

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202390036** (13) **A2**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

**(43)** Дата публикации заявки  
**2023.02.28**

**(51)** Int. Cl. **G21C 3/334** (2006.01)  
**G21C 21/02** (2006.01)  
**G21C 17/06** (2006.01)

**(22)** Дата подачи заявки  
**2019.07.04**

**(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК, ЗАВОД  
ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЯДЕРНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК И СПОСОБ  
РАСШИРЕНИЯ ТАКОГО ЗАВОДА**

**(31)** РСТ/IB2018/001153

**(72)** Изобретатель:

**(32)** 2018.07.05

**Мерсье Лоранс (FR), Фальге Андреас  
(DE), Фэйр Амори (BE)**

**(33)** IB

**(62)** 202092946; 2019.07.04

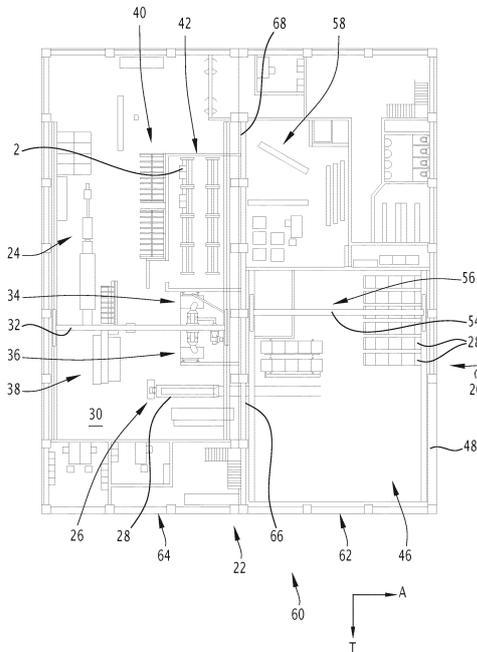
**(74)** Представитель:

**(71)** Заявитель:

**Фелицына С.Б. (RU)**

**ФРАМАТОМ (FR)**

**(57)** Способ предназначен для изготовления ядерной тепловыделяющей сборки (2), содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4). Способ включает этапы вставки стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2) и упаковки тепловыделяющей сборки (2) с целью транспортировки, при этом указанные этапы выполняют на одном и том же заводе (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок, предпочтительно в одном и том же здании (60) для производства ядерных тепловыделяющих сборок.



**202390036**

**A2**

**A2**

**202390036**

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК, ЗАВОД ПО  
ПРОИЗВОДСТВУ ЯДЕРНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК И СПОСОБ  
РАСШИРЕНИЯ ТАКОГО ЗАВОДА

Настоящее изобретение относится к технической области производства ядерных тепловыделяющих сборок.

Ядерная тепловыделяющая сборка (или «тепловыделяющая сборка») содержит ядерные стержневые тепловыделяющие элементы (или «стержневые тепловыделяющие элементы»), расположенные в пучке, и каркас, поддерживающий стержневые тепловыделяющие элементы.

Каждый стержневой тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) содержит трубчатую оболочку, содержащую таблетки ядерного топлива (например, таблетки  $UO_2$ ), причем два конца трубчатой оболочки заглушены соответствующими концевыми заглушками. Обычно в оболочку стержневого ТВЭЛа вставлена пружина стержневого ТВЭЛа для приложения силы сжатия к таблеткам, чтобы избежать перемещения таблеток внутри стержневого ТВЭЛа. Таблетки получают, например, прессованием порошка ядерного топлива (например, порошка  $UO_2$ ).

Каркас содержит, например, хвостовик и головку, разнесенные вдоль продольной оси, направляющие трубки, проходящие вдоль продольной оси между хвостовиком и головкой и соединяющие вместе хвостовик и головку, и дистанционирующие решетки, прикрепленные к направляющим трубкам и распределенные вдоль направляющих трубок. Стержневые ТВЭЛы проходят через дистанционирующие решетки и между хвостовиком и головкой. Функция дистанционирующих решеток состоит в том, чтобы поддерживать стержневые ТВЭЛы.

Изготовление тепловыделяющихборок требует изготовления порошка ядерного топлива, изготовления топливных таблеток из порошка ядерного топлива для получения таблеток ядерного топлива (или «таблеток»), изготовления стержневых ТВЭЛов, осуществляемого посредством загрузки таблеток в трубчатые оболочки и приваривания заглушек на концах трубчатой оболочки, изготовления каркаса и вставки стержневых ТВЭЛов в каркас.

Изготовленные таким образом тепловыделяющие сборки могут быть упакованы для транспортировки на атомные электростанции.

Сегодня эти операции выполняются на одном и том же заводе по производству ядерных тепловыделяющихборок.

Кроме того, ручное производство обычно постепенно заменяется автоматизированным для повышения производительности, увеличения производственных мощностей и управления более непрерывной последовательностью операций.

Однако необходимо обеспечить защиту зданий и оборудования от таких рисков, как пожар, затопление, сейсмические воздействия. Такая защита усиливается при автоматизации производства.

Это приводит к тому, что завод по производству ядерных тепловыделяющих сборок занимает большую площадь, причем завод по производству ядерных тепловыделяющих сборок является сложным в эксплуатации, и на него распространяется действие многочисленных нормативных документов.

Вследствие этих ограничений строительство новых заводов по производству тепловыделяющих сборок является затруднительным, что приводит к затруднениям при материально-техническом обеспечении для операторов атомной электростанции.

Одна из задач изобретения состоит в том, чтобы предложить способ изготовления ядерных тепловыделяющих сборок, который позволяет упростить строительство и эксплуатацию завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок.

Для решения указанной задачи изобретение предлагает способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки, содержащей ядерные стержневые тепловыделяющие элементы, расположенные в пучке, и каркас, поддерживающий стержневые ТВЭЛы, причем способ содержит этапы вставки стержневых ТВЭЛов в каркас для получения тепловыделяющей сборки и упаковки тепловыделяющей сборки с целью транспортировки, причем этапы выполняют на одном и том же заводе по производству тепловыделяющих сборок, предпочтительно в одном и том же здании для производства тепловыделяющих сборок.

В частных вариантах осуществления изобретения способ включает один или более из следующих признаков:

- этап приема стержневых ТВЭЛов, транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, отделенного неограниченной областью от завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок, причем эти стержневые ТВЭЛы используют во время этапа вставки;

- стержневые ТВЭЛы принимают упакованными в по меньшей мере контейнер для тепловыделяющей сборки, причем способ включает использование контейнера для тепловыделяющей сборки, предназначенного для упаковки ядерной тепловыделяющей сборки, полученной в результате выполнения этапа вставки;

- прием таблеток ядерного топлива, транспортируемых с завода по производству

таблеток ядерного топлива, отделенного неограниченной областью от завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок, где эти таблетки используют во время этапа изготовления стержневых ТВЭЛов;

- этап изготовления стержневых ТВЭЛов включает размещение таблеток на лотках для таблеток, вставление лотков для таблеток в печь для дегазации, предназначенную для удаления потенциальных водородных загрязнений из таблеток, загрузку таблеток из лотков для таблеток в трубчатую оболочку на станции загрузки стержневых ТВЭЛов, вставление пружины в трубчатую оболочку, заполнение трубчатой оболочки газообразным гелием и/или приваривание заглушек на концах трубчатых оболочек для закрытия стержневого ТВЭЛа;

- этап приваривания заглушек каждого стержневого ТВЭЛа выполняют с помощью единственной станции сварки путем подачи первого конца трубчатой оболочки на станцию сварки, приваривания первой заглушки к первому концу, подачи второго конца трубчатой оболочки на станцию сварки и приваривание второй заглушки ко второму концу;

- этап очистки тепловыделяющей сборки и/или этап проверки тепловыделяющей сборки;

- этап очистки и/или этап проверки выполняют путем расположения тепловыделяющей сборки в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли;

- этап очистки выполняют путем очистки обдувом, и/или очистки под высоким давлением, и/или промывки водой с пузырьками, и/или очистки щеткой, например ручной щеточной очистки;

- этап проверки включает визуальную проверку тепловыделяющей сборки, расположенной вертикально, с помощью по меньшей мере одного лифта для подъема и/или спуска оператора вдоль тепловыделяющей сборки.

Изобретение также относится к заводу, предназначенному для производства ядерной тепловыделяющей сборки, содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы, расположенные в пучке, и каркас, поддерживающий стержневые ТВЭЛы, при этом завод содержит блок для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию вставления, предназначенную для вставления стержневых ТВЭЛов в каркас для получения тепловыделяющей сборки, и упаковочную станцию, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки в контейнер для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки.

В частных вариантах осуществления изобретения завод включает в себя один или более из следующих признаков:

- станцию вставления и станцию упаковки, расположенные в одном и том же здании, предпочтительно в одном и том же сборочном цехе, снабженном краном, выполненным с возможностью перемещения тепловыделяющей сборки между станцией вставления и станцией упаковки;

- блок для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию очистки, предназначенную для очистки тепловыделяющей сборки, и/или станцию проверки тепловыделяющих сборок, предназначенную для проверки тепловыделяющей сборки;

- станция очистки и/или станция проверки тепловыделяющих сборок предназначены/предназначена для очистки и/или проверки тепловыделяющей сборки в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли;

- станция очистки и/или станция проверки тепловыделяющих сборок содержат(ит) телескопический кожух, выполненный с возможностью перехода между втянутым состоянием для загрузки тепловыделяющей сборки в станцию и выдвинутым состоянием для ограждения тепловыделяющей сборки, загруженной в станцию;

- станция очистки и/или станция проверки тепловыделяющих сборок содержат(ит) по меньшей мере один лифт для перемещения оператора в вертикальном направлении вдоль ядерной тепловыделяющей сборки, расположенной вертикально, например, для проведения проверки путем визуального осмотра;

- блок для изготовления стержневых ТВЭЛов, содержащий область приема таблеток, предназначенную для приема таблеток ядерного топлива, область проверки таблеток, предназначенную для проверки таблеток, станцию дегазации, содержащую по меньшей мере одну печь для дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения таблеток, станцию для оболочек, предназначенную для приема трубчатых оболочек и проверки принятых трубчатых оболочек, станцию загрузки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для загрузки таблеток в трубчатую оболочку, станцию сварки, предназначенную для приваривания заглушек к концам трубчатой оболочки для формирования стержневого ТВЭЛа, и/или по меньшей мере одну станцию проверки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для проверки стержневых ТВЭЛов;

- завод содержит станцию сварки и по меньшей мере одну станцию проверки стержневых ТВЭЛов, при этом завод дополнительно содержит первую систему транспортировки, выполненную с возможностью транспортировки стержневых ТВЭЛов на по меньшей мере одну станцию(ии) проверки стержневых ТВЭЛов, вторую систему транспортировки для транспортировки стержневых ТВЭЛов от последней станции проверки до станции вставления, при этом первая система транспортировки проходит вдоль первого направления, а вторая система транспортировки проходит во втором

направлении, образующем ненулевой угол с первым направлением, и поворотную тележку, выполненную с возможностью перемещения стержневых ТВЭЛов из первой системы транспортировки во вторую систему транспортировки с поворотом стержневых ТВЭЛов;

- завод содержит логистическую область, предназначенную для отгрузки тепловыделяющих сборок, изготовленных на заводе, для приема частей каркаса, подлежащих сборке для получения каркасов, и/или для приема стержневых ТВЭЛов;

- блок для изготовления тепловыделяющих сборок выполнен с возможностью взаимного соединения с другим производственным блоком, который должен быть установлен бок о бок с блоком для изготовления тепловыделяющих сборок;

- блок для изготовления тепловыделяющих сборок содержит по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью взаимодействия с соответствующей инженерной системой упомянутого другого производственного блока, соединенного с блоком для изготовления тепловыделяющих сборок;

- блок для изготовления тепловыделяющих сборок содержит по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью работы независимо от соответствующей инженерной системы другого производственного блока, соединенного с блоком для изготовления тепловыделяющих сборок;

- упомянутый другой производственный блок представляет собой другой блок для изготовления тепловыделяющих сборок, используемый для увеличения производственных мощностей, или блок для изготовления стержневых ТВЭЛов, предназначенный для изготовления стержневых ТВЭЛов, начиная с таблеток ядерного топлива.

Изобретение также относится к способу расширения завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок, содержащих ядерные стержневые ТВЭЛы, расположенные в пучке, и каркас, поддерживающий стержневые ТВЭЛы, при этом завод имеет блок для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию вставки, предназначенную для вставки стержневых ТВЭЛов в каркас, чтобы получить тепловыделяющую сборку, и упаковочную станцию, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки в контейнер для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки, при этом упомянутый способ включает этап строительства по меньшей мере одного дополнительного производственного блока и присоединения дополнительного производственного блока к блоку для изготовления тепловыделяющих сборок.

В частных вариантах осуществления изобретения способ может содержать один или более из следующих дополнительных признаков:

- дополнительным производственным блоком является блок для изготовления стержневых ТВЭЛов, предназначенный для изготовления ядерных стержневых ТВЭЛов из таблеток ядерного топлива;

- упомянутый способ включает этап строительства блока для изготовления топливных таблеток, предназначенный для изготовления таблеток ядерного топлива на основе  $UO_2$ , и соединения блока для изготовления топливных таблеток с блоком для изготовления стержневых ТВЭЛов;

- упомянутый способ включает этап строительства блока для изготовления топливного порошка, предназначенный для преобразования  $UF_6$  в  $UO_2$ , и соединение блока для изготовления топливного порошка с блоком для изготовления топливных таблеток;

- упомянутый способ включает строительство дополнительного производственного блока, который является еще одним блоком для изготовления тепловыделяющих сборок, для увеличения производственных мощностей.

- упомянутый способ включает этап строительства дополнительного блока для изготовления топливных таблеток, предназначенного для изготовления ядерных топливных таблеток на основе  $UO_2$ , и подсоединения дополнительного блока для изготовления топливных таблеток к дополнительному блоку для изготовления стержневых ТВЭЛов;

- упомянутый способ включает этап строительства дополнительного блока для изготовления топливного порошка, предназначенного для преобразования  $UF_6$  в  $UO_2$ , и соединения дополнительного блока для изготовления топливного порошка с дополнительным блоком для изготовления топливных таблеток.

Изобретение и его преимущества станут более понятны после прочтения последующего описания, приведенного исключительно в качестве примера и со ссылкой на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 показан вид сбоку вертикальной проекции ядерной тепловыделяющей сборки;

на фиг. 2 и 3 – соответственно вид в перспективе и вид сверху завода по производству тепловыделяющих сборок;

на фиг. 4 и 5 – соответственно вид в перспективе и вид сверху завода по производству тепловыделяющих сборок;

на фиг. 6 – вид в перспективе, иллюстрирующий листы для транспортировки таблеток и лоток для таблеток, а также перемещение таблеток с одного из листов для транспортировки таблеток на лоток для таблеток;

на фиг. 7 – вид в перспективе, иллюстрирующий перемещение таблеток с листа для транспортировки таблеток на лоток для таблеток;

на фиг. 8 – вид в перспективе, иллюстрирующий перемещение таблеток из лотка для таблеток на другой лоток для таблеток;

на фиг. 9 – вид в перспективе, иллюстрирующий стопку лотков для таблеток;

на фиг. 10 – вид в перспективе, иллюстрирующий подвижное хранилище для хранения лотков для таблеток;

на фиг. 11 – частичный вид в перспективе завода по производству тепловыделяющих сборок, изображенного на фиг. 4 и 5;

на фиг. 12 – вид в перспективе станции очистки и станции проверки;

на фиг. 13 – вид в перспективе завода по производству тепловыделяющих сборок;

на фиг. 14 и 15 – соответственно вид в перспективе и вид сверху завода по производству тепловыделяющих сборок.

Согласно одному аспекту, изобретение относится к способу изготовления ядерной тепловыделяющей сборки, содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы, расположенные в пучке, и каркас, поддерживающий ядерные стержневые ТВЭЛы.

Ядерная тепловыделяющая сборка 2, показанная на фиг. 1, содержит пучок ядерных стержневых ТВЭЛов 4 и каркас 6 для поддержки стержневых ТВЭЛов 4. Стержневые ТВЭЛы 4 проходят параллельно друг другу и оси L сборки.

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

Направляющие трубки 12 проходят параллельно оси L сборки и соединяют хвостовик 8 с головкой 10 с сохранением предварительно заданного расстояния по оси L сборки между хвостовиком 8 и головкой 10. Стержневые ТВЭЛы 4 размещены между хвостовиком 8 и головкой 10.

Дистанционирующие решетки 14 распределены вдоль пучка стержневых ТВЭЛов 4. Каждая из дистанционирующих решеток 14 жестко прикреплена к направляющим трубкам 12, которые проходят через дистанционирующую решетку 14.

Каждая дистанционирующая решетка 14 выполнена с возможностью поддержки стержневых ТВЭЛов 4 на расстоянии друг от друга. Каждая дистанционирующая решетка 14 выполнена с возможностью поддержки стержневых ТВЭЛов 4 вдоль оси L сборки и поперек оси L сборки.

Тепловыделяющая сборка 2 позволяет вставлять стержни кластера регулирующих стержней (RCCA) и/или глухие наконечники узла из глухих наконечников (ТРА) в направляющие трубки 12, при этом стержни или глухие наконечники вставляются через

головку 10.

Кластер регулирующих стержней (РССА) включает в себя пучок параллельных регулирующих стержней и, возможно, непоглощающих стержней, предназначенных для вставления в направляющие трубки 12, причем каждый из регулирующих стержней включает в себя материал, поглощающий нейтроны. Такой РССА установлен в ядерном реакторе и, например, может вертикально перемещаться вверх и вниз для увеличения или уменьшения реактивности тепловыделяющей сборки 2, или жестко вставлен в специальную тепловыделяющую сборку 2 для снижения реактивности ядерного реактора в области этой тепловыделяющей сборки 2, например, в периферийной области ядерного реактора.

Узел из глухих наконечников (ТРА) устанавливается в ядерном реакторе и включает в себя множество наконечников, каждый из которых выполнен с возможностью закрытия соответствующей направляющей трубки 12 тепловыделяющей сборки 2, которая не содержит РССА в ядерном реакторе, с целью предотвращения обхода потока теплоносителя внутри направляющих трубок 12 этой тепловыделяющей сборки 2.

При изготовлении тепловыделяющей сборки 2 каркас 6 может быть без хвостовика 8 или головки 10, чтобы вставить стержневые ТВЭЛы 4 в осевом направлении через дистанционирующие решетки 14 и затем жестко прикрепить хвостовик 8 или головку 10 к направляющей трубке 12 для завершения каркаса 6.

Длина тепловыделяющей сборки 2 составляет, например, от 4 до 6 м, а вес тепловыделяющей сборки 2 обычно составляет 700–900 кг.

Способ изготовления ядерных тепловыделяющих сборок включает этапы вставления стержневых ТВЭЛов 4 в каркас 6 для получения тепловыделяющей сборки 2 и упаковки тепловыделяющей сборки 2, принимая во внимание транспортировку, причем эти этапы выполняются на одном и том же заводе по производству тепловыделяющих сборок, предпочтительно в том же самом здании для производства ядерных тепловыделяющих сборок.

