

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202391550 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.07.21

(51) Int. Cl. G21C 3/356 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.12.17

(54) ЭЛЕМЕНТ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩЕЙ РЕШЕТКИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ,
ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИЕ РЕШЕТКИ И ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА

(31) 20306640.2

(72) Изобретатель:

(32) 2020.12.21

Бланк Паскаль, Мессингшлагер

(33) EP

Марко, Баран Хакан, Маркс Вейт,

(86) PCT/EP2021/086584

Шмидт Хаген (DE)

(87) WO 2022/136178 2022.06.30

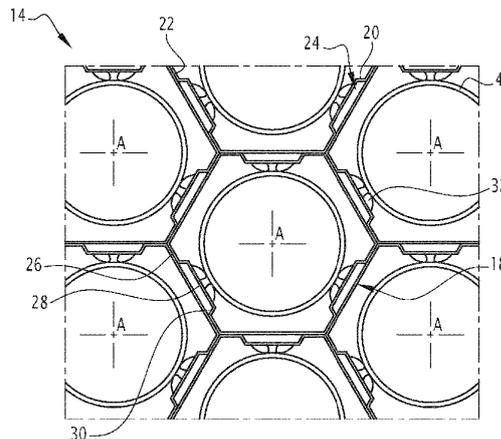
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

Фелицына С.Б. (RU)

ФРАМАТОМ (FR)

(57) Элемент дистанционирующей решетки образует ячейку (17), продолжающуюся вдоль продольной оси (A) и предназначенную для приема тепло выделяющего элемента (4), и имеет многоугольное поперечное сечение, включающее в себя по меньшей мере три опорные стороны (20), распределенные вокруг продольной оси (A), причем каждая опорная сторона (20) содержит выступающий внутрь гофр (24), на котором образована по меньшей мере одна пружина (32) для поддержки тепло выделяющего элемента (4), проходящего через элемент дистанционирующей решетки.



A1

202391550

202391550

A1

ЭЛЕМЕНТ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩЕЙ РЕШЕТКИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ, ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИЕ РЕШЕТКИ И ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА

Настоящее изобретение относится к элементу дистанционирующей решетки тепловыделяющей сборки.

Тепловыделяющая сборка обычно содержит тепловыделяющие элементы, которые содержат ядерное топливо, и каркас для поддержки тепловыделяющих элементов. Каркас обычно содержит хвостовик и головку, расположенные на расстоянии друг от друга вдоль оси сборки, направляющие каналы (также называемые направляющими трубами), соединяющие хвостовик с головкой, и дистанционирующие решетки, распределенные вдоль направляющих каналов. Тепловыделяющие элементы расположены между хвостовиком и головкой, при этом направляющие каналы продолжаются через дистанционирующие решетки, причем последние выполнены с возможностью поддержки тепловыделяющих элементов в поперечном и продольном направлениях и поддерживают тепловыделяющие элементы, разнесенные в поперечном направлении.

Каждая дистанционирующая решетка может быть изготовлена из множества трубчатых элементов дистанционирующей решетки, собранных вместе для формирования дистанционирующей решетки, причем каждый элемент дистанционирующей решетки выполнен с возможностью приема, соответственно, одного из тепловыделяющих элементов.

В документе RU 2138861 C1 описана дистанционирующая решетка, изготовленная из множества трубчатых элементов дистанционирующей решетки. Каждый элемент дистанционирующей решетки имеет шестиугольный контур с элементами, поддерживающими тепловыделяющий элемент, распределенными с угловым расстоянием 120°.

Проблема, которая может возникнуть при использовании упомянутых дистанционирующих решеток, состоит в коррозионном истирании тепловыделяющих элементов в местах контакта тепловыделяющих элементов с дистанционирующей решеткой, что ведет к разрушению тепловыделяющих элементов.

Одна из задач изобретения состоит в том, чтобы предложить элемент дистанционирующей решетки, который обеспечивает улучшенную поддержку тепловыделяющих элементов, повышает устойчивость к коррозионному истиранию и исключает разрушение тепловыделяющих элементов.

С этой целью изобретение предлагает элемент дистанционирующей решетки тепловыделяющей сборки, причем элемент дистанционирующей решетки образует

ячейку, продолжающуюся вдоль продольной оси и предназначенную для приема тепловыделяющего элемента, при этом элемент дистанционирующей решетки имеет многоугольное поперечное сечение, включающее в себя по меньшей мере три опорные стороны, распределенные вокруг продольной оси, причем каждая опорная сторона содержит выступающий внутрь гофр, на котором образована по меньшей мере одна пружина для поддержки тепловыделяющего элемента, проходящего через элемент дистанционирующей решетки.

Пружина, расположенная на выступающем внутрь гофре, имеет преимущество, состоящее в том, что высота пружины может легко регулироваться по размерам ячейки и тепловыделяющего элемента. Кроме того, гофр ограничивает подвижность тепловыделяющего элемента в ячейке. Кроме того, он образует проточный канал для улучшения охлаждения тепловыделяющего элемента.

В других вариантах осуществления изобретения элемент дистанционирующей решетки имеет один или несколько следующих необязательных признаков, используемых по отдельности или в любой технически возможной комбинации:

- элемент дистанционирующей решетки имеет три опорные стороны, распределенные вокруг продольной оси с угловым расстоянием 120° ;
- элемент дистанционирующей решетки имеет шесть опорных сторон, распределенных вокруг продольной оси с угловым расстоянием 60° ;
- элемент дистанционирующей решетки имеет по меньшей мере одну неопорную сторону;
- по меньшей мере одна опорная сторона или каждая опорная сторона расположена между двумя неопорными сторонами;
- по меньшей мере одна неопорная сторона или каждая неопорная сторона является плоской или содержит выступающий внутрь гофр;
- каждая пружина продолжается вдоль продольной оси и/или имеет мостовидную форму;
- по меньшей мере одна пружина или каждая пружина выполнена с возможностью протяженного контакта с тепловыделяющим элементом;
- по меньшей мере одна пружина или каждая пружина выполнена с возможностью точечного контакта с тепловыделяющим элементом в по меньшей мере одной точке контакта;
- по меньшей мере одна пружина или каждая пружина выполнена с возможностью точечного контакта с тепловыделяющим элементом в одной точке контакта или в двух точках контакта, расположенных на расстоянии друг от друга вдоль пружины;

- каждая пружина имеет криволинейное поперечное сечение в каждой плоскости, перпендикулярной продольной оси;

- каждая пружина имеет две примыкающие части, продолжающиеся бок о бок и наклоненные относительно друг друга, причем указанные части содержат контактную часть для контакта с тепловыделяющим элементом и боковую часть, продолжающуюся сбоку от контактной части;

- боковая часть является плоской;

- боковая часть имеет переменную ширину по длине пружины;

- контактная часть имеет выпуклую наружную поверхность, образующую одну контактную линию, предназначенную для контакта с тепловыделяющим элементом;

- контактная часть имеет по существу постоянную ширину;

- гофр каждой опорной стороны имеет одну контактную стенку и две боковые соединительные стенки, примыкающие к контактной стенке и наклоненные относительно контактной стенки;

- каждая пружина имеет контактную часть, образованную в контактной стенке гофра, на котором образована пружина, и боковую часть, образованную в соединительной стенке гофра, на котором образована пружина;

- элемент дистанционирующей решетки содержит две пружины, образованные в гофре каждой опорной стороны, причем две пружины продолжают вдоль друг друга;

- две пружины, образованные в гофре каждой из опорных сторон, образованы между по меньшей мере тремя пазами, включающими в себя по меньшей мере один центральный паз и по меньшей мере два боковых паза, причем каждая пружина образована между по меньшей мере одним центральным пазом и по меньшей мере одним боковым пазом;

- боковой паз имеет D-образную форму, C-образную форму, I-образную форму или S-образную форму;

- элемент дистанционирующей решетки изготовлен отдельно и выполнен с возможностью формирования дистанционирующей решетки тепловыделяющей сборки, содержащей множество собранных вместе элементов дистанционирующей решетки.

Настоящее изобретение также относится к дистанционирующей решетке для тепловыделяющей сборки, причем дистанционирующая решетка содержит множество вышеописанных элементов дистанционирующей решетки, при этом элементы дистанционирующей решетки собраны вместе для формирования дистанционирующей решетки.

Настоящее изобретение также относится к дистанционирующей решетке для

тепловыделяющей сборки, содержащей множество вышеописанных элементов дистанционирующей решетки, которые изготовлены из одного куска материала, например с использованием аддитивной технологии.

