



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105667** (13) **C2**
(51) МПК (2014.01)
G21C 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2012 00240	(72) Винахідник(и):	Стамбаух Кевін Дж. (US), ДеСантіс Пол К. (US), Макков'як Аллан Ар. (US), МакЛафлін Джон П. (US)
(22) Дата подання заявки:	09.06.2010	(73) Власник(и):	БЕБКОК ЕНД УІЛКОКС НЬЮКЛІЕ ОПЕРЕЙШОНЗ ГРУП, ІНК., 24703 Euclid Avenue, Euclid, OH 44117, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.06.2014	(74) Представник:	Войтенко Олександр Петрович, реєстр. №23
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	61/185,887, 12/722,662	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 4713210 A; 15.12.1987; US 2009/0046824 A1; 19.02.2009; US 5089211 A; 18.02.1992; US 4649016 A; 10.03.1987; US 2008/0292042 A1; 27.11.2008; US 2002/0163989 A1; 16.12.2003;
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	10.06.2009, 12.03.2010		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US, US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	27.02.2012, Бюл.№ 4		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.06.2014, Бюл.№ 11		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2010/037955, 09.06.2010		

(54) ПРИВІДНИЙ МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАЛЬНОГО СТРИЖНЯ ДЛЯ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(57) Реферат:

Привідний механізм регулювального стрижня (CRDM) для застосування у ядерному реакторі, при цьому CRDM включає: з'єднувальний стрижень, з'єднаний з принаймні одним регулювальним стрижнем; ходовий гвинт; привідний механізм, який має таку конфігурацію, щоб лінійно пересувати ходовий гвинт; вузол електромагнітної котушки та фіксуючий вузол, який приєднує з'єднувальний стрижень до ходового гвинта залежно від постачання електроенергії до вузла електромагнітної котушки та який від'єднує з'єднувальний стрижень від ходового гвинта залежно від вимкнення електроенергії від вузла електромагнітної котушки. Фіксуючий вузол закріплений на ходовому гвинті та лінійно пересувається разом з ним, а вузол електромагнітної котушки не рухається з ходовим гвинтом. Вузол електромагнітної котушки простягається у просторі принаймні однаково з ходом лінійного пересування, згідно з яким привідний механізм має таку конфігурацію, щоб лінійно пересувати ходовий гвинт.

UA 105667 C2

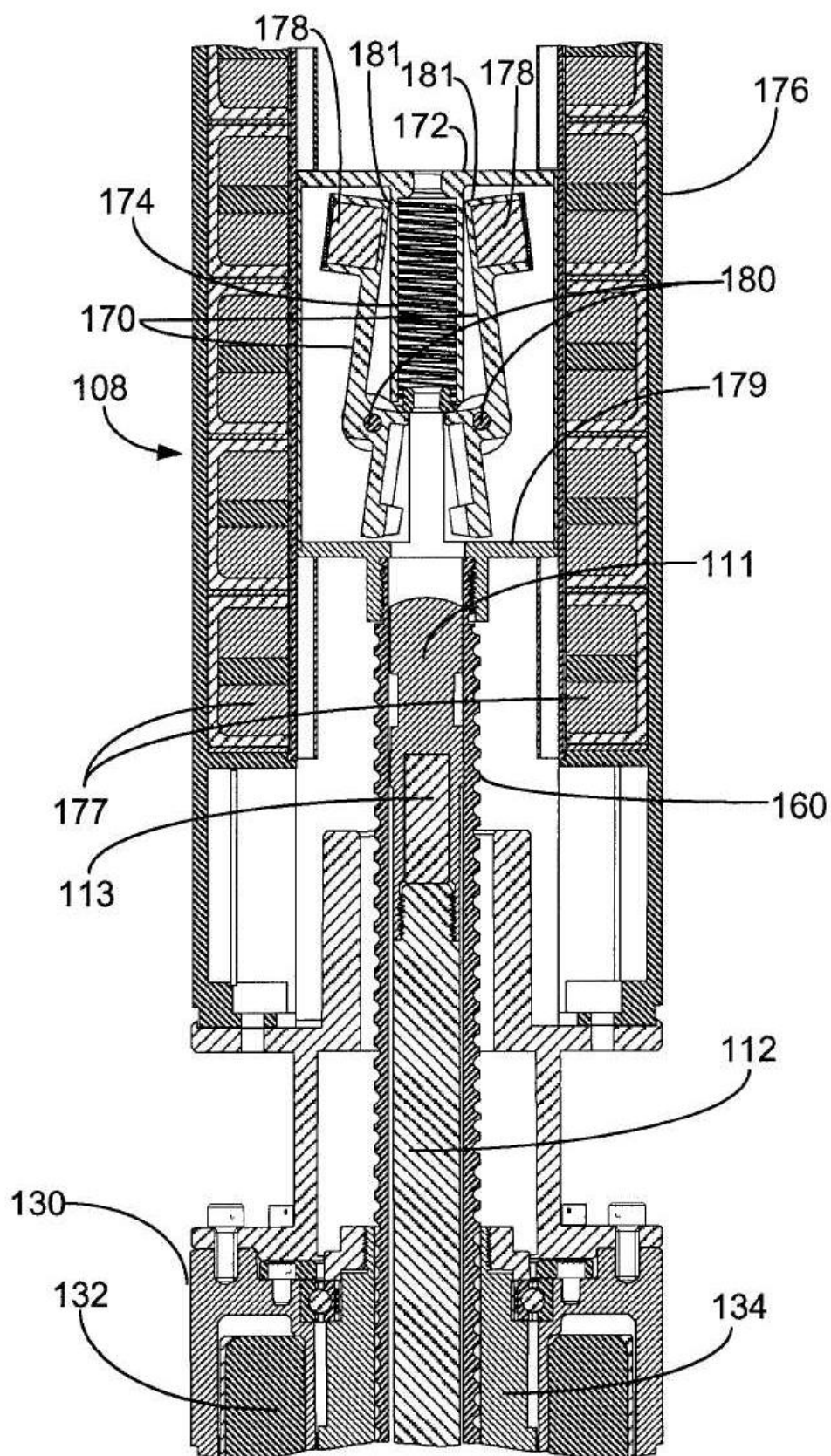


Fig. 11

Посилання на споріднену заявку

Для цієї заявки заявляється пріоритет за попередньою патентною заявкою США за № 61/185,887, поданою 10 червня 2009 року. Попередню заявку США № 61/185,887, подану 10 червня 2009 року, включено у цей опис винаходу у її повному обсязі шляхом посилання.

