



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G21C 19/36* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017130073, 24.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.08.2017

Дата регистрации:  
20.06.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.08.2017

(45) Опубликовано: 20.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

662972, Красноярский край, г. Железногорск,  
ул. Ленина, 53, ФГУП "ГХК"

(72) Автор(ы):

Меркулов Игорь Александрович (RU),  
Мацеля Владимир Иванович (RU),  
Сеелев Игорь Николаевич (RU),  
Бараков Борис Николаевич (RU),  
Ильиных Юрий Сергеевич (RU),  
Васильев Александр Викторович (RU),  
Чесанов Владимир Владимирович (RU),  
Савчиц Сергей Михайлович (RU),  
Гончаров Дмитрий Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное  
предприятие "Горно - химический комбинат"  
(ФГУП "ГХК") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2192676 C2, 10.11.2002. RU  
2406168 C1, 10.12.2010. SU 236952 A1,  
03.02.1969. US 4510832 A1, 16.04.1985. US  
4091699 A1, 30.05.1978.

## (54) СПОСОБ РАСЧЕХЛОВКИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к ядерной технике, в частности к переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Способ расчехловки тепловыделяющих элементов (ТВЭлов) отработавшей тепловыделяющей сборки включает резку оболочки дисками (роликами). ТВЭл устанавливают в зазор между накатывающим и опорными роликами и осуществляют вращение ТВЭла, накатывающий ролик, снабженный надрезающим диском, перемещают приводом к ТВЭлу и накатывают надрезающим диском канавку в оболочке ТВЭла с ее надрезанием, а затем ударом по фрагменту

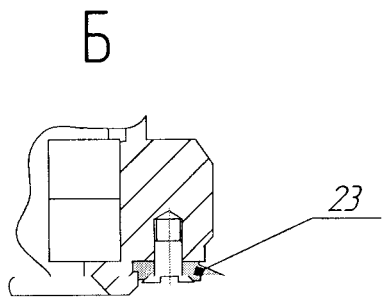
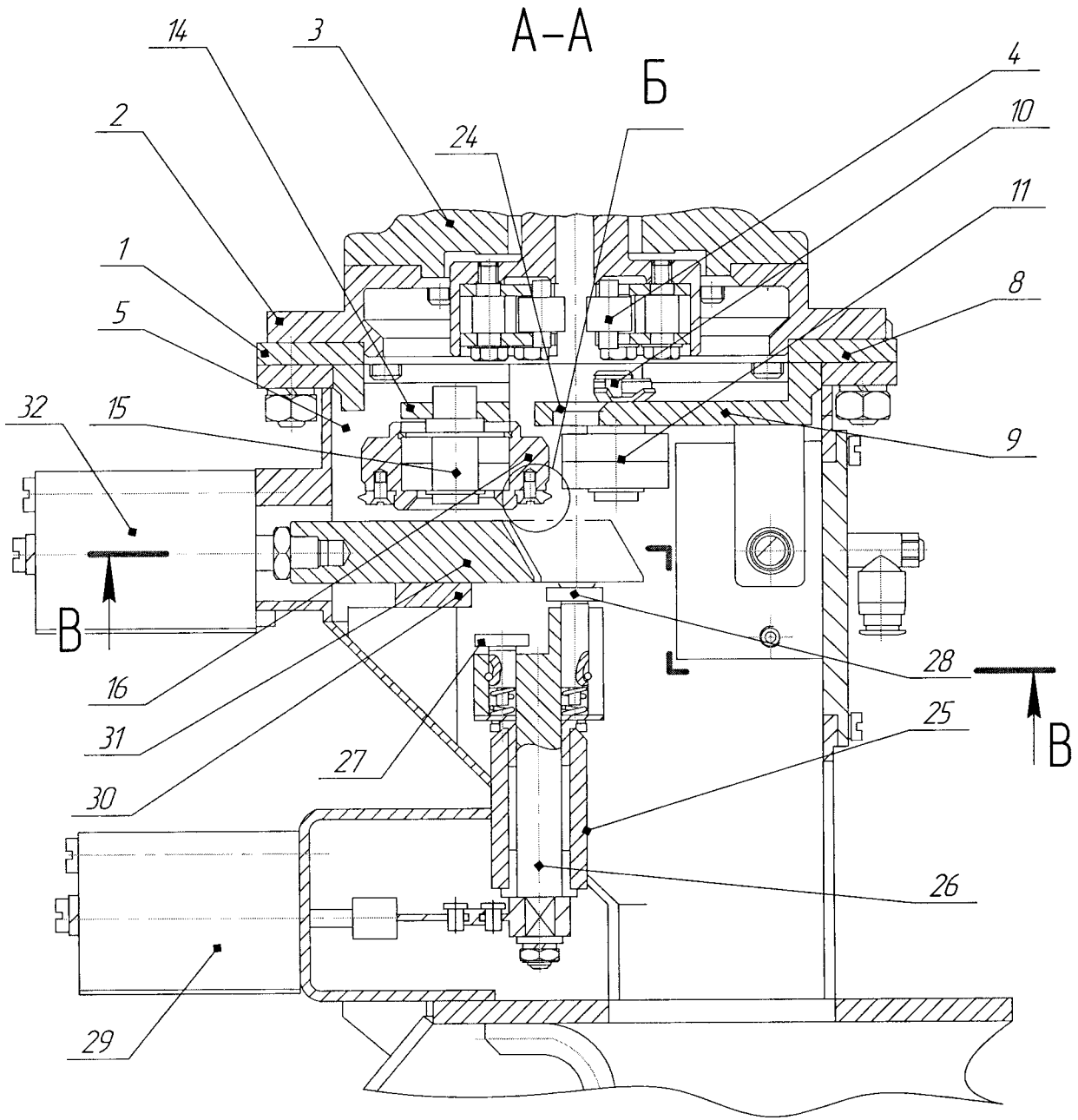
ТВЭла ниже надрезанной канавки отделяют фрагмент ТВЭла по надрезанному сечению, который направляют на высокотемпературную окислительную обработку. Имеется также устройство для расчехловки тепловыделяющих элементов. Группа изобретений позволяет разрезать ТВЭлы на фрагменты заданной длины с минимальным смятием кромок оболочки для проведения эффективного разрушения топливных таблеток до мелкодисперсного состояния и разделения топлива и оболочек при высокотемпературной окислительной обработке. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 658 295 C1