Настоящее изобретение также относится к тепловыделяющей сборке, содержащей пучок тепловыделяющих стержней и каркас для поддержки тепловыделяющих элементов, причем каркас содержит по меньшей мере одну дистанционирующую решетку из дистанционирующих решеток, описанных выше.

Изобретение и его преимущества станут более понятными из приведенного ниже описания, представленного только в качестве неограничивающего примера со ссылкой на приложенные чертежи.

На фиг. 1 показан схематический вертикальный вид сбоку тепловыделяющей сборки;

на фиг. 2 – частичный вид сверху дистанционирующей решетки тепловыделяющей сборки, изображенной на фиг. 1;

на фиг. 3 – частичный перспективный вид элемента дистанционирующей решетки, изображенного на фиг. 2;

на фиг. 4 – вид сверху элемента дистанционирующей решетки согласно второму варианту осуществления изобретения;

на фиг. 5 – вид сверху элемента дистанционирующей решетки согласно третьему варианту осуществления изобретения;

на фиг. 6 и 7 – схематические виды сбоку опорных сторон элемента дистанционирующей решетки согласно разным вариантам осуществления изобретения;

на фиг. 8–11 – виды спереди опорных сторон элемента дистанционирующей решетки согласно разным вариантам осуществления изобретения;

на фиг. 12–14 – виды спереди неопорных сторон элемента дистанционирующей решетки, содержащих гофры, согласно разным вариантам осуществления изобретения.

Тепловыделяющая сборка 2, показанная на фиг. 1, содержит пучок тепловыделяющих элементов 4 и каркас 6 для поддержки тепловыделяющих элементов 4. Тепловыделяющая сборка 2 продолжается вдоль оси L сборки.

Каркас 6 содержит хвостовик 8, головку 10, множество направляющих труб 12 и множество дистанционирующих решеток 14.

Хвостовик 8 и головка 10 расположены на расстоянии друг от друга вдоль оси L сборки. Направляющие трубы 12 продолжают параллельно оси L сборки и соединяют хвостовик 8 с головкой 10. Каждая направляющая труба 12 проходит через головку для обеспечения возможности вставления регулирующего стержня (не показан) в

направляющую трубу 12.

Дистанционирующие решетки 14 распределены вдоль направляющих труб 12 и прикреплены к направляющим трубам 12, например, посредством сварки. Каждая дистанционирующая решетка 14 продолжается в поперечном направлении относительно оси L сборки.

Каждый тепловыделяющий элемент 4 содержит, например, трубчатую оболочку, таблетки ядерного топлива, уложенные стопкой внутри оболочки, и концевые заглушки, закрывающие концы оболочки (не показаны).

Каждый тепловыделяющий элемент 4 продолжается параллельно оси L сборки через дистанционирующие решетки 14 и поддерживается дистанционирующими решетками 14 в поперечном и продольном направлениях относительно оси L сборки. Тепловыделяющие элементы 4 поддерживаются дистанционирующими решетками 14 так, что они разнесены в поперечном направлении.

В рабочем состоянии тепловыделяющая сборка 2 установлена в активной зоне ядерного реактора, причем хвостовик 8 опирается на нижнюю опорную плиту 16 активной зоны, при этом ось L сборки расположена по существу вертикально. Теплоноситель течет вверх от входа нижней опорной плиты 16, проходит через хвостовик 8 и между тепловыделяющими элементами 4, через дистанционирующие решетки 14 и головку 10, как показано стрелкой F на фиг. 1, и течет вдоль тепловыделяющих элементов 4.

Пучок тепловыделяющих элементов 4 тепловыделяющей сборки 2, предпочтительно, имеет шестиугольный контур, причем тепловыделяющие элементы 4 разнесены и поддерживаются в поперечном направлении, при этом тепловыделяющие элементы 4 расположены в узлах воображаемой шестиугольной сетки.

Направляющие трубы 12 встроены в пучок и расположены в узлах воображаемой шестиугольной сетки.

Тепловыделяющая сборка 2 предназначена, например, для ВВЭР (водо-водяного энергетического реактора). Тепловыделяющие сборки 2 для ВВЭР обычно содержат тепловыделяющие элементы 4, расположенные в пучке, который имеет шестиугольный контур.

В тепловыделяющей сборке 2, показанной на фиг. 1, дистанционирующие решетки 14 аналогичны друг другу, при этом дистанционирующая решетка 14 будет описана со ссылкой на фиг. 2.

Как показано на фиг. 2, дистанционирующая решетка 14 содержит множество элементов 18 дистанционирующей решетки. Каждый элемент 18 дистанционирующей решетки является трубчатым и образует соответствующую ячейку дистанционирующей

решетки 14, причем каждый элемент 18 дистанционирующей решетки выполнен с возможностью приема одного соответствующего тепловыделяющего элемента 4.

На фиг. 2 дистанционирующая решетка 14 показан только частично. Более конкретно, на фиг. 2 показан только блок из семи ячеек, образованных семью элементами 18 дистанционирующей решетки.

Элементы 18 дистанционирующей решетки расположены в узлах воображаемой шестиугольной сетки, при этом на фиг. 2 показан блок из семи ячеек, содержащий один центральный элемент 18 дистанционирующей решетки, окруженный шестью элементами 18 дистанционирующей решетки, расположенными в углах воображаемого шестиугольника.

Элементы 18 дистанционирующей решетки на фиг. 2 аналогичны друг другу, и только один из них будет описан ниже со ссылкой на фиг. 2 и 3.

Элемент 18 дистанционирующей решетки продолжается вдоль соответствующей продольной оси А, которая перпендикулярна плоскости дистанционирующей решетки 14 (плоскость фиг. 2). Продольная ось А по существу параллельна оси L сборки. Тепловыделяющий элемент 4, расположенный в каждом элементе 18 дистанционирующей решетки, проходит через этот элемент 18 дистанционирующей решетки вдоль продольной оси А.

Элемент 18 дистанционирующей решетки имеет многоугольное поперечное сечение, включающее в себя по меньшей мере две опорные стороны 20, распределенные вокруг продольной оси А.

Более конкретно, элемент 18 дистанционирующей решетки имеет псевдомногоугольное поперечное сечение, включающее в себя по меньшей мере две опорные стороны 20, распределенные вокруг продольной оси А.

Выражение «псевдомногоугольный» используется с учетом того, что поперечное сечение имеет стороны, образующие контур, который в целом имеет многоугольную форму, однако некоторые стороны поперечного сечения являются не прямолинейными, а скругленными, или имеют профилированные участки, в частности гофры, как описано ниже.

Каждая опорная сторона 20 выполнена с возможностью контакта с тепловыделяющим элементом 4, который проходит через элемент 18 дистанционирующей решетки, для поддержки указанного тепловыделяющего элемента 4.

В одном варианте осуществления изобретения каждая сторона многоугольного поперечного сечения является опорной стороной 20.

В качестве альтернативы элемент 18 дистанционирующей решетки содержит по

меньшей мере одну неопорную сторону 22. Каждая неопорная сторона 22 выполнена так, что она не контактирует с тепловыделяющим элементом, проходящим через элемент 18 дистанционирующей решетки.

Элемент 18 дистанционирующей решетки содержит, например, по меньшей мере одну неопорную сторону 22, расположенную между двумя опорными сторонами 20.

Элемент 18 дистанционирующей решетки содержит, например, опорные стороны 20, чередующиеся с неопорными сторонами 22. В таком примере каждая опорная сторона 20 расположена между двумя соседними неопорными сторонами 22, при этом каждая неопорная сторона 22 расположена между двумя соседними опорными сторонами 20.

В частном варианте осуществления изобретения каждый элемент 18 дистанционирующей решетки имеет шестиугольное поперечное сечение с шестью сторонами, включающими в себя три опорные стороны 20, распределенные вокруг продольной оси А с угловым расстоянием 120° и чередующиеся с тремя неопорными сторонами 22.

Каждая опорная сторона 20 имеет выступающий внутрь центральный гофр 24, расположенный между двумя боковыми стенками 26. Каждая боковая стенка 26 соединяет один край центрального гофра 24 со смежной стороной. Каждая смежная сторона является опорной стороной 20 или неопорной стороной 22 в зависимости от формы ячейки. В показанном примере каждая смежная сторона является неопорной стороной 22.