5 Галузь та попередній рівень техніки

У реакторі, що охолоджується водою під тиском, (PWR), або іншому типі ядерного реактора для регулювання ядерної реакції застосовуються рухомі регулювальні стрижні. Регулювальні стрижні містять матеріал, що поглинає нейтрони, та вони мають таку конструкцію, щоб їх можна було вставити в активну зону реактора. Зазвичай, чим далі регулювальні стрижні вставляються в активну зону, тим більше нейтронів поглинається, та тим більше уповільнюється швидкість ядерної реакції. Ретельний контроль глибини вставлення стрижнів та її точне вимірювання є корисним для точного регулювання реактивності. Привідний механізм регулювального стрижня (CRDM) дозволяє здійснювати це регулювання.

15 Під час аварії регулювальні стрижні можна вставити повністю для того, щоб швидко припинити ядерну реакцію. При такому "аварійному зупиненні" корисно мати альтернативний швидкий механізм для вставляння регулювальних стрижнів. Крім того, або альтернативно, відомо, що існують спеціальні регулювальні стрижні, які або повністю вставляються (тим самим "вимикаючи" ядерну реакцію), або повністю виймаються (тим самим "вмикаючи" реактор). У таких системах стрижні, які здійснюють "вмикання/вимикання", іноді називаються "стоп-стрижнями", тоді як безперервно регульовані регулювальні стрижні іноді називаються "сірими стрижнями".

Враховуючи вищезгадане, відомо, що побудовано привідний механізм регулювального стрижня (CRDM), в якому використовується ходовий гвинт, який входить в зчеплення з вузлом ролика-гайки. Під час нормального функціонування вузол ролика-гайки затискається на ходовому гвинті за допомогою позитивної магнітної сили, яка діє проти відхиляючих пружин. Внаслідок обертання ролика-гайки ходовий гвинт та, як слідство, і регулювальні стрижні можна рухати точно регульованим способом у напрямку до активної зони або назад від неї. Під час аварійної зупинки електричний струм вимикається, внаслідок чого зникає магнітна сила, відхиляючі пружини відкривають окремий ролик-гайку, та сірий стрижень, включаючи й ходовий гвинт, падає й швидко зупиняє реактор. Приклад такої конфігурації описано, наприклад, у роботі Domingo Ricardo Giorsetti, "Analysis of the Technological Differences Between Stationary & Maritime Nuclear Power Plants", M.S.N.E. Thesis, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Department of Nuclear Engineering (1977), яку включено до посилань цього опису винаходу у її повному обсязі.

35 Що стосується суцільного реактора, який охолоджується водою під тиском (суцільний PWR), відомо, що CRDM кріпиться назовні та зчіплюється з регулювальними стрижнями усередині силового корпусу за допомогою придатних наскрізних з'єднань. Для того, щоб зменшити виступ наскрізних з'єднань, було також запропоновано інтегрувати CRDM усередину силового корпусу. Дивись, наприклад, роботу Ishizaka et al., "Development of a Built-in Type Control Rod Drive Mechanism (CRDM) For Advanced Marine Reactor X (MRX)", Proceedings of the International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Power Reactors (ANP '92), October 25-29, 1992 (Tokyo Japan) опубліковану японською Спілкою з атомної енергії (Atomic Energy Society of Japan) в жовтні 1992 р., яку включено до посилань цього опису винаходу у її повному обсязі.

Існуючі конструкції CRDM мають певні недоліки. Ці недоліки зростають, коли вибирається така конструкція внутрішнього CRDM, при якій складний електромеханічний CRDM є внутрішнім відносно середовища з високим тиском та високою температурою усередині силового корпусу. Розташування CDRM усередині силового корпусу також зумовлює проблеми складної конструкції.

Знімний ролик-гайка утворює складне з'єднання з ходовим гвинтом, що може шкідливо впливати на точність вставляння сірого стрижня під час звичайного функціонування. Повторне приєднання ролика-гайки до ходового гвинта може бути ускладненим, та його здійснення може не бути швидким, коли знов встановлюється контакт, що викликає введення позиційного зсуву після відновлення роботи після аварійної зупинки. Аварійна зупинка ходового гвинта також може спричинити незворотне руйнування цілісності різьби або структури ходового гвинта. Крім того, зношення з часом може бути проблемою для складного знімного ролика-гайки.

55 Інша проблема - це надійність. Оскільки аварійне зупинення за допомогою стрижня є вирішальним з точки зору безпеки, він мусить працювати надійно навіть у випадку аварії з втратою теплоносія (LOCA) або в іншому аварійному режимі, який може включати вимкнення електроенергії, великі зміни тиску тощо.

60 Датчик положення регулювального стрижня є також зазвичай складним пристроєм. У деяких системах застосовується зовнішній датчик положення, для якого необхідні наскрізні з'єднання

крізь стінку силового корпусу. Для внутрішнього CDRM реактора MRX було розроблено складний датчик положення, у якому трансдуктор генерує імпульс деформації скручування, який проходить крізь магніторезистивний хвилевід, та вимірюються взаємодії у магнітному полі для того, щоб визначити положення стрижня. Зазвичай внутрішній датчик положення, який працює на основі електричного опору, схильний до помилок, які зумовлюються змінами опірності матеріалів, викликаними впливом температури.