В одном частном варианте осуществления изобретения способ включает этап приема стержневых ТВЭЛов 4, транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, отделенный неограниченной областью от завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок, причем эти стержневые ТВЭЛы 4 используются во время этапа вставления.

В настоящем изобретении «отделенный неограниченной областью» означает, что два завода или здания не соединены ограниченным образом. Транспортировка частей каркаса или ядерных стержневых ТВЭЛов, таблеток ядерного топлива, порошка ядерного

топлива или исходного материала для порошка ядерного топлива между двумя заводами или зданиями, разделенными неограниченной областью, осуществляется, например, автомобильным, морским и/или воздушным транспортом.

В этом варианте осуществления изобретения стержневые ТВЭЛы 4 не изготавливаются на заводе по производству тепловыделяющих сборок. Стержневые ТВЭЛы 4 изготавливаются на заводе по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, который является отдельным от завода по производству тепловыделяющих сборок. Стержневые ТВЭЛы 4 могут транспортироваться с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов на завод по производству ядерных тепловыделяющих сборок автомобильным, морским и/или воздушным транспортом.

В одном частном варианте осуществления изобретения способ включает получение частей каркаса с завода по производству каркасов, отделенного неограниченной областью от завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок, с использованием этих частей каркаса на этапе вставления.

В одном частном варианте осуществления изобретения способ включает получение предварительно собранных каркасных узлов, при этом каждый каркасный узел содержит направляющие трубки 12, дистанционирующие решетки 14 и только один элемент из числа головки 10 и хвостовика 8, например один элемент из числа головки 10 и хвостовика 8 и, отдельно, другой элемент из числа головки 10 и хвостовика 8.

Таким образом, после этапа вставления способ включает этап установки другого элемента из числа хвостовика 8 и головки 10 в предварительно собранный каркасный узел для завершения каркаса 6.

Необязательно, способ включает прием стержневых ТВЭЛов 4 в контейнере и использование этого контейнера на этапе упаковки для упаковки тепловыделяющей сборки 2.

Действительно, стержневые ТВЭЛы 4 и тепловыделяющие сборки 2 можно транспортировать в одних и тех же контейнерах, например контейнерах для тепловыделяющих сборок компании Framatome под названием «FCC».

Например, стержневые ТВЭЛы 4 могут быть помещены в кожух, имеющий по существу такие же внешние размеры, что и соответствующая тепловыделяющая сборка 2, при этом кожух помещается в контейнер.

Повторное использование контейнеров позволяет ограничить транспортные операции за счет использования одних и тех же контейнеров для транспортировки стержневых ТВЭЛов 4 с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов на завод по производству тепловыделяющих сборок, а затем для транспортировки тепловыделяющих

сборок с завода по производству тепловыделяющихборок к атомной электростанции.

В качестве альтернативы способ включает использование специальных первых контейнеров для транспортировки ядерных тепловыделяющихборок 2 и специальных вторых контейнеров для транспортировки стержневых ТВЭЛов 4, причем каждый второй контейнер является, например, первым контейнером, оснащенным дополнительным оборудованием, позволяющим упаковывать стержневые ТВЭЛы 4 во вторые контейнеры.

Завод 20 по производству тепловыделяющихборок, показанный на фиг. 2 и 3, предназначен для осуществления способа изготовления тепловыделяющихборок 2.

Завод 20 по производству тепловыделяющихборок содержит блок 22 для изготовления тепловыделяющихборок, предназначенный для изготовления тепловыделяющихборок 2, начиная со стержневых ТВЭЛов 4 и деталей каркаса.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющихборок содержит станцию 24 вставления, предназначенную для вставления стержневых ТВЭЛов 4 в каркас 6, чтобы получить тепловыделяющуюборку 2, и станцию 26 упаковки, предназначенную для упаковки тепловыделяющейборки 2 в контейнер 28 для тепловыделяющейборки с целью транспортировки, например, к атомной электростанции. Контейнер 28 для тепловыделяющихборок предназначен для приема тепловыделяющихборок 2 и их транспортировки автомобильным, морским и/или воздушным транспортом.

Завод 20 по производству ядерных тепловыделяющихборок содержит сборочный цех 30, именно в котором расположены станция 24 вставления и станция 26 упаковки. Станция 24 вставления и станция 26 упаковки расположены в одном и том же сборочном цехе 30.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющихборок содержит кран 32, расположенный в сборочном цехе 30, для перемещения ядерных тепловыделяющихборок 2 между станциями, расположенными внутри сборочного цеха 30.

В частности, кран 32 выполнен с возможностью перемещения ядерных топливныхборок 2 между станцией 24 вставления и станцией 26 упаковки. Предпочтительно, кран 32 представляет собой мостовой кран.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющихборок, необязательно, содержит станцию 34 очистки, предназначенную для очистки ядерной тепловыделяющейборки 2.

Станция 34 очистки расположена, например, в сборочном цехе 30. Следовательно, тепловыделяющаяборка 2 может быть загружена в станцию 34 очистки и/или извлечена из нее с помощью крана 32.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющихборок, необязательно, содержит станцию 36 проверки тепловыделяющихборок, предназначенную для проверки

тепловыделяющей сборки 2.

Станция 36 проверки тепловыделяющих сборок расположена, например, в сборочном цехе 30. Следовательно, тепловыделяющая сборка 2 может быть загружена в станцию 36 проверки тепловыделяющих сборок и/или извлечена из нее с помощью крана 32.

Станция 34 очистки, предпочтительно, предназначена для очистки тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли, и/или станция 36 проверки тепловыделяющей сборки предназначена для проверки тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли.

Вертикальное положение тепловыделяющей сборки 2 для очистки и/или проверки позволяет уменьшить площадь, занимаемую блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Размещение тепловыделяющей сборки 2 на уровне земли вместо помещения тепловыделяющей сборки 2 в яму, образованную в грунте, позволяет избежать создания такой ямы, создание которой из-за характера грунта может оказаться затруднительным.

Однако в этом случае требуется, чтобы цех, в котором расположена станция 34 очистки или станция 36 проверки тепловыделяющих сборок, в данном случае сборочный цех 30, имел высоту, достаточную для вертикального расположения тепловыделяющей сборки 2.

Необязательно, станция 34 очистки также предназначена для выполнения испытания кластера регулирующих стержней (или «испытания РССА») и/или испытания узла из глухих наконечников (или «испытания ТРА»), когда тепловыделяющая сборка 2 находится в положении очистки.

Это позволяет уменьшить площадь, занимаемую блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, за счет выполнения очистки, а также испытания РССА и/или испытания ТРА на одной и той же станции вместо обеспечения соответствующих станций для очистки, испытания РССА и испытания ТРА.

Испытание РССА является испытанием вставления регулирующих стержней РССА в тепловыделяющую сборку 2, чтобы гарантировать, что во время работы РССА будет правильно вставляться в направляющие трубки 12 тепловыделяющей сборки 2. Деформация тепловыделяющей сборки 2 или инородное тело, находящееся в направляющей трубке 12, может помешать правильному вставлению регулирующих стержней РССА. Аналогичным образом, испытание ТРА представляет собой испытание вставления глухих наконечников ТРА в направляющие трубки 12 тепловыделяющей

сборки 2.

Станция 36 проверки тепловыделяющих сборок предназначена для выполнения геометрических измерений и/или визуальной проверки.

Станция 36 проверки топливных сборок, предпочтительно, предназначена для выполнения как геометрических измерений, так и визуальной проверки. Это позволяет уменьшить площадь, занимаемую блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, за счет выполнения геометрических измерений и визуальной проверки на одной и той же станции вместо обеспечения соответствующих станций для геометрических измерений и визуальной проверки.

Геометрические измерения могут включать в себя, например, измерение расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4, расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4 и направляющими трубками 12, внешней оболочки тепловыделяющей сборки 2, вертикальности тепловыделяющей сборки 2...

Геометрические измерения выполняются с помощью инструментов. Станция 36 проверки тепловыделяющих сборок содержит, например, измерительный узел, который может перемещаться в вертикальном направлении вдоль тепловыделяющей сборки 2, принятой на станции 36 проверки тепловыделяющих сборок, при этом измерительный узел содержит инструменты.

Визуальная проверка выполняется, например, для обнаружения любого инородного тела, которое может присутствовать внутри пучка стержневых ТВЭЛов 4.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, необязательно, содержит станцию 38 проверки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для проверки стержневых ТВЭЛов 4, принятых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов. Станция 38 проверки стержневых ТВЭЛов расположена, например, в сборочном цехе 30.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, необязательно, содержит хранилище 40 стержневых ТВЭЛов, предназначенное для хранения стержневых ТВЭЛов 4, принятых с завода по производству ядерных ТВЭЛов. Хранилище 40 стержневых ТВЭЛов расположено, например, в сборочном цехе 30. Хранилище 40 стержневых ТВЭЛов содержит, например, стойки для хранения стержневых ТВЭЛов 4 в горизонтальном положении.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, необязательно, содержит хранилище 42 тепловыделяющих сборок, предназначенное для хранения ядерных тепловыделяющих сборок 2 перед очисткой, проверкой и/или упаковкой ядерных тепловыделяющих сборок 2.

Хранилище 42 тепловыделяющих сборок, например, расположено в сборочном

цехе 30. Следовательно, ядерная тепловыделяющая сборка 2 может быть загружена в хранилище 42 тепловыделяющих сборок и/или извлечена из хранилища с помощью крана 32.

Хранилище 42 тепловыделяющих сборок представляет собой, например, комнату, ограниченную внутри сборочного цеха 30.

Хранилище 42 тепловыделяющих сборок содержит, например, стойки для хранения каждой тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении.

Альтернативно или необязательно, ядерные тепловыделяющие сборки 2 могут храниться в контейнерах 28 для тепловыделяющих сборок, предпочтительно после очистки и/или проверки. Ядерные тепловыделяющие сборки 2, хранящиеся в контейнерах 28 для тепловыделяющих сборок, готовы к отправке на атомную электростанцию.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, необязательно, содержит логистическую область 46, предназначенную для хранения, приема и/или отправки транспортировочных контейнеров.

Логистическая область 46 может быть доступна с наружной стороны блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок через дверь 48, открывающуюся наружу. Предпочтительно, логистическая область 46 может быть доступна для грузовиков и/или вилочных погрузчиков.

Необязательно, логистическая область 46 снабжена мостовым краном 54 логистической области, предназначенным для этой логистической области 46. Этот мостовой кран 54 логистической области выполнен с возможностью, например, подъема транспортных контейнеров, в частности контейнеров 28 для тепловыделяющих сборок, а также контейнеров для стержневых ТВЭЛов. Мостовой кран 54 для логистической области может отсутствовать, и в этом случае погрузочно-разгрузочные операции могут выполняться с помощью, например, вилочного погрузчика. Однако мостовой кран 54 обеспечивает большую гибкость для логистической области.

Станция 26 упаковки, предпочтительно, расположена в сборочном цехе 30 и примыкает к логистической области 46. Следовательно, контейнер 28 для тепловыделяющей сборки, принимающий тепловыделяющую сборку 2, может быть легко перемещен со станции 26 упаковки в логистическую область 46.

В одном частном варианте осуществления изобретения логистическая область 46 содержит область 56 для хранения контейнеров, используемую для хранения транспортировочных контейнеров. Как проиллюстрировано на фиг. 3, в области 56 для хранения контейнеров находятся несколько контейнеров 28 для тепловыделяющих сборок.

Завод 20 по производству тепловыделяющих сборок, необязательно, содержит область 58 для компонентов, которая предназначена для проверки и хранения деталей каркаса.

Как проиллюстрировано на фиг. 2, блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок размещен в здании 60, состоящем из двух модулей 62, 64 здания, расположенных бок о бок в осевом направлении А. Например, каждый из двух модулей 62, 64 здания имеет прямоугольную форму и практически одинаковые размеры (длину, ширину и высоту).

Станции (станция 24 вставки, станция 26 упаковки, ...) и оборудование (кран(ы), хранилища, ...) блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок расположены в двух модулях 62, 64 здания.

Логистическая область 46 расположена в первом модуле 62 здания из двух модулей 62, 64 здания, а станция 24 вставки и станция 26 упаковки расположены во втором модуле 64 здания из двух модулей 62, 64 здания.

В некоторых случаях, как проиллюстрировано на фиг. 3, область 58 для компонентов, например, расположена в том же модуле здания, что и логистическая область 46, то есть в данном случае в первом модуле 62 здания.

Также может существовать случай, как проиллюстрировано на фиг. 3, когда станция 34 очистки, станция 36 проверки тепловыделяющих сборок, станция 38 проверки стержневых ТВЭЛов, хранилище 40 стержневых ТВЭЛов и/или хранилище 42 тепловыделяющих сборок, например, расположены в том же самом модуле здания, что и станция 24 вставки и станция 26 упаковки, то есть в данном случае во втором модуле 64 здания.

В проиллюстрированном примере логистическая область 46 и область 58 для компонентов, расположенные в первом модуле 62 здания, сообщены со вторым модулем 64 здания, а точнее со сборочным цехом 30, через соответствующие проходы 66, 68.

Проход 66 между логистической областью 46 и сборочным цехом 30 находится рядом со станцией 26 упаковки, и/или проход 68 между областью 58 для компонентов и сборочным цехом 30 находится рядом со станцией 24 вставки.

Например, станция 34 очистки, станция 36 проверки тепловыделяющих сборок, хранилище 40 стержневых ТВЭЛов и/или хранилище 42 тепловыделяющих сборок расположены в сборочном цехе 30 между этими двумя проходами 66, 68.

В проиллюстрированном примере способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки 2 включает:

- прием стержневых ТВЭЛов 4, проверку стержневых ТВЭЛов 4 на станции 38

проверки стержневых ТВЭЛов и перемещение проверенных стержневых ТВЭЛов 4 на станцию 24 вставления;

- прием деталей каркаса и проверку деталей каркаса в области 58 для компонентов и перемещение деталей каркаса на станцию 24 вставления;

- вставление стержневых ТВЭЛов 4 в каркас 6, лишенный хвостовика 8 и/или головки 10, и присоединение хвостовика 8 и/или головки 10 каркаса 6 для завершения каркаса 6, получая, таким образом, тепловыделяющую сборку 2;

- очистку тепловыделяющей сборки 2 на станции 34 очистки и/или проверку тепловыделяющей сборки 2 на станции 36 проверки тепловыделяющих сборок;

- упаковку тепловыделяющей сборки 2 в контейнер 28 для тепловыделяющей сборки на станции 26 упаковки;

- перемещение контейнера 28 для тепловыделяющей сборки в логистическую область 46 для отправки контейнера 28 для тепловыделяющей сборки на атомную электростанцию.

Вставление стержневых ТВЭЛов 4 может выполняться от верхней части к нижней части тепловыделяющей сборки 2, при этом головка 10 отсутствует или снята, или от нижней части к верхней части тепловыделяющей сборки 2, при этом хвостовик 8 отсутствует или снят. Кроме того, вставление стержневых ТВЭЛов 4 может выполняться путем толкания и/или протягивания каждого стержневого ТВЭЛа 4.

В одном примере осуществления изобретения станция 24 вставления предназначена для последовательного вставления групп стержневых ТВЭЛов в каркас 6, при этом каждая группа стержневых ТВЭЛов подготавливается вручную, а затем автоматически вставляется в каркас 6. Стержневые ТВЭЛы каждой группы должны быть вставлены на той же высоте каркаса 6, лежащего на стенде для вставления станции 24 вставления.

В частном примере осуществления изобретения этап вставления включает:

- снятие стержневых ТВЭЛов. Стержневые ТВЭЛы могут быть сняты со стенда для проверки стержневых ТВЭЛов или могут быть взяты из хранилища стержневых ТВЭЛов с помощью по меньшей мере одной тележки для перемещения стержневых ТВЭЛов;

- перемещение стержневого ТВЭЛа вручную на стол подготовки группы стержневых ТВЭЛов, следуя последовательности, отображаемой программным обеспечением тепловыделяющей сборки, выполняемым компьютером в соответствии с картой расположения стержневых ТВЭЛов;

- перемещение стержневых ТВЭЛов вручную на подъемный стол с разнесением стержневых ТВЭЛов вручную в соответствии с картой расположения стержневых

ТВЭЛов;

- проверку стержневых ТВЭЛов на чистоту и отсутствие повреждений;
- проверку расположения стержневых ТВЭЛов по карте расположения стержневых

ТВЭЛов;

- проверку идентификации стержневых ТВЭЛов и их выпуск для осуществления сборки;

- осуществление полуавтоматического позиционирования подъемного стола и стержневых ТВЭЛов на нужную высоту согласно карте позиционирования стержневых ТВЭЛов;

- автоматическое вставление стержневых ТВЭЛов в каркас б путем протягивания и/или толкания.

В том случае, если стержневые ТВЭЛы вставляются в каркас б путем протягивания, этап вставления может включать:

- проверку того, что тяговый узел находится в исходном положении, и установку защитных колпачков вручную на тянущие стержни, выполненные с возможностью протягивания стержневых ТВЭЛов через каркас б;

- вставление стержней в каркас и удаление вручную защитных колпачков, - во время автоматического вставления: активацию системы смазки, толкание стержневого ТВЭЛа в положение захвата, захват стержневых ТВЭЛов и протягивание ТВЭЛов через каркас. Скорость протягивания можно проверять вручную во время вставления стержневого ТВЭЛа, например для первого вставленного стержневого ТВЭЛа.

Необязательно, этап вставления включает, во время вставления, проверку того, что смазка (например, вода) нанесена на стержневой ТВЭЛ, после вставления, проверку установки тягового узла посредством измерения расстояния между концами стержневых ТВЭЛов и заплечиками направляющих глухих наконечников, проверку наличия ориентации и положения стержневых ТВЭЛов и/или визуальную проверку дистанционирующих решеток и концевых заглушек стержневых ТВЭЛов на предмет повреждений.

Эти операции повторяются для каждой группы стержневых ТВЭЛов в соответствии с картой положения стержневых ТВЭЛов до тех пор, пока все необходимые стержневые ТВЭЛы не будут вставлены в каркас б.

Необязательно, этап вставления включает вставление стержневых ТВЭЛов, содержащих нейтронный яд. Нейтронный яд содержит, например, гадолиний (Gd). В этом случае стержневые ТВЭЛы без нейтронного яда и стержневые ТВЭЛы с нейтронным ядом предпочтительно хранить в разных местах. Например, стержневые ТВЭЛы, содержащие

нейтронный яд, хранятся на специальной тележке, отделенной от хранилища для стержневых ТВЭЛов без наличия нейтронного яда.

После подготовки группы стержневых ТВЭЛов для вставления на одном и том же уровне в каркас 6, оператор руководствуется картой вставления стержневых ТВЭЛов, чтобы разместить стержневые ТВЭЛы без нейтронного яда и стержневые ТВЭЛы с нейтронным ядом в соответствующем месте на подъемном столе.