Предпочтительно, гофр 24 продолжается вдоль всего элемента 18 дистанционирующей решетки, т.е. от одного конца до другого конца элемента 18 дистанционирующей решетки вдоль продольной оси А.

Предпочтительно, боковые стенки 26 опорной стороны 20 продолжают вдоль многоугольного контура элемента 18 дистанционирующей решетки, при этом каждый центральный гофр 24 смещен внутрь относительно многоугольного контура элемента 18 дистанционирующей решетки.

На каждой опорной стороне 20 центральный гофр 24 содержит, например, центральную стенку 28 и две боковые стенки 30, причем каждая боковая стенка 30 соединяет контактную стенку 28 с соответствующей боковой стенкой 26 опорной стороны 20.

Центральная стенка 28 смещена внутрь относительно стороны многоугольного контура элемента 18 дистанционирующей решетки, соответствующей опорной стороне 20.

Как показано на фиг. 2, контактная стенка 28 и две боковые стенки 26 по существу параллельны.

Каждая боковая стенка 30 проходит, например, под наклоном относительно

указанной стороны многоугольного контура элемента 18 дистанционирующей решетки для соединения с соответствующей боковой стенкой 26. Две боковые стенки 30 продолжают от центральной стенки 28 и расходятся друг от друга в направлении боковых стенок 26.

Если смотреть в направлении продольной оси А элемента 18 дистанционирующей решетки, каждая боковая соединительная стенка 30 расположена под наклоном относительно контактной стенки 28, например, под углом 45° .

Поскольку расстояние между продольной осью А и элементом 18 дистанционирующей решетки у каждой контактной стенки 28 гофров 24 является минимальным, тепловыделяющий элемент 4, проходящий через элемент 18 дистанционирующей решетки вдоль продольной оси А, находится в контакте только с выступающими внутрь гофрами 24 опорных сторон 20 элемента 18 дистанционирующей решетки.

Предпочтительно, гофры 24 опорных сторон являются идентичными. Ниже приведено описание только одного из них.

На гофре 24 образована по меньшей мере одна пружина 32, предпочтительно образованы две пружины 32, причем пружина(ы) выполнена(ы) с возможностью поддержки тепловыделяющего элемента 4, проходящего внутри ячейки 17 дистанционирующей решетки.

Каждая пружина 32, например, продолжается вдоль продольной оси А и имеет мостовидную форму.

Как показано на фиг. 3, каждый гофр 24, например, содержит пару пружин 32. Две пружины 32 продолжают вдоль друг друга.

Каждая пара пружин 32 образована в гофре 24, например, между центральным пазом 34, образованным в контактной стенке 28, и двумя боковыми пазами 36, каждый из которых образован в одной из двух соединительных стенок 30 гофра 24.

Каждая пружина 32 образована в месте соединения соединительной стенки 30 и контактной стенки 28, точнее между центральным пазом 34, образованным в контактной стенке 28, и боковым пазом 36, образованным в соединительной стенке 30.

Как показано на фиг. 3, в одном примере осуществления изобретения центральный паз 34 в осевом направлении имеет большую длину, чем боковые пазы 36.

Каждая пружина 32 имеет, например, продольную контактную часть 38, образованную в контактной стенке 28, и боковую часть 40, образованную в одной из соединительных стенок 30. Контактная часть 38 и боковая часть 40 продолжают по всей длине пружины 32. Боковая часть 40 наклонена относительно контактной части 38.

Предпочтительно, в одном варианте осуществления изобретения каждая пружина 32 имеет криволинейное поперечное сечение в каждой плоскости, перпендикулярной продольной оси А.

Как показано на фиг. 3, в каждой плоскости, перпендикулярной продольной оси А, поперечное сечение является дугообразным с вогнутостью, ориентированной внутрь, обеспечивая на контактной части 38 выпуклую поверхность для контакта с тепловыделяющим элементом 4.

В одном примере осуществления изобретения каждая контактная часть 38 является дугообразной в продольном направлении. Контактная часть 38 описывает дугу в продольном направлении пружины 32. Средний участок контактной части 38 расположен ближе к продольной оси А, чем концевые участки контактной части 38.

Необязательно, каждая контактная часть 38 является дугообразной в поперечном направлении. Поперечная вогнутость каждой контактной части 38 направлена радиально наружу относительно продольной оси А.

Необязательно, каждая контактная часть 38 также является дугообразной в поперечном направлении в направлении соответствующей пружины 32 из пары пружин. Пружины 32 каждой пары пружин расположены ближе друг к другу посередине, чем на своих осевых концах.

Каждая контактная часть 38, предпочтительно, имеет по существу постоянную ширину по длине пружины 32.

Каждая боковая часть 40, предпочтительно, является плоской и продолжается сбоку от соответствующей контактной части 38 в плоскости соответствующей соединительной стенки 30.

В одном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 3, ширина центрального паза 34 по существу является постоянной по его длине, при этом он продолжается вдоль прямой линии.

В одном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 3, каждый боковой паз 36 имеет С-образную форму. Каждый боковой паз 36 имеет ширину, которая увеличивается от концов бокового паза 36 к центру бокового паза 36. Каждый боковой паз 36 имеет большую ширину в своем центре.

Свободный продольный край каждой боковой части 40 (вдоль бокового паза 36) является криволинейным и изгибается в сторону от зоны 44 соединения боковой части 40 и контактной части 38. Зона 44 соединения также изгибается в сторону от свободного продольного края каждой боковой части 40 за счет кривизны контактной части 38.

Каждая боковая часть 40 имеет ширину, которая изменяется по длине пружины 32,

и достигает максимальной ширины в ее центре. Каждая боковая часть 40 имеет больший размер в центре, чем на концах.

В одном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 2 и 3, каждая ячейка 17 дистанционирующей решетки образована соответствующим элементом 18 дистанционирующей решетки, причем элемент 18 дистанционирующей решетки собирается таким образом, что он образует дистанционирующую решетку 14.

Каждый элемент 18 дистанционирующей решетки образует ячейку 17 тепловыделяющего элемента. Каждый элемент 18 дистанционирующей решетки является трубой, которая продолжается вдоль продольной оси ячейки 17 тепловыделяющего элемента и имеет поперечное сечение ячейки 17 дистанционирующей решетки.

Элементы 18 дистанционирующей решетки, предпочтительно, изготавливаются из циркониевого сплава. В альтернативном варианте осуществления изобретения элементы 18 дистанционирующей решетки изготавливаются из сплава на основе Ni или другого материала с высокими механическими характеристиками, например из Ph13,8Mo.

Как показано на фиг. 2, для формирования дистанционирующей решетки 14 каждая сторона 20, 22 каждого элемента 18 дистанционирующей решетки находится в контакте со стороной 20, 22 другого элемента 18 дистанционирующей решетки.

В одном примере осуществления изобретения, показанном на фиг. 2, элементы 18 дистанционирующей решетки расположены таким образом, что для каждого элемента 18 дистанционирующей решетки каждая опорная сторона 20 элемента 18 дистанционирующей решетки, контактирующая со стороной другого элемента 18 дистанционирующей решетки, находится в контакте с неопорной стороной 22 указанного другого элемента 18 дистанционирующей решетки. Каждый элемент 18 дистанционирующей решетки изготавливается отдельно, например, посредством экструзии или обработки листового металла, гибки или сварки. Дистанционирующая решетка 14 изготавливается посредством сварки друг с другом множества элементов 18 дистанционирующей решетки. В альтернативном варианте осуществления изобретения элементы 18 дистанционирующей решетки изготавливаются из одного куска материала, т.е. с использованием аддитивной технологии. Все элементы 18 дистанционирующей решетки изготавливаются одновременно, формируя, таким образом, дистанционирующую решетку 14.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения в каждой паре элементов 18 дистанционирующей решетки две смежные стороны элементов 18 дистанционирующей решетки выполняются из одного куска материала.

Предпочтительно, в случае, когда два элемента 18 дистанционирующей решетки

прилегают друг к другу посредством двух плоских неопорных сторон 22, предусматривается только одна плоская стенка, общая для двух элементов 18 дистанционирующей решетки и определяющая две неопорные стороны 22. Это позволяет уменьшить количество используемого материала и исключить внутреннюю коррозию между прилегающими сторонами.

Предпочтительно, в случае, когда два элемента 18 дистанционирующей решетки прилегают друг к другу посредством опорной стороны 20 одной из двух ячеек 17 дистанционирующей решетки и неопорной стороны 22 другого из двух элементов 18 дистанционирующей решетки, выполняется только одна стенка.