RU 2 658 295 C1

RU 2658295 C1

RU 2658295 C1



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G21C 19/36* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017130073, 24.08.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**24.08.2017**

Registration date:  
**20.06.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **24.08.2017**

(45) Date of publication: **20.06.2018** Bull. № 17

Mail address:

**662972, Krasnoyarskij kraj, g. Zheleznogorsk, ul.  
Lenina, 53, FGUP "GKHK"**

(72) Inventor(s):

**Merkulov Igor Aleksandrovich (RU),  
Matselya Vladimir Ivanovich (RU),  
Seelev Igor Nikolaevich (RU),  
Barakov Boris Nikolaevich (RU),  
Ilinykh Yuriy Sergeevich (RU),  
Vasilev Aleksandr Viktorovich (RU),  
Chesanov Vladimir Vladimirovich (RU),  
Savchits Sergej Mikhajlovich (RU),  
Goncharov Dmitrij Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie "Gorno - khimicheskij kombinat"  
(FGUP "GKHK") (RU)**

(54) **METHOD OF DECLADDING OF FUEL ELEMENTS AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

FIELD: physics, nuclear physics.

SUBSTANCE: group of inventions refers to nuclear engineering, in particular to the reprocessing of spent nuclear fuel (SNF). Method of uncovering the fuel elements (fuel rods) of the spent fuel assembly includes cutting the shell with discs (rollers). Fuel rod is installed in the gap between the rolling and supporting rollers and the fuel rod is rotated, the rolling roller is equipped with a notching disc, it is moved by the drive to the fuel element and rolling a groove in the cladding of the fuel element with its incision, and then striking the fuel

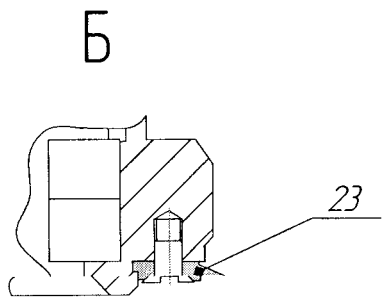
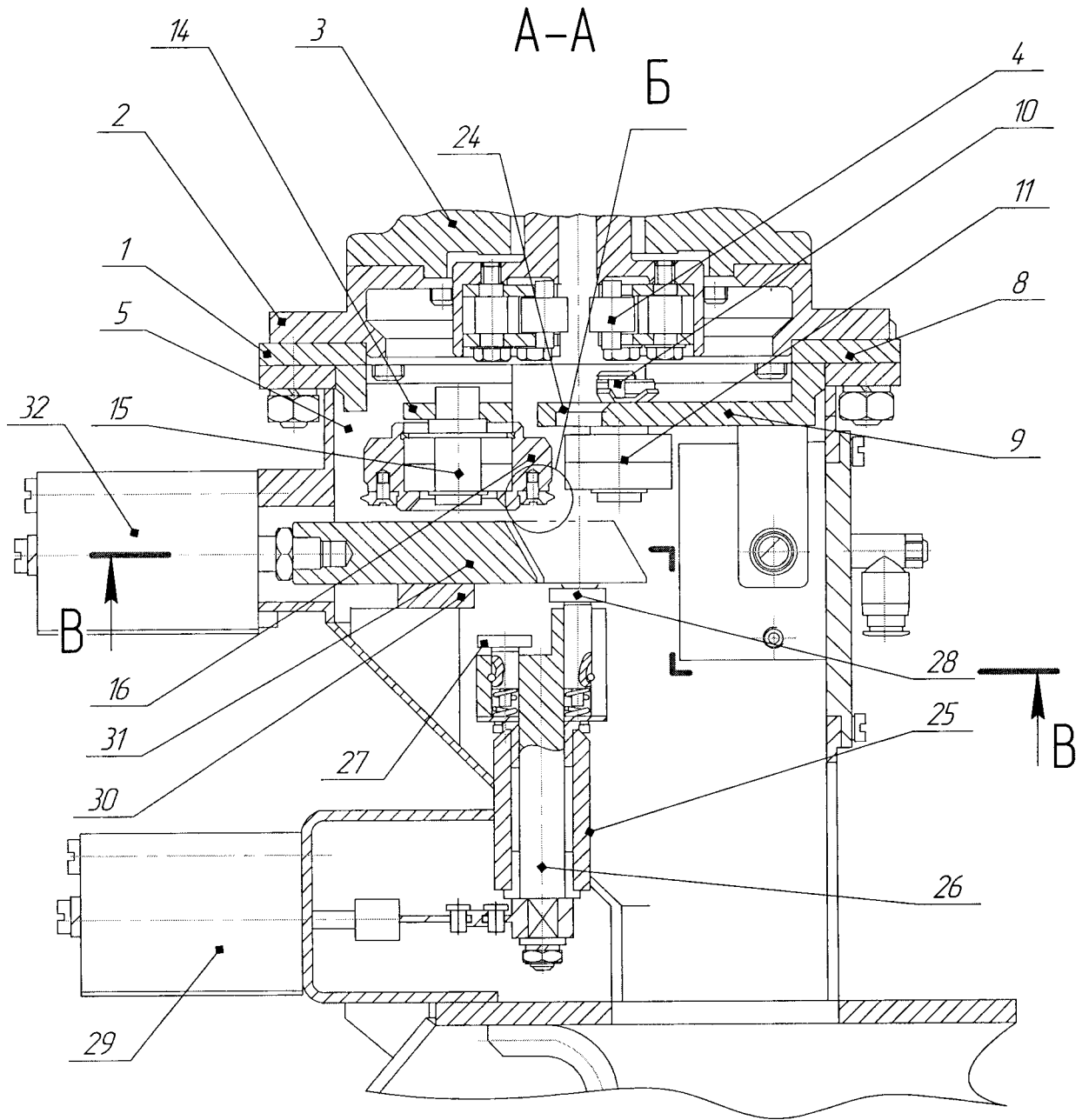
element fragment below the incised groove, the fuel element fragment is cut off along the notched section, that is sent to a high-temperature oxidation treatment. There is also a device for uncovering fuel elements.

