограничивающую указанное множество тепловыделяющих элементов. Указанной внешней границей может быть кожух.

Количество тепловыделяющих элементов может быть равно 61, а внешней границей является кожух, ограничивающий указанные 61 тепловыделяющие элементы, при этом кожух имеет поперечное сечение в форме окружности или двенадцатиугольника.

Количество тепловыделяющих элементов может быть равно 19, а указанная внешняя граница имеет форму окружности, ограничивающей снаружи указанные 19 тепловыделяющих элементов.

Множество тепловыделяющих элементов могут занимать по меньшей мере 83% площади поперечного сечения окружности, которая ограничивает тепловыделяющие элементы.

Эти и другие аспекты различных воплощений настоящего изобретения, а также способы работы и функции взаимосвязанных элементов конструкции, комбинация частей и экономичность изготовления будут более очевидными из нижеследующего описания и приложенных пунктов формулы со ссылками на сопровождающие чертежи, которые все вместе образуют часть настоящего описания, в котором одинаковыми ссылочными номерами позиции обозначены соответствующие элементы на различных фигурах. В одном воплощении изобретения иллюстрируемые здесь элементы конструкции изображены в масштабе. Следует, однако, ясно понимать, что чертежи служат лишь для иллюстрации и описания, но не для ограничения объема изобретения. Кроме того, следует принимать во внимание, что конструктивные особенности, показанные на чертежах или раскрытые при описании любого одного воплощения, могут быть использованы также и в других воплощениях. Используемая в описании и пунктах формулы форма единственного числа включает также множество определяемых объектов, если контекст явно не подразумевает иное.

Краткое описание чертежей

Воплощения настоящего изобретения, а также другие характерные особенности изобретения будут лучше раскрыты в нижеследующем описании со ссылками на сопровождающие чертежи.

Фиг. 1А - упрощенный вид в поперечном разрезе традиционной тепловыделяющей сборки, содержащей тепловыделяющие стержни, образующие в сборке квадратную сетку.

Фиг. 1В - упрощенный вид в поперечном разрезе традиционной тепловыделяющей сборки, содержащей тепловыделяющие стержни, образующие в сборке треугольную сетку.

Фиг. 2 - упрощенный вид в поперечном разрезе схемы размещения элементов самодистанционированной тепловыделяющей сборки, образованной из 61 тепловыделяющего стержня в смешанной квадратно-треугольной сетке, в соответствии с изобретением.

Фиг. 3 - упрощенный вид в поперечном разрезе схемы размещения элементов самодистанционированной тепловыделяющей сборки, образованной из 19 тепловыделяющих стержней в смешанной квадратно-треугольной сетке, в соответствии с изобретением.

Фиг. 4 - вид в разрезе одного воплощения тепловыделяющей сборки в начальном исходном положении по осевой линии тепловыделяющей сборки, называемом здесь первоначальным положением с нулевым углом (0°).

Фиг. 5 - вид в разрезе тепловыделяющей сборки, показанной на фиг. 4, при повороте стержней тепловыделяющей сборки на 30° или при дольном перемещении на 1/12 шага вращения по отношению к первоначальному нулевому 0° положению, показанному на фиг. 4.

Фиг. 6 - вид в разрезе тепловыделяющей сборки, показанной на фиг. 4, при повороте стержней тепловыделяющей сборки на 60° или при дольном перемещении на 1/6 шага вращения по отношению к первоначальному положению с нулевым (0°), показанному на фиг. 4.

Подробное описание

Описанные здесь воплощения могут увеличить энергию и/или глубину выгорания ядерного топлива (продолжительность работы до выгрузки) тепловыделяющей сборки реакторов CANDU и/или реактора в целом, с сохранением при этом или увеличением уровня безопасности. В соответствии с воплощениями это может быть достигнуто за счет использования тепловыделяющих сборок, изготовленных из спирально закрученных, самодистанционированных монолитных тепловыделяющих стержней, например тепловыделяющих стержней из сплава уран-цирконий (U-Zr), полученных методом выдавливания через фильеру, описанных в находящихся на рассмотрении заявках на патент США № 14/081056 и 13/995792, полное содержание которых включено в настоящее описание посредством ссылки.