Такая стенка содержит центральный гофр 24, выступающий внутрь относительно одного из двух элементов 18 дистанционирующей решетки, образуя опорную сторону 20, и выступающий наружу относительно другого элемента 18 дистанционирующей решетки, образуя неопорную сторону 22.

Как показано на фиг. 2 и 3, каждая неопорная сторона 22, например, является плоской. Каждая неопорная сторона 22 продолжается вдоль одной соответствующей стороны многоугольного контура элемента 18 дистанционирующей решетки.

Как показано на фиг. 2, каждый тепловыделяющий элемент 4 находится в контакте с каждой пружиной 32 каждой пары пружин каждого гофра 24 элемента 18 дистанционирующей решетки, в который вставлен тепловыделяющий элемент 4.

Пружины 32 поддерживают тепловыделяющий элемент 4 в поперечном направлении относительно продольной оси А для поддержки тепловыделяющего элемента 4 в поперечном направлении и в продольном направлении за счет трения между пружинами 32 и тепловыделяющим элементом 4.

Наличие каждой пружины на гофре 24 элемента 18 дистанционирующей решетки обеспечивает формирование дистанционирующей решетки 14, которая имеет необходимые механические свойства для поддержки тепловыделяющих элементов 4.

Гофр 24 каждого элемента 18 дистанционирующей решетки усиливает дистанционирующую решетку, образуя коробчатую конструкцию, например, посредством примыкания опорной стороны 20 элемента дистанционирующей решетки к неопорной стороне 22 или опорной стороне другого элемента 18 дистанционирующей решетки.

Пружины 32 имеют объемную форму, которая обеспечивает требуемую поддержку, снижая риски коррозионного истирания.

Криволинейные по ширине продолговатые пружины 32 обеспечивают достаточную жесткость при изгибе для получения по меньшей мере одного линейного контакта между тепловыделяющим элементом 4 и каждой пружиной 32 на длине, достаточной для

ограничения локального контактного напряжения. Контакт между пружинами 32 каждой пары пружин 32 и тепловыделяющим элементом 4 должен быть достаточно сильным, в то же время исключая коррозионное истирание, а именно, когда тепловыделяющий элемент вибрирует во время эксплуатации из-за высокоскоростного потока текучей среды.

Боковая часть 40, наклоненная относительно контактной части 38, придает пружине 32 жесткость при изгибе. Жесткость при изгибе пружины 32 и деформация пружины 32 под нагрузкой зависят именно от наклона между частями 38, 40 и от ширины боковой части 40 вдоль пружины 32.

Внедрение пружин 32 в тепловыделяющий элемент 4 в каждом элементе 18 дистанционирующей решетки обеспечивает дополнительное зажатие тепловыделяющего элемента 4, что устраняет риск изгиба тепловыделяющего элемента. Указанное дополнительное зажатие увеличивает общую жесткость тепловыделяющей сборки и сводит к минимуму восприимчивость тепловыделяющего элемента к изгибу.

Центральный паз 34 и боковые пазы 36 каждого гофра 24 образуют несколько отверстий во всех элементах 18 дистанционирующей решетки, которые обеспечивают гидравлический обмен между различными ячейками дистанционирующей решетки 14.

Изобретение не ограничено примерами и вариантами, представленными выше. Могут быть предусмотрены другие примеры и варианты.

В вышеописанном примере каждая неопорная сторона 22 элемента 18 дистанционирующей решетки является плоской или по существу плоской.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 4, каждая неопорная сторона 22 элемента 18 дистанционирующей решетки содержит направленный внутрь выступающий центральный гофр 25. Такой гофр 25 может усиливать неопорную сторону 22.

Предпочтительно, гофр 25 продолжается вдоль всего элемента 18 дистанционирующей решетки, т.е. от одного конца до другого конца элемента 18 дистанционирующей решетки вдоль продольной оси А.

В примере, показанном на фиг. 3, элемент 18 дистанционирующей решетки имеет многоугольное поперечное сечение, в частности шестиугольное поперечное сечение, и имеет опорные стороны 20, чередующиеся с неопорными сторонами 22.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 5, элемент 18 дистанционирующей решетки имеет многоугольное поперечное сечение, в частности шестиугольное поперечное сечение, причем все стороны многоугольного поперечного сечения являются опорными сторонами 20.

В частном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 5, элемент 18

дистанционирующей решетки имеет псевдомногоугольное поперечное сечение с шестью опорными сторонами 20, распределенными вокруг продольной оси А с угловым расстоянием 60° . Каждая опорная сторона 20, т.е. шесть сторон, описана выше и содержит, в частности, направленный внутрь выступающий центральный гофр 24, расположенный между двумя боковыми стенками 26 и имеющий по меньшей мере одну пружину 32.

Предпочтительно, как показано на фиг. 6, каждая пружина 32 выполнена с возможностью протяженного контакта с тепловыделяющим элементом 4, проходящим через элемент 18 дистанционирующей решетки.

В частности, когда пружина 32 имеет контактную часть 38, указанная контактная часть 38 каждой пружины 32 выполнена с возможностью контакта с тепловыделяющим элементом 4 вдоль по меньшей мере одной линии 39 контакта между тепловыделяющим элементом 4 и пружиной 32.

В одном варианте осуществления изобретения каждая пружина 32 выполнена с возможностью протяженного контакта с тепловыделяющим элементом 4 вдоль одной-единственной линии контакта.

В частности, когда пружина имеет контактную часть 38, указанная контактная часть 38 каждой пружины 32 выполнена с возможностью контакта с тепловыделяющим элементом 4 вдоль единственной линии 39 контакта между тепловыделяющим элементом 4 и пружиной 32.

В другом варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 7, каждая пружина 32 выполнена с возможностью протяженного контакта с тепловыделяющим элементом 4 вдоль по меньшей мере двух отдельных линий контакта.

В частности, пружина 32 имеет W-образную контактную поверхность (например, контактную часть 38), так что два участка контактной поверхности расположены ближе к продольной оси А, чем остальная часть пружины 32, и определяют две отдельные линии 39 контакта с тепловыделяющим элементом 4.

Центральный паз 34, предусмотренный в опорной стороне 20 между двумя пружинами 32, может иметь различные формы.

В одном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 8, центральный паз 34 имеет ширину, которая уменьшается от осевых концов центрального паза 34 к середине центрального паза 34.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 9, ширина центрального паза 34 увеличивается от осевых концов центрального паза 34 к середине центрального паза 34.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 10, центральный паз 10 является I-образным. Центральный паз 34 имеет по существу постоянную ширину по длине и продолжается вдоль прямой линии.

Боковые пазы 36, выполненные в опорной стороне 20 вдоль пружин 32, могут иметь различные формы.

В одном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 8, каждый боковой паз имеет С-образную форму. Он имеет прямолинейный край и дугообразный край, противоположный прямолинейному краю. Дугообразный край, например, примыкает к пружине 32, а прямолинейный край расположен на противоположной стороне относительно пружины 32.

В другом варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 9, каждый боковой паз 36 имеет D-образную форму. Каждый боковой паз 36 продолжается вдоль дугообразной линии.

В другом варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 10, каждый боковой паз 36 имеет I-образную форму. Каждый боковой паз 36 имеет по существу постоянную ширину по своей длине и продолжается вдоль прямой линии.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 11, каждый боковой паз 36 имеет S-образную форму. Он продолжается вдоль криволинейной линии, имеющей две противоположные кривизны по длине.

Изобретение не ограничено показанными вариантами осуществления, и показанные на фигурах разные формы центрального паза 34 и боковых пазов 36 могут комбинироваться различным образом.

Как показано на фиг. 8–11, каждая пружина 32 образована между центральным пазом 34 и боковым пазом 36.

В альтернативном варианте осуществления изобретения каждая пружина 32 образована между множеством центральных пазов 34 и одним боковым пазом 36. В частности, каждая пружина 32 образована между двумя центральными пазами 34 и одним боковым пазом 36. Этот вариант осуществления изобретения позволяет получить соединение между двумя пружинами 32, образующее H-образную или X-образную форму.

В альтернативном варианте осуществления изобретения каждая пружина 32 образована между одним центральным пазом 34 и множеством боковых пазов 36. Боковые пазы 36, например, имеют I-образную форму и выровнены друг с другом.

Изобретение не ограничено показанными вариантами осуществления, и разные формы центрального паза 34 и боковых пазов 36 могут комбинироваться различным образом.