EFFECT: group of inventions allows to cut fuel rods into fragments of a given length with minimal collapsing of the shell edges for efficient destruction of fuel pellets to a finely dispersed state and the fuel and shells separation under high-temperature oxidation treatment.

3 cl, 4 dwg

RU 2658295 C1

RU 2658295 C1



Фиг. 2

Изобретения относятся к ядерной технике, в частности, к переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), а более конкретно к разделению тепловыделяющих элементов на фрагменты.

Известен способ разрезания топливных стержней тепловыделяющей сборки (ТВС) ядерного реактора и устройство для его осуществления (патент ФРГ DE 3723728, МПК G21C 19/36).

Для реализации указанного способа к передней части топливных стержней устанавливается поперечная пластина с отверстиями, расположенными соосно с топливными стержнями. Каждый топливный стержень проталкивается через дистанционирующие решетки ТВС и отверстие поперечной пластины. Выступающие за внешнюю сторону внешней пластины концы топливных стержней отрезаются ножом, перемещаемым по внешней стороне внешней пластины.

К недостаткам известного способа относится то, что при отрезании фрагментов топливных стержней кромки их оболочки будут сминаться, уменьшая проходное сечение для доступа реагентов при последующей обработке фрагментов, в частности растворения ОЯТ, что снижает его эффективность и полноту растворения.

Также известен способ расчехловки отработавших твэлов (патент РФ №2192676, МПК G21C 19/37), включающий резку оболочки твэла дисками. При этом оболочку твэла режут вращающимися с одинаковой угловой скоростью дисками, режущие кромки которых имеют форму эвольвенты и ориентированы так, что выступы эвольвенты одного диска совпадают с впадинами эвольвенты другого.

При вращении дисков каждый выступ одного, из режущих дисков, соприкасаясь с оболочкой твэла, врезается в оболочку и деформирует твэл, вдавливая его во впадину другого режущего диска. Прорезав оболочку, диск клинообразно внедряется в сердечник, производит дальнейшее измельчение сердечника, раздвигает края разрезанной оболочки, а затем выходит из сердечника, давая возможность свободно высыпаться измельченному содержимому сердечника.

Каждый выступ двух режущих дисков при их вращении в противоположные стороны повторяет вышеописанную операцию, протягивая весь отрезок твэла.

К недостаткам известного способа при резании твэла относится то, что механическое дробление таблеток твэлов не является эффективным способом измельчения ОЯТ для его последующей переработки.

Кроме того, при внедрении режущих кромок дисков в керамическое ядерное топливо и его дроблении, будет наблюдаться интенсивный износ режущих дисков и пылеобразование. При этом замена дисков потребует дезактивации устройства, а пылеобразование приводит к ухудшению радиационной безопасности, так как потребует не только эффективной фильтрации воздушной среды, но и последующей замены загрязненных фильтров.

Известный способ выбран заявителем в качестве прототипа.

Устройство для реализации указанного способа расчехловки отработавших твэлов, приведенное в описании, содержит диски с эвольвентным профилем и электродвигатель с редуктором (мотор-редуктор).

Протягивание твэла через диски трудноосуществимо, вследствие того что разрезанная вдоль оболочка после протягивания через диски будет иметь неопределенную спиралеобразную форму и, чтобы ее утилизировать необходимо разрезать ее на фрагменты. Протягивание же фрагментов твэлов потребует предварительного деления твэла на фрагменты и в обоих случаях требуется наличие двух устройств для проведения этих двух операций.

В то же время известен эффективный способ измельчения ОЯТ при его переработке, которым является проводимая после разрезания твэлов операция высокотемпературной окислительной обработки ОЯТ (волоксидация), например, по патенту РФ №2459299 G21F 9/30, которая обеспечивает ряд фазовых переходов оксидов урана с изменением их кристаллической решетки, что приводит к разрушению топливных таблеток до мелкодисперсного состояния с размерами частиц 1-10 мкм. В результате перекристаллизация ОЯТ не только повышает степень отгонки трития, но и способствует высыпанию частиц ОЯТ из фрагментов оболочек при их перемешивании, что облегчает разделение ОЯТ и фрагментов оболочек при проведении волоксидации во вращающихся печах.