В реакторах CANDU обычно используют очень короткие тепловыделяющие сборки (например, порядка 50 см). Воплощения согласно настоящему изобретению обеспечивают получение частично или полностью самодистанционированных сборок тепловыделяющих стержней реакторов CANDU. Например, некоторые из описанных здесь тепловыделяющих сборок обеспечивают самодистанционирование всех тепловыделяющих стержней друг относительно друга (например, ребром к ребру). Однако альтернативные воплощения могут включать размещения стержней без самодистанционирования. Воплощения могут содержать каркас, представляющий собой кожух, или другой канал или устройство, окружающее весь пучок тепловыделяющих стержней или часть этого пучка (именуемый здесь в общем случае "кожухом"), и лучше используют располагаемое пространство внутри кожуха, чем это возможно в известных аналогах. Например, как будет описано более подробно ниже, воплощения используют "квадратно-треугольную" сетку тепловыделяющих стержней в схеме их размещения.

На фиг. 2 представлен упрощенный вид в разрезе одного воплощения самодистанционированной тепловыделяющей сборки 100. Тепловыделяющая сборка может содержать 61 тепловыделяющий стержень 102 в квадратно-треугольной сетке, однако возможны и другие конфигурации. Тепловыделяющая сборка, представленная на фиг. 2, может быть снабжена такой же или подобной оболочкой, как и сборка из 43 гибких элементов CANDU (CANFLEX) усовершенствованного реактора CANDU. В то время как традиционная сборка CANFLEX содержит 43 тепловыделяющих элемента, каждый с внешним диаметром приблизительно равным 13,5 мм, тепловыделяющая сборка 100, представленная на фиг. 2, может содержать 61 тепловыделяющий элемент 102, каждый из которых имеет внешний диаметр приблизительно равный 11,5 мм. Однако могут быть использованы и другие количества и размеры тепловыделяющих элементов.

Тепловыделяющая сборка 2 может быть размещена в кожухе 104. Например, кожух 104 может иметь поперечное сечение в форме двенадцатиугольника, однако могут быть предусмотрены и другие формы сечения. В соответствии с воплощениями радиус R окружности, описанной вокруг тепловыделяющих элементов 102, может быть меньше или равен 51 мм. В соответствии с этими воплощениями внутренний радиус кожуха 104 может составлять приблизительно 51,7 мм, однако возможны и другие воплощения. Кожух 104 может иметь форму двенадцатиугольника, а поперечное расстояние h между противоположными гранями может составлять 100 мм ($\leq 99,99$ мм). В соответствии с воплощениями квадратно-треугольная сетка из 61 тепловыделяющего элемента образует внешний периметр, который занимает приблизительно 95,5% площади описанной окружности (например, кожух 104 или канал реактора).

Как показано на фиг. 3, центральная зона 19 размещения тепловыделяющих стержней 102 может почти точно вмещаться в трубу. В соответствии с воплощениями радиус R₁₉ окружности, описанной вокруг центральных тепловыделяющих стержней 19, может иметь диаметр 3,922 мм, однако возможны другие размеры.

Как показано на фиг. 2 и 3, тепловыделяющие элементы могут быть расположены по повторяющимся шаблонам (далее - шаблон) первой и второй сетки, смешанным один с другим с образованием сетки, называемой здесь "квадратно-треугольной сеткой". Шаблон первой сетки включает ряды и колонки тепловыделяющих элементов, расположенные по квадратам, при этом расстояние между рядами и колонками от одной центральной линии до другой равно общему диаметру "d" описанной окружности тепловыделяющих элементов (см. позицию 106 на фиг. 3 для примера первой "квадратной" сетки). Шаблон второй сетки включает равносторонние треугольники, у которых длина каждой стороны каждого треугольника (т.е. расстояние между соседними тепловыделяющими элементами от одной центральной линии до другой, образующих вершины каждого треугольника) является общим описанным диаметром "d" тепловыделяющих элементов (см. позицию 108 на фиг. 3 для примера второй "треугольной" сетки). Таким образом, шаблон второй/треугольной сетки 108 отличается от шаблона 106 первой/квадратной сетки. В соответствии с альтернативными воплощениями могут быть также использованы шаблоны дополнительной и/или альтернативной сетки (например, шаблоны прямоугольной сетки, шаблоны изометрической сетки, шаблоны сетки в форме параллелограмма, другие шаблоны регулярно повторяющейся сетки) без выхода за пределы объема настоящего изобретения. Согласно воплощениям выбранные тепловыделяющие элементы 102 могут быть размещены по шаблону квадратной сетки с одной группой расположенных по окружности тепловыделяющих элементов и одновременно могут быть расположены по шаблону треугольной сетки с другой группой расположенных по окружности тепловыделяющих элемен-

тов. Однако возможны иные конфигурации.