Суть винаходу

В одному аспекті розкриття винаходу заявляється механізм регульовального стрижня для використання у ядерному реакторі, при цьому механізм регульовального стрижня містить: регульовальний стрижень, який має конфігурацію для вставляння в активну зону реактора для поглинання нейтронів; з'єднувальний стрижень, з'єднаний з регульовальним стрижнем; привідний механізм, який включає ходовий гвинт, зчеплений з гайкою, яка приводиться у рух за допомогою двигуна, так що внаслідок обертання гайки відбувається лінійне пересування ходового гвинта; та фіксатор, який є оперативним з'єднанням із з'єднувальним стрижнем, щоб рухатися разом з ходовим гвинтом, при цьому відкриття фіксатора зумовлюється втратою або вимкненням електроенергії, щоб від'єднати з'єднувальний стрижень від ходового гвинта.

В іншому аспекті розкриття винаходу заявляється спосіб регулювання регульовального стрижня, при якому здійснюють лінійне пересування регульовального стрижня за допомогою ходового гвинта та, у випадку аварійної зупинки, від'єднання регульовального стрижня від ходового гвинта, внаслідок чого регульовальний стрижень падає й швидко зупиняє реактор, а ходовий гвинт не падає.

В іншому аспекті розкриття винаходу заявляється ядерний реактор, який містить: активну зону; силовий корпус, який включає нижній відсік корпусу, який містить активну зону, верхній відсік корпусу, розташований над активною зоною та над нижнім відсіком корпусу, та середній фланець, розташований над активною зоною та між нижнім відсіком корпусу та верхнім відсіком корпусу; та внутрішній привідний механізм регульовального стрижня (CRDM), який підтримується середнім фланцем.

В іншому аспекті розкриття винаходу заявляється привідний механізм регульовального стрижня (CRDM) для використання у ядерному реакторі, який містить: з'єднувальний стрижень, з'єднаний з принаймні одним регульовальним стрижнем; ходовий гвинт; привідний механізм, конфігурація якого зумовлює лінійне пересування ходового гвинта; вузол електромагнітної котушки; та фіксуючий вузол, який прикріплює з'єднувальний стрижень до ходового гвинта у відповідь на подачу електроенергії до вузла електромагнітної котушки та який вивільняє з'єднувальний стрижень від прикріплення до ходового гвинта у відповідь на відключення вузла електромагнітної котушки від електроенергії.

Стислий опис ілюстративного матеріалу

Винахід може набувати форму у різних компонентах та конфігураціях компонентів, та у різних технологічних процесах та конфігураціях технологічних процесів. Ілюстративний матеріал призначено тільки для ілюстрування переважних варіантів здійснення, та його не слід розглядати як такий, що обмежує цей винахід.

Фігура 1 - це схема, на якій зображено ілюстрацію корпусу ядерного реактора того типу, що охолоджується водою під тиском (PWR).

Фігура 2 - це схема, на якій зображено відсік верхньої внутрішньої частини проілюстрованого корпусу ядерного реактора з Фігури 1.

Фігури 3-5 - це схеми, на яких зображено аспекти системи швидкого опускання регульовального стрижня, яка застосовує гідравлічний підйомник.

Фігури 6-15 - це схеми, на яких зображено аспекти системи регульовального стрижня з функціонуванням сірого стрижня з використанням електромагніту та системою магнітного фіксатора для функціонування при аварійній зупинці.

Опис переважних варіантів здійснення

Звернемося до Фігури 1, на якій у вигляді схеми зображено ілюстрацію корпусу ядерного реактора того типу, що охолоджується водою під тиском (PWR). Зображений первинний корпус 10 містить активну зону 12, внутрішні спіральні парогенератори 14 та внутрішні регульовальні стрижні 20. Проілюстрований корпус реактора включає чотири основні компоненти, а саме: 1) нижній корпус 22, 2) верхні внутрішні компоненти 24, 3) верхній корпус 26 та 4) кришку 28 верхнього корпусу. Середній фланець 29 знаходиться між відсіком нижнього корпусу 22 та відсіком верхнього корпусу 26. Передбачаються також інші конфігурації корпусу. Зверніть увагу на те, що Фігура 1 - це схема, та вона не містить подробиць, таких як проходки у силовому корпусі для потоку вторинного теплоносія усередину або назовні парогенераторів, електричні проходки для електричних складових тощо.

Нижній корпус 22 проілюстрованого корпусу 10 високого тиску з Фігури 1 містить активну зону 12, яка може мати по суті будь-яку придатну конфігурацію. Одна придатна конфігурація включає попередню структуру активної зони з нержавіючої сталі, яка містить зборки, що виділяють тепло, які можна замінити для того, щоб поповнити запас палива реактора, та яка опирається спирається на нижній корпус. Проілюстрований верхній корпус 26 вміщує парогенератори 14 для цього прикладу PWR, який має конструкцію з внутрішніми парогенераторами (іноді позначається як суцільна конструкція PWR). На Фігурі 1 парогенератор 14 зображено схематично. Циліндрична внутрішня оболонка або кожух 30 верхнього потоку відокремлює ділянку 32 центральної колони від кільцеподібної зони 34 відводу, де розташовані спіральні парогенератори 14. Проілюстрований парогенератор 14 має конструкцію спіральної котушки, проте передбачаються й інші конструкції. Первинний теплоносієв реактора протікає ззовні труб парогенератора 14, а вторинний теплоносієв протікає усередині труб парогенератора 14. У звичайній конфігурації циркуляції первинний теплоносієв нагрівається активною зоною 12 та підіймається угору через зону 32 центральної колони з наступним виходом зверху кришки 30, після чого первинний теплоносієв повертається назад через зону 34 відводу та крізь парогенератори 14. Такий потік первинного теплоносія може рухатися внаслідок природної конвекції, за допомогою внутрішніх або зовнішніх насосів для первинного теплоносія (не зображено) або внаслідок застосування комбінації природної конвекції з допоміжними насосами. Хоча проілюстровано суцільну конструкцію PWR, також передбачається, що корпус реактора повинен мати зовнішній парогенератор (не зображено), у разі чого проходки у силовому корпусі дозволять переміщувати первинний теплоносієв до зовнішнього парогенератора або від нього. Проілюстрований верхній корпус 28 - це окремий компонент. Також передбачається, що кришка корпусу буде суцільною з верхнім корпусом 26, у випадку чого парогенератор 14 та верхній кожух 30 необов'язково підтримуються підвісками на внутрішній частині кришки корпусу.