В этом случае определяющим условием для эффективного измельчения и разделения ОЯТ от фрагментов оболочек является отсутствие значительного смятия торцов фрагментов оболочки, препятствующего эффективному взаимодействию реагентов с топливом.

Предлагаемые изобретения направлены на достижение технического результата, заключающегося в разделении твэла на фрагменты заданной длины с минимальным смятием кромок оболочки для проведения эффективного разрушения топливных таблеток до мелкодисперсного состояния и разделения топлива и оболочек.

Для достижения названного технического результата в предлагаемом способе, включающем резку оболочки твэла дисками (роликами), твэл устанавливают в зазор между накатывающим и опорными роликами и осуществляют вращение твэла, накатывающий ролик, снабженный надрезающим диском, перемещают приводом к твэлу и накатывают надрезающим диском канавку в оболочке твэла с ее надрезанием, а затем ударом по фрагменту твэла ниже надрезанной канавки отделяют фрагмент твэла по надрезанному сечению, который направляют на высокотемпературную окислительную обработку.

Установка твэла в зазор между накатывающим и опорными роликами и осуществление вращения твэла позволяют осуществить взаимодействие между надрезающим диском накатывающего ролика и оболочкой твэла по диаметру оболочки.

Перемещение приводом накатывающего ролика, снабженного надрезающим диском, к твэлу и накатка надрезающим диском канавки в оболочке твэла с ее надрезанием позволяют получить утонение оболочки в канавке и снижение сопротивления изгибу в этом сечении.

Последующий удар по фрагменту твэла ниже надрезанной канавки позволяет обеспечить его отделение именно по надрезанному сечению практически без замятия кромок оболочки.

Направление фрагментов с незамятыми кромками оболочек на высокотемпературную окислительную обработку (волоксидацию) позволяет осуществить разрушение топливных таблеток до мелкодисперсного состояния с размерами частиц 1-10 мкм без механического дробления и обеспечить эффективное разделение топлива и оболочек.

Для достижения названного технического результата в предлагаемом устройстве, включающем мотор-редуктор и вращающиеся диски (ролики), мотор-редуктор снабжен обгонной муфтой, выполненной с возможностью установки твэла в центральном отверстии муфты, его захватывания и вращения вокруг центральной вертикальной оси.

Ниже обгонной муфты установлены накатывающий и опорные ролики с образованием между ними зазора, обеспечивающего прохождение через него твэла. Накатывающий ролик снабжен прикрепленным к нему надрезающим диском и выполнен с возможностью перемещения приводом по направлению к центральной вертикальной

оси.

Ниже накатывающего и опорных роликов установлен с возможностью взаимодействия с твэлом снабженный пневмоприводом отбойник.

Ниже отбойника установлен ступенчатый упор, соединенный с приводом поворота, и снабженный нижней и верхней подпружиненными ступенями, причем в крайних положениях привода одна из ступеней устанавливается по центральной вертикальной оси.

В частном случае исполнения надрезающий диск выполнен с конической формообразующей поверхностью, выступающей от поверхности ролика на величину, не превышающую толщину стенки оболочки твэла.

Снабжение мотор-редуктора обгонной муфтой, выполненной с возможностью установки твэла в центральное отверстие муфты, его захватывания и вращения вокруг центральной вертикальной оси, позволяет при отключенном мотор-редукторе вводить твэл в центральное отверстие между роликами обгонной муфты, а при включении мотор-редуктора захватывать твэл роликами обгонной муфты и осуществлять его вращение.

Установка ниже обгонной муфты накатывающего и опорных роликов с образованием зазора между ними, обеспечивающего прохождение через него твэла, снабжение накатывающего ролика надрезающим диском и выполнение накатывающего ролика с возможностью перемещения приводом по направлению к центральной вертикальной оси, позволяет обеспечить прохождение твэла через зазор при его установке в требуемое положение, а затем, после приведения твэла во вращение, подвести к вращающемуся твэлу накатывающий диск, поджать им вращающийся твэл к опорным дискам, а затем надрезающим диском накатать канавку в оболочке твэла с ее надрезанием и, тем самым, получить ослабленное сечение оболочки в канавке.

Установка ниже накатывающего и опорных роликов снабженного пневмоприводом отбойника с возможностью его взаимодействия с твэлом позволяет ударить отбойником по фрагменту твэла ниже надрезанной канавки и обеспечить его отделение от твэла именно по надрезанному сечению оболочки практически без смятия кромок оболочки.

Установка ниже отбойника ступенчатого упора, соединенного с приводом поворота и снабженного нижней и верхней подпружиненными ступенями, устанавливаемыми по центральной вертикальной оси в крайних положениях привода поворота, позволяет устанавливать твэл своим торцом на нижнюю или верхнюю ступень и, тем самым, разделять твэл на фрагменты заданной длины. Выполнение нижней и верхней ступеней подпружиненными позволяет после отделения фрагмента сбрасывать твэл на ступени с высоты, равной высоте отделенного фрагмента.