Шаблоны квадратной 106 и треугольной 108 сеток, иллюстрируемые на фиг. 2 и 3, могут чередоваться один с другим, если смотреть с одной или более позиций. Например, шаблоны квадратной 106 и треугольной 108 сеток могут чередоваться один с другим (но необязательно на основе соотношения один к одному) вдоль любого выбранного радиуса от центра 110 тепловыделяющей сборки к внешнему периметру, например к кожуху 104. Дополнительно или в качестве альтернативы, тепловыделяющие элементы 102 могут быть размещены по концентрическим окружностям, и шаблоны квадратной и треугольной сеток могут чередоваться один с другим (но не обязательно на основе соотношения один к одному) в направлении вдоль любой одной из концентрических окружностей.

Как отмечено выше, тепловыделяющие элементы могут быть самодистанционирующимися. В соответствии с воплощениями изобретения самодистанционирование может быть показателем диаметра описанной окружности для тепловыделяющего стержня, независимо от выбранной формы тепловыделяющего стержня, однако возможны и другие конфигурации. Согласно определенным воплощениям тепловыделяющие стержни 102 могут иметь любую форму со спирально закрученными ребрами (например, труба с ребрами, квадратного сечения и т.д.). Однако могут быть возможными другие формы, такие как круговое поперечное сечение, поперечные сечения геометрически правильной формы и т.п.

На фиг. 4-6 представлены виды в поперечном разрезе воплощений тепловыделяющей сборки 200, содержащей четырехлепестковые тепловыделяющие стержни 202, такие как описаны в находящихся на рассмотрении заявках на патент США № 14/081056 и № 13/695792, поданных заявителем по данной заявке, содержание которых полностью включено в настоящее описание посредством ссылки. В соответствии с другим аспектом определенные формы тепловыделяющих стержней, такие как четырехлепестковая конструкция, могут быть стандартизированы для различных реакторов. Например, тепловыделяющие стержни, имеющие четырехлепестковый профиль с диаметром описанной окружности 12 ± 1 мм, и их незначительные модификации могут быть стандартом для различных реакторов, таких как реакторы PWR и CANDU.

На фиг. 4 представлена тепловыделяющая сборка 200 в первоначальном положении отсчета, называемом здесь первоначальным положением с нулевым углом. Указанное первоначальное положение с нулевым углом может находиться в любой точке вдоль тепловыделяющих стержней 202 и может повторяться с регулярными интервалами.

Фиг. 5 иллюстрирует тепловыделяющую сборку 200, показанную на фиг. 4, в положении поворота лепестков 204 тепловыделяющих стержней на 30° (в частности, перемещение в долях на $1/12$ шага вращения тепловыделяющего стержня) по отношению к позиции на фиг. 4.

Фиг. 6 иллюстрирует тепловыделяющую сборку 200, показанную на фиг. 4, в положении поворота лепестков 204 тепловыделяющих стержней на 60° (в частности, перемещение в долях на $1/6$ шага вращения тепловыделяющего стержня) по отношению к позиции на фиг. 4. Вращательный поворот на 90° лепестков 204 или дольное перемещение на $1/4$ шага вращения тепловыделяющего стержня от положения на фиг. 4 воспроизводит предварительное первоначальное положение с углом, равным 0° , показанное на фиг. 4.

На фиг. 4-6 позицией 202' обозначено восемь тепловыделяющих стержней, которые находятся в пределах поперечного сечения сборки и не имеют контакта с другими тепловыделяющими стержнями 202 или кожухом 206. В положениях между иллюстрируемыми на фиг. 4-6 отсутствует контакт между тепловыделяющими стержнями по их длине или с кожухом 206. Соответственно, тепловыделяющая сборка является самодистанционирующейся, а все тепловыделяющие стержни самодистанционированы по длине сборки.