Проілюстрований варіант здійснення - це суцільний PWR, який характеризується тим, що він включає внутрішні парогенератори 14, які зазвичай можуть мати різні геометричні конфігурації, такі як спіралеподібні, вертикальні, нахилені тощо. З метою резервування зазвичай є переважним мати більш ніж один парогенератор, трубки або труби якого зазвичай чергуються усередині зони 34 відводу, щоб сприяти тепловій однорідності; проте, передбачається включити тільки єдиний парогенератор. Незважаючи на те, що проілюстровані парогенератори 14 зображено як такі, що розташовані поруч з кожухом 30 або обгортають його, зазвичай парогенератори можуть заповнювати суттєвий об'єм зони 34 відводу, а у деяких варіантах здійснення парогенератори можуть суттєво заповнювати кільцеподібний об'єм між зовнішньою поверхнею кожуха 30 та внутрішньою поверхнею силового корпусу 10. Також передбачається, що внутрішні парогенератори або їх частини будуть розташовуватися повністю або частково у зоні 32 центральної колони, над кожухом 30 або будь-де усередині силового корпусу 10. З іншого боку, у деяких варіантах здійснення PWR може не бути суцільним PWR, тобто у деяких варіантах здійснення проілюстровані внутрішні парогенератори можна не включати за рахунок одного або більше зовнішніх парогенераторів. Крім того, проілюстрований PWR - це приклад, а в інших варіантах здійснення можна застосовувати ядерний реактор з киплячою водою (BWR) або інші конструкції реакторів, які мають внутрішні або зовнішні парогенератори.

Звернемося до Фігури 2, на якій детальніше зображено відсік 24 верхніх внутрішніх компонентів. В проілюстрованій конструкції відсік 24 верхніх внутрішніх компонентів є опорою для привідних механізмів регулювальних стрижнів, або привідних механізмів 40, 42, та напрямних рамок 44 регулювальних стрижнів, та він також є структурою, крізь яку проходять електроенергія для приводу регулювальних стрижнів та сигнали контрольної апаратури. Це дозволяє вилучати верхній корпус 26 та суцільний парогенератор 14 незалежно від приводів регулювальних стрижнів та пов'язаною структурою. Проте, передбачається більш інтегрована конструкція, така, що застосовує загальний відсік як для опори CRDM, так і для опори суцільного парогенератора.

Звернемо особливу увагу на ілюстрацію варіанта здійснення за Фігурою 2, де конструкція 24 верхніх внутрішніх компонентів включає кошик 46 для верхніх внутрішніх компонентів, опорну конструкцію 48 для CRDM, напрямні рамки 44 регулювальних стрижнів та, власне, привідні механізми 40, 42 регулювальних стрижнів. Кошик 46 для верхніх внутрішніх компонентів є придатною зварною конструкцією, яка включає середній фланець 29 та опорну конструкцію для напрямних рамок 44 регулювальних стрижнів. В одному придатному варіанті здійснення напрямні рамки 44 регулювальних стрижнів - це окремі зварні конструкції з нержавіючої сталі 304L, скріплені болтами на місці, середній фланець 29 - це кована конструкція з вуглецевої сталі SA508 Gr 4N Cl 2, та решта конструкції виготовлена з нержавіючої сталі 304L. Опорна

конструкція 48 для CRDM включає опорні елементи решітки для приводів 40, 42 регулювальних стрижнів та напрямну конструкцію для приладдя, що знаходиться в активній зоні. Для виготовлення усього вищезгаданого придатною є нержавіюча сталь 304L. Опорна конструкція 48 для CRDM кріпиться болтами до кошика 46 для верхніх внутрішніх компонентів. Усе це є

лише ілюстративними матеріалами та конструкціями, та також передбачаються інші конфігурації та/або сумісні з реактором матеріали.

В ілюстративному прикладі за Фігурою 2 застосовуються два типи приводів 40, 42 регулювальних стрижнів: гідравлічний тип приводу 42 регулювального стрижня, який керує стоп-стрижнями, які або повністю вийняті, або повністю вставлені в активну зону; та електричний тип приводу 40 регулювального стрижня, який керує роботою сірих стрижнів, які вставлено на різні глибини протягом життя активної зони для регулювання швидкості ядерної реакції під час звичайного режиму роботи реактора. Сірі стрижні також мають конфігурацію для аварійної зупинки, тобто, їх можна швидко вставити в активну зону 12 під час певних аварійних умов. В інших варіантах здійснення передбачається зовсім не застосовувати стоп-стрижні, у випадку чого сірі стрижні також спричиняють припинення функціонування.

Звернемося далі до Фігури 2 та до Фігур 3-5, на яких проілюстровано аспекти стоп-стрижнів. Стоп-стрижні придатним чином розташовані групами, закріпленими на хрестовинах або їм подібному, які усі функціонують в єдиному блоці та які усі пересуваються за допомогою єдиного приводу 42 стоп-стрижнів. На Фігурах 3-5 зображено лише єдиний привід 42 стоп-стрижнів, проте не зображено хрестовини та окремі стоп-стрижні. Про цю конфігурацію відомо, що стоп-стрижні застосовуються у бінарному режимі "включення/виключення", та вони або усі повністю вставляються в активну зону 12 для припинення реакції, або усі повністю виймаються з активної зони 12 для нормального функціонування реактора.

Звернемо особливу увагу на Фігуру 3, де привід 42 стоп-стрижнів включає циліндричний корпус 50, кришку 52 циліндра, основну плиту 54 циліндра та з'єднувальний стрижень 56, за допомогою якого здійснюється з'єднання з решіткою стоп-стрижнів (не зображено). Приклад приводу 42 стоп-стрижнів з Фігур 3-5 - це гідравлічний привід, який застосовує очищену зворотну рідину запасів теплоносія реактора від нагнітальних насосів високого тиску при температурі приблизно 500 °F (260 °C) та тиску 1600 psi (11,03 МПа), для того, щоб утримувати блок стоп-стрижнів поза активною зоною 12.

