



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009103484/07, 02.02.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.02.2009

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2010 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 10.10.2011 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2293060 C2, 10.02.2007. RU 2344500
C2, 20.01.2009. RU 2173484 C1, 10.09.2001. US
3262856 A, 26.07.1966.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ-
УПИ, Физико-технический факультет,
кафедра редких металлов и наноматериалов,
А.Р. Бекетову, С.П. Распопину

(72) Автор(ы):

Бабилов Леонид Георгиевич (RU),
Бекетов Аскольд Рафаилович (RU),
Бекетов Дмитрий Аскольдович (RU),
Васин Борис Дмитриевич (RU),
Волкович Владимир Анатольевич (RU),
Долгирев Юрий Евгеньевич (RU),
Зыков Павел Григорьевич (RU),
Казанцев Герман Никандрович (RU),
Распопин Сергей Павлович (RU),
Скиба Олег Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Уральский государственный
технический университет - УПИ им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)**(54) ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ РЕАКТОРА С РАСПЛАВЛЕННОЙ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ**

(57) Реферат:

Изобретение предложено для создания
последующих поколений энергетических
ядерных реакторов с активной зоной из
расплавленных сред. Ядерное топливо для
реактора с расплавленной активной зоной
представляет собой дисперсную смесьизоморфных нитридов обогащенного по
изотопу-235 урана с нитридом циркония,
взвешенную в жидком свинце. Изобретение
позволяет создать устойчивое ядерное топливо
и предотвратить расслоение топливной
системы. 2 з.п. ф-лы.

RU 2 431 206 C2

RU 2 431 206 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G21C 3/42 (2006.01)
G21C 3/50 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009103484/07, 02.02.2009**

(24) Effective date for property rights:
02.02.2009

Priority:

(22) Date of filing: **02.02.2009**

(43) Application published: **10.08.2010 Bull. 22**

(45) Date of publication: **10.10.2011 Bull. 28**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU-UPI,
Fiziko-tehnicheskij fakul'tet, kafedra redkikh
metallov i nanomaterialov, A.R. Beketovu, S.P.
Raspopinu**

(72) Inventor(s):

**Babikov Leonid Georgievich (RU),
Beketov Askol'd Rafailovich (RU),
Beketov Dmitrij Askol'dovich (RU),
Vasin Boris Dmitrievich (RU),
Volkovich Vladimir Anatol'evich (RU),
Dolgirev Jurij Evgen'evich (RU),
Zykov Pavel Grigor'evich (RU),
Kazantsev German Nikandrovich (RU),
Raspopin Sergej Pavlovich (RU),
Skiba Oleg Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
"Ural'skij gosudarstvennyj tehničeskij
universitet - UPI im. pervogo Prezidenta Rossii
B.N. El'tsina" (RU)**

(54) NUCLEAR FUEL FOR REACTOR WITH MOLTEN ACTIVE ZONE

(57) Abstract:

FIELD: power industry.

SUBSTANCE: nuclear fuel for reactor with molten active zone represents disperse mixture of isomorphous nitrides of uranium saturated as to

isotope-235 with zirconium nitride, which is suspended in liquid lead.

EFFECT: invention allows creating steady-state nuclear fuel and preventing layering of fuel system.

3 cl

RU 2 431 206 C2

RU 2 431 206 C2

Область применения

Создание последующих поколений энергетических ядерных реакторов (ЯР) с активной зоной (АЗ) из расплавленных сред, способных обеспечить:

- высокую безопасность при более глубоком выгорании делящихся ядер,
- исключение больших затрат на производство и сертификацию твердотельных тепловыделяющих элементов и сборок,
- увеличение коэффициента воспроизводства (КВ) делящихся ядер,
- возможность создания технологий короткого, замкнутого, эффективного ядерно-топливного цикла (ЯТЦ),
- максимальную выдержку образующихся радионуклидов деления (РНД) в интенсивных потоках нейтронов в АЗ с целью их трансмутации в стабильные изотопы,
- повышение температуры АЗ на выходе теплоносителя для более эффективного преобразования тепловой энергии в электрическую,
- возможность корректировки изотопного и массового состава ядерного топлива (ЯТ) без остановки реактора, тем самым повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ).

