

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 043178

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.27

(51) Int. Cl. G21C 3/32 (2006.01)
G21C 19/06 (2006.01)

(21) Номер заявки
202291278

(22) Дата подачи заявки
2021.10.04

(54) УЗЕЛ КРЕПЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(31) 2021112751

(56) US-A1-20060251205

(32) 2021.04.30

RU-C2-2239891

(33) RU

RU-C2-2338272

(43) 2022.12.30

RU-C2-2325713

(86) PCT/RU2021/000422

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"АКМЭ-Инжиниринг" (RU)

(72) Изобретатель:
Тошинский Георгий Ильич, Дедуль
Александр Владиславович, Лунев
Геннадий Дмитриевич, Татаренко
Юрий Владимирович, Самкотрясов
Сергей Владимирович (RU)

(74) Представитель:
Черных И.В. (RU)

(57) В изобретении узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора содержит хвостовик (1) тепловыделяющей сборки, заканчивающийся цанговым наконечником (2), лепестки (3) которого снабжены внешними буртиками (4) с закругленным торцом (5) и закреплены в кольцевой проточке (6) посадочного отверстия (7) нижней опорной плиты (8) активной зоны. На внутренних поверхностях буртиков (4) лепестков (3) цангового наконечника (2) тепловыделяющей сборки выполнена осесимметричная проточка (9), в которой размещен по меньшей мере один упругий элемент (10). Конструкция узла крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора обеспечивает надежную фиксацию тепловыделяющей сборки в опорной плите (8) в условиях длительного воздействия жидкометаллического теплоносителя.

043178

B1

043178

B1

Изобретение относится к атомной энергетике, а более конкретно к тепловыделяющим сборкам для ядерных реакторов с преимущественным использованием в качестве теплоносителя первого контура жидкометаллического теплоносителя.

Известна тепловыделяющая сборка ядерного реактора (см. патент RU2129738, МПК G21C 3/30, G21C 3/32, опубликован 27.04.1999), содержащая тепловыделяющие элементы, соединяемые с нижней опорной решеткой посредством узла крепления. Узел крепления выполнен в виде цанги, которая имеет форму цилиндра. Цанга установлена в посадочном отверстии опорной решетки с радиальным зазором. В нижней части цанги имеет бурт, контактирующий с упорной поверхностью кольцевой канавки, выполненной соосно с посадочным отверстием ниже верхнего торца опорной решетки.

Недостатком известного узла крепления в нижней опорной решетке тепловыделяющей сборки является наличие радиального зазора между цилиндром и посадочным отверстием, что приводит к повышенному виброизносу деталей узла.

Известна тепловыделяющая сборка для ядерного реактора с жидкометаллическим теплоносителем (см. патент RU2594357, МПК G21C 3/32, G21C 3/12, опубликован 20.08.2016), содержащая тепловыделяющие элементы, которые установлены в каркасе, состоящем из направляющих труб, дистанционирующих решеток и хвостовика. Узел крепления тепловыделяющей сборки содержит цанговый фиксатор, который установлен внутри хвостовика, и механизм управления фиксатором. Механизм управления состоит из головки и распорной втулки, которые кинематически соединены тягами. Головка выполнена в виде втулки с внутренней проточкой. Распорная втулка расположена внутри цангового фиксатора с возможностью взаимодействия с ним.

Узел крепления тепловыделяющей сборки обеспечивает повышение надежности фиксации тепловыделяющей сборки в опорной конструкции, однако это достигается значительным усложнением его конструкции.

Известен узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора (см. заявка JP2019056615, МПК G21C 5/00, G21C 1/02, G21C 3/33, опубликована 11.04.2019), в которой тепловыделяющая сборка закреплена в опорной конструкции подпружиненным толкателем, снабженным расцепляющим механизмом и установленным в пазу на боковой поверхности опорной конструкции.

Недостатком известного узла крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора является усложненная и ненадежная фиксация тепловыделяющей сборки к опорной конструкции.

Известен узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора с жидкометаллическим теплоносителем (см. заявка US20200027575, МПК G21C 1/02, G21C 7/08, G21C 9/027, G21C 19/20, G21C 5/06, опубликована 23.01.2020), выполненный в виде клинового механизма, соединенного трансмиссией с приводом, закрепляющего тепловыделяющую сборку в корпусе реактора.

Недостатком узла крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора является его усложненная конструкция.

Известен узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора (см. заявка US20060251205, МПК G21C 15/00, опубликована 09.11.2006), совпадающий с настоящим техническим решением по наибольшему числу существенных признаков и принятый за прототип. Узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора-прототипа включает хвостовик тепловыделяющей сборки, выполненный в виде цангового наконечника с двумя лепестками, закрепленными в посадочном отверстии нижней опорной плиты активной зоны, при этом диаметр посадочного отверстия меньше диаметра цангового наконечника. Лепестки цангового наконечника являются сжимаемыми в радиальном направлении для обеспечения силы трения при закреплении в посадочном отверстии нижней опорной плиты активной зоны.