Звернемо особливу увагу на Фігуру 4, на якій зображено вигляд у розрізі ділянки поршня зі стрижнем у позиції, коли його вилучено. У збільшеній частині Фігури 4 зображено дренажний отвір 60 кришки 52 циліндра разом з підйомним поршнем 62, кільцями 64 поршня (які у деяких варіантах здійснення є металевими), буфером 66 аварійної зупинки та верхньою пружиною 68 буфера. Позиція, коли стрижні вийняті, зображена на Фігурі 4, відповідає тому, що циліндр приводу 42 стоп-стрижнів знаходиться під тиском.

Звернемо особливу увагу на Фігуру 5, на якій зображено вигляд у розрізі ділянки поршня зі стрижнем, який знаходиться у позиції, коли його вставлено. Збільшена частина Фігури 5 демонструє підйомний поршень 62, кільця 64 поршня, буфер 66 аварійної зупинки, або поршень буфера 66 аварійної зупинки, напрямну втулку 70 стрижня та кільця 72 ущільнення стрижня (які у деяких випадках є металевими). На збільшеній частині фігури видно, що основна плита 54 циліндра має отвір для тиску, або вхідний отвір 74. Позиція, коли стрижні вставлені, зображена на Фігурі 5, відповідає тому, що циліндр приводу 42 стоп-стрижня не знаходиться під тиском.

У деяких варіантах здійснення теплоносій може протікати поза поршнем та ущільненнями 64, 72 вала та він стає частиною запасу, що повертається до корпусу 10 реактора. Циліндр приводу 42 стоп-стрижнів кріпиться над активною зоною 12. Гідравлічна лінія (не зображено) для активації циліндра 42 проходить крізь фланець 29, а лінії апаратури проходять через герметичний трубопровід до звичайних з'єднань, які також доволі застосовуються для приводів 40 сірих стрижнів. Стрижні, які виступають та з'єднують хрестовини регулювальних стрижнів з решіткою стоп-стрижнів, також доволі входять до конфігурації, так що вони будуть ковзати крізь решітку так, що єдина група, яка застрягає, не завадить опусканню інших груп регулювальних стрижнів. Крім того, стрижні, що виступають, мають таку конструкцію, щоб вони від'єднувалися від хрестовини регулювального стрижня, так щоб стоп-стрижні залишалися в активній зоні, коли верхні внутрішні компоненти 24 вийняті. Від'єднання та повторне приєднання виконується із застосуванням дистанційного приладдя під час операцій поповнення палива.

Під час нормальної роботи реактора стоп-стрижні повністю виймаються з активної зони (тобто, знаходяться у позиції видалення) внаслідок подачі тиску в гідравлічні циліндри 42 стоп-стрижнів. Наприклад, в одному придатному варіанті здійснення очищена зворотна рідина запасів теплоносія від нагнітальних насосів високого тиску подається при 500 °F (260 °C) та при тиску 1600 psi (11,03 МПа) під циліндричний підйомний поршень 62 через вхідний отвір 74

основної плити 54 циліндра. У цьому прикладі рідина, що є присутньою у циліндрі 50 над поршнем 62 постачається з корпуса 10 реактора крізь дренажний отвір 60 у кришці циліндра та, при умовах корпуса реактора 600°(F) (315 °C) та 1500 psi (10,34 МПа), внаслідок чого на усьому поршні 62 утворюється перепад корисного тиску у 100 psi (689,5 кПа). Розмір поршня

5

вибирається так, так щоб перепад тиску, який утворюється, був достатнім для підтримки певного навантаження від стоп-стрижнів та підтримуючих хрестовин та інших пов'язаних компонентів та повністю підіймав блок стоп-стрижнів за один хід циліндра до верхньої зупинки поршня 62.

У випадку аварійної зупинки корпуса, що знаходиться під тиском, блок стоп-стрижнів різко вивільняється внаслідок припинення постачання теплоносія під тиском до нижньої сторони підйомного поршня 62 та дренажування лінії постачання до атмосферного тиску. У вищезгаданому прикладі очікується, що тиск корпуса на верхній поверхні підйомного поршня 62 утворює початковий перепад тиску 1500 psi (10,34 МПа) на усьому поршні підйомника, який діє разом з впливом сили тяжіння, штовхаючи рушійний вузол (включаючи підйомний поршень 62, буферний поршень 66 аварійної зупинки, верхню пружину 68, з'єднувальний стрижень 56 та решітку стоп-стрижнів (не зображено) униз до позиції повного вставлення, як показано на Фігурі 5. Під час спуску рушійного вузла сила буферної верхньої пружини 68 утримує буферний поршень 66 за межами розточки підйомного поршня 62, зберігаючи наповнену рідиною буферну порожнину між двома поршнями 62, 66. Коли нижня поверхня буферного поршня 66 ударяє по закріпленій основній плиті 54 вузла циліндра, внаслідок пересування підйомного поршня 62, яке триває, захоплена рідина випускається крізь регульовані дроселі для потоку, внаслідок чого кінетична енергія рушійного вузла розсіюється. Крім того, кінетична енергія розсіюється завдяки пружній деформації компонентів рушійного вузла, особливо через довгий, відносно тонкий з'єднувальний стрижень 56. Передбачаються також інші механізми розсіювання кінетичної енергії. Коли рідина випускається з порожнини, підйомний поршень 62 ударяє по буферному поршню 66, внаслідок чого рушійний вузол зупиняється.