Следовательно, группы стержневых ТВЭЛов с нейтронным ядом и/или без него подготавливаются вручную на подъемном столе в соответствии с картой вставления тепловыделяющих элементов, отображаемой программным обеспечением тепловыделяющих сборок, выполняемым компьютером.

Способ изготовления ядерных тепловыделяющих сборок и соответствующий завод 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок позволяют изготавливать тепловыделяющие сборки 2 эффективно и с минимальными ограничениями.

Стержневые ТВЭЛы 4 не изготавливаются на заводе 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок. Изготовление ядерных тепловыделяющих сборок 2 осуществляется с использованием стержневых ТВЭЛов 4, транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов по неограниченной области. Стержневые ТВЭЛы 4 можно легко транспортировать автомобильным, воздушным и/или морским транспортом.

Таким образом, можно просто и эффективно изготавливать тепловыделяющие сборки 2 на специальном заводе 20 по производству тепловыделяющих сборок в непосредственной близости от одной или нескольких атомных электростанций.

Операции можно выполнять вручную без необходимости прибегать к автоматизации некоторых задач. Таким образом, легче начинать изготовление ядерных тепловыделяющих сборок и инвестировать в завод 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок.

В частном варианте осуществления изобретения способ изготовления ядерных тепловыделяющих сборок включает прием таблеток, транспортируемых с завода по производству ядерных топливных таблеток, отделенного неограниченной областью от завода 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок, использование этих таблеток для изготовления стержневых ТВЭЛов 4 и использование этих стержневых ТВЭЛов 4 для изготовления тепловыделяющих сборок 2 на заводе 20 по производству тепловыделяющих сборок.

Способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки включает, например, размещение таблеток на лотках для таблеток, необязательно, вставление лотков в печь для

дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения из таблеток, загрузку таблеток из лотков для таблеток в трубчатую оболочку на станции загрузки стержневых ТВЭЛов, вставление пружины в трубчатую оболочку, заполнение трубчатой оболочки газообразным гелием и/или приваривание заглушек на концах трубчатой оболочки для закрытия стержневого ТВЭЛа 4.

Завод 20 по производству тепловыделяющих сборок, показанный на фиг. 4 и 5, предназначен для реализации такого варианта осуществления способа изготовления тепловыделяющих сборок.

Завод 20 по производству ядерных топливных сборок, показанный на фиг. 4 и 5, отличается от завода, показанного на фиг. 2 и 3, тем, что он дополнительно содержит блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, предназначенный для приема таблеток, транспортируемых с завода по производству таблеток ядерного топлива, отделенного неограниченной областью от завода 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок, и для изготовления стержневых ТВЭЛов 4 с использованием этих таблеток, причем стержневые ТВЭЛы 4, в свою очередь, используются на этапе вставления.

Блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит, например, область 72 приема таблеток, предназначенную для приема таблеток, область 74 проверки таблеток, предназначенную для проверки таблеток, станцию 76 дегазации, содержащую по меньшей мере одну печь 78 для дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения таблеток, станцию 79 для оболочек, предназначенную для приема трубчатых оболочек и проверки принятых трубчатых оболочек, станцию 80 загрузки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для загрузки таблеток в трубчатую оболочку, станцию 82 сварки, предназначенную для приваривания заглушек к концам трубчатых оболочек, и/или область 84 проверки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для проверки стержневых ТВЭЛов 4.

Область 72 приема таблеток предназначена для приема таблеток, упакованных в контейнеры 86 для таблеток, и для временного хранения таблеток с оставлением таблеток в этих контейнерах 86 для таблеток.

Каждый контейнер 86 для таблеток содержит, например, герметичный кожух, содержащий несколько листов для транспортировки таблеток и внешнюю оболочку, которая имеет структуру, причем структура внешней оболочки позволяет упаковывать контейнеры 86 для таблеток в интермодальный транспортировочный контейнер.

Листы для транспортировки таблеток представляют собой металлические гофрированные листы, которые содержат несколько параллельных выступов и впадин, каждая из которых выполнена с возможностью приема столбика из таблеток ядерного

топлива.

Область 74 проверки таблеток предназначена для распаковки транспортировочных листов для таблеток из контейнеров 86 для таблеток, перемещения таблеток с транспортировочного листа для таблеток на лоток для таблеток и визуальной проверки ядерных таблеток.

Эти операции, например, выполняются вручную. Размещение таблеток на лотках выполняется, например, посредством сдвигания вручную всех столбиков из таблеток с листа для транспортировки таблеток на лоток для таблеток. Визуальная проверка таблеток, например, выполняется путем осмотра видимой поверхности таблеток, расположенных на лотке для таблеток, затем перевертывания второго лотка для таблеток на верхнюю часть таблеток, возвращения обоих лотков для таблеток, удаление первого лотка для таблеток и, наконец, проверки другой видимой поверхности таблеток.

Как показано на фиг. 6, каждый лист 124 для транспортировки таблеток имеет параллельные впадины 126, выполненные с возможностью приема таблеток 128, расположенных в столбиках 130 из таблеток.

Каждый лист 124 для транспортировки таблеток представляет собой, например, металлический гофрированный лист, содержащий выступы, чередующиеся с впадинами 126.

Каждый лоток 132 для таблеток имеет, например, параллельные стержни 134, образующие между собой пролеты, выполненные с возможностью приема таблеток 128, расположенных в столбиках 130 из таблеток.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, как проиллюстрировано на фиг. 6, листы 124 для транспортировки таблеток и лотки 132 для таблеток являются различными, но геометрически совместимыми, чтобы обеспечить перенос столбиков 130 из таблеток с листа 124 для транспортировки таблеток на лоток 132 для таблеток.

В частности, шаг  $P$  между впадинами 126 листа 124 для транспортировки таблеток и шаг  $P$  между стержнями 134 лотка 132 для таблеток по существу равны, лист 124 для транспортировки таблеток содержит столько же впадин 126, сколько лоток 132 для таблеток имеет пролетов между стержнями 134, при этом длина  $D$  впадин 126 листа 124 для транспортировки таблеток по существу равна длине стержней 134 лотка 132 для таблеток.

В одном примере осуществления изобретения перемещение таблеток 128 с листа 124 для транспортировки таблеток на лоток 132 для таблеток включает размещение лотка 132 для таблеток бок о бок с листом 124 для транспортировки таблеток таким образом,

чтобы каждая впадина 126 на транспортировочном листе 124 для таблеток была выровнена с соответствующим пролетом между стержнями 134 лотка 132 для таблеток, как показано на фиг. 6, для продвижения посредством скольжения каждого столбика 130 из таблеток, расположенного на листе 124 для транспортировки таблеток, в пролет лотка 132 для таблеток.

Альтернативно или необязательно, как проиллюстрировано на фиг. 7, перемещение таблеток 128 с листа 124 для транспортировки таблеток в лоток 132 для таблеток включает расположение лотка 132 для таблеток вверх дном на листе 124 для транспортировки таблеток, в результате чего каждый столбик 130 из таблеток входит в соответствующий пролет между стержнями 134 лотка 132 для таблеток, а затем переворачивание конструкции, состоящей из листа 124 для транспортировки таблеток и лотка 132 для таблеток, вверх дном таким образом, чтобы лоток 132 для таблеток находился внизу, а лист 124 для транспортировки таблеток находился сверху, и удаление листа 124 для транспортировки таблеток.

Такое перемещение с поворотом позволяет визуально проверить обе поверхности таблеток 128, поскольку поверхность становится видимой, когда таблетки 128 находятся на листе 124 для транспортировки таблеток, и, когда таблетки 128 были перенесены на лоток для таблеток 132 путем переворота, становится видимой другая поверхность таблеток 128.

Альтернативно или необязательно, как проиллюстрировано на фиг. 8, такое переворачивание таблеток 128 выполняется с использованием двух лотков 132 для таблеток. Таблетки 128, например, переносятся с листа 124 для транспортировки таблеток на лоток для таблеток, как проиллюстрировано на фиг. 6, а затем переворачиваются верхней стороной вниз между двумя поддонами 132 для таблеток, как проиллюстрировано на фиг. 8.

Предпочтительно, как проиллюстрировано на фиг. 9, лотки 132 для таблеток выполнены так, чтобы их можно было штабелировать. Это упрощает обращение с лотками 132 для таблеток, а именно транспортировку лотков 132 для таблеток и/или перемещение их в печи 78 для дегазации.

Листы 124 для транспортировки таблеток и лотки 132 для таблеток, например, различаются по своей конструкции (например, по материалу и/или структуре), при этом лотки 132 для таблеток, например, выполнены таким образом, чтобы противостоять нагреву в печи 78 для дегазации.

Предпочтительно, эти лотки 132 для таблеток используются для хранения таблеток 128, и/или помещения таблеток 128 в печь 78 для дегазации, и/или загрузки таблеток 128 в

трубчатые оболочки.

Таким образом, таблетки 128 могут оставаться на лотках 132 для таблеток от проверки до загрузки в трубчатые оболочки, без перемещения таблеток 128 из лотка 132 для таблеток на другую опору или контейнер между проверкой и загрузкой. Это ограничивает манипуляции с таблетками 128 и, таким образом, ограничивает риск повреждения таблеток 128.

Необязательно, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит подвижные хранилища 140 для таблеток, при этом каждое хранилище 140 предназначено для хранения лотков 132 для таблеток и является подвижным, чтобы обеспечивать возможность перемещения лотков 132 для таблеток.

Как проиллюстрировано на фиг. 10, каждое хранилище 140 выполнено с возможностью приема нескольких лотков 132 для таблеток и содержит, например, несколько отсеков или ячеек 142, причем каждая ячейка 142 выполнена с возможностью приема нескольких лотков 132 для таблеток.

Каждое хранилище 140 содержит, например, несколько ячеек 142, причем каждая ячейка 142 выполнена с возможностью приема стопки лотков 132 для таблеток, например, эквивалентной стопке листов 124 для транспортировки таблеток из контейнера 86 для таблеток.

Каждая ячейка 142, предпочтительно, снабжена дверцей для закрытия ячейки 142.

Предпочтительно, ячейки 142 распределены на двух противоположных сторонах 140А, 140В хранилища 140. Это позволяет улучшить устойчивость хранилища 140, увеличить емкость хранилища, а также загрузить две расположенные рядом печи 78 для дегазации лотками 132 для таблеток, взятыми с обеих сторон хранилища 140, без необходимости поворачивать хранилище 140. Хранилище 140, например, расположено между двумя печами 78 для дегазации, при этом в каждую печь 78 для дегазации загружаются, соответственно, лотки 132 для таблеток с одной стороны хранилища 140.

Каждое хранилище 140 имеет форму параллелепипеда с ячейками 142, расположенными на двух противоположных сторонах 140А, 140В хранилища 140.

Каждое хранилище 140 можно легко перемещать и/или поднимать, например, с помощью стандартного штабелера 146. Штабелер 146 позволяет перемещать хранилища 140 между областью 74 проверки таблеток, местом хранения, печью 78 для дегазации и станцией 80 загрузки стержневых ТВЭЛов. Подъем упрощает ручную загрузку и выгрузку лотков 132 для таблеток в пределах и/или за пределами хранилища 140.

Во время обработки таблеток, а именно во время проверки, хранения, дегазации и/или загрузки могут непреднамеренно образовываться бракованные таблетки (то есть

таблетки с несоответствующими дефектами поверхности).

Необязательно, способ включает возврат бракованных таблеток на завод по производству таблеток ядерного топлива в контейнерах 86 для таблеток. Это позволяет получить преимущество от возврата контейнеров 86 с таблетками на завод по производству таблеток ядерного топлива, принимая во внимание, что блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов не предназначен для изготовления таблеток ядерного топлива и лишен оборудования для переработки бракованных таблеток.

Необязательно, способ включает временное хранение бракованных таблеток в по меньшей мере одном контейнере 86 для таблеток в области 72 приема таблеток и/или в по меньшей мере одной ячейке 142 хранилища 140. Бракованные таблетки могут храниться в емкости, при этом емкость временно хранится в контейнере 86 для таблеток или хранилище 140. Станция 76 дегазации содержит по меньшей мере одну печь 78 для дегазации. Каждая печь 78 для дегазации предназначена для удаления потенциального водородного загрязнения таблеток.

Каждая печь 78 для дегазации выполнена с возможностью приема лотков 132 для таблеток, содержащих таблетки, в результате чего таблетки могут оставаться в лотках 132 для таблеток для операции нагрева с удалением газа без перемещения таблеток.

Как проиллюстрировано на фиг. 4 и 5, станция 76 дегазации расположена в помещении, в котором предусмотрены специальные места для расположения хранилищ 140.

В одном варианте осуществления изобретения способ включает прием и проверку трубчатых оболочек, подлежащих заполнению таблетками ядерного топлива для получения стержневых ТВЭЛов 4.

Трубчатые оболочки, например, отгружаются в деревянных ящиках и выгружаются вручную.

Этап проверки трубчатых оболочек включает, например, визуальную проверку на предмет повреждений при транспортировке (например, вмятин и царапин), проверку того, что трубчатая оболочка пуста, и/или сушку внутренней части трубчатой оболочки, чтобы избежать присутствия влаги.

Пустота проверяется, например, с помощью оптического устройства проверки пустоты, которое может выпускать световой луч внутрь оболочки с одного конца и улавливать свет с другого конца для проверки наличия любого объекта, препятствующего распространению света.

Сушка выполняется, например, с помощью сушильного устройства, продувающего горячий воздух внутри трубчатой оболочки.

Как проиллюстрировано на фиг. 5, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит станцию 79 для оболочек.

Станция 79 для оболочек предназначена для приема трубчатых оболочек и выполнения проверки принятых трубчатых оболочек, а именно содержит, например, устройство проверки пустоты и устройство для сушки.

Станция 82 сварки и станция 80 загрузки стержневых ТВЭЛов предназначены для выполнения всех этапов изготовления стержневых ТВЭЛов 4.

Изготовление стержневого ТВЭЛа 4 включает, например, следующие этапы:

- взвешивание трубчатой оболочки с помощью устройства для взвешивания, расположенного на станции 82 сварки;

- приваривание заглушки к первому концу трубчатой оболочки с помощью сварочного аппарата станции 82 сварки, получая таким образом предварительно заглушенную трубчатую оболочку;

- проверку сварного шва первой концевой заглушки;

- загрузку таблеток в предварительно заглушенную трубчатую оболочку и проверку длины заполненной таблетками полости с помощью станции 80 загрузки стержневых ТВЭЛов;

- поворачивание предварительно заглушенной трубчатой оболочки таким образом, чтобы подвести второй конец трубчатой оболочки к сварочному устройству, например, посредством поворотной тележки, имеющейся на станции 82 сварки;

- взвешивание трубчатой оболочки с помощью устройства взвешивания, находящегося на станции 82 сварки, чтобы определить содержание урана в стержневом ТВЭЛе 4;

- вставление пружины на втором конце трубчатой оболочки;

- заполнение трубчатой оболочки газообразным гелием и приваривание заглушки на втором конце трубчатой оболочки с помощью сварочного аппарата станции 82 сварки, получая, таким образом, стержневой ТВЭЛ 4;

- проверку сварного шва второй концевой заглушки;

- контроль отсутствия загрязнений на поверхности стержневых ТВЭЛов; и выпуск стержневого ТВЭЛа 4 в область 84 проверки стержневого ТВЭЛа.

Такая загрузка, включающая этап поворота, позволяет выполнять загрузку с помощью одного-единственного сварочного аппарата.

Это позволяет минимизировать площадь, занимаемую станцией 82 сварки, и минимизировать стоимость блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, избегая использования двух отдельных сварочных аппаратов. Поворот ядерного стержневого

ТВЭЛа 4 между приваркой заглушек занимает много времени, но это приемлемо в отношении скорости производства, предусмотренной для блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

Кроме того, требуется только одно устройство для взвешивания. Взвешивание каждой трубчатой оболочки до и после заполнения таблетками позволяет определить содержание урана.

Следовательно, появляется преимущество, состоящее в том, что станция 82 сварки содержит только один сварочный аппарат и/или только одно взвешивающее устройство.

Загрузку стержневых ТВЭЛов 4 можно производить партиями, что, таким образом, обеспечивает преимущество.

В этом случае этапы взвешивания пустой оболочки, приваривание заглушки и заполнение таблетками выполняются для партии трубчатых оболочек, причем эти трубчатые оболочки поворачиваются, а затем выполняются следующие этапы взвешивания заполненной оболочки, вставления пружины, приваривания заглушки и выпуска для партии трубчатых оболочек. Каждая партия стержневых ТВЭЛов 4 содержит, например, приблизительно сотню стержневых ТВЭЛов 4.

Станция 80 загрузки стержневых ТВЭЛов, предпочтительно, выполнена с возможностью создания столбиков 130 таблеток и загрузки каждого столбика 130 таблеток в трубчатую оболочку. Станция 80 загрузки стержневых ТВЭЛов, предпочтительно, предназначена для создания столбиков 130 из таблеток заданной длины для загрузки в следующую трубчатую оболочку, в то время как ранее созданный столбик 130 из таблеток загружается в предыдущую трубчатую оболочку.

Способ, предпочтительно, включает этап проверки стержневых ТВЭЛов 4, осуществляемый сразу после того, как стержневые ТВЭЛы 4 выпускаются из станции 82 сварки.

Этап проверки стержневых ТВЭЛов 4 может включать сканирование каждого из стержневых ТВЭЛов 4 для проверки стержневого ТВЭЛа 4 неразрушающим образом, проверку утечки гелия в стержневом ТВЭЛе 4 и выполнение окончательной проверки, включая, например, измерение длины стержневого ТВЭЛа 4, контроль прямолинейности стержневого ТВЭЛа 4 и/или контроль внешнего вида стержневого ТВЭЛа при визуальном осмотре.

Соответственно, область 84 проверки стержневых ТВЭЛов содержит одну или несколько станций проверки стержневых ТВЭЛов.

Станция проверки стержневых ТВЭЛов представляет собой, например, станцию 88 испытания на отсутствие протечек, в частности станцию испытания на отсутствие утечек

гелия. Такая станция 88 испытания на отсутствие протечек предназначена для выявления возможных протечек стержневого ТВЭЛа 4, а именно протечек оболочки стержневого ТВЭЛа, заглушек, и/или протечек между оболочкой стержневого ТВЭЛа и одной из заглушек.

Другая станция проверки стержневых ТВЭЛов представляет собой, например, станцию 90 сканирования, предназначенную для проверки стержневых ТВЭЛов 4 неразрушающим образом. Станция 90 сканирования предназначена, например, для пассивного сканирования количества выбросов гамма-излучения таблеток ядерного топлива, содержащихся в стержневом ТВЭЛе 4, для проверки уровня(ей) обогащения и однородности по всему стержневому ТВЭЛу 4. Кроме того, станция 90 сканирования например, предназначена для выполнения гамма-денситометрического теста для проверки длины столба таблеток и заполненной таблетками полости, наличия необходимых компонентов, таких как пружина стержневого ТВЭЛа, и отсутствия зазоров между таблетками.