Выполнение надрезающего диска с конической формообразующей поверхностью, выступающей от поверхности накатывающего ролика на величину, не превышающую толщину стенки оболочки твэла, позволяет накатать в оболочке канавку с надрезанием (утонением) стенки оболочки твэла, но без полного ее разрезания и внедрения надрезающего диска в ОЯТ, что увеличивает срок службы надрезающего диска и снижает радиоактивное загрязнение в рабочей камере.

Предлагаемые изобретения иллюстрируются чертежами.

На фиг. 1 - общий вид предлагаемого устройства.

На фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

На фиг. 3 - разрез В-В на фиг. 2.

На фиг. 4 - предлагаемое устройство с загруженным в него твэлом.

Предлагаемый способ осуществляют в следующей последовательности.

Твэл вводят в воронку и он последовательно проходит через зазоры между роликами обгонной муфты выключенного мотор-редуктора и в отверстие платформы между накатывающим и опорными роликами до упора его торца в ступенчатый упор.

5 Включают мотор-редуктор и обгонной муфтой, которая своими роликами захватывает твэл, осуществляют вращение твэла. Прижимают твэл накатывающим роликом к опорным роликам и накатывают надрезающим диском в оболочке твэла канавку с надрезанием и утонением оболочки в канавке.

Переключают мотор-редуктор на вращение в обратном направлении и освобождают твэл в обгонной муфте.

10 Выдвигают приводом отбойник и ударом по фрагменту твэла ниже надрезанной канавки отделяют фрагмент твэла по надрезанному сечению и направляют его на высокотемпературную окислительную обработку.

Возвращают накатывающий ролик и отбойник в исходное положение, в результате чего твэл под собственным весом падает и опирается в ступенчатый упор.

15 Далее процесс разделения твэла на заданное количество фрагментов повторяют.

Предлагаемое устройство (см. фиг. 1 и 2) содержит платформу 1, к которой сверху прикреплен своим опорным фланцем 2 мотор-редуктор 3 с встроенной обгонной муфтой 4, а снизу бункер 5. Сверху к мотор-редуктору 3 прикреплены обойма 6 и воронка 7. Платформа 1 (см. фиг. 2 и 3) состоит из фланца 8 и прикрепленной к нему площадки 9, 20 размещенной в бункере 5. К площадке 9 прикреплены две оси 10, на которых установлены опорные ролики 11, и ось 12, на которой установлен двуплечий рычаг 13. На одном плече 14 рычага 13 установлена ось 15 с накатывающим роликом 16, а на другом плече 17 установлен подпятник 18. Соосно с подпятником 18 во втулках 19, прикрепленных к площадке 9, установлен стержень 20. Также соосно со стержнем 20 к бункеру 5 прикреплен пневмоцилиндр 21, взаимодействующий своим штоком со стержнем 20. Плечо 17 рычага 13 соединено пружиной растяжения 22 с втулкой 19.

К накатывающему ролику 16 прикреплен надрезающий диск 23, выполненный из быстрорежущей стали Р18 ГОСТ 19265-73 с твердостью HRC 62...65.

30 В площадке 9 и фланце 8 между опорными роликами 11 и накатывающим роликом 16 выполнено отверстие 24, соосное с центральными отверстиями обгонной муфты 4, обоймы 6 и воронки 7. В качестве опорных роликов 11 могут использоваться непосредственно шарикоподшипники.

В бункере 5 во втулке 25 установлен ступенчатый упор 26, снабженный двумя подпружиненными ступенями: нижней - 27 и верхней 28. Ступенчатый упор 26 соединен со штоком поворотного пневмоцилиндра 29 и установлен таким образом, что в крайних 35 положениях при повороте одна из ступеней 27 или 28 устанавливается соосно с отверстием 24 в площадке 9.

В бункере 5 между подрезающим диском 23 и ступенчатым упором 26 на опоре 30 установлен отбойник 31, соединенный со штоком пневмоцилиндра 32.

40 Воронка 7 предназначена для размещения в ней твэла 33 (см. фиг. 4), который состоит из оболочки 34, заполненной таблетками 35, и оголовка 36, незаполненного таблетками 35. В частности, твэл ТВС реактора ВВЭР-1000 представляет собой оболочку (циркониевую трубку), герметизированную с обоих концов с помощью заглушек и сварки. Внутренний объем оболочки заполнен топливом: диоксидом урана в форме 45 таблеток, представляющих собой цилиндр диаметром 7,53 мм и высотой 10,7 мм с отверстием по центру диаметром 2 мм. Длина твэла составляет 3837 мм, а длина оголовка, незаполненного таблетками топлива - 266 мм.

Предлагаемое устройство снабжено компьютерной системой управления (не



показана), обеспечивающей работу устройства по программе.

Предлагаемое устройство работает при реализации предложенного способа следующим образом.

В исходном положении устройства:

- 5 - мотор-редуктор 3 отключен, ролики обгонной муфты 4 разжаты;
- штоки пневмоцилиндров 21, 29 и 32 втянуты, при этих положениях штоков накатывающий ролик 16 отодвинут от опорных роликов 11, отбойник 31 отодвинут от вертикальной центральной оси отверстия 24, а у ступенчатого упора 26 в рабочее положение соосно с отверстием 24 установлена нижняя ступень 27. Устанавливают твэл 33 (см. фиг. 3) в воронку 7, при этом он проходит между роликами обгонной муфты 4 и через отверстие 24 между роликами 11 и 16 и упирается своим торцом с нижней заглушкой в нижнюю ступень 27 ступенчатого упора 26.

Включают мотор-редуктор 3 и обгонная муфта 4 захватывает твэл 33 своими роликами и вращает его.