Известный узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора не обеспечивает достаточную надежность фиксации цангового наконечника в посадочном отверстии нижней опорной решетки при длительной эксплуатации тепловыделяющей сборки, так как фиксация в посадочном отверстии происходит только силой трения упругих лепестков цангового наконечника о стенку посадочного отверстия.

Задачей настоящего технического решения является разработка узла крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора, который бы обеспечивал надежное закрепление тепловыделяющей сборки в опорной плите в условиях длительного воздействия жидкометаллического теплоносителя.

Поставленная задача решается тем, что узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора содержит хвостовик тепловыделяющей сборки, выполненный в виде цангового наконечника, лепестки которого закреплены в посадочном отверстии нижней опорной плиты активной зоны, при этом диаметр посадочного отверстия меньше диаметра цангового наконечника. Новым в узле крепления является то, что лепестки цангового наконечника снабжены внешними буртиками с закругленным торцом, на внутренней поверхности посадочного отверстия выполнена кольцевая проточка под внешние буртики лепестков цангового наконечника, на внутренних поверхностях буртиков лепестков цангового наконечника тепловыделяющей сборки выполнена осесимметричная проточка, в которой размещен по меньшей мере один упругий элемент.

Упругий элемент может быть выполнен в виде металлического кольца, которое может быть выполнено разрезным.

Металлическое кольцо в поперечном сечении может быть выполнено в форме круга или в форме овала, или в форме прямоугольника, или в форме квадрата.

Соприкасающиеся поверхности кольцевой проточки посадочного отверстия нижней опорной плиты и внешних буртиков лепестков цангового наконечника тепловыделяющей сборки выполнены в виде фасок, расположенных под углом $(8-12)^\circ$ относительно плоскости опорной плиты.

Настоящая конструкция узла крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора обеспечивает фиксацию тепловыделяющей сборки в нижней опорной плите активной зоны в рабочем положении таким образом, что необходимое для ее извлечения усилие превышает усилия, возникающие в результате действия сил Архимеда и гидродинамических усилий, действующих на тепловыделяющую сборку при протекании теплоносителя через активную зону, и в то же время не приводит к ее смятию или повреждению. Одновременно отсутствие затеснения внутреннего объема цангового наконечника тепловыделяющей сборки обеспечивает возможность установки чехла СУЗ, гидравлического сопротивления или иных необходимых элементов, фиксируемых в нижней опорной плите по оси тепловыделяющей сборки.

Настоящее техническое решение поясняется чертежом, где:

на фиг. 1 изображен в разрезе узел крепления тепловыделяющей сборки в нижней опорной плите;

на фиг. 2 приведено поперечное сечение по А-А узла крепления, приведенного на фиг. 1;

на фиг. 3 изображено в разрезе в увеличенном масштабе область Б узла крепления, изображенного на фиг. 1.

Узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора (см. фиг. 1) содержит хвостовик 1 тепловыделяющей сборки (см. фиг. 1), заканчивающийся цанговым наконечником 2, лепестки 3 которого снабжены внешними профилированными буртиками 4 с закругленным торцом 5 и закреплены в кольцевой проточке 6 посадочного отверстия 7 нижней опорной плиты 8 активной зоны, при этом диаметр посадочного отверстия 7 меньше диаметра цангового наконечника 2. Закругленный торец 5 обеспечивает минимальное контактное сопротивление при погружении тепловыделяющей сборки в узел фиксации в опорной плите 8. На внутренних поверхностях буртиков 4 лепестков 3 цангового хвостовика 1, например, шестилепесткового (см. фиг. 2), тепловыделяющей сборки выполнена осесимметричная проточка 9, в которой размещен по меньшей мере один упругий элемент 10. Упругий элемент 10 может быть выполнен, например, в виде разрезного кольца, которое в поперечном сечении представляет собой, например, круг или овал, или прямоугольник, или квадрат. Упругий элемент 10, установленный в осесимметричной проточке 9 буртиков 4, обеспечивает дополнительное усилие поджатия цангового наконечника 2 без излишнего увеличения его жесткости и толщины лепестков 3, обеспечивая увеличение надежности фиксации тепловыделяющей сборки и в опорной плите 8. Хвостовик 1 тепловыделяющей сборки может быть снабжен буртиком 11, выполненным, например, в виде гайки, которая позволяет выполнять регулировочные операции в процессе сборки узла крепления. Задние упорные концы буртиков 4 (см. фиг. 3) имеют фаску под углом α , равным $(8-12)^\circ$, обеспечивающим требуемое усилие удержания и извлечения тепловыделяющей сборки.

Выбор интервала значений угла α обусловлен тем, что при угле α , меньшем 8° , возможно смятие хвостовика тепловыделяющей сборки под воздействием усилий, возникающих при работе, установке и извлечении ТВС.

При угле α , большем 12° , не обеспечивается надежное удержание тепловыделяющей сборки при эксплуатационных нагрузках.