Как было отмечено выше, тепловыделяющие стержни могут представлять собой тепловыделяющие четырехлепестковые стержни, описанные в находящихся на рассмотрении заявках на патент США № 14/081056 и № 13/695792, поданных заявителем по данной заявке. Однако в соответствии с альтернативными воплощениями любой из тепловыделяющих четырехлепестковых стержней в вышеупомянутых тепловыделяющих сборках можно заменить стандартными таблетированными цилиндрическими тепловыделяющими стержнями (из урана или тория) или стержнями с выгорающим поглотителем (например, содержащими гадолиний (Gd), эрбий (Er) и/или диспрозий (Dy)).

Используемый в настоящем описании термин "кожух" охватывает ряд различных конструкций, которые могут охватывать пучок тепловыделяющих стержней частично или полностью. Например, в соответствии с воплощениями "кожух" может быть выполнен в виде сплошного двенадцатигранного кожуха, перфорированного или с щелевыми отверстиями. В качестве альтернативы "кожух" может содержать отдельные полосы, или бандажную ленту, или заклепочное соединение на цилиндрической оболочке (например, сплошной или сетчатой с щелевыми отверстиями). Кроме того, термин "кожух" может охватывать другие подобные структуры и конструкции, которые очевидны для специалиста среднего уровня в данной области техники на основе данного описания.

Описанные выше иллюстрированные воплощения представлены для демонстрации конструктивных и функциональных принципов настоящего изобретения, а не в качестве ограничения. С другой стороны, принципы настоящего изобретения предполагают включение любого или всех изменений, вариантов

и/или замен в пределах сущности и объема нижеследующих пунктов формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Тепловыделяющая сборка для использования во внутренней конструкции активной зоны ядерного реактора, содержащая множество тепловыделяющих элементов,

при этом указанное множество тепловыделяющих элементов расположены по повторяющемуся шаблону смешанной сетки, который включает в себя повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки, отличающийся от шаблона первой сетки;

каждый из множества тепловыделяющих элементов имеет продольную осевую линию; и

продольные осевые линии подмножества тепловыделяющих элементов из указанного множества тепловыделяющих элементов отделены от продольных осевых линий соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями, а диаметр описанной окружности для каждого тепловыделяющего элемента из указанного подмножества равен указанному расстоянию между осевыми линиями.

2. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой продольная осевая линия каждого из указанного множества тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки отделена от продольной осевой линии соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями и диаметр описанной окружности каждого из тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки равен расстоянию между осевыми линиями.

3. Тепловыделяющая сборка по п.2, в которой продольная осевая линия каждого из множества тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона второй сетки отделена от продольной осевой линии соседних тепловыделяющих элементов одинаковым расстоянием между осевыми линиями и диаметр описанной окружности каждого из тепловыделяющих элементов повторяющегося шаблона первой сетки равен расстоянию между осевыми линиями.

4. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой тепловыделяющий элемент, размещенный в повторяющемся шаблоне первой сетки с первой группой тепловыделяющих элементов, одновременно расположен в повторяющемся шаблоне второй сетки со второй группой тепловыделяющих элементов.

5. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки чередуются один с другим.

6. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки чередуются один с другим на основе соотношения "один к одному" вдоль любого радиуса от центра тепловыделяющей сборки к внешнему периметру.

7. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов размещены по концентрическим окружностям и повторяющийся шаблон первой сетки и повторяющийся шаблон второй сетки чередуются один с другим вдоль одной или большего числа концентрических окружностей.

8. Тепловыделяющая сборка по п.7, в которой шаблон первой сетки и шаблон второй сетки чередуются один с другим вдоль одной или большего числа концентрических окружностей на основе соотношения "три к одному".

9. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой повторяющийся шаблон первой сетки представляет собой шаблон прямоугольной сетки, или шаблон изометрической сетки, или шаблон сетки в форме параллелограмма, или шаблон треугольной сетки, или шаблон сетки в форме равностороннего треугольника.

10. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой повторяющийся шаблон первой сетки является шаблоном прямоугольной сетки, а повторяющийся шаблон второй сетки является шаблоном треугольной сетки.

11. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанный повторяющийся шаблон смешанной сетки также включает в себя шаблон третьей сетки.

12. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов представляют собой четырехлепестковые тепловыделяющие стержни, или таблетированные цилиндрические тепловыделяющие стержни, или тепловыделяющие стержни с выгорающим поглотителем.

13. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов являются спирально закрученными тепловыделяющими элементами, имеющими многолепестковую форму, которая включает спиральные ребра.

14. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов также содержит внешнюю границу, ограничивающую указанное множество тепловыделяющих элементов.

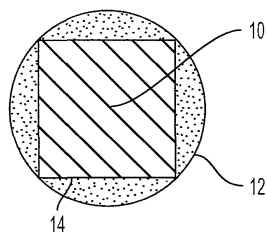
15. Тепловыделяющая сборка по п.14, в которой указанной внешней границей является кожух.

16. Тепловыделяющая сборка по п.14, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов состоит из 61 тепловыделяющего элемента и внешней границей является кожух, ограничивающий указанные 61 тепловыделяющие элементы, при этом кожух имеет поперечное сечение в форме окружности

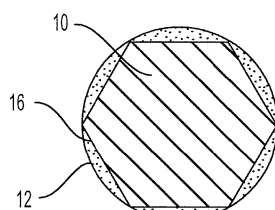
или двенадцатиугольника.

17. Тепловыделяющая сборка по п.14, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов состоит из 19 тепловыделяющих элементов и указанная внешняя граница имеет форму окружности, ограничивающей снаружи указанные 19 тепловыделяющих элементов.

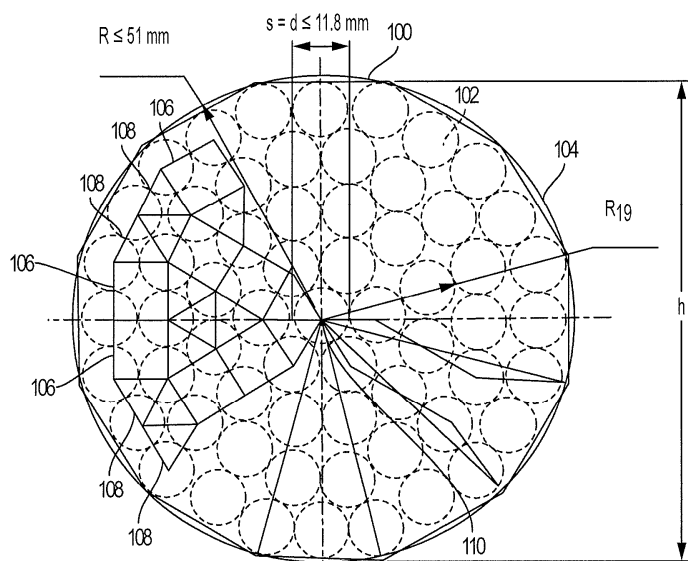
18. Тепловыделяющая сборка по п.1, в которой указанное множество тепловыделяющих элементов занимает по меньшей мере 83% площади поперечного сечения окружности, которая ограничивает тепловыделяющие элементы.