10

15

20

25

Продовжуємо звернення до Фігур 1 та 2 та далі звертаємося до Фігур 6-14, де описано приклад варіанта здійснення сірих стрижнів та пов'язаних привідних механізмів 40. Як видно на Фігурі 6, в проілюстрованому варіанті здійснення існує дві різні конфігурації сірих стрижнів (тип 1 та тип 2). Сірі стрижні 80 розташовуються як групи сірих стрижнів, які, у свою чергу, зчеплені хрестовинами разом у дві або чотири групи та з'єднані з'єднувальними стрижнями 82, як показано на Фігурі 6. Конфігурація за типом 1 також включає противагу 84 на місці однієї одиниці з'єднувального стрижня/групи. Детальніше, хрестовина 86 з'єднує два з'єднувальні стрижні 82 та противагу 84, утворюючи конфігурацію за типом 1. Хрестовина 88 з'єднує три з'єднувальні стрижні 84, утворюючи конфігурацію за типом 2. Приводи 40 сірих стрижнів кріпляться над активною зоною 12. Фігура 7 демонструє стільниковий вигляд позицій розташування приводів 40 сірих стрижнів та підйомного циліндра 50 стоп-стрижнів, відповідно до опорної конструкції 48 для CRDM. Підйомний циліндр 50 стоп-стрижнів розташовується по центру. Чотири зовнішні приводи 40 сірих стрижнів, кожен з яких рухає дві конфігурації за типом 1, включаючи хрестовини 86, рухаються одночасно. Два внутрішні приводи 40, кожен з яких рухає чотири конфігурації стрижнів за типом 2, включаючи хрестовини 88, рухаються одночасно. Ці різні набори приводів 40 довільно рухаються разом або незалежно. Електричні та сигнальні з'єднання придатним чином спрямовуються крізь герметичний трубопровід або вбудований в активну зону провідник 90 для пристроїв до з'єднань на середньому фланці 29 (на Фігурі 7 не зображено).

30

35

40

45

Як у випадку зі стоп-стрижнями, стрижні, які виступають та з'єднують хрестовини регульовальних стрижнів з решіткою стрижнів, довільно сконструйовано так, що вони будуть ковзати крізь решітку так, що єдина зчеплена група не буде заважати опусканню інших наборів регульовальних стрижнів. Крім того, стрижні, що виступають, довільно мають таку конструкцію, щоб вони могли від'єднатися від хрестовини регульовальних стрижнів, так щоб сірі стрижні могли б залишитися в активній зоні, коли верхні внутрішні компоненти виймаються або вже вийняті у той час, коли верхні внутрішні компоненти знаходяться на їхній опірній стійці. Два придатних види конструкції для регульовального механізму сірих стрижнів включають тип "магнітний підйомний важіль" та тип "ходовий гвинт". З цих двох типів очікується, що тип "ходовий гвинт" здійснює більш точне регулювання положення груп сірих стрижнів та, отже, проілюстрований варіант здійснення застосовує регульовальний механізм типу "ходовий гвинт".

50

55

Звернемося до Фігури 8, на якій в одному проілюстрованому варіанті здійснення регульовальний механізм 40 сірих стрижнів застосовує підйомний стрижень у конфігурації кулькової гайки. Фігура 8 демонструє як стан повної вставки (креслення ліворуч), так і стан повного вилучення (креслення праворуч). Креслення Фігури 8 демонструють хрестовину 88

60

конфігурації типу 2; для конфігурації типу 1 хрестовину 88 замінюють хрестовиною 86. У варіанті здійснення, зображеному на Фігурі 8, нижній вузол 100 упору/буферу кріпиться на опорі реактора 101, необов'язково з опорою для вузла електромагнітної котушки на відстані. Нижня та верхня опорні труби 102, 104, які кріпляться до верхівки нижнього упору 100, задають напрямок для вузла ходового гвинта / перетворювача обертання. Вузол 106 кулькової гайки/двигуна кріпиться на верхівці верхньої опорної трубки 104, а вузол 108 електромагнітної котушки кріпиться до верхівки двигуна. Усередині вузла 108 електромагнітної котушки знаходиться фіксуючий вузол 110 підйомного а стрижня - ходового гвинта, який, коли його закрито, підтримує вузол 112 підйомного/з'єднувального стрижня (який виступає у стані вставляння, як видно на кресленні ліворуч).

Вузол індикатора положення кріпиться на опорних трубках 102, 104 між вузлом 106 кулькової гайки/двигуна та вузлом нижнього упору 100. У деяких варіантах здійснення індикатор положення - це струнний потенціометр, придатним чином закріплений нижче фіксуючого вузла 110, проте передбачаються інші позиції закріплення. Проілюстрований струнний потенціометр включає натяжну котушку 120, закріплену на опорній трубці 102, та "струну" або кабель, або їм подібне, 122, що має кінець, приєднаний до вузла 112 підйомного/з'єднувального стрижня, так що струна або кабель 122 витягується з котушки 120 проти сили натягу, коли вузол 112 підйомного/з'єднувального стрижня (та, як слідство, приєднаних груп сірих стрижнів) рухається у напрямку до активної зони 12 (на Фігурі 8 не показано). Коли рух є зворотним, сила натягу у натяжній котушці 120 примушує струну або кабель 122 намотуватися назад на котушку 120. Обертовий датчик 124 вимірює обертання натяжної котушки 120, застосовуючи кодувальний датчик, який рахує прохід перевіряльник маркерів або інших показників обертання. Закріплення струнного потенціометра може бути іншим від проілюстрованого, доки натяжна котушка 120 кріпиться на позиції, яка не рухається з сірими стрижнями, а струна або кабель 122 є зафіксованими, щоб рухатися разом з сірими стрижнями. Також передбачається поєднати обертовий датчик 124 з натяжною котушкою 120. Струнний потенціометр подає електричний вихідний сигнал, що відповідає положенню з'єднувального стрижня або іншого елемента 112, який рухається з сірим регульовальним стрижнем, тим самим надаючи інформацію про положення сірих регульовальних стрижнів усередині активної зони 12. Електричний сигнал індикації положення передається назовні корпусу 10 реактора через електричні наскрізні з'єднання. Пристрій індикатора положення має конфігурацію та калібрування для роботи при температурі та рівні радіації у корпусі реактора.