Другая станция проверки стержневых ТВЭЛов представляет собой, например, станцию 91 окончательной проверки, предназначенную для контроля геометрических характеристик стержневого ТВЭЛа 4, в частности измерения длины стержневого ТВЭЛа 4, контроля прямолинейности стержневого ТВЭЛа 4 и/или контроля внешнего вида стержневого ТВЭЛа 4 при визуальном осмотре. Станция 91 окончательной проверки содержит, например, стенд для проверки, имеющий плоскую рабочую область.

Блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, необязательно, содержит станцию 92 доработки ядерных стержневых ТВЭЛов, предназначенную для доработки ядерного стержневого ТВЭЛа 4, который был идентифицирован как неисправный во время проверки ядерного стержневого ТВЭЛа в области 84 проверки стержневых ТВЭЛов или во время изготовления стержневых ТВЭЛов на станции 82 сварки.

Блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит замкнутое пространство 94 с контролируемой атмосферой, в котором контролируется атмосфера для обеспечения безопасности персонала и предотвращения выхода частиц ядерного топлива, который может возникнуть из таблеток. Контур замкнутого пространства 94 с контролируемой атмосферой показан на фиг. 5 пунктирными линиями.

Замкнутое пространство 94 с контролируемой атмосферой распространяется до станций, где таблетки не закрыты герметично в стержневых ТВЭЛах 4.

В частности, в данном примере область 74 проверки таблеток, станция 76 дегазации, станция 80 загрузки стержневых ТВЭЛов и станция 82 сварки расположены в замкнутом пространстве 94 с контролируемой атмосферой.

Замкнутое пространство 94 с контролируемой атмосферой отделено от остальной части блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, а именно от области 72 приема таблеток, от области 84 проверки стержневых ТВЭЛов и от станции 79 для оболочек, включая устройство контроля пустоты и сушильное устройство.

Замкнутое пространство 94 с контролируемой атмосферой доступно для операторов через контролируемый вход 96 и контролируемый выход 98.

Как проиллюстрировано на фиг. 4, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов соединен с блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок ограниченным образом.

В настоящем изобретении подразумевается, что два блока, или здания, или модуля здания соединены «ограниченным образом», когда материал может перемещаться от одного блока к другому, из одного здания в другое здание или из одного модуля здания в другой модуль здания без перехода через внешнее окружающее пространство.

В данном случае блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов и блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок размещены бок о бок в одном и том же здании.

Как проиллюстрировано на фиг. 5, здание 60 включает в себя четыре модуля здания, включая первый модуль 62 здания и второй модуль 64 здания, в которых размещается блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, а также третий модуль 100 здания и четвертый модуль 102 здания, в которых размещается блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

Станция 82 сварки и область 84 проверки стержневых ТВЭЛов расположены в третьем модуле 100 здания, который находится рядом со вторым модулем 64 здания. Стержневые ТВЭЛы 4, изготовленные в блоке 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, таким образом, могут перемещаться напрямую от области 84 проверки стержневых ТВЭЛов к станции 24 вставления.

Область 72 приема таблеток, область 74 проверки таблеток и станция 80 загрузки стержневых ТВЭЛов расположены в четвертом модуле 102 здания.

В данном примере газоотводная станция 76 и/или станция 92 доработки расположены в четвертом модуле 102 здания.

Замкнутое пространство 94 с контролируемой атмосферой продолжается в четвертом модуле 102 здания, а также в третьем модуле 100 здания, чтобы вмещать в себя станцию 82 сварки. В данном случае третий и четвертый модули 100, 102 здания снабжены внутренними стенками для ограничения замкнутого пространства 94 с контролируемой атмосферой внутри третьего и четвертого модулей 100, 102 здания.

Предпочтительно, в общем случае, завод 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок содержит модули зданий, расположенные бок о бок и

выровненные в осевом направлении А, причем модули зданий содержат несколько производственных блоков, предназначенных для реализации соответствующих этапов изготовления ядерных тепловыделяющих сборок 2 (блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и т. д.), при этом каждый производственный блок размещается в одном или нескольких модулях зданий, предназначенных для этого производственного блока.

Производственные блоки завода 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок 20 могут включать в себя блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, и/или блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, а также блок для изготовления топливных таблеток, предназначенный для изготовления таблеток из порошка ядерного топлива, и/или блок для изготовления топливного порошка, предназначенный для преобразования исходного материала ядерного топлива в порошок ядерного топлива, например, для преобразования газообразного  $UF_6$  в порошок  $UO_2$ .

Как видно на фиг. 5 и 11, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит конвейеры для транспортировки стержневых ТВЭЛов 4 между станцией 79 для оболочек, станцией 82 сварки, областью 84 проверки стержневых ТВЭЛов и станцией 24 вставления.

В показанном примере блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит первую систему 104 транспортировки для транспортировки стержневых ТВЭЛов 4 в первом направлении и вторую систему 106 транспортировки для транспортировки стержневых ТВЭЛов 4 во втором направлении, образующем ненулевой угол с первым направлением. В данном случае второе направление перпендикулярно первому.

Блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит поворотную тележку 108 для перемещения стержневых ТВЭЛов 4 из первой системы 104 транспортировки во вторую систему 106 транспортировки. Предпочтительно, тележка управляется вручную.

Такая компоновка позволяет легко транспортировать стержневые ТВЭЛы 4 без чрезмерной автоматизации и с небольшой занимаемой площадью блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов и завода 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок в целом.

Вторая система 106 транспортировки выполнена с возможностью перемещения стержневых ТВЭЛов 4 из области 84 проверки стержневых ТВЭЛов на станцию 24 вставления. Кроме того, вторая система 106 транспортировки может использоваться как буферное хранилище для временного хранения стержневых ТВЭЛов 4 между областью 84 проверки стержневых ТВЭЛов и станцией 24 вставления. Такое хранение позволяет избежать дополнительных ручных операций.

В проиллюстрированном варианте осуществления изобретения первая система 104

транспортировки выполнена с возможностью транспортировки трубчатой оболочки от станции 79 для оболочек к станции 82 сварки и последовательного перемещения стержневых ТВЭЛов 4 от станции 82 сварки к станциям 90, 88, 91 проверки стержневых ТВЭЛов области 84 проверки стержневых ТВЭЛов, а вторая система 106 транспортировки выполнена с возможностью транспортировки стержневых ТВЭЛов 4 от поворотной тележки 108 к станции 24 вставления. Стержневые ТВЭЛы 4 могут быть перемещены вручную со станции окончательной проверки стержневых ТВЭЛов (здесь станция 91 окончательной проверки) к поворотной тележке 108.

Каждая система 104, 106 транспортировки содержит, например, один или более передаточных столов, причем каждый передаточный стол содержит слегка наклонный участок, благодаря чему каждая трубчатая оболочка или стержневой ТВЭЛ 4 может катиться по передаточному столу под действием силы тяжести.

Например, между каждой парой последовательных станций находится один передаточный стол для перемещения трубчатой оболочки или стержневого ТВЭЛа 4 от каждой станции к следующей.

Первое направление параллельно поперечному направлению Т, а второе направление параллельно осевому направлению А, в результате чего ядерный стержневой ТВЭЛ 4 транспортируется в направлении к блоку 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, точнее в направлении к станции 24 вставления.

В проиллюстрированном примере по меньшей мере одна станция проверки стержневых ТВЭЛов расположена рядом с первой системой 104 транспортировки, и/или станция проверки стержневых ТВЭЛов расположена в конце первой системы 104 транспортировки. Например, станция 91 окончательной проверки расположена в конце первой системы 104 транспортировки, а другая(ие) станция(ии) проверки стержневых ТВЭЛов расположена(ы) последовательно рядом с первой системой 104 транспортировки.

Предпочтительно, каждая станция проверки стержневых ТВЭЛов, расположенная рядом с первой системой 104 транспортировки, имеет свою собственную специальную систему транспортировки для перемещения стержневого ТВЭЛа 4 от первой системы 104 транспортировки на станцию проверки стержневых ТВЭЛов и возврата проверенного стержневого ТВЭЛа 4 в первую систему 104 транспортировки.

Размещение по меньшей мере одной станции проверки стержневых ТВЭЛов рядом с первой системой 104 транспортировки было выбрано для оптимизации занимаемой площади при сохранении хороших условий работы для операторов при производстве и техническом обслуживании.

В представленном случае станции 88, 90 проверки стержневых ТВЭЛов

расположены рядом с первой системой 104 транспортировки и распределены вдоль первой системы 104 транспортировки, в результате чего каждый из стержневых ТВЭЛов 4 транспортируется с выравниванием со станцией 90, 88 проверки стержневых ТВЭЛов, помещается на станцию 90, 88 проверки стержневых ТВЭЛов и перемещается обратно на первую систему 104 транспортировки для транспортировки с выравниванием со следующей станцией 90, 88 проверки стержневых ТВЭЛов или на станцию 91 окончательной проверки, расположенную в конце первой системы 104 транспортировки.

Как указано выше, способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки включает этап очистки ядерной тепловыделяющей сборки 2 и/или этап проверки ядерной тепловыделяющей сборки 2.

Этап очистки и/или этап проверки выполняется/выполняются путем расположения тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли.

Этап очистки, например, выполняется путем очистки обдувом, и/или очистки под высоким давлением, и/или промывки водой с пузырьками, и/или очистки щеткой, например ручной щеточной очистки.

Этап очистки и/или этап проверки включает(ют) проверку с визуальным осмотром тепловыделяющей сборки 2, расположенной вертикально, с помощью по меньшей мере одного лифта для подъема и/или спуска вдоль тепловыделяющей сборки 2.

Как проиллюстрировано на фиг. 12, станция 34 очистки предназначена для осуществления продувки сжатым воздухом.

Станция 34 очистки содержит телескопический кожух 110, выполненный с возможностью вмещения тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении.

Телескопический кожух 110 содержит трубчатые сегменты 112, телескопически установленные один на других в вертикальном направлении, чтобы иметь возможность перемещаться между втянутой конфигурацией и выдвинутой конфигурацией, в которой телескопический кожух 110 образует трубу для вмещения тепловыделяющей сборки 2. Телескопический кожух 110 втягивается и выдвигается в вертикальном направлении. Во втянутом положении трубчатые сегменты 112, например, втянуты вниз. Альтернативно, они втягиваются вверх.

Выдвижение телескопического кожуха 110 позволяет разместить тепловыделяющую сборку 2 в телескопическом кожухе 110 без необходимости поднимать тепловыделяющую сборку 2 на большую высоту. Выдвижение телескопического кожуха 110 позволяет закрывать тепловыделяющую сборку 2 для осуществления продувочной очистки, избегая разнесения стружки (образующейся при вставлении стержневых ТВЭЛов

4 в каркас б), выдуваемой из тепловыделяющей сборки 2 во время продувочной очистки.

С целью разворачивания телескопического кожуха 110 станция 34 очистки содержит, например, ползун 114, выполненный с возможностью перемещения по вертикали вдоль башни 116, при этом ползун 114 соединен с трубчатым сегментом 112 телескопического кожуха 110 и продувочным(и) соплом(ами).

Станция 34 очистки содержит, например, продувочные сопла 120 для продувки воздухом тепловыделяющей сборки 2.

Предпочтительно, продувочные сопла 120 прикреплены к трубчатому сегменту 112 телескопического кожуха 110, в результате чего продувочные сопла 120 перемещаются вдоль тепловыделяющей сборки 2 при закрытии телескопического кожуха 110. Следовательно, закрытие телескопического кожуха 110 и продувочная очистка могут выполняться одновременно.

Предпочтительно, станция 34 очистки предназначена для выполнения тестов вставления кластера регулирующих стержней (RCCA) и узла из глухих наконечников (ТРА).

С этой целью, как проиллюстрировано на фиг. 12, станция 34 очистки содержит подъемное приспособление 150, к которому подвешен имитирующий основной компонент 152, то есть RCCA или ТРА.

Подъемное приспособление 150 содержит в данном случае поворотный рычаг 154, который может поворачиваться вокруг вертикальной поворотной оси В, и подъемник, который может скользить вдоль поворотного рычага с целью расположения RCCA или ТРА над тепловыделяющей сборкой 2, принятой станцией 34 очистки, и опускания RCCA или ТРА в тепловыделяющую сборку 2, или удаления RCCA или ТРА. При этом RCCA или ТРА можно перемещать вверх и вниз, например, с помощью подъемника для подвешивания RCCA или ТРА к поворотному рычагу 154.

Как проиллюстрировано на фиг. 12, станция 34 очистки, необязательно, содержит лифт 118 для вертикального перемещения оператора вдоль тепловыделяющей сборки 2, размещенной на станции 34 очистки. Это позволяет оператору закрепить головку 10 перед тем, как освободить мостовой кран 32, для проведения испытаний RCCA и ТРА, для наблюдения за операцией очистки, и/или для выполнения общей проверки с помощью визуального осмотра тепловыделяющей сборки 2. Такой визуальный осмотр был бы невозможен с фиксированным кожухом вместо телескопического кожуха 110.

Как видно на фиг. 12, станция 36 проверки тепловыделяющих сборок выполнена с возможностью вмещения ядерной тепловыделяющей сборки 2 в вертикальном положении.

Станция 36 проверки тепловыделяющих сборок предназначена для выполнения

геометрических измерений тепловыделяющей сборки 2, которая помещена на станцию 36 проверки тепловыделяющих сборок. Геометрические измерения могут включать в себя измерение длины тепловыделяющей сборки 2, вертикальности тепловыделяющей сборки 2, расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4, расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4 и направляющими трубками 12, кручение дистанционирующих решеток 14 и головки 10 вокруг оси L сборки.

Как проиллюстрировано на фиг. 12, станция 36 проверки тепловыделяющих сборок содержит измерительный узел 160, содержащий инструменты, выполненные с возможностью выполнения геометрических измерений, при этом измерительный узел 160 может перемещаться вертикально вдоль тепловыделяющей сборки 2, помещенной на станцию 36 проверки тепловыделяющих сборок, например, для выполнения измерений по всей длине тепловыделяющей сборки 2.

Измерительный узел 160 содержит, например, опорную раму 162 кольцеобразной формы, которая при использовании устанавливается вокруг тепловыделяющей сборки 2 и перемещается вдоль тепловыделяющей сборки 2, при этом опорная рама 162 поддерживает инструменты, распределенные вокруг опорной рамы 162.

Инструменты могут содержать внешние датчики для контакта с внешними поверхностями тепловыделяющей сборки 2 и измерения внешних геометрических параметров (внешней оболочки, кручения, вертикальности ...), и/или внутренние датчики, выполненные с возможностью вставления между стержневыми ТВЭЛами 4 для измерения внутренних геометрических параметров (расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4, расстояния между стержневыми ТВЭЛами 4 и направляющими трубками 12 ...).

Станция 36 проверки тепловыделяющих сборок содержит лифт 164 для перемещения оператора по вертикали вдоль тепловыделяющей сборки 2, размещенной на станции 36 проверки тепловыделяющих сборок. Это позволяет оператору выполнять тщательную проверку путем визуального осмотра.

Необязательно, станция 36 проверки выполнена так, что тепловыделяющая сборка 2, помещенная на станцию 36 проверки, может вращаться вокруг своей вертикальной оси.

С этой целью станция 36 проверки, например, оборудована поворотной опорой 168, которая позволяет оператору вручную поворачивать тепловыделяющую сборку 2 вокруг ее вертикальной оси L. Это позволяет оператору проверять с помощью визуального осмотра каждую из четырех боковых поверхностей тепловыделяющей сборки 2.

Опорная рама 162 позволяет вращать тепловыделяющую сборку вокруг ее продольной оси L.

Поворотная опора 168 может быть заблокирована в определенном угловом положении во время геометрических измерений, выполняемых с помощью инструментов, поддерживаемых опорной рамой 162.

В одном варианте осуществления изобретения такая возможность поворота на станции 34 очистки не реализована. Лифт 118 на станции 34 очистки позволяет оператору выполнять проверку качества изготовления тепловыделяющей сборки 2, но не проверку путем тщательного визуального осмотра четырех боковых поверхностей тепловыделяющей сборки, как на станции 36 проверки. Лифт 118 станции 34 очистки необходим, в первую очередь, для того, чтобы позволить оператору закрепить головку перед тем, как освободить кран 32, и выполнить испытания с РССА (кластером регулирующих стержней) и ТРА (узлом из глухих наконечников). В соответствии с другим аспектом, изобретение относится к способу расширения завода по производству ядерной тепловыделяющей сборки 2, содержащей стержневые ТВЭЛы 4, расположенные в пучке, и каркас 6, поддерживающий стержневые ТВЭЛы 4, причем завод имеет блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию 24 вставки ядерных стержневых ТВЭЛов, предназначенную для вставки стержневых ТВЭЛов 4 в каркас 6, чтобы получить тепловыделяющую сборку 2, и упаковочную станцию 26, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки 2 в контейнер 28 для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки, при этом упомянутый способ включает этап строительства по меньшей мере одного дополнительного производственного блока и присоединения дополнительного производственного блока к блоку 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и дополнительный производственный блок строятся последовательно. Сначала строится блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, при этом он работает некоторое время (например, несколько месяцев или несколько лет), а затем строится дополнительный производственный блок.

В настоящем изобретении «присоединение» производственных блоков означает, что производственные блоки соединяются таким образом, чтобы вместе устанавливать границы ограниченной области для изготовления ядерных тепловыделяющих сборок. Перемещение материала между производственными блоками осуществляется в непрерывном замкнутом пространстве, в частности, без выхода наружу на открытый воздух.

Согласно одному аспекту изобретения, способ включает добавление дополнительного производственного блока, предназначенного для изготовления

компонентов, которые будут использоваться в существующем(их) производственном(ых) блоке(ах) завода, в частности компонентов, которые будут использоваться в блоке 22 для изготовления тепловыделяющих сборок. Эти компоненты должны быть изготовлены перед выполнением технологических операций, выполняемых на уже существующих производственных блоках, в частности в блоке 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Следовательно, при рассмотрении процесса изготовления ядерной тепловыделяющей сборки 2 завод расширяется в направлении выше по ходу процесса.

В частном варианте осуществления изобретения дополнительный производственный блок представляет собой блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, предназначенный для изготовления стержневых ТВЭЛов 4, начиная с таблеток. Эти стержневые ТВЭЛы 4, таким образом, могут использоваться на этапе вставления, выполняемом на станции 24 вставления блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Впоследствии могут быть предусмотрены дополнительные производственные блоки.

В одном варианте осуществления изобретения способ включает этап добавления блока для изготовления топливных таблеток, предназначенного для изготовления таблеток ядерного топлива на основе  $UO_2$ , и соединения блока для изготовления топливных таблеток с блоком 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

Способ может также включать этап добавления блока для изготовления топливного порошка, предназначенного для преобразования исходного материала ядерного топлива в порошок ядерного топлива, например преобразования газообразного  $UF_6$  в порошок  $UO_2$ , и соединение блока для изготовления топливного порошка с блоком для изготовления топливных таблеток.

В одном варианте осуществления изобретения способ включает этап добавления блока для изготовления каркаса, предназначенного для приема отдельных частей каркаса и сборки частей каркаса в каркас 6.