Как показано на фиг. 3, гофры 24 опорных сторон 20 продолжаются прямолинейно вдоль продольной оси А.

Гофры, расположенные на сторонах элементов 18 дистанционирующей решетки, т.е. гофры 24 опорных сторон 20 или гофры 25 неопорных сторон 22, образуют каналы для теплоносителя и могут использоваться для ориентации течения теплоносителя на выходе из дистанционирующей решетки.

Фактически, гофры 24, 25, предусмотренные на опорной стороне 20 или неопорной стороне 22 элемента 18 дистанционирующей решетки, могут иметь такую форму, чтобы обеспечивать поперечное течение теплоносителя, который течет по дистанционирующей решетке 14.

С этой точки зрения гофры 24, 25 могут продолжаться вдоль продольной оси А с по меньшей мере одним концевым участком гофра 24, 25 (который соответствует нижнему концу элемента 18 дистанционирующей решетки с учетом направления течения теплоносителя через дистанционирующую решетку 14), наклоненным относительно продольной оси А. Угол А наклона, например, составляет 0–15°.

В одном примере гофр 24, 25 продолжается вдоль прямой линии, наклоненной относительно продольной оси А.

Как показано на фиг. 12, в одном примере гофр 25 неопорной стороны 22 продолжается вдоль прямой линии («I-образный гофр»), наклоненной относительно продольной оси А. Нижний по потоку конец гофра 25, в частности, наклонен относительно продольной оси А на нижнем по потоку конце 25А гофра.

В другом примере гофр 24, 25 продолжается вдоль криволинейной линии, наклоненной относительно продольной оси А по меньшей мере на нижнем по потоку конце гофра 24, 25.

Как показано на фиг. 13, в одном примере гофр 25 неопорной стороны 22 продолжается вдоль дугообразной линии («С-образный гофр»).

Как показано на фиг. 14, в одном примере гофр 25 неопорной стороны 22 продолжается вдоль криволинейной линии, имеющей две противоположные кривизны («S-образный гофр»).

Вышеприведенный пример может использоваться для гофра 24 опорной стороны.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Элемент дистанционирующей решетки (14) тепловыделяющей сборки, при этом элемент (18) дистанционирующей решетки образует ячейку (17), продолжающуюся вдоль продольной оси (А) и предназначенную для приема тепловыделяющего элемента (4), причем элемент (18) дистанционирующей решетки имеет многоугольное поперечное сечение, включающее в себя по меньшей мере три опорные стороны (20), распределенные вокруг продольной оси (А),

при этом каждая опорная сторона (20) содержит выступающий внутрь гофр (24), на котором образована по меньшей мере одна пружина (32) для поддержки тепловыделяющего элемента (4), проходящего через элемент (18) дистанционирующей решетки.

2. Элемент дистанционирующей решетки по п. 1, который имеет три опорные стороны (20), распределенные вокруг продольной оси (А) с угловым расстоянием 120° .

3. Элемент дистанционирующей решетки по п. 1 или 2, который имеет шесть опорных сторон (20), распределенных вокруг продольной оси (А) с угловым расстоянием 60° .

4. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–3, который содержит по меньшей мере одну неопорную сторону (22).

5. Элемент дистанционирующей решетки по п. 4, в котором по меньшей мере одна опорная сторона или каждая опорная сторона (20) расположена между двумя неопорными сторонами (22).

6. Элемент дистанционирующей решетки по п. 4 или 5, в котором по меньшей мере одна неопорная сторона или каждая неопорная сторона (22) является плоской или содержит выступающий внутрь гофр (25).

7. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–6, в котором каждая пружина (32) продолжается вдоль продольной оси и/или имеет мостовидную форму.

8. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–7, в котором по меньшей мере одна пружина (32) или каждая пружина (32) выполнена с возможностью протяженного контакта с тепловыделяющим элементом.

9. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–8, в котором по меньшей мере одна пружина (32) или каждая пружина (32) выполнена с возможностью точечного контакта с тепловыделяющим элементом в по меньшей мере одной точке контакта.

10. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–9, в котором по меньшей мере одна пружина (32) или каждая пружина (32) выполнена с возможностью

точечного контакта с тепловыделяющим элементом в одной точке контакта или в двух точках контакта, расположенных на расстоянии друг от друга вдоль пружины (32).

11. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–10, в котором каждая пружина (32) имеет криволинейное поперечное сечение в каждой плоскости, перпендикулярной продольной оси (А).

12. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–11, в котором каждая пружина (32) имеет две примыкающие части (38, 40), продолжающиеся бок о бок вдоль оси (В) пружины и наклоненные относительно друг друга, причем указанные части (38, 40) включают в себя контактную часть (38) для контакта с тепловыделяющим элементом (4) и боковую часть (40), продолжающуюся сбоку от контактной части (38).

13. Элемент дистанционирующей решетки по п. 12, в котором боковая часть (40) является плоской.

14. Элемент дистанционирующей решетки по п. 12 или 13, в котором боковая часть (40) имеет переменную ширину по длине пружины (32).

15. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 12–14, в котором контактная часть (38) имеет выпуклую наружную поверхность, образующую одну контактную линию (39), предназначенную для контакта с тепловыделяющим элементом (4).

16. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 12–15, в котором контактная часть (38) имеет по существу постоянную ширину.

17. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–16, в котором гофр (24) каждой опорной стороны (20) содержит одну контактную стенку (28) и две боковые соединительные стенки (30), примыкающие к контактной стенке (28) и наклоненные относительно контактной стенки (28).

18. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 12–17 в комбинации с п. 17, в котором каждая пружина (32) имеет контактную часть (38), образованную в контактной стенке (28) гофра (24), на котором образована пружина (32), и боковую часть (40), образованную в одной соединительной стенке (30) гофра (24), на котором образована пружина (32).

19. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–18, который содержит две пружины (32), образованные в гофре (24) каждой опорной стороны (20), причем две пружины (32) продолжаются вдоль друг друга.

20. Элемент дистанционирующей решетки по п. 19, в котором две пружины, образованные в гофре (24) каждой опорной стороны (20), образованы между по меньшей мере тремя пазами (34, 36), включающими в себя по меньшей мере один центральный паз

(34) и по меньшей мере два боковых паза (36), причем каждая пружина (32) образована между по меньшей мере одним центральным пазом (34) и по меньшей мере одним боковым пазом (36).

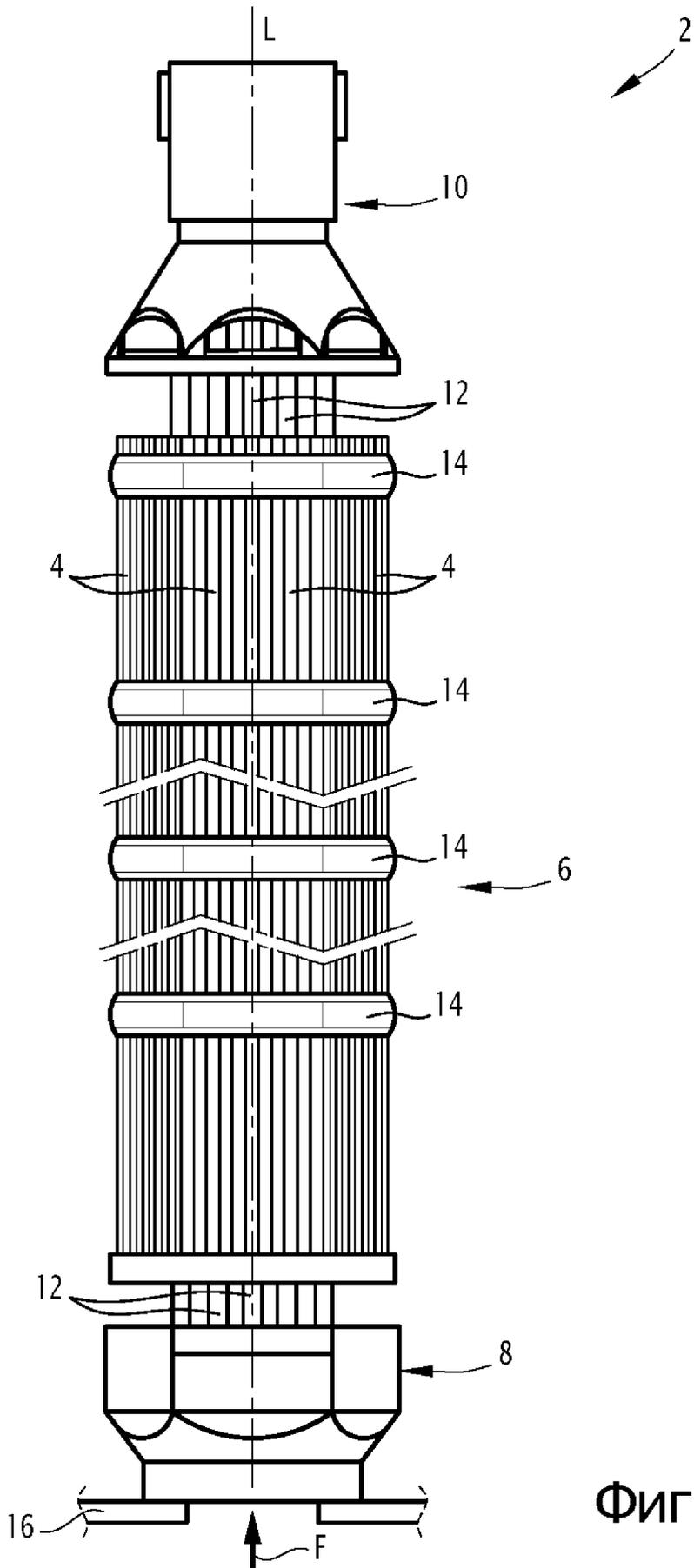
21. Элемент дистанционирующей решетки по п. 20, в котором боковой паз (36) имеет D-образную форму, C-образную форму, I-образную форму или S-образную форму.