Уровень технических решений и их недостатки

Известны попытки создания ЯР с гомогенной мобильной активной зоной. Ядерным топливом для этих целей могут служить жидкие, сравнительно легкоплавкие сплавы урана и плутония, например с висмутом. Такие ЯР обеспечили бы получение высокопотенциального тепла с температурой теплоносителя 700-1000°C, а стало быть, и более высокий КПД преобразования тепловой энергии в электрическую. Но реализовать эти выгоды трудно из-за низкой растворимости урана в висмуте (например, при 700°C урана - 2,77 мас.%; плутония - 8,8 мас.%). Использование суспензии UBi_2 в уран-висмутовом сплаве не дало положительных результатов (А.Алами, П.Ажерон. Отвод и преобразование тепла в ядерных реакторах. М., Госатомиздат, 1961). Для реакторов на быстрых нейтронах предлагалось использовать в АЗ жидкий сплав плутоний-церий-никель (А.С.Кофинберри, Н.Ф.Сиверинг и др. (Докл. №Р/212 на Третьей Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии, 1964).

В 1963 г. известнейшим профессором Клаусом Фуксом с сотрудниками института ядерных исследований (Россендорф, ГДР) был предложен проект псевдогомогенного ЯР на быстрых нейтронах, в котором в качестве ЯТ и одновременно теплоносителя должен служить расплав щелочного металла - натрия со взвешенным в нем диоксидом урана. Изобретение выгодно отличалось от предыдущих тем, что для его реализации даже тогда был выбор материалов, обеспечивающих длительный ресурс эксплуатации ЯР с температурой в АЗ 500-600°C.

Этот проект наиболее подходит в качестве прототипа предлагаемого нами изобретения, которое относится к поискам новых поколений энергетических ЯР, способных постепенно вытеснять отживающие свой век энергетические ЯР с твердотельными ТВЭЛами. Основным недостатком ЯТ в предлагаемом реакторе следует считать очень большую разницу плотности расплавленного щелочного металла и диоксида урана, что требует для поддержания устойчивости суспензии энергичной турбулизации ее потоков в теплообменном контуре (на это указывал и сам профессор К.Фукс).

Описание изобретения

Нами предлагается использовать в АЗ ЯР псевдогомогенную систему: изоморфную смесь нитридов урана и циркония, диспергированную в свинце, при температурах 1000-

1200°C. При выбранной рабочей температуре плотности свинца и твердой фазы изоморфного нитрида следует сделать одинаковыми, что достигается подбором отношения масс моонитридов урана и циркония (UN:ZrN). Это делает ее устойчивой и предотвращает расслоение топливной системы.

5 Очень важно, что предлагаемое ЯТ хорошо совместимо с нитридом алюминия - AlN, имеющим сравнительно высокую теплопроводность (примерно, как у стали X18H9T), разлагающимся при $t > 2400^\circ\text{C}$. Это пока что лучший материал для футеровки АЗ, заполняемой жидким, содержащим нитриды ЯТ.

10 Предварительные расчеты по 26 групповому методу разделения нейтронов по их энергиям показали достаточно приемлемые результаты для использования предлагаемого ЯТ при рабочих температурах 1000°C и выше.

Например:

15 При температуре 1000°C для устойчивой в расплавленном свинце изоморфной суспензии ZrUN_2 найдено минимальное обогащение урана по делящемуся изотопу U^{235} равным 15,9%. В этом случае число ядер в 1 см³ АЗ будет: U^{235} - 4,410²⁰; U^{238} - 2,310²¹; Zr - 4,010²¹; N - 6,810²¹ Рь - 2,510²².

20 Критическая масса цилиндрической АЗ при диаметре, равном высоте ($D=H=408$ см), по U^{235} составит 6115 кг.

Полная загрузка АЗ (в кг) будет: U^{235}N - 6465

U^{238}N - 31581

ZrN - 25050

25 Рь - 308743

Всего 371839 кг.

Средняя энергия нейтронов в АЗ=110 КэВ.

Коэфф. воспроизводства Pu^{239} только в АЗ КВ~0,67.

30 Принимая во внимание приемлемый результат лишь одного из сочетаний концентрации топливной взвеси смешанных нитридов урана и циркония в свинце со степенью изотопного обогащения урана, считаем обоснованной полезность и выгодность практического использования предлагаемого ядерного топлива.

35 Формула изобретения

1. Ядерное топливо для реактора с расплавленной активной зоной, отличающееся тем, что оно представляет собой дисперсную смесь изоморфных нитридов обогащенного по изотопу-235 урана с нитридом циркония, взвешенную в жидком свинце.

40 2. Ядерное топливо по п.1, отличающееся тем, что предназначенное для использования при температурах 1000-1200°C, синтезируют в пропорциях, обеспечивающих равную плотность твердой составляющей с жидким свинцом при заданной рабочей температуре в указанном интервале.

45 3. Ядерное топливо по п.1, отличающееся тем, что для длительного ресурса работы в контакте с ним используют нитрид алюминия (AlN).

50



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 03.02.2012

Дата публикации: 27.11.2012

R U 2 4 3 1 2 0 6 C 2

R U 2 4 3 1 2 0 6 C 2