- 15 Выдвигают шток пневмоцилиндра 21 накатывающего ролика 16, обеспечивая подачей сжатого воздуха его плавное выдвижение и поджатие подрезающего диска 23 к оболочке 34 твэла 33. Накатывающий ролик 16 сначала прижимает твэл 33 к опорным роликам 11, при этом надрезающим диском 23 в оболочке 34 накатывается канавка 37 с надрезанием и утонением в ней оболочки 34.

- 20 Переключают мотор-редуктор 3 на вращение в обратном направлении, при этом обгонная муфта 4 освобождает твэл 33.

- 25 Выдвигают шток пневмоцилиндра 32 отбойника 31, который ударом отделяет нижний удлиненный за счет заглушки фрагмент твэла, который падает в бункер 5. При этом твэл 33 удерживается роликами 11 и 16 от вертикального перемещения. Поворачивают пневмоцилиндром 29 ступенчатый упор 26, выводя в рабочее положение верхнюю ступень 28, обеспечивая получение последующих фрагментов твэла 33 заданной длины.

Втягивают штоки пневмоцилиндров 21 и 32 накатывающего ролика 16 и отбойника 31 соответственно, в результате чего твэл 33 под собственным весом падает до верхней ступени 28 упора 26.

- 30 Далее процесс разделения твэла 33 на заданное количество фрагментов повторяется, и в конце в обойме 5 остается оголовок 36 твэла 33, незаполненный таблетками 35, который удаляется из обоймы 5 манипулятором (на чертежах не показан).

#### (57) Формула изобретения

- 35 1. Способ расчехловки тепловыделяющих элементов (твэлов) отработавшей тепловыделяющей сборки, включающий резку оболочки дисками (роликами), отличающийся тем, что твэл устанавливают в зазор между накатывающим и опорными роликами и осуществляют вращение твэла, накатывающий ролик, снабженный надрезающим диском, перемещают приводом к твэлу и накатывают надрезающим
- 40 диском канавку в оболочке твэла с ее надрезанием, а затем ударом по фрагменту твэла ниже надрезанной канавки отделяют фрагмент твэла по надрезанному сечению, который направляют на высокотемпературную окислительную обработку.

- 45 2. Устройство для расчехловки тепловыделяющих элементов, включающее мотор-редуктор и вращающиеся диски (ролики), отличающееся тем, что мотор-редуктор снабжен обгонной муфтой, выполненной с возможностью установки в центральном отверстии муфты твэла, его захватывания и вращения вокруг центральной вертикальной оси, ниже обгонной муфты установлены накатывающий и опорные ролики с образованием между ними зазора, обеспечивающего прохождение через него твэла,

накатывающий ролик снабжен прикрепленным к нему надрезающим диском и выполнен с возможностью перемещения приводом по направлению к центральной вертикальной оси, ниже накатывающего и опорных роликов установлен с возможностью взаимодействия с твэлом снабженный пневмоприводом отбойник, под которым  
5 установлен ступенчатый упор, соединенный с приводом поворота и снабженный нижней и верхней подпружиненными ступенями, причем в крайних положениях привода одна из ступеней устанавливается по центральной вертикальной оси.

3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что надрезающий диск выполнен с конической формообразующей поверхностью, выступающей от поверхности ролика  
10 на величину, не превышающую толщину стенки оболочки твэла.