В одном варианте осуществления изобретения способ включает этап добавления блока для изготовления предварительно заглушенных трубчатых оболочек, предназначенного для изготовления трубчатых оболочек, имеющих одну пробку, приваренную к одному концу трубчатой оболочки. Такая предварительно заглушенная трубчатая оболочка может использоваться непосредственно на станции 80 загрузки стержневых ТВЭЛов.

Каждый дополнительный производственный блок может располагаться в том же

здании, что и существующий производственный блок, или может располагаться в новом здании, которое соединено со зданием(ями) существующего(их) производственного(ых) блока(ов).

В одном варианте осуществления изобретения блок для изготовления каркаса и/или блок для изготовления предварительно заглушенных трубчатых оболочек добавляется/добавляются к существующему заводу 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок, содержащему блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и/или блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, причем каждый из этих блоков находится в том же здании, что и блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, или в том же здании, что и блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

Например, каждый добавленный блок для изготовления каркаса и/или добавленный блок для изготовления предварительно заглушенной трубчатой оболочки может быть расположен на первом этаже блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и/или блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

В одном частном примере добавленный блок для изготовления каркаса расположен на первом этаже существующего блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, и/или добавленный блок для изготовления предварительно заглушенных трубчатых оболочек расположен на первом этаже существующего блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

В частном варианте осуществления изобретения, как проиллюстрировано на фиг. 13, способ включает последовательное построение блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, затем добавление блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов к существующему блоку 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, затем, необязательно, добавление блока 170 для изготовления топливных таблеток, а затем, необязательно, добавление блока 172 для изготовления топливного порошка. Каждое добавление выполняется после работы существующего(их) производственного(ых) блока(ов) в течение некоторого времени, обычно в течение нескольких месяцев или нескольких лет.

Согласно одному аспекту, способ содержит добавление дополнительного производственного блока, который представляет собой производственный блок того же самого типа, что и существующий производственный блок завода, то есть производственный блок, предназначенный для выполнения тех же самых производственных этапов.

В одном варианте осуществления изобретения дополнительный производственный блок представляет собой блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок,

добавленный к существующему блоку 22 для изготовления тепловыделяющих сборок для увеличения производственной мощности.

В одном варианте осуществления изобретения способ включает этап строительства дополнительного блока 170 для изготовления топливных таблеток, предназначенного для изготовления таблеток ядерного топлива на основе  $UO_2$ , и соединения дополнительного блока 170 для изготовления топливных таблеток с дополнительным блоком 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

Необязательно, способ включает этап строительства дополнительного блока 172 для изготовления топливного порошка, предназначенного для преобразования  $UF_6$  в  $UO_2$ , и соединения дополнительного блока для изготовления топливного порошка с дополнительным блоком 170 для изготовления топливных таблеток.

Способ расширения завода 20 по производству тепловыделяющих сборок позволяет избежать немедленных вложений в весь завод 20 по производству тепловыделяющих сборок, включающий в себя блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, и, таким образом, упрощает начальные инвестиции. Кроме того, это позволяет получить знания о процессе сборки тепловыделяющих сборок перед переходом к изготовлению стержневых ТВЭЛов, начиная с таблеток, что является более тонким процессом.

Предпочтительно, дополнительные производственные блоки (блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, блок 170 для изготовления топливных таблеток и блок 172 для изготовления топливного порошка) выровнены в осевом направлении А, а производственные блоки одного и того же типа (например, два блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок) располагаются бок о бок в поперечном направлении Т.

Кроме того, каждая пара производственных блоков одного и того же типа, предпочтительно, расположена симметрично относительно вертикальной средней плоскости S, расположенной между двумя производственными блоками, с точки зрения расположения их соответствующих станций. Вертикальная средняя плоскость S проходит вертикально и вдоль осевого направления А.

В примере, проиллюстрированном на фиг. 14 и 15, завод 20 по производству тепловыделяющих сборок содержит два блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и два блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов. Два блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок расположены бок о бок в поперечном направлении Т. Каждый блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов выровнен с соответствующим блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок в осевом

направлении А.

Производственные блоки расположены в виде матричной структуры  $2 \times 2$ .

Два блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок скомпонованы симметрично относительно вертикальной средней плоскости S с точки зрения расположения их соответствующих станций. Два блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов скомпонованы симметрично относительно вертикальной средней плоскости S с точки зрения расположения их соответствующих станций.

Согласно одному аспекту изобретения, например, для обеспечения возможности реализации способа расширения завода 20 по производству тепловыделяющих сборок, этот завод имеет модульную конструкцию.

Завод 20 по производству тепловыделяющих сборок предназначен, например, для последовательного добавления производственных блоков разных типов для выполнения различных этапов изготовления тепловыделяющей сборки 2 (блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок, блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, ...).

Завод 20 по производству тепловыделяющих сборок выполнен с возможностью соединения производственных блоков различных типов в осевом направлении А, в результате чего завод 20 по производству ядерных тепловыделяющих сборок может быть расширен посредством добавления дополнительных производственных блоков (блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, блока 170 для изготовления топливных таблеток и блока 172 для изготовления топливного порошка) в осевом направлении А.

Завод 20 по производству тепловыделяющих сборок, проиллюстрированный на фиг. 4 и 5, содержит блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов и может быть расширен посредством добавления блока для изготовления топливных таблеток и, необязательно, блока для изготовления топливного порошка.

Каждый производственный блок (блок для изготовления тепловыделяющих сборок, блок для изготовления стержневых ТВЭЛов, ...) включает в себя инженерные системы, каждая из которых выполнена с возможностью обеспечения функциональностей, необходимых для реализации способа и для работы завода.

Инженерная система каждого производственного блока может включать в себя одно или более из следующего: систему электроснабжения, компьютерную сеть, систему отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, систему подачи газа, сеть водоснабжения, сеть отработавшей воды, систему подачи сжатого воздуха, систему технологической вентиляции, систему наблюдения за воздушным загрязнением, систему сигнализации критичности, систему противопожарных секций и дверей, датчик пожарной

сигнализации и систему аварийной сигнализации.

Каждый производственный блок может содержать по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью взаимосвязи с соответствующей инженерной системой другого производственного блока, подключенной к упомянутому производственному блоку, и/или по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью работы независимо от соответствующей инженерной системы другого производственного блока, подключенной к упомянутому производственному блоку.

В одном примере осуществления изобретения по меньшей мере одна или каждая инженерная система каждого производственного блока изначально выполнена с возможностью взаимодействия с соответствующей инженерной системой расположенного выше по ходу процесса производственного блока, который потенциально может быть позже построен бок о бок с производственным блоком.

Кроме того, каждый производственный блок предназначен для взаимосвязи с дополнительным производственным блоком с установлением границ ограниченной области.

В качестве альтернативы по меньшей мере одна или каждая инженерная система каждого производственного блока независима от соответствующей инженерной системы каждого другого производственного блока. Это позволяет обеспечивать оптимизированные инженерные системы и, таким образом, ограничивает инвестиции в строительство производственного блока.

В частном варианте осуществления изобретения каждый производственный блок содержит по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью взаимодействия с соответствующей инженерной системой каждого другого производственного блока, и по меньшей мере одну инженерную систему, которая может быть независимой от соответствующей инженерной системы каждого другого производственного блока.

В таком случае инженерная система, выполненная с возможностью взаимодействия, представляет собой, например, систему аварийной сигнализации, которая может быть полезна для распространения сигнала тревоги на все производственные блоки, или компьютерную сеть, которая может быть полезна, например, для передачи информации между производственными блоками, например, для отслеживания компонента тепловыделяющей сборки во время изготовления этой сборки.

В примере, показанном на фиг. 4 и 5, блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов расположены бок о бок. Блок 22

для изготовления тепловыделяющих сборок выполнен так, что блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов может быть присоединен к одной из сторон блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Каждый блок из числа блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит инженерные системы.

При строительстве по отдельности каждая инженерная система блока 22 для изготовления тепловыделяющих сборок изначально выполнена с возможностью соединения с соответствующей инженерной системой блока 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, который потенциально может быть построен позже бок о бок с блоком 22 для изготовления тепловыделяющих сборок.

Кроме того, блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок взаимно соединен с блоком 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов в отношении пути перемещения стержневых ТВЭЛов 4.

Действительно, как видно на фиг. 5, заключительный этап производства ядерных стержневых ТВЭЛов выполняется в области 84 проверки стержневых ТВЭЛов, которая примыкает к станции 24 вставления. Таким образом, стержневые ТВЭЛы 4 могут быть легко перемещены из области 84 проверки стержневых ТВЭЛов к станции 24 вставления, в данном случае через вторую систему 106 транспортировки.

Предпочтительно, завод 20 по производству тепловыделяющих сборок, содержащий блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов, размещается в здании, состоящем из нескольких модулей здания, причем блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок и блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов размещаются в соответствующем(их) модуле(ях) здания.

Другими словами, блок 22 для изготовления тепловыделяющих сборок размещается в одном или нескольких модулях здания, которые отличаются от модулей здания, вмещающих блок 70 для изготовления стержневых ТВЭЛов.

В общем, предпочтительно, чтобы завод по производству ядерных тепловыделяющих сборок, содержащий первый производственный блок и второй производственный блок, отличающиеся один от другого и предназначенные для осуществления двух отдельных этапов, размещался в здании, состоящем из модулей здания, причем первый производственный блок размещается в одном или нескольких модулях здания, отличных от модулей здания, вмещающих второй производственный блок.

Это позволяет строить производственные блоки последовательно, например, со

строительством и эксплуатацией первого производственного блока перед добавлением второго производственного блока к заводу по производству тепловыделяющих сборок. Различные аспекты изобретения создают преимущества независимо друг от друга. Кроме того, особые специальные признаки станций производственного блока также создают преимущества независимо от способа изготовления и завода.

Например, специальные признаки области проверки таблеток, станции дегазации, станции загрузки стержневых ТВЭЛов, станции сварки, области проверки стержневых ТВЭЛов, станции очистки тепловыделяющих сборок и/или станции проверки тепловыделяющих сборок являются предпочтительными по отдельности или в комбинации. Следовательно, изобретение в общем относится к станции проверки тепловыделяющих сборок, предназначенной для проверки тепловыделяющей сборки, расположенной в вертикальном положении, и/или содержащей лифт для оператора.

Кроме того, изобретение также в общем относится к станции очистки тепловыделяющих сборок, предназначенной для проверки тепловыделяющей сборки, расположенной в вертикальном положении, и/или содержащей лифт для оператора, и/или содержащей телескопический кожух.

Вместе с тем, изобретение в общем относится к узлу для транспортировки стержневых ТВЭЛов, содержащему первую систему транспортировки для стержневых ТВЭЛов, проходящую в первом направлении, вторую систему транспортировки для стержневых ТВЭЛов, проходящую во втором направлении, образующем ненулевой угол с первым направлением, и поворотную тележку для перемещения стержневых ТВЭЛов из первой системы транспортировки во вторую систему транспортировки.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки (2), содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4), причем способ включает этапы вставления стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2) и упаковки тепловыделяющей сборки (2) с целью транспортировки, при этом этапы выполняют на одном и том же заводе (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок,

причем этапы вставления стержневых ТВЭЛов (4) и упаковки тепловыделяющей сборки (2) осуществляют в блоке (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, выполненном с возможностью добавления к нему блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов бок о бок с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, так что стержневые ТВЭЛы (4), изготовленные в блоке (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов, могут быть перемещены непосредственно из области (84) проверки стержневых ТВЭЛов блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов на станцию (24) вставления стержневых ТВЭЛов блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

2. Способ по п. 1, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, выполнен с возможностью добавления к нему блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов в одном и том же здании.

3. Способ по п. 1 или 2, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок размещен в модуле (64) здания и выполнен с возможностью добавления к нему блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов в другом модуле (100) здания.

4. Способ по любому из пп. 1–3, в котором стержневые ТВЭЛы (4) принимают упакованными по меньшей мере в контейнер (28) для тепловыделяющей сборки, причем способ включает использование контейнера (28) для тепловыделяющей сборки для упаковки ядерной тепловыделяющей сборки (2), полученной путем выполнения этапа вставления.

5. Способ по любому из пп. 1–4, который включает эксплуатацию блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок с приемом стержневых ТВЭЛов (4), транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, отделенного неограниченной областью от завода (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок, причем эти стержневые ТВЭЛы (4) используют во время этапа вставления.

6. Способ по любому из пп. 1–5, который включает эксплуатацию блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок в течение некоторого времени до добавления блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов.

7. Способ по любому из пп. 1–6, который включает прием таблеток (128) ядерного

топлива, транспортируемых с завода по производству таблеток ядерного топлива, отделенного неограниченной областью от завода (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок, причем эти таблетки (128) используют на этапе изготовления стержневых ТВЭЛов в блоке (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов.

8. Способ по п. 7, в котором этап изготовления стержневых ТВЭЛов включает размещение таблеток (128) на лотках (132) для таблеток, вставление лотков (132) для таблеток в печь (78) для дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения из таблеток (128), загрузку таблеток (128) из лотков (132) для таблеток в трубчатую оболочку на станции (80) загрузки стержневых ТВЭЛов, вставление пружины в трубчатую оболочку, заполнение трубчатой оболочки газообразным гелием и/или приваривание заглушек на концах трубчатых оболочек для закрытия стержневых ТВЭЛов (4).

9. Способ по п. 7 или 8, который включает перемещение таблеток с листов (124) для транспортировки таблеток на лотки (132) для таблеток, причем каждый лист (124) для транспортировки таблеток имеет параллельные впадины (126), выполненные с возможностью приема столбиков (130) из таблеток, при этом перемещение таблеток (128) с листа (124) для транспортировки таблеток на лоток (132) для таблеток включает:

- размещение лотка (132) для таблеток бок о бок с листом (124) для транспортировки таблеток таким образом, чтобы впадины (126) транспортировочного листа (124) для таблеток были выровнены с пролетами лотка (132) для таблеток, и продвижение посредством скольжения каждого столбика (130) из таблеток, расположенного на листе (124) для транспортировки таблеток, в пролет лотка (132) для таблеток и/или

- расположение лотка (132) для таблеток вверх дном на листе (124) для транспортировки таблеток так, чтобы каждый столбик (130) из таблеток входил в соответствующий пролет лотка (132) для таблеток, а затем переворачивание конструкции, состоящей из листа (124) для транспортировки таблеток и лотка (132) для таблеток, вверх дном таким образом, чтобы лоток (132) для таблеток находился внизу, а лист (124) для транспортировки таблеток находился сверху, и удаление листа (124) для транспортировки таблеток.

10. Способ по любому из пп. 7–9, который включает перемещение таблеток с листа (124) для транспортировки таблеток на лоток (132) для таблеток, а затем переворачивание таблеток верхней стороной вниз между двумя поддонами (132) для таблеток.

11. Способ по любому из пп. 7–10, в котором каждый лист (124) для транспортировки таблеток представляет собой металлический гофрированный лист,

содержащий выступы, чередующиеся с впадинами (126), и/или каждый лоток (132) для таблеток имеет параллельные стержни (134), образующие между собой пролеты, выполненные с возможностью приема таблеток (128), расположенных в столбиках (130) из таблеток.

12. Способ по любому из пп. 7–11, в котором лотки (132) для таблеток выполнены так, чтобы их можно было штабелировать, и/или предназначены для хранения таблеток (128), и/или для помещения таблеток (128) в печь (78) для дегазации, и/или для загрузки таблеток (128) в трубчатые оболочки.

13. Способ по любому из пп. 7–12, в котором таблетки (128) оставляют на лотках (132) для таблеток от проверки до загрузки в трубчатые оболочки.

14. Способ по любому из пп. 7–13, в котором блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит подвижные хранилища (140) для таблеток, при этом каждое хранилище (140) предназначено для хранения лотков (132) для таблеток и является подвижным, чтобы обеспечивать возможность перемещения лотков (132) для таблеток.

15. Способ по любому из пп. 7–14, в котором этап приваривания заглушек каждого стержневого ТВЭЛа (4) выполняют с помощью единственной станции (82) сварки путем подачи первого конца трубчатой оболочки на станцию (82) сварки, приваривания первой заглушки к первому концу, подачи второго конца трубчатой оболочки к станции (82) сварки и приваривания второй заглушки ко второму концу.

16. Способ по любому из пп. 1–15, который включает этап очистки тепловыделяющей сборки (2) и/или этап проверки тепловыделяющей сборки (2).

17. Способ по п. 16, в котором этап очистки и/или этап проверки выполняют путем расположения тепловыделяющей сборки (2) в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли.

18. Способ по п. 16 или 17, в котором этап очистки выполняют путем очистки продувкой воздухом, и/или очистки под высоким давлением, и/или промывки водой с пузырьками, и/или очистки щеткой.

19. Способ по любому из пп. 16–18, в котором этап проверки включает визуальную проверку тепловыделяющей сборки (2), расположенной вертикально, с помощью по меньшей мере одного лифта (118, 164) для подъема и/или опускания оператора вдоль тепловыделяющей сборки (2).

20. Завод, предназначенный для производства ядерной тепловыделяющей сборки (2), содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4), при этом завод содержит блок (22) для

изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию (24) вставки, предназначенную для вставки стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2), и станцию (26) упаковки, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки (2) в контейнер (28) для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки,

причем блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок выполнен с возможностью добавления к нему блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов блок с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, так что стержневые ТВЭЛы (4), изготовленные в блоке (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов, могут быть перемещены из области (84) проверки стержневых ТВЭЛов блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов на станцию (24) вставки стержневых ТВЭЛов блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

21. Завод по п. 20, в котором станция (24) вставки и станция (26) упаковки расположены в одном и том же здании (60) и/или в одном и том же сборочном цехе (30), снабженном краном (32), выполненным с возможностью перемещения тепловыделяющей сборки (2) между станцией (24) вставки и станцией (26) упаковки.

22. Завод по п. 20 или 21, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок содержит станцию (34) очистки, предназначенную для очистки тепловыделяющей сборки (2), и/или станцию (36) проверки тепловыделяющих сборок, предназначенную для проверки тепловыделяющей сборки (2).

23. Завод по п. 22, в котором станция (34) очистки и/или станция (36) проверки тепловыделяющих сборок предназначены/предназначена для очистки и/или проверки тепловыделяющей сборки (2) в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли.

24. Завод по п. 22 или 23, в котором станция (34) очистки и/или станция (36) проверки тепловыделяющих сборок содержат(ит) телескопический кожух (110), выполненный с возможностью перехода между убранном состоянии для загрузки тепловыделяющей сборки (2) в станцию (34, 36) и выдвинутым состоянием для ограждения тепловыделяющей сборки (2), загруженной в станцию (34, 36).

25. Завод по любому из пп. 20–24, в котором станция (34) очистки и/или станция (36) проверки тепловыделяющих сборок содержат(ит) по меньшей мере один лифт (118, 164) для перемещения оператора в вертикальном направлении вдоль ядерной тепловыделяющей сборки (2), расположенной вертикально, например, для выполнения визуальной проверки.