22. Элемент дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–21, который изготовлен отдельно и выполнен с возможностью формирования дистанционирующей решетки (14) тепловыделяющей сборки, содержащей множество таких элементов (18) дистанционирующей решетки, собранных вместе.

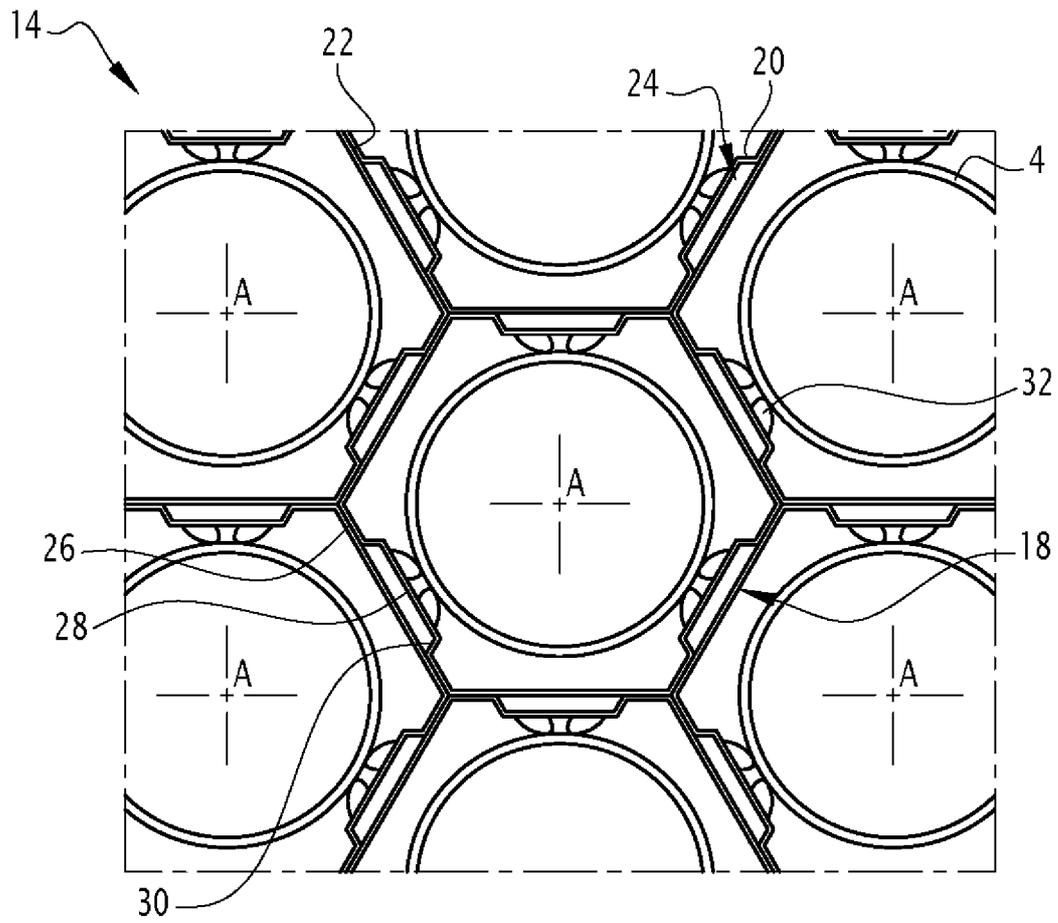
23. Дистанционирующая решетка для тепловыделяющей сборки, содержащая множество элементов (18) дистанционирующей решетки по п. 22, причем элементы (18) дистанционирующей решетки собраны вместе для формирования дистанционирующей решетки (14).

24. Дистанционирующая решетка для тепловыделяющей сборки, содержащая множество элементов (18) дистанционирующей решетки по любому из пп. 1–21, изготовленных из одного куска материала, например с использованием аддитивной технологии.

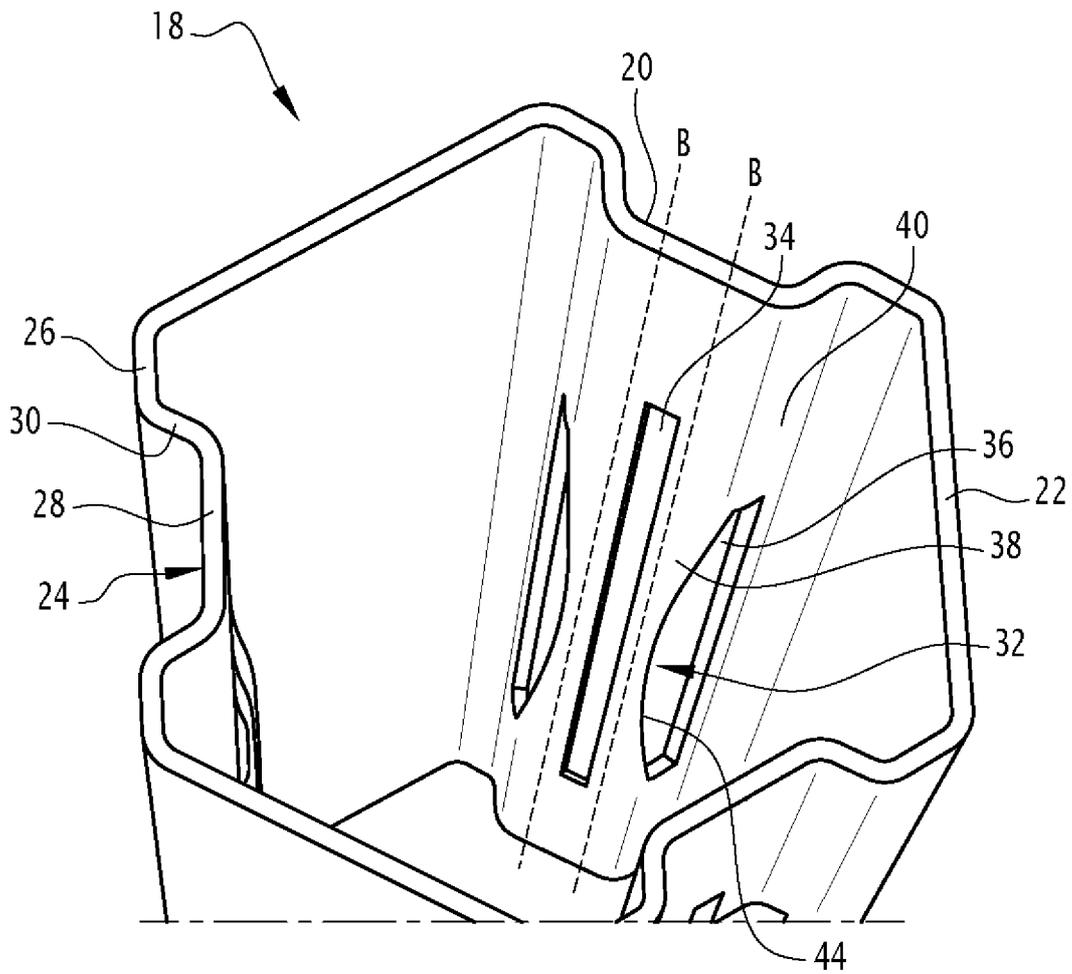
25. Тепловыделяющая сборка, содержащая пучок тепловыделяющих элементов (4) и каркас (6) для поддержки тепловыделяющих элементов (4), причем каркас (6) содержит по меньшей мере одну дистанционирующую решетку (14) по п. 23 и/или по меньшей мере одну дистанционирующую решетку (14) по п. 24.