Пример. Были изготовлены по 20 комплектов макетов узлов крепления тепловыделяющей сборки. При изготовлении макетов для 18 комплектов сопрягаемых между собой хвостовиков тепловыделяющих сборок и посадочного отверстия опорной плиты использовали сталь 14X17H2 феррито-мартенситного класса и для двух комплектов имеющей близкие значения механических свойств сталь 16X12МВСФБР (ЭП823-Ш). При изготовлении макетов варьировали угол фаски α буртиков лепестков цангового наконечника хвостовика тепловыделяющей сборки. Для получения количественных значений о влиянии отклонения геометрических размеров сопрягаемых элементов и теплоносителя на усилие извлечения узла крепления тепловыделяющей сборки, проведение испытаний осуществляли в условиях, максимально приближенных к натурным. Для проведения испытаний в среде теплоносителя был разработан стенд, который представлял собой замкнутый контур с теплоносителем, узел крепления макета, газовый контур и подвесную систему для извлечения хвостовиков тепловыделяющих сборок и чехлов СУЗ с регистрацией изменения усилия извлечения во времени. Контур теплоносителя включал две емкости объемом по $0,15 \text{ м}^3$ и перепускную линию с запорным вентилем КНЗ. Первая емкость была предназначена для размещения испытательных макетов и расположена выше по вертикали относительно второй емкости, которая служила сливным баком стенда. В исходном состоянии в газовом контуре создавали избыточное давление инертного газа $0,05 \text{ МПа}$, вторую емкость и перепускную линию с запорным вентилем разогревали до температуры 160°C , первая емкость была поддренирована и находилась при температуре окружающей среды. Испытываемый макет устанавливали и закрепляли в специальном стакане. Стакан с помощью шпилек закрепляли на фланце горловины первой емкости. После установки макета первую емкость разогревали до температуры от 200 до 250°C . Далее путем открытия вентиля первую и вторую емкости соединяли между собой. Повышая давление в газовой системе, теплоноситель из второй емкости перекачивали в первую емкость. Уровень теплоносителя в первой емкости устанавливали по показаниям

уровнемера таким образом, чтобы посадочные гнезда макета находились ниже уровня теплоносителя на величину от 30 до 50 мм. По результатам контроля температуры определяли момент стабилизации температуры испытываемого макета. Скорость извлечения хвостовиков тепловыделяющих сборок моделировали с помощью штатной перегрузочной машины, которая в натурных условиях регулируется в пределах от 0,3 до 4,0 м/мин. Система состояла из рамы, лебедки, набора блоков, металлического троса и тензометрического измерителя силы. Проведенные результаты испытаний макетов узлов крепления тепловыделяющей сборки показали, что надежная фиксация тепловыделяющей сборки и ее безопасное извлечение из опорной плиты происходит при угле фаски α на буртиках лепестков цангового наконечника тепловыделяющей сборки, равном $(8-12)^\circ$.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Узел крепления тепловыделяющей сборки ядерного реактора, содержащий хвостовик тепловыделяющей сборки, выполненный в виде цангового наконечника, лепестки которого закреплены в посадочном отверстии нижней опорной плиты активной зоны, при этом диаметр посадочного отверстия меньше диаметра цангового наконечника, отличающийся тем, что лепестки цангового наконечника снабжены внешними буртиками с закругленным торцом, на внутренней поверхности посадочного отверстия выполнена кольцевая проточка под внешние буртики лепестков цангового наконечника, на внутренних поверхностях буртиков лепестков цангового наконечника тепловыделяющей сборки выполнена осесимметричная проточка, в которой размещен по меньшей мере один упругий элемент.

2. Узел крепления по п.1, отличающийся тем, что упругий элемент выполнен в виде металлического кольца.

3. Узел крепления по п.2, отличающийся тем, что металлическое кольцо выполнено разрезным.

4. Узел крепления по п.3, отличающийся тем, что металлическое кольцо в поперечном сечении выполнено в форме круга.

5. Узел крепления по п.3, отличающийся тем, что металлическое кольцо в поперечном сечении выполнено в форме овала.

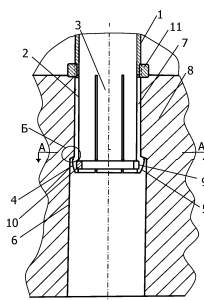
6. Узел крепления по п.3, отличающийся тем, что металлическое кольцо в поперечном сечении выполнено в форме прямоугольника.

7. Узел крепления по п.6, отличающийся тем, что металлическое кольцо в поперечном сечении выполнено в форме квадрата.

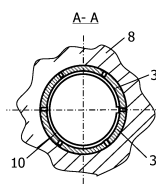
8. Узел крепления по п.1, отличающийся тем, что хвостовик тепловыделяющей сборки снабжен буртиком.

9. Узел крепления по п.8, отличающийся тем, что буртик хвостовика тепловыделяющей сборки выполнен в виде гайки.

10. Узел крепления по п.1, отличающийся тем, что соприкасающиеся поверхности кольцевой проточки посадочного отверстия нижней опорной плиты и внешних буртиков лепестков цангового наконечника тепловыделяющей сборки выполнены в виде фасок, расположенных под углом $(8-12)^\circ$ относительно плоскости опорной плиты.



Фиг. 1



Фиг. 2