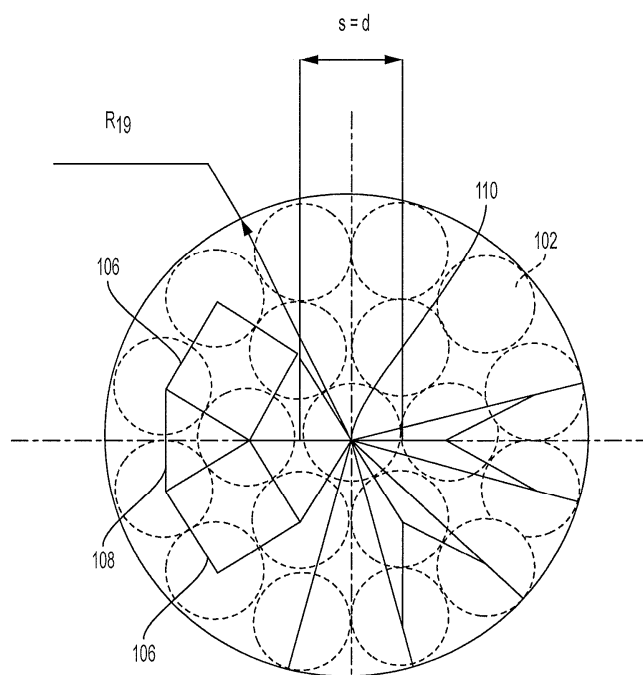
Фиг. 1А



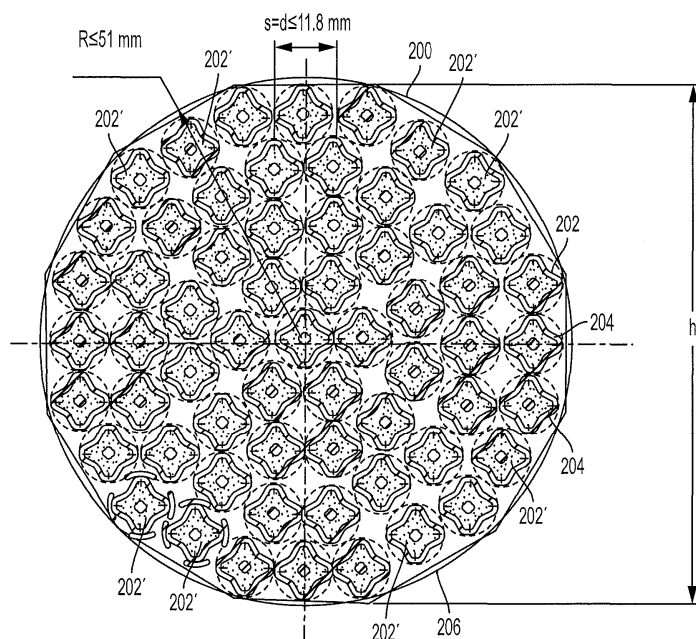
Фиг. 1В



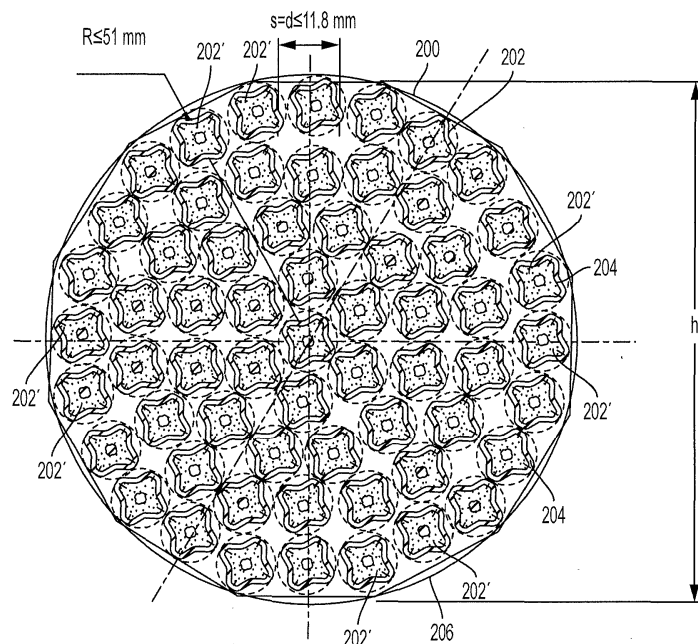
Фиг. 2



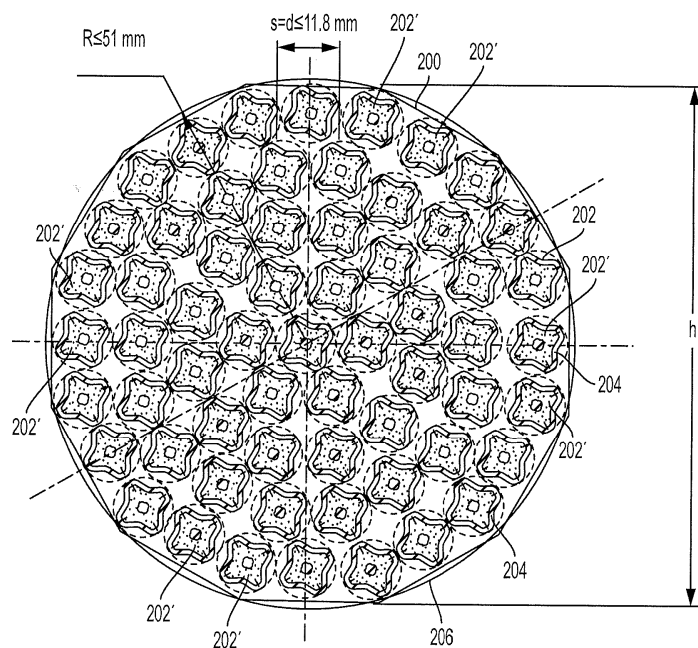
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