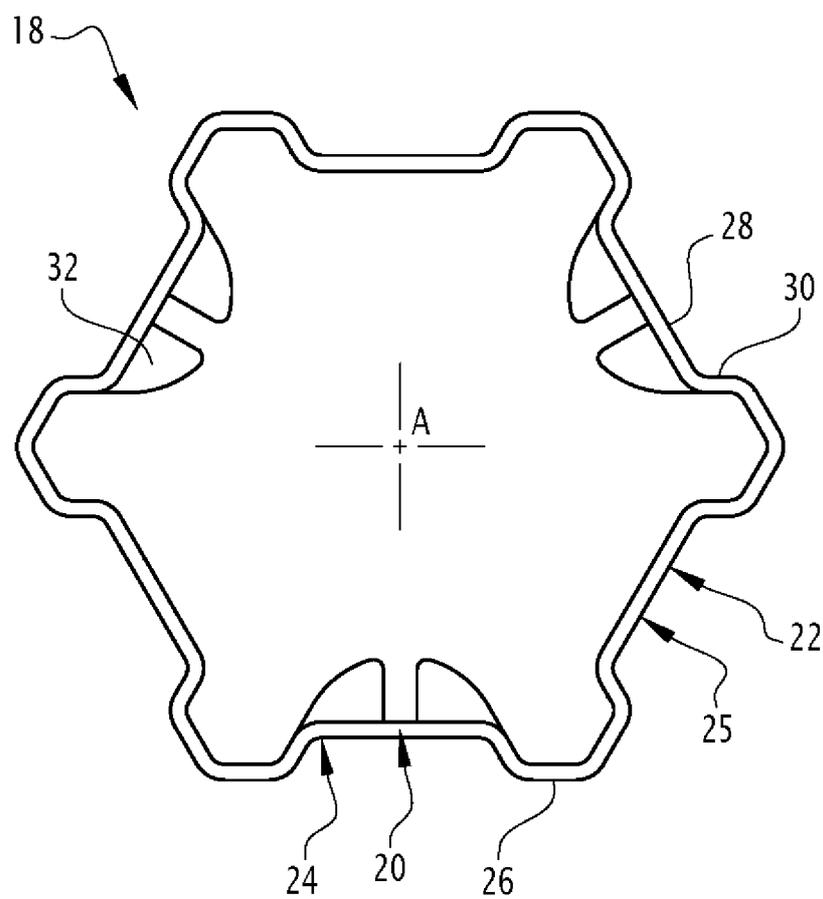
Фиг. 1



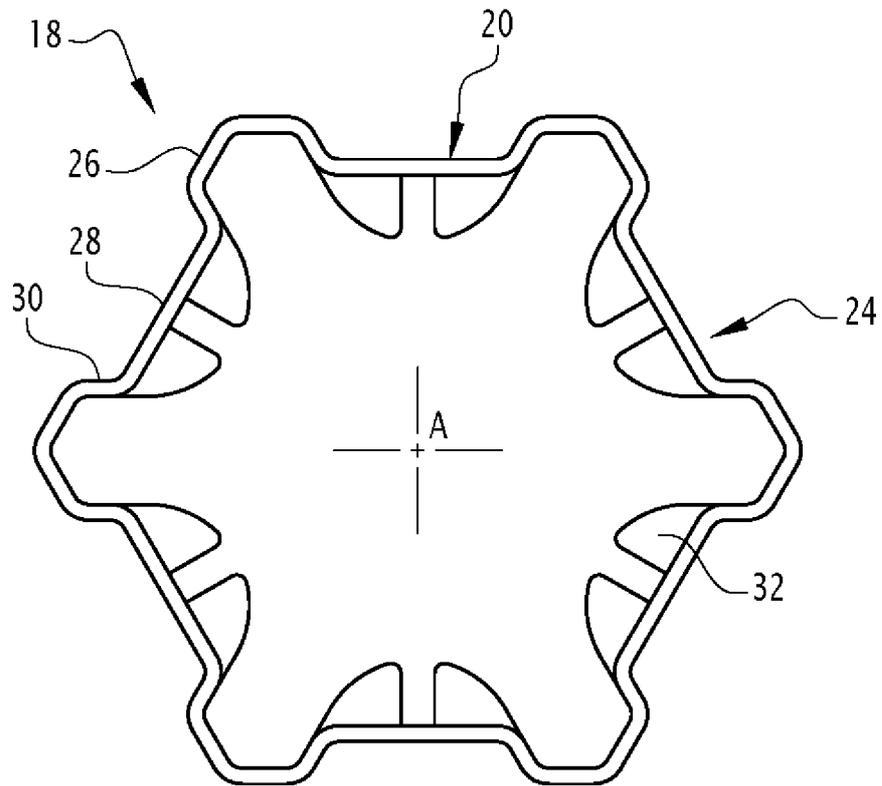
ФИГ. 2



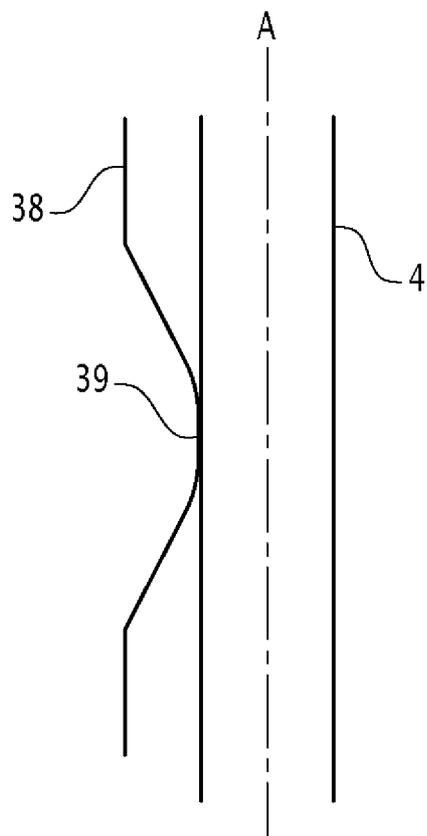
ФИГ. 3



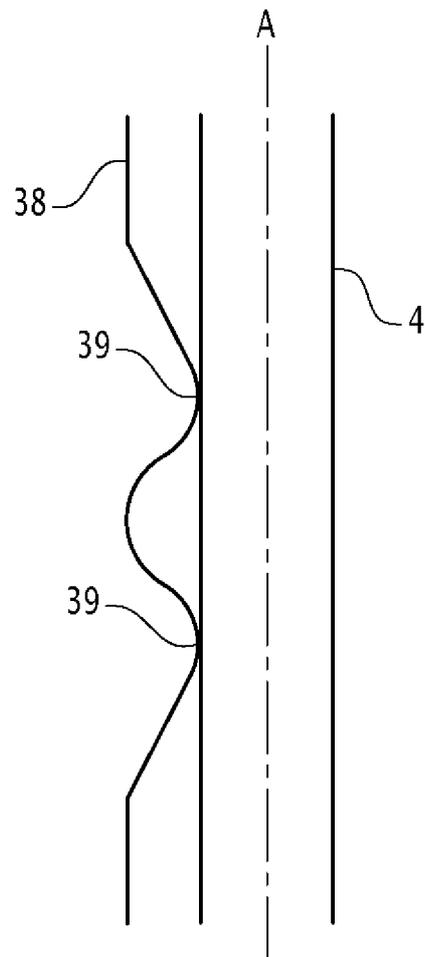
ФИГ. 4



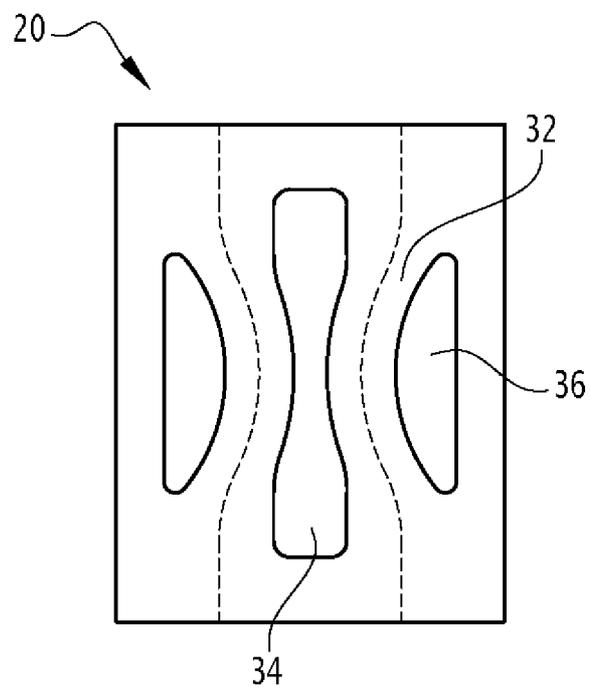
Фиг. 5



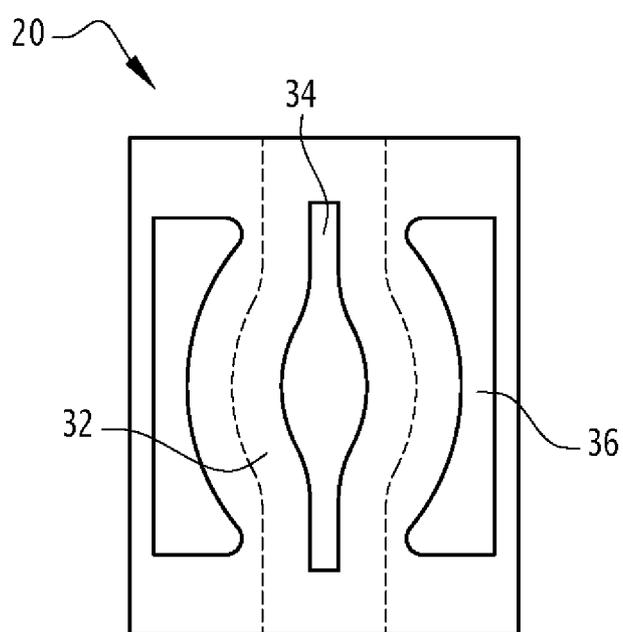
ФИГ. 6