26. Завод по любому из пп. 20–25, который дополнительно содержит блок (70) для

изготовления стержневых ТВЭЛов, расположенный бок о бок с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, при этом блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит область (72) приема таблеток, предназначенную для приема таблеток (128) ядерного топлива, область (74) проверки таблеток, предназначенную для проверки таблеток (128), станцию (76) дегазации, содержащую по меньшей мере одну печь (78) для дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения таблеток (128), станцию (79) для оболочек, предназначенную для приема трубчатых оболочек и проверки принятых трубчатых оболочек, станцию (80) загрузки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для загрузки таблеток (128) в трубчатую оболочку, станцию (82) сварки, предназначенную для приваривания заглушек к концам трубчатой оболочки для формирования стержневого ТВЭЛа (4), и/или по меньшей мере одну станцию (90, 88, 91) проверки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для проверки стержневого ТВЭЛа (4).

27. Завод по п. 26, в котором блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов соединен с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок ограниченным образом.

28. Завод по п. 26 или 27, который содержит вторую систему (106) транспортировки, в частности передаточный стол, для транспортировки стержневых ТВЭЛов (4) из области (84) проверки стержневых ТВЭЛов блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов на станцию (24) вставления блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

29. Завод по любому из пп. 26–28, который содержит станцию (82) сварки и по меньшей мере одну станцию (88, 90, 91) проверки стержневых ТВЭЛов, при этом завод дополнительно содержит первую систему (104) транспортировки, выполненную с возможностью транспортировки стержневых ТВЭЛов (4) на по меньшей мере одну станцию (90, 88, 91) проверки стержневых ТВЭЛов, вторую систему (106) транспортировки для транспортировки стержневых ТВЭЛов (4) от последней станции (91) проверки к станции (24) вставления, при этом первая система (104) транспортировки проходит вдоль первого направления, а вторая система (106) транспортировки проходит во втором направлении, образующем ненулевой угол с первым направлением (Т), и поворотную тележку (108), выполненную с возможностью перемещения стержневых ТВЭЛов (4) из первой системы (104) транспортировки во вторую систему (106) транспортировки с поворотом стержневых ТВЭЛов (4).

30. Завод по любому из пп. 26–28, в котором область (72) приема таблеток предназначена для распаковки транспортировочных листов (124) для таблеток из

контейнеров (86) для таблеток и перемещения таблеток с транспортировочных листов (124) для таблеток на лотки (132) для таблеток и визуальной проверки ядерных таблеток.

31. Завод по п. 30, в котором перемещение таблеток с листов (124) для транспортировки таблеток на лотки (132) для таблеток включает:

- размещение лотка (132) для таблеток бок о бок с листом (124) для транспортировки таблеток таким образом, чтобы впадины (126) транспортировочного листа (124) для таблеток были выровнены с пролетами лотка (132) для таблеток, и продвижение посредством скольжения каждого столбика (130) из таблеток, расположенного на листе (124) для транспортировки таблеток, в пролет лотка (132) для таблеток и/или

- расположение лотка (132) для таблеток вверх дном на листе (124) для транспортировки таблеток так, чтобы каждый столбик (130) из таблеток входил в соответствующий пролет лотка (132) для таблеток, а затем переворачивание конструкции, состоящей из листа (124) для транспортировки таблеток и лотка (132) для таблеток, вверх дном таким образом, чтобы лоток (132) для таблеток находился внизу, а лист (124) для транспортировки таблеток находился сверху, и удаление листа (124) для транспортировки таблеток.

32. Завод по п. 30 или 31, который предназначен для перемещения таблеток с листа (124) для транспортировки таблеток на лоток (132) для таблеток, а затем переворачивания таблеток верхней стороной вниз между двумя поддонами (132) для таблеток.

33. Завод по любому из пп. 30–32, в котором каждый лист (124) для транспортировки таблеток представляет собой металлический гофрированный лист, содержащий выступы, чередующиеся с впадинами (126), и/или каждый лоток (132) для таблеток имеет параллельные стержни (134), образующие между собой пролеты, выполненные с возможностью приема таблеток (128), расположенных в столбиках (130) из таблеток.

34. Завод по любому из пп. 30–33, в котором лотки (132) для таблеток выполнены так, чтобы их можно было штабелировать, и/или предназначены для хранения таблеток (128), и/или для помещения таблеток (128) в печь (78) для дегазации, и/или для загрузки таблеток (128) в трубчатые оболочки.

35. Завод по любому из пп. 30–34, в котором таблетки (128) остаются на лотках (132) для таблеток от проверки до загрузки в трубчатые оболочки.

36. Завод по любому из пп. 30–35, в котором блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит подвижные хранилища (140) для таблеток, при этом каждое хранилище (140) предназначено для хранения лотков (132) для таблеток и

является подвижным, чтобы обеспечивать возможность перемещения лотков (132) для таблеток.

37. Завод по любому из пп. 26–36, который содержит единственную станцию (82) сварки, предназначенную для подачи на нее первого конца трубчатой оболочки и приваривания первой заглушки к первому концу, при этом станция (82) сварки предназначена для подачи на нее второго конца трубчатой оболочки и приваривания второй заглушки ко второму концу.

38. Завод по любому из пп. 20–37, который размещен в здании (60), состоящем из модулей здания, причем блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок размещен в одном модуле здания или в нескольких модулях здания, а блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов размещен в одном из нескольких модулей здания, отличных от модуля(ей), в котором(ых) размещен блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

39. Завод по любому из пп. 20–38, который содержит логистическую область (46), предназначенную для отгрузки тепловыделяющих сборок (2), изготовленных на заводе, для приема частей каркаса, подлежащих сборке для получения каркасов (6), и/или для приема стержневых ТВЭЛов (4).

40. Завод по любому из пп. 20–39, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок содержит по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью соединения с соответствующей инженерной системой упомянутого другого производственного блока, соединенного с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

41. Завод по любому из пп. 20–40, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок содержит по меньшей мере одну инженерную систему, выполненную с возможностью работы независимо от соответствующей инженерной системы другого производственного блока, соединенного с блоком (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

42. Способ расширения завода по производству ядерных тепловыделяющих сборок (2), содержащих ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4), при этом завод имеет блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию (24) вставки, предназначенную для вставки стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2), и станцию (26) упаковки, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки (2) в контейнер (28) для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки,

при этом указанный способ включает этап добавления блока для изготовления стержневых ТВЭЛов с присоединением блока для изготовления стержневых ТВЭЛов к блоку (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, предпочтительно ограниченным образом, причем блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов предназначен для изготовления стержневых ТВЭЛов (4), начиная от таблеток, при этом стержневые ТВЭЛы (4) предназначены для использования на станции (24) вставления,

причем блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок и блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов располагают бок о бок, так что стержневые ТВЭЛы (4), изготовленные в блоке (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов, перемещают непосредственно из области (84) проверки стержневых ТВЭЛов блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов на станцию (24) вставления стержневых ТВЭЛов блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

43. Способ по п. 42, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок эксплуатируют с использованием стержневых ТВЭЛов (4), транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, отделенного неограниченной областью от завода (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок.

44. Способ по п. 42 или 43, в котором этап добавления блока (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов осуществляют после эксплуатации блока (22) для изготовления тепловыделяющих сборок в течение некоторого времени.

45. Способ по любому из пп. 40–42, в котором стержневые ТВЭЛы (4) перемещают напрямую от области (84) проверки стержневых ТВЭЛов к станции (24) вставления без выхода наружу.

46. Способ по любому из пп. 42–45, в котором блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов и блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок расположены бок о бок в одном и том же здании и/или в модулях (100, 64) здания.

47. Завод по любому из пп. 42–46, в котором блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит область (72) приема таблеток, предназначенную для приема таблеток (128) ядерного топлива, область (74) проверки таблеток, предназначенную для проверки таблеток (128), станцию (76) дегазации, содержащую по меньшей мере одну печь (78) для дегазации, предназначенную для удаления потенциального водородного загрязнения таблеток (128), станцию (79) для оболочек, предназначенную для приема трубчатых оболочек и проверки принятых трубчатых оболочек, станцию (80) загрузки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для загрузки таблеток (128) в трубчатую оболочку, станцию (82) сварки, предназначенную для приваривания заглушек к концам трубчатой оболочки для формирования стержневого

ТВЭЛа (4), и/или по меньшей мере одну станцию (90, 88, 91) проверки стержневых ТВЭЛов, предназначенную для проверки стержневого ТВЭЛа (4).

48. Завод по любому из пп. 42–47, в котором блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок содержит станцию (34) очистки, предназначенную для очистки тепловыделяющей сборки (2), и/или станцию (36) проверки тепловыделяющих сборок, предназначенную для проверки тепловыделяющей сборки (2), при этом станция (34) очистки и/или станция (36) проверки тепловыделяющих сборок предназначены/предназначена для очистки и/или проверки тепловыделяющей сборки (2) в вертикальном положении и/или по существу на уровне земли, и/или станция (34) очистки и/или станция (36) проверки тепловыделяющих сборок содержат(ит) по меньшей мере один лифт (118, 164) для перемещения оператора в вертикальном направлении вдоль ядерной тепловыделяющей сборки (2), расположенной вертикально, например, для выполнения визуальной проверки.

49. Способ по любому из пп. 42–48, который включает этап строительства блока (170) для изготовления топливных таблеток, предназначенного для изготовления таблеток (128) ядерного топлива на основе  $UO_2$ , и соединения блока (170) для изготовления топливных таблеток с блоком (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов.

50. Способ по любому из пп. 42–49, который включает этап строительства блока (172) для изготовления топливного порошка, предназначенного для преобразования  $UF_6$  в  $UO_2$ , и соединения блока (172) для изготовления топливного порошка с блоком (170) для изготовления топливных таблеток.

51. Способ по любому из пп. 42–50, который включает этап строительства дополнительного производственного блока, который представляет собой другой блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, для увеличения производственной мощности.

52. Способ по п. 51, который включает этап строительства дополнительного блока (170) для изготовления топливных таблеток, предназначенного для изготовления таблеток (128) ядерного топлива на основе  $UO_2$ , и присоединения дополнительного блока (170) для изготовления топливных таблеток к дополнительному блоку (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов.

53. Способ по п. 52, который включает этап строительства дополнительного блока (172) для изготовления топливного порошка, предназначенного для преобразования  $UF_6$  в  $UO_2$ , и присоединения дополнительного блока (172) для изготовления топливного порошка к дополнительному блоку (170) для изготовления топливных таблеток.

54. Способ изготовления ядерной тепловыделяющей сборки (2), содержащей

ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4), причем способ осуществляют на заводе (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок, содержащем блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок и блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов, при этом способ включает:

- прием стержневых ТВЭЛов (4), транспортируемых с завода по производству ядерных стержневых ТВЭЛов, отделенного неограниченной областью от завода (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок,

- прием таблеток (128) ядерного топлива, транспортируемых с завода по производству таблеток ядерного топлива, отделенного неограниченной областью от завода (20) по производству ядерных тепловыделяющих сборок, причем эти таблетки (128) используют для изготовления стержневых ТВЭЛов в блоке (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов,

- вставку стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2) и упаковку тепловыделяющей сборки (2) с целью транспортировки, причем эти этапы выполняют в блоке (22) для изготовления тепловыделяющих сборок.

55. Завод, предназначенный для производства ядерной тепловыделяющей сборки (2), содержащей ядерные стержневые ТВЭЛы (4), расположенные в пучке, и каркас (6), поддерживающий стержневые ТВЭЛы (4), при этом завод содержит

- логистическую область (46), предназначенную для отгрузки тепловыделяющих сборок (2), изготовленных на заводе, и для приема стержневых ТВЭЛов (4),

- блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов, предназначенную для изготовления стержневых ТВЭЛов (4) с использованием таблеток (128), при этом блок (70) для изготовления стержневых ТВЭЛов содержит область (72) приема таблеток, предназначенную для приема таблеток (128) ядерного топлива,

- блок (22) для изготовления тепловыделяющих сборок, содержащий станцию (24) вставки, предназначенную для вставки стержневых ТВЭЛов (4) в каркас (6) для получения тепловыделяющей сборки (2), и

- станцию (26) упаковки, предназначенную для упаковки тепловыделяющей сборки (2) в контейнер (28) для тепловыделяющей сборки с целью транспортировки.



T A

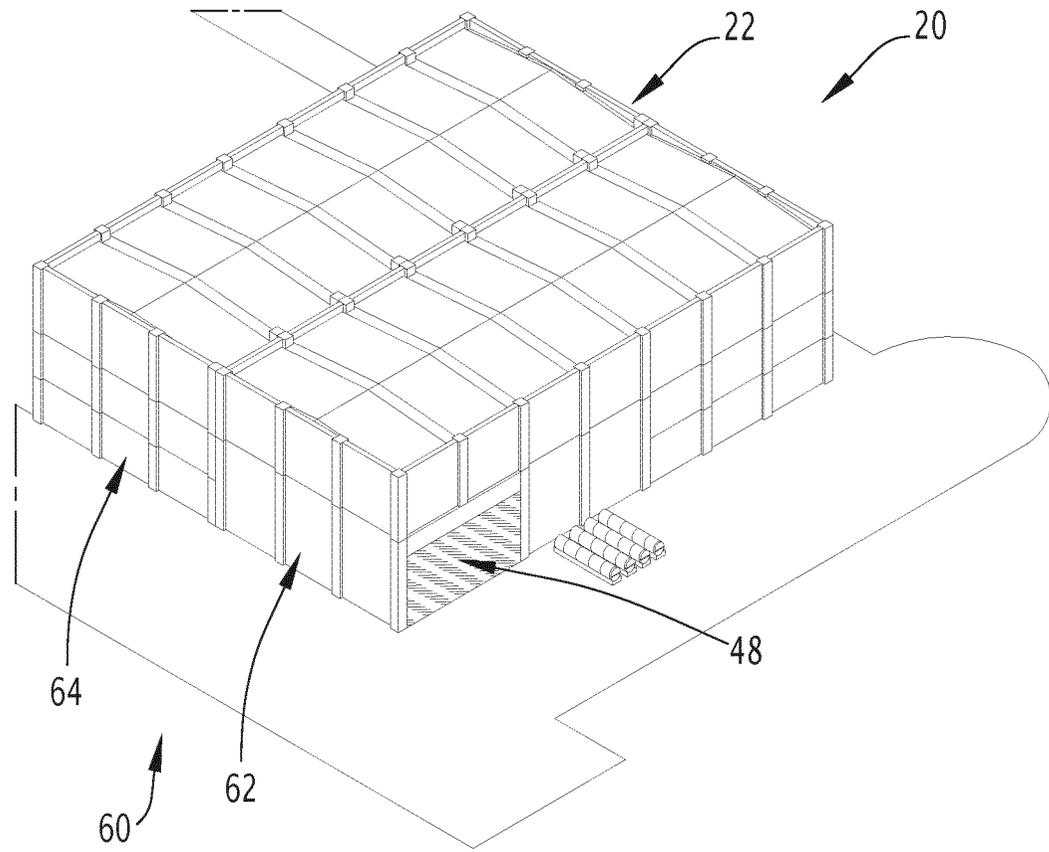
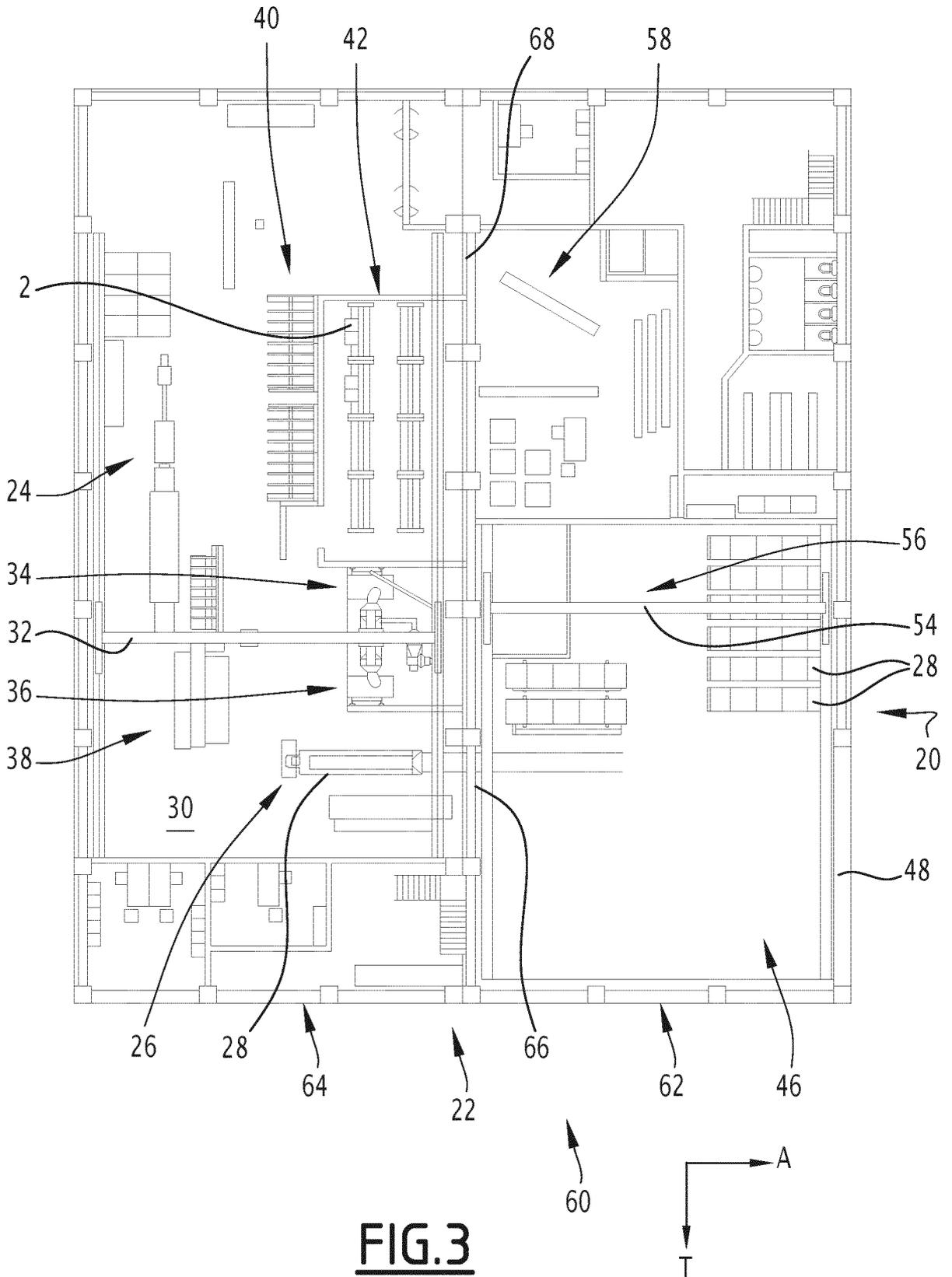
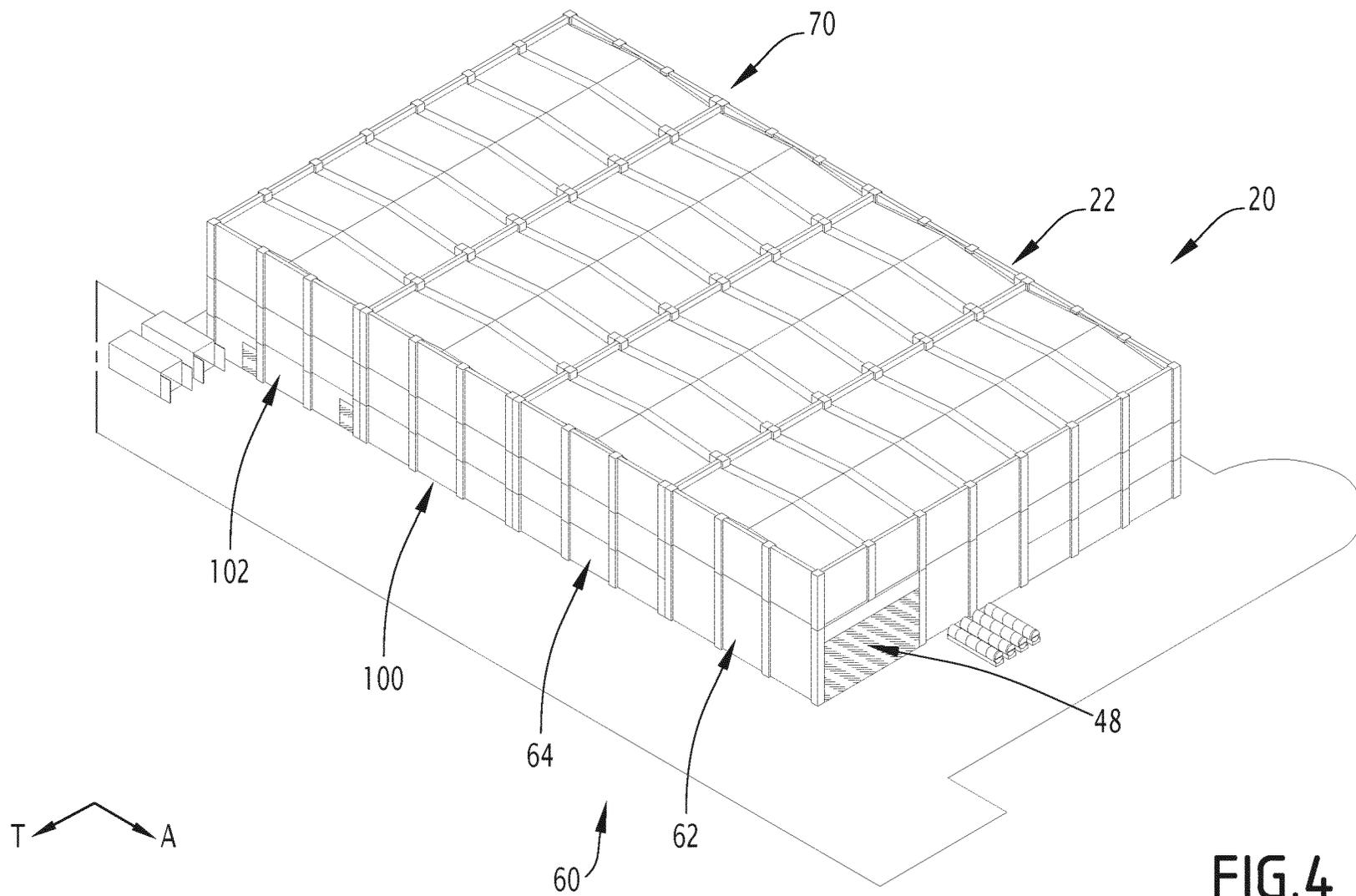