Звернемося далі до Фігури 8 та Фігур 9-14, на яких проілюстрований варіант здійснення рушійного вузла CRDM 40 сірих стрижнів включає три елементи: вузол ходового гвинта/перетворювача обертання; вузол підйомного/з'єднувального стрижня та фіксуючу систему, яка є оперативно з'єднаною з підйомним стрижнем за допомогою ходового гвинта. Фігура 9 демонструє вузол ходового гвинта/перетворювача обертання в аксонометрії (ліворуч) та у розрізі (праворуч). Вузол двигуна включає корпус 130 статора, який містить статор 132 та ротор 134. Верхня кінцева плита 136 статора та радіальний підшипник 138 з регульованою шайбою 140 складають верхню частину вузла двигуна, у той час коли нижній корпус 142 та опорно-упорний підшипник 144 складають нижню частину вузла двигуна. Нижній вузол 150 кулькової гайки, розташований усередині нижнього корпусу 142, є нагвинченим на ротор 134, та верхній вузол 152 кулькової гайки є також нагвинченим на ротор 134. Обидва вузли 150, 152 кулькової гайки є зчепленими за допомогою різьби з ходовим гвинтом 160 (на Фігурі 9 зображено частково). Фігура 9, крім того, демонструє частини підйомного стрижня 112 та верхньої опорної трубки 104.

Звернемося до Фігури 10, на якій проілюстровано фіксуючу систему, яка включає фіксуючий вузол 110 підйомного стрижня з ходовим гвинтом та частину вузла 108 електромагнітної котушки. На Фігурі 10 також зображено кінець 111 підйомного стрижня 112 та ближній кінець ходового гвинта 160, який закінчується біля фіксуючого вузла 110 або в ньому. Фіксатори 170 безпосередньо з'єднують верхній кінець 111 підйомного стрижня 112 з ходовим гвинтом 160 для здійснення нормальної роботи та від'єднують підйомний стрижень 112 під час аварійної зупинки (дивись Фігуру 11). Нижній кінець підйомного стрижня 112 пригвинчується до верхівки з'єднувального стрижня 82 (довільно за допомогою проміжної хрестовини 86 або проміжної хрестовини 88), тим самим утворюючи безперервний вузол підйомного стрижня/з'єднувального стрижня. Низ з'єднувального стрижня 82 зчіплюється безпосередньо з хрестовинами регульовальних стрижнів, тим самим приєднуючи регульовальні стрижні до механізму. Довільно, магніт 113 розташований поблизу верхівки 111 підйомного стрижня 112, щоб надавати магнітний сигнал для магнітного індикатора положення (дивись Фігуру 12). На Фігурі 10 також зображено частину двигуна, яка містить частини корпусу 130 двигуна, статора 132 та ротора

134, які повністю зображені на Фігурі 9.

Фіксатори 170 розташовані у корпусі 172 фіксаторів, який має напрямну для запірної пружини 174. Додаткові компоненти проілюстрованого варіанта здійснення фіксуєної системи включають електромагнітний кожух 176, який містить електромагніти 177, які утворюють стовп з електромагнітних котушок, та постійні магніти 178 на фіксаторах 170. Ходовий гвинт 160 вгвинчено в основу 179 фіксуєної системи корпусу 172 фіксаторів. Фіксатори 170 влаштовано так, щоб вони оберталися навколо обертових позицій 180 для надійної аварійної зупинки під час завантаження стрижнів униз.

У цьому варіанті здійснення ходовий гвинт 160 безперервно підтримується вузлом двигуна-кулькової гайки (краще видно на Фігурі 9), який дозволяє здійснювати дуже точний контроль положення ходового гвинта та, як слідство, дуже точний контроль положення вузла регулювальних стрижнів. У проілюстрованому варіанті здійснення двигун (наприклад, статор 132, ротор 134) - це синхронний двигун, у якому ротор 134 - це постійний магніт. Перевага цієї конструкції полягає у компактності та простоті; проте, передбачаються також інші конфігурації двигуна.

Ходовий гвинт 160 не падає. Навпаки, під час аварійної зупинки верхній кінець підйомного стрижня 112 вузла підйомного стрижня/з'єднувального стрижня від'єднується від ходового гвинта 160 за допомогою активованої магнітом фіксуєної системи (дивись Фігуру 11). Коли електромагніти 177 відмикаються від електроенергії, надійна фіксуєча система вивільняє вузол підйомного стрижня/з'єднувального стрижня (та, як слідство, вузол регулювального стрижня) від ходового гвинта 160, тим самим розпочинаючи аварійну зупинку. Систему нижнього упора та буфера (не зображено, проте придатним чином є подібною до системи нижнього упора та буфера проілюстрованих стоп-стрижнів, описаних у цьому описі з посиланням на Фігури 4 та 5) включено у вузол основи/буфера для того, щоб розсіяти кінетичну енергію в кінці удару при аварійній зупинці та задати висоту підйому днища стрижня. Перетворювач обертання (не зображено) приєднано до ходового гвинта 160, щоб реагувати на обертання двигуна, тим самим забезпечуючи пересування вузла ходового гвинта/регулювального стрижня.

Звичайний стан, тобто стан до аварійної зупинки, зображено на Фігурах 9 та 10. Фігура 9 демонструє вузол кулькової гайки двигуна, та Фігура 10 демонструє фіксуєчу систему, що застосовується для нормальної роботи. Як видно на Фігурі 10, постійні магніти 178 на фіксаторах 170 за допомогою магнітної сили притягуються до електромагнітів 177 електроенергією, тим самим обертаючи фіксатори 170 навколо обертових позицій 180 та здійснюючи зчеплення фіксаторів 170 з відповідною ділянкою підйомного стрижня 112. Отже, фіксатори 170 фіксують підйомний стрижень 112 у нормальному стані, зображеному на Фігурі 10. Крім того, основа 179 фіксуєної системи має різьбу або іншим способом з'єднана з ходовим гвинтом 160. Отже, у нормальному стані за Фігурою 10 підйомний стрижень 112 зчеплений з ходовим гвинтом 160 за допомогою фіксуєної системи, а коли вузол кулькової гайки двигуна, зображений на Фігурі 9, рухає ходовий гвинт 160, підйомний стрижень 112 рухається з ходовим гвинтом 160.