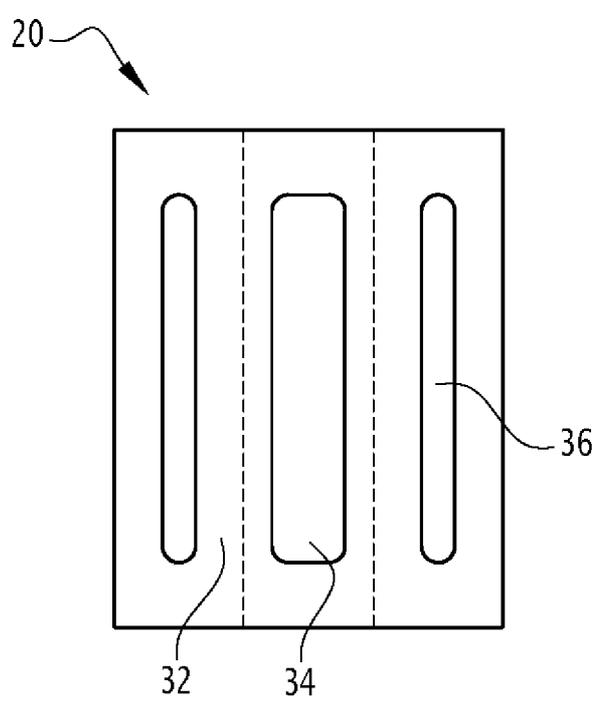
ФИГ. 7



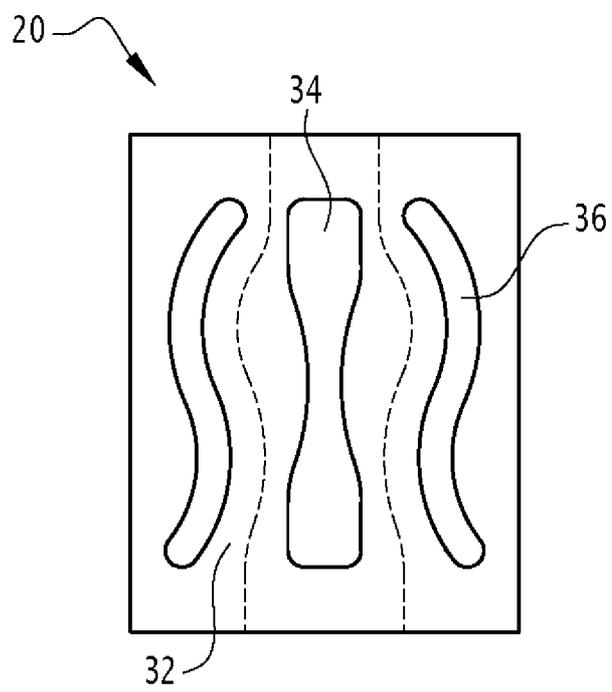
ФИГ. 8



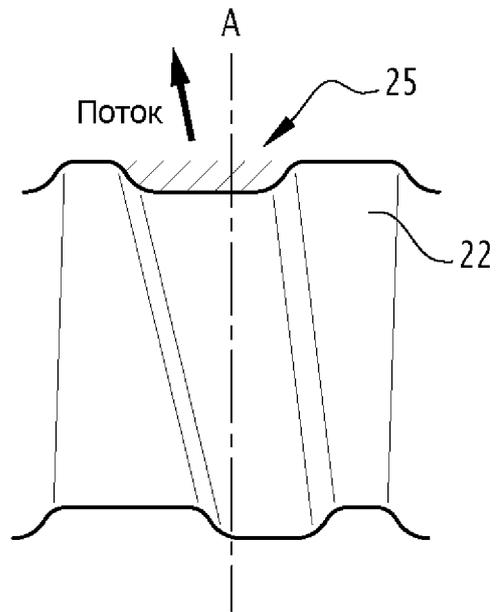
ФИГ. 9



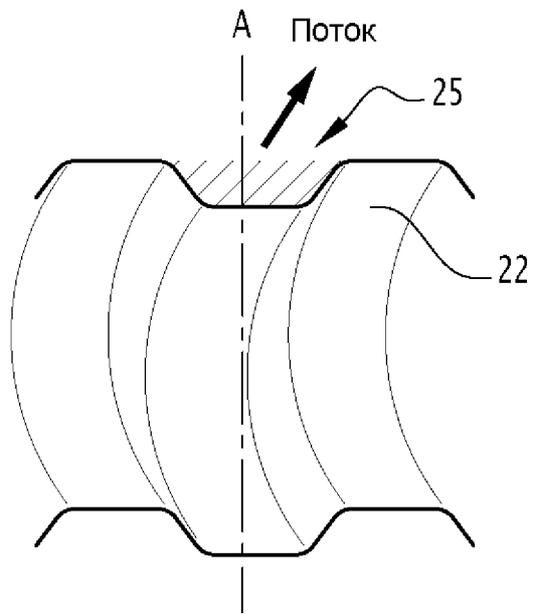
ФИГ. 10



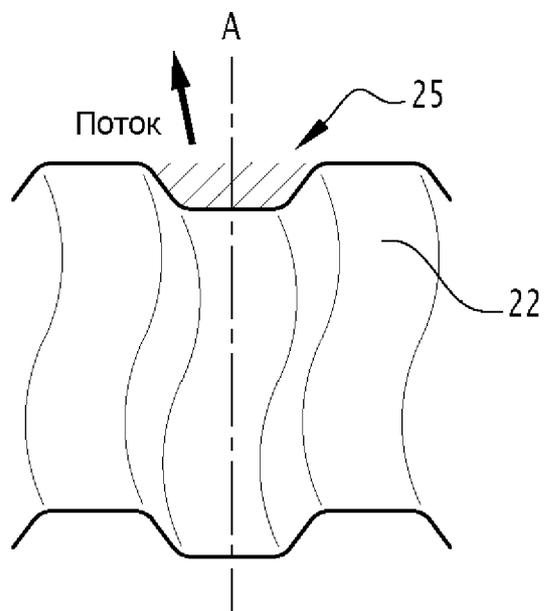
ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14