15

20

25

30

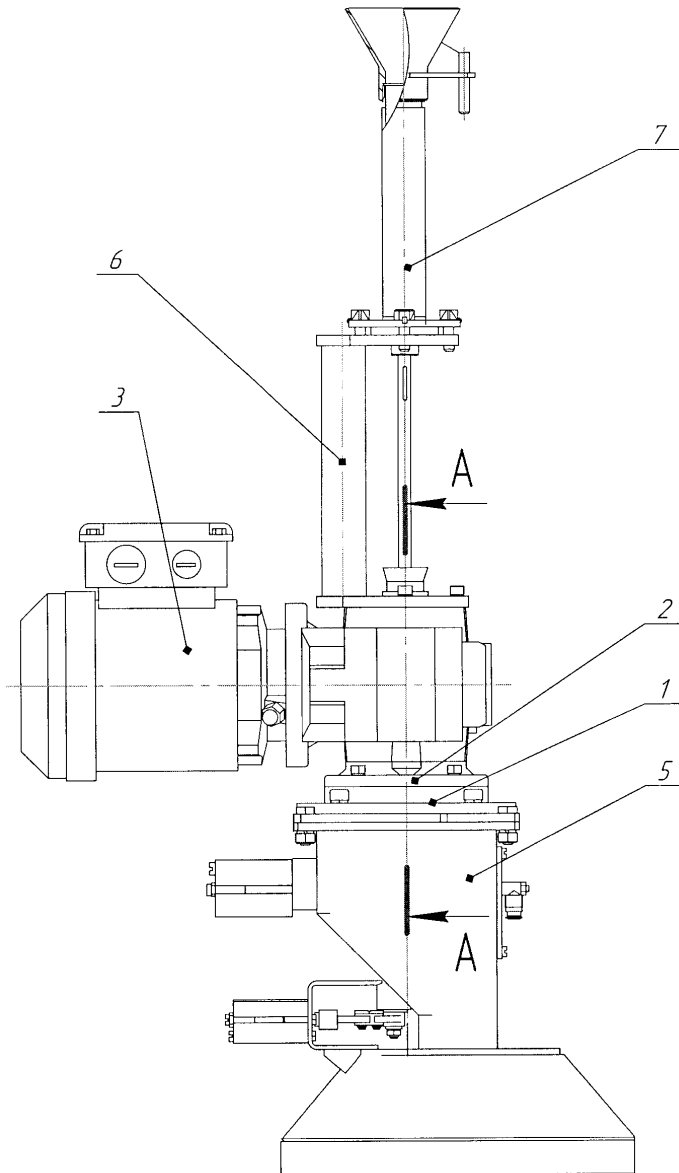
35

40

45

1

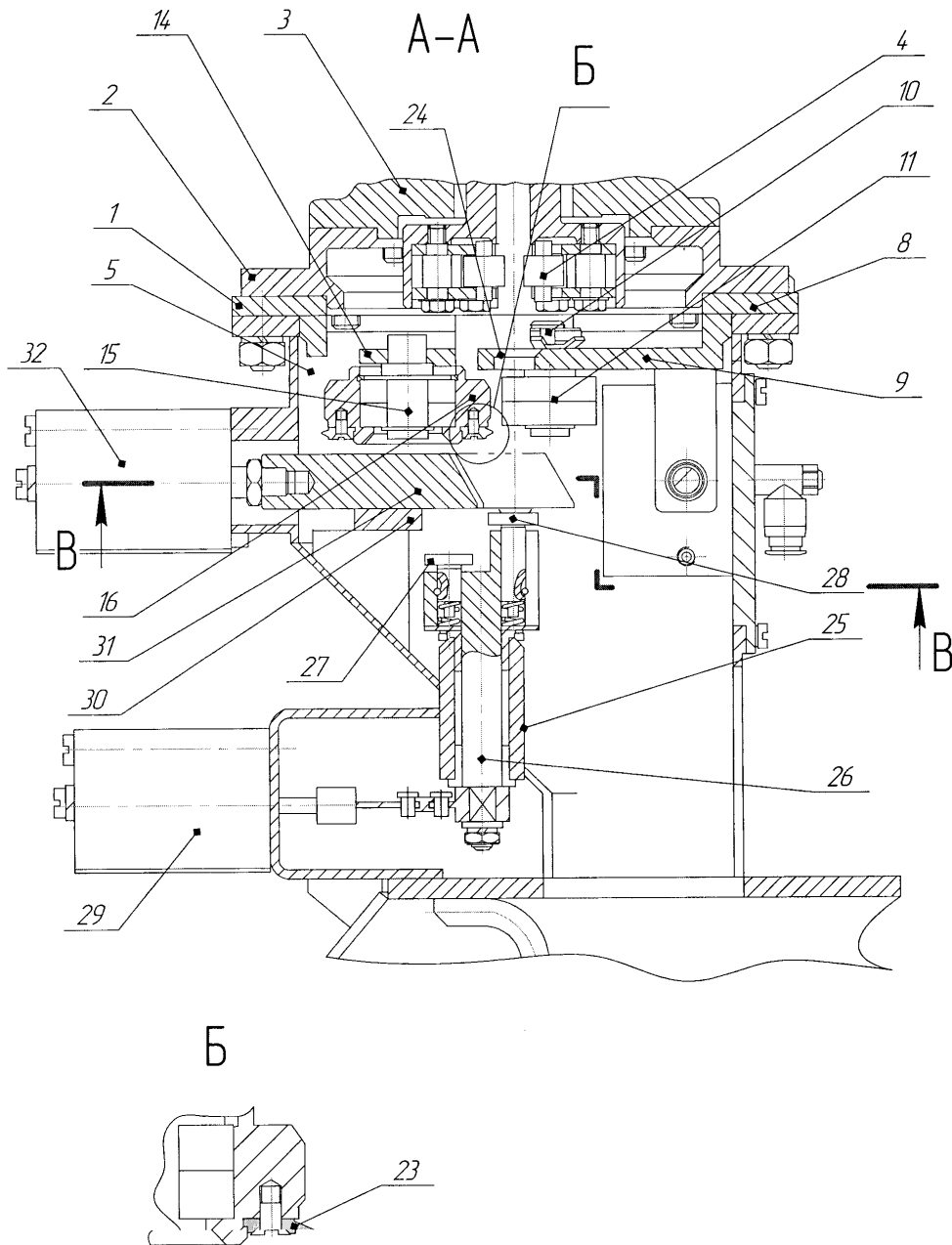
*Способ расчехловки тепловыделяющих элементов и устройство для его осуществления*