FIG.2

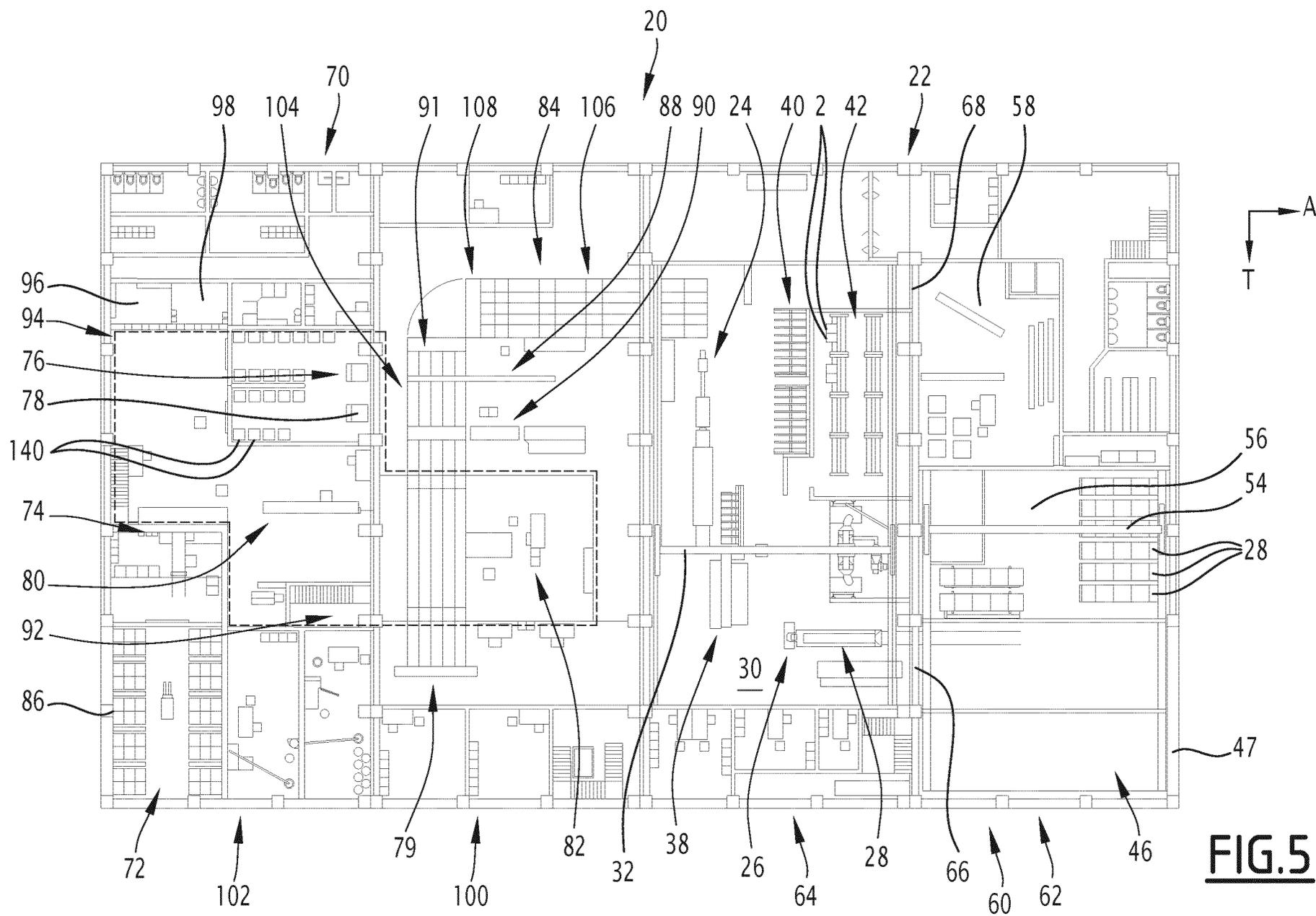


**FIG. 3**



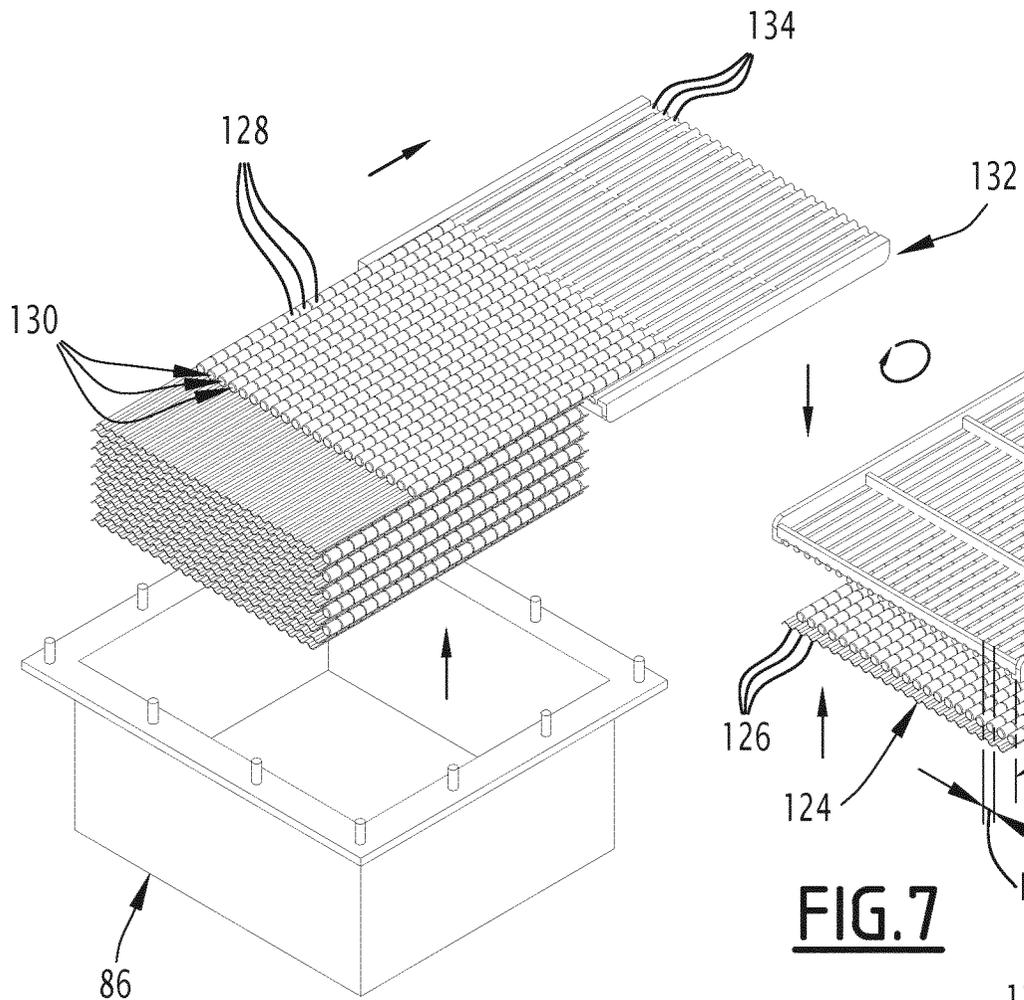
4/12

**FIG.4**

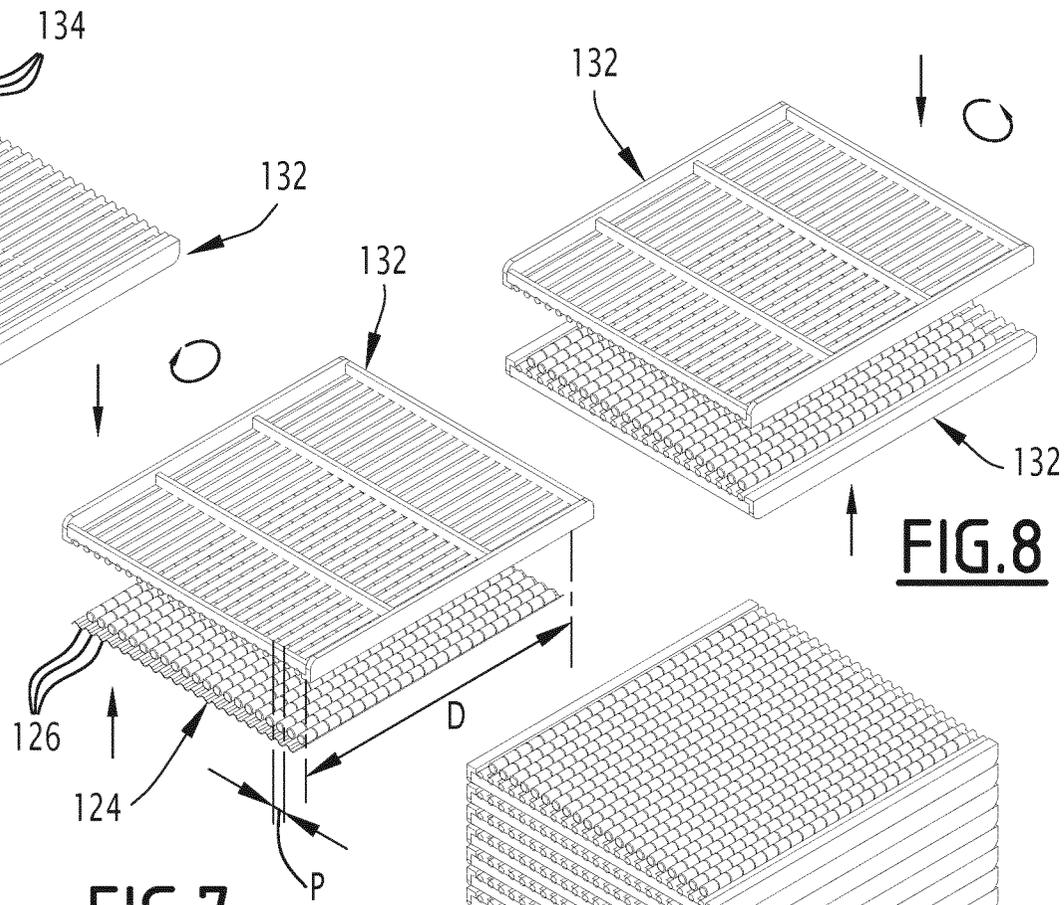


5/12

**FIG. 5**

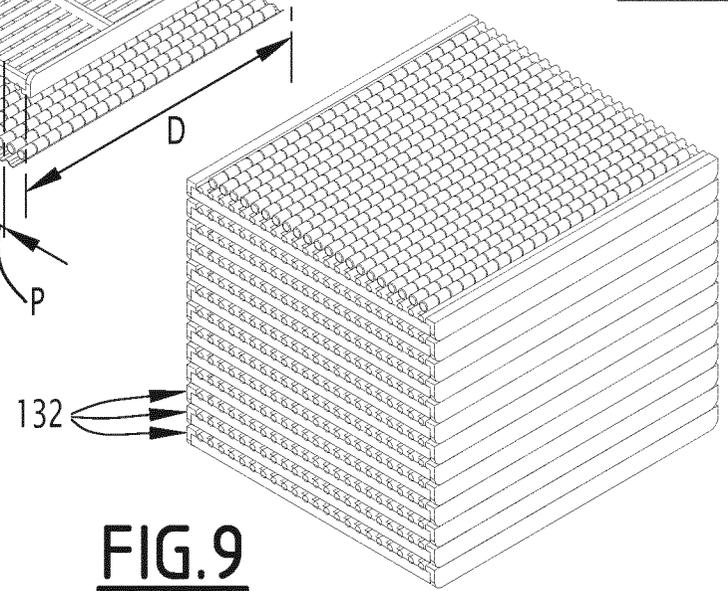


**FIG. 6**

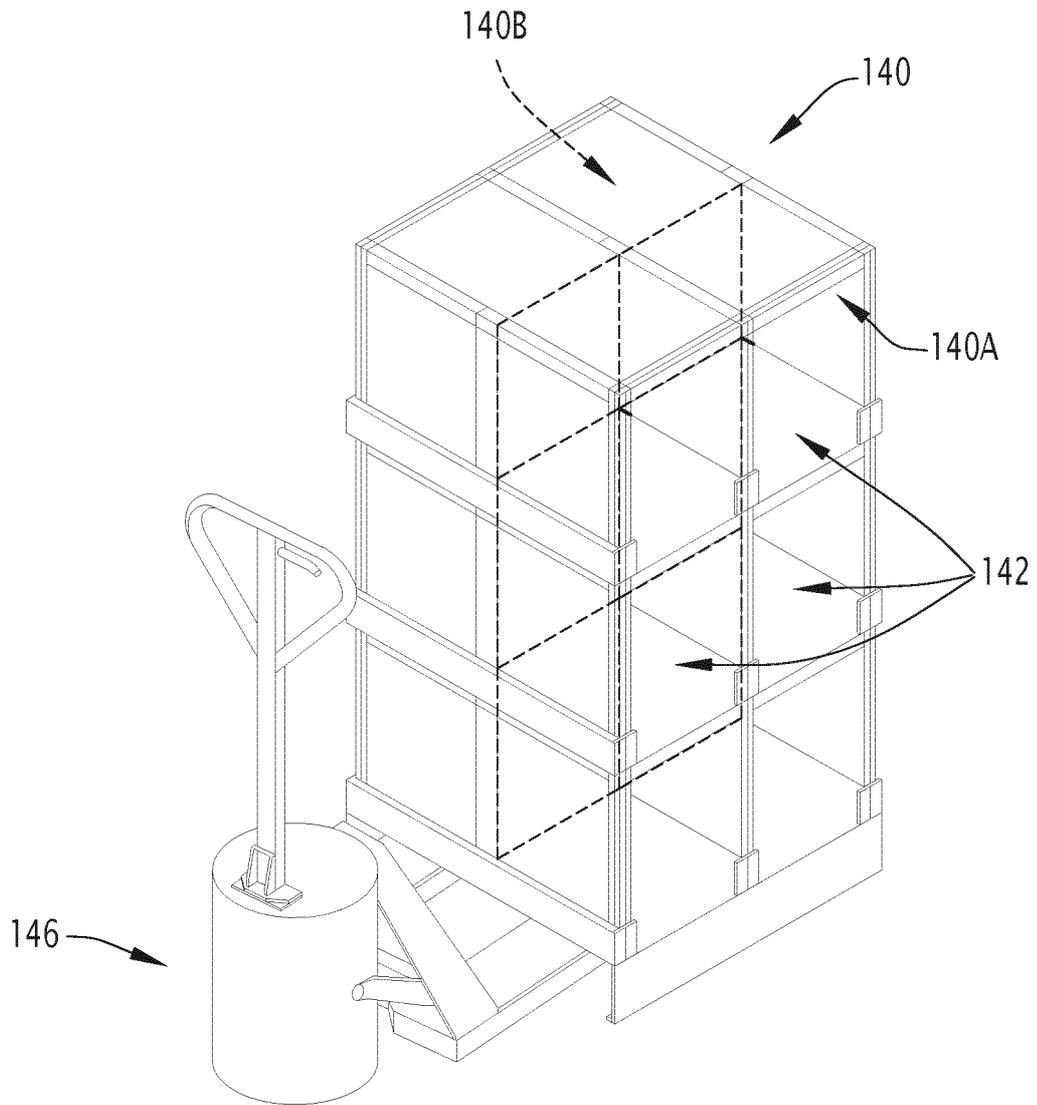


**FIG. 7**

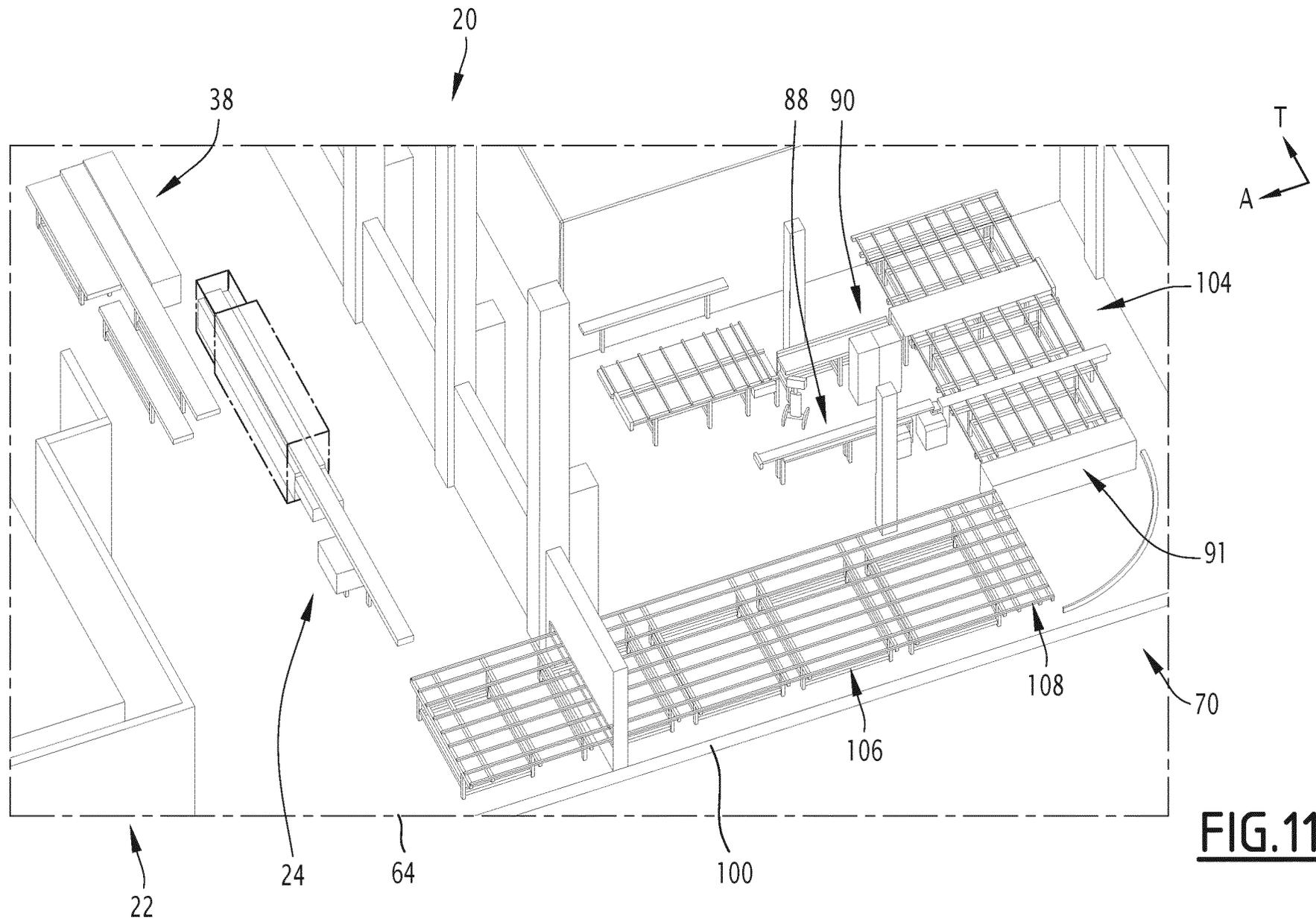