Фиг. 1

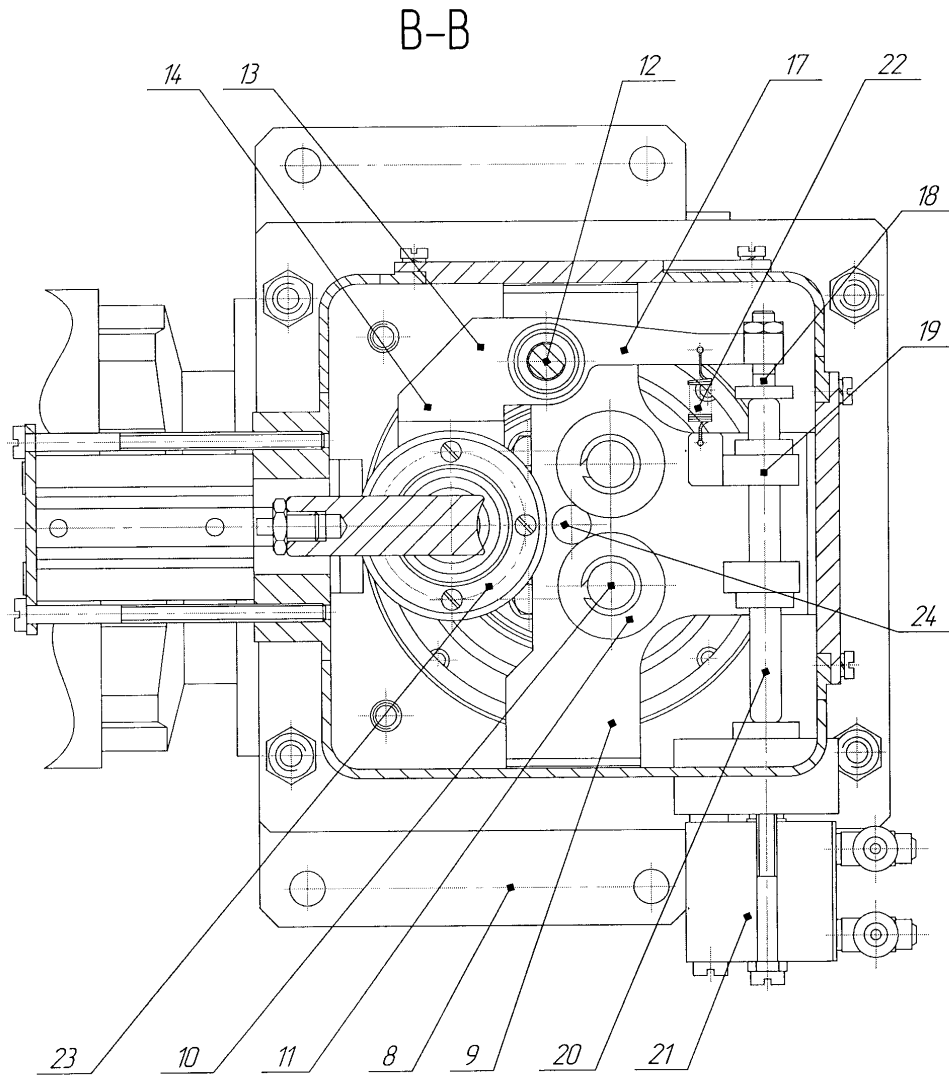
2

*Способ расчехловки тепловыделяющих элементов и устройство для его осуществления*



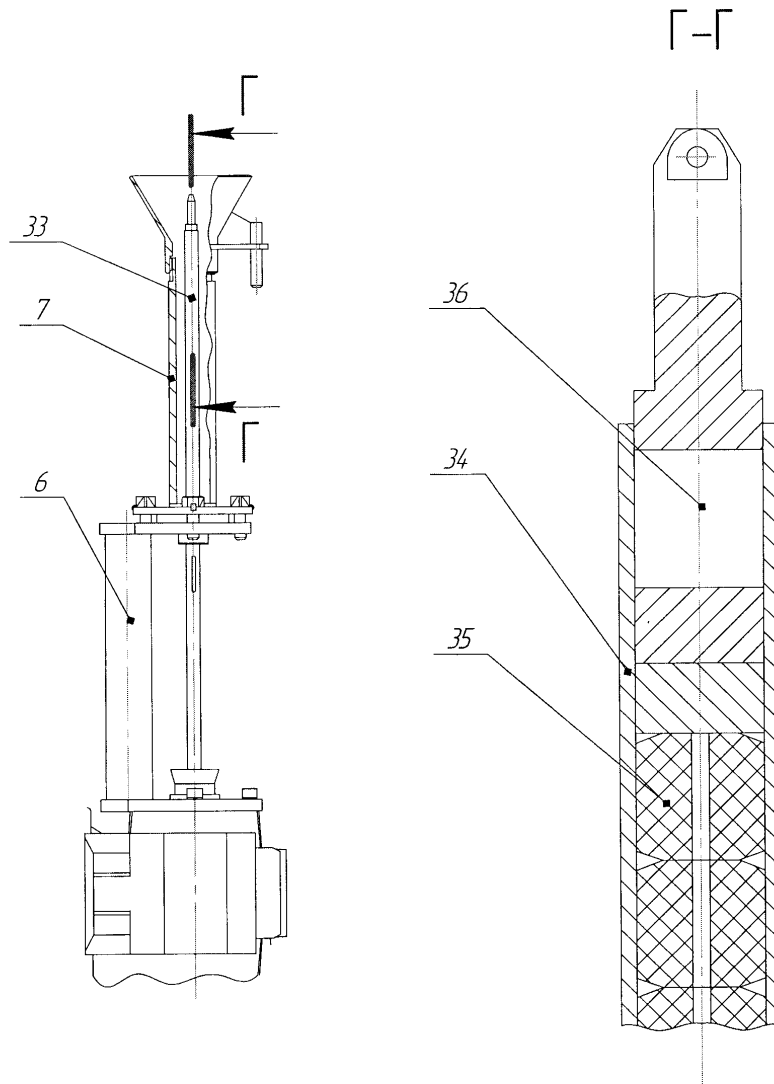
Фиг. 2

*Способ расчехловки тепловыделяющих  
элементов и устройство для его  
осуществления*



Фиг. 3

*Способ расчехловки тепловыделяющих  
элементов и устройство для его  
осуществления*



*Фиг. 4*