**FIG. 8**



**FIG. 9**

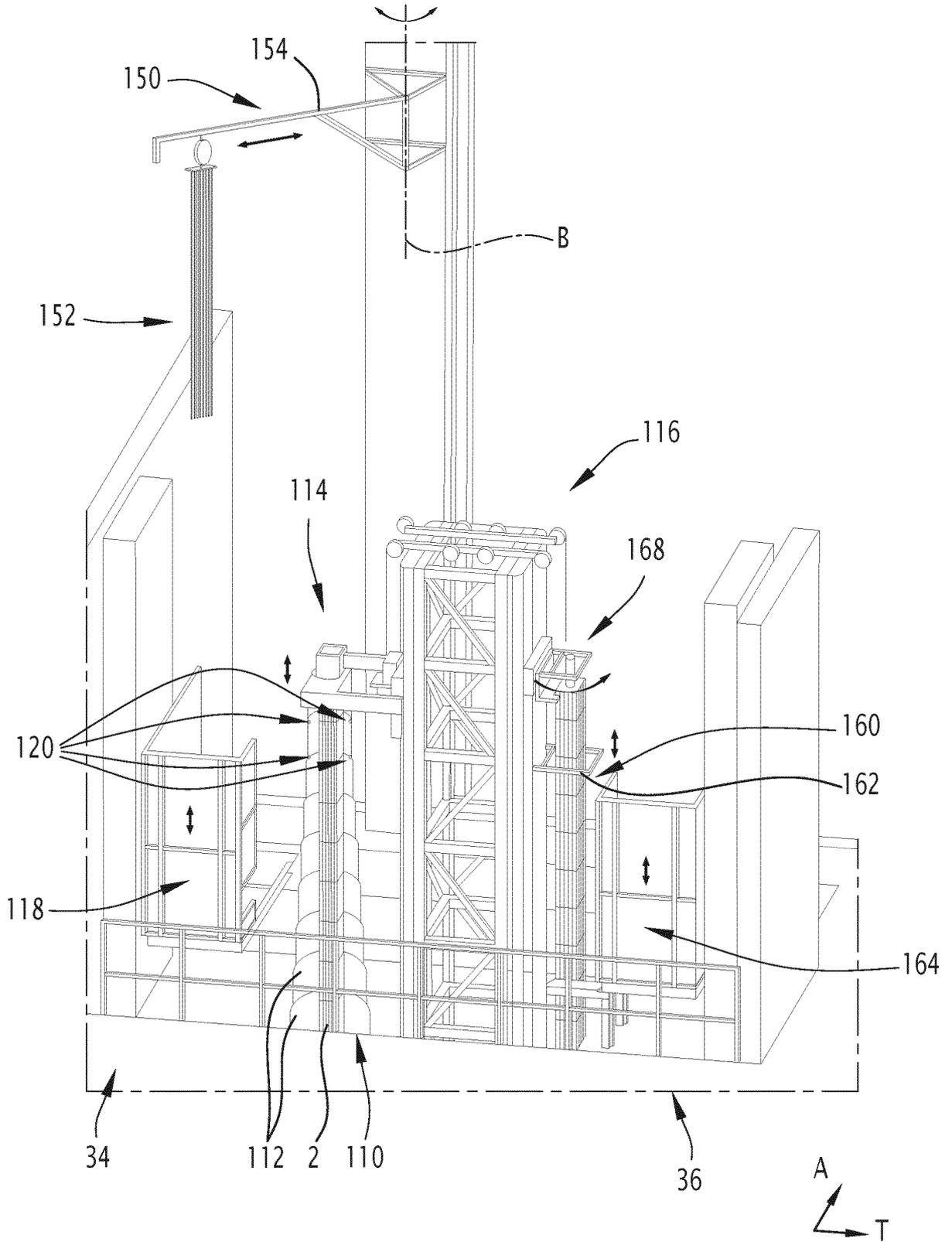


**FIG.10**

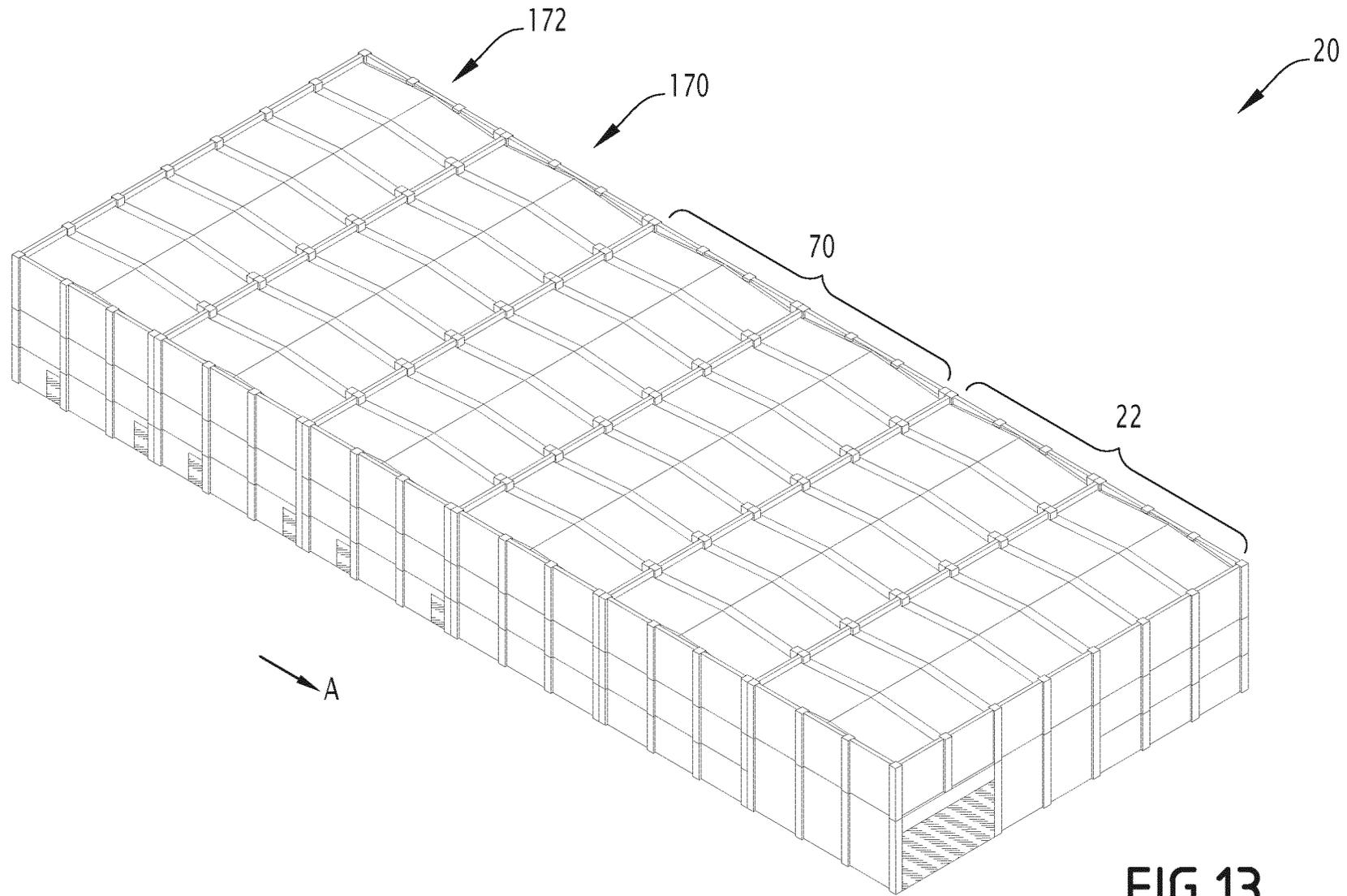


8/12

**FIG. 11**

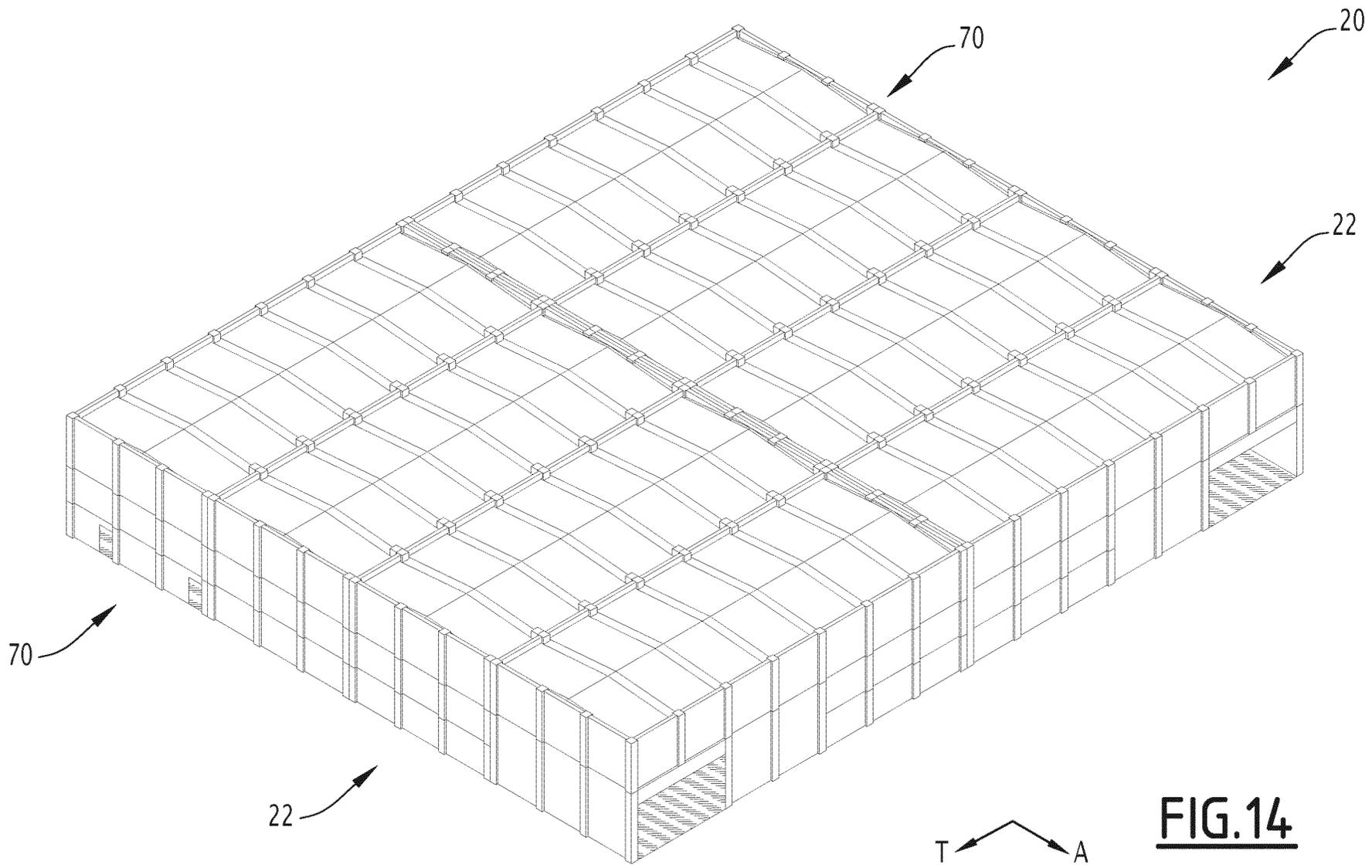


**FIG.12**



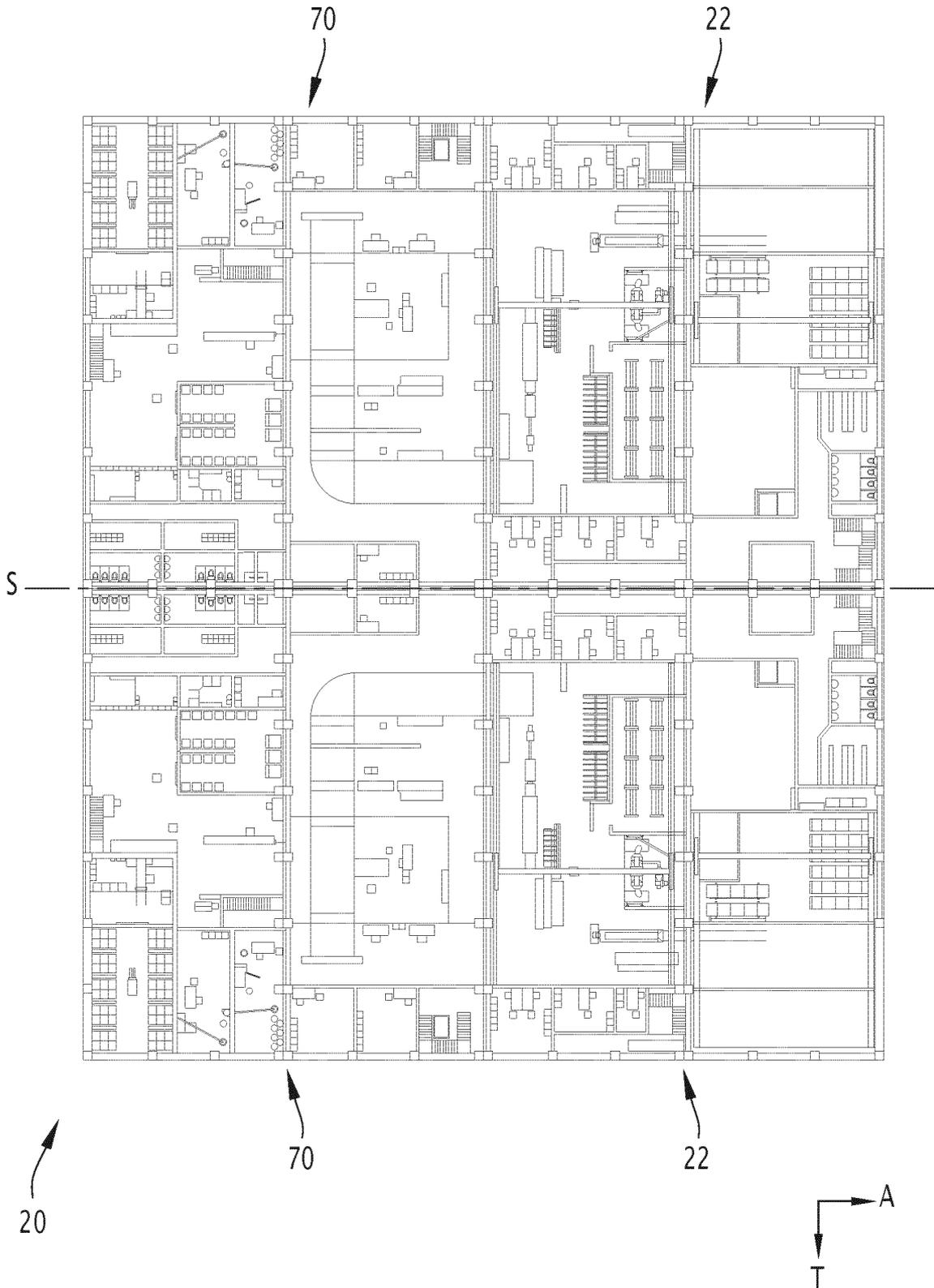
10/12

**FIG.13**



11/12

**FIG.14**



**FIG.15**