Аварійну зупинку описано з посиланням на Фігуру 11, на якій зображено підйомний стрижень 112 та, як слідство, й вузол регулювальних стрижнів, під час аварійної зупинки. Для того, щоб розпочати аварійну зупинку подача електроенергії до електромагнітів 177 припиняється, тобто вона відмикається. Внаслідок цього сила притягання припиняє діяти на постійні магніти 178 на фіксаторах 170, а запірна пружина 174 розпрямляється, обертаючи фіксатори 170 навколо обертових позицій 180 та в бік від ділянки зчеплення підйомного стрижня 112. Внаслідок цього фіксатори 170 від'єднуються від підйомного стрижня 112, та вузол підйомного/з'єднувального стрижня (а, як слідство, й вузол регулювального стрижня) падає у напрямку до реактора 12. На Фігурі 11 видно, що ходовий гвинт 160 все ще знаходиться на попередній висоті виймання (тобто, ходовий гвинт 160 не падає), проте подачу електроенергії до електромагнітних котушок 177 припинено, так що магнітне поле з котушок видалено.

Як далі видно на Фігурі 11, обертання фіксаторів 170 навколо обертових позицій 180 зупинено внаслідок зіткнення на позиції 181 з напрямною для пружини корпусу 172 фіксаторів.

Продовжуємо звертатися до Фігури 11 та далі до Фігур 12 та 13, на яких зображено повторне зчеплення механізму після аварійної зупинки, де ходовий гвинт 160 рухається до позиції повного вставлення за допомогою двигуна кулькової гайки (дивись знов Фігуру 9). Датчик на дні ходового гвинта застосовується для підтвердження повної вставки ходового гвинта. Звернемо особливу увагу на Фігуру 12, де ходовий гвинт 160 знаходиться біля положення повної вставки, нахилена криволінійна поверхня 182 на верхівці 111 підйомного стрижня 112, який зупиняється унизу, відведе фіксатори 170 до їхнього положення майже повністю назовні. Звернемо особливу увагу на Фігуру 13, коли відновлюється подача електроенергії до електромагнітів 177, фіксатори

170 будуть знов повністю зчеплені з ділянкою зчеплення підйомного стрижня 112, так що вузол підйомного/з'єднувального стрижня знов з'єднається з ходовим гвинтом 160. Отже, можна передбачати нормальну роботу, як показано на Фігурі 10. Для повтору, Фігура 12 демонструє ходовий гвинт 160, який відведено назад до положення повної вставки під час приготування до повторного зчеплення з підйомним стрижнем 112. Електроенергія до електромагнітних котушок 177 все ще не подається, а фіксатори 170 все ще не зчеплені. Нахилені криволінійні поверхні 182 на верхівці 111 підйомного стрижня 112 замикають фіксатори 170 назад до часткового зчеплення з верхівкою 111 підйомного стрижня 112. Фігура 13 демонструє ходовий гвинт 160, який все ще знаходиться унизу, проте подачу електроенергії до електромагнітних котушок 177 відновлено. Відновлене електромагнітне поле тепер знов зчіплює фіксатори 170 з ділянкою зчеплення підйомного стрижня 112.

Фігура 9 у вигляді схеми демонструє придатний варіант здійснення вузла 106 кулькової гайки/двигуна, який включає нижній та верхній вузли 150, 152 кулькової гайки. Взагалі, по-суті можна застосовувати будь-який тип двигуна, який має конфігурацію, придатну для функціонування у середовищі силового корпусу.

Звернемося до Фігур 14 та 15, де зображено приклад варіанта здійснення, де застосовується керований електронікою безщітковий двигун 184 постійного струму (BLDC) з нижчим вузлом 185 кулькової гайки. Вузол 184, 185 - це приклад варіанта здійснення вузла 106 кулькової гайки/двигуна. Звернемо особливу увагу на Фігуру 14, на якій приклад двигуна 184 BLDC включає вузол 186 намотаного сердечника статора, розташованого між зовнішньою оболонкою 187 статора та внутрішньою оболонкою 188 статора та закріпленого верхнім корпусом 189 статора та нижнім корпусом 190 статора. Постійний магнітний ротор 191 містить постійні магніти 192. Двигун 184 BLDC виробляє обертовий момент від взаємодії магнітного потоку магнітів 192 ротора та кондукторів статора, по яких йде струм, вузла 186 сердечника статора. Вузол 185 нижньої кулькової гайки є аналогічним до вузла 150 нижньої кулькової гайки з Фігури 9, але у прикладі вузла з Фігури 14 нема вузла верхньої кулькової гайки, який відповідає вузлу 152 верхньої кулькової гайки з Фігури 9. Вузол з Фігури 14 також включає радіальний підшипник 193, упорний підшипник 194, закріплений стопорною гайкою 195 упорного підшипника, та верхню кришку 196 двигуна. Ізольоване та стійке до навколишнього середовища електричне з'єднання з двигуном здійснюється за допомогою ущільнення 197 вивідного дроту. Наприклад, деякі придатні ізольовані ущільнення вивідного дроту є доступними від Conax® Technologies (Buffalo, New York, США). Звернемо особливу увагу на Фігуру 15, на якій двигун 184 BLDC та вузол 185 нижньої кулькової гайки проілюстровано у контексті привідного механізму регульовального стрижня (CRDM) з Фігур 10-13. Приклад CRDM за Фігурою 15 також включає попередньо описаний вузол 177 електромагнітної котушки, вузол 110, який прикріплює підйомний стрижень до ходового гвинта, ходовий гвинт 160 та підйомний стрижень 112. Вузол 185 кулькової гайки зчіплює ходовий гвинт 160 так, що коли двигун 184 обертає постійний магнітний ротор 191 та закріплений вузол 185 кулькової гайки, ходовий гвинт 160 пересувається лінійно.

Звернемося знов до Фігур 1 та 2, на яких показано, що перевага описаної конструкції реактора полягає у тому, що середній відсік включає опірний фланець внутрішніх частин, або "середній фланець" 29. Цей відсік можна зробити відносно тонким, та він надає опору для привідного механізму регульовального стрижня та напрямних механізмів для приладів усередині активної зони. Цей відсік забезпечує електричним та гідравлічним входом для привідних механізмів регульовального стрижня (CRDM). Дренажна проходка теплоносія реактора (не зображено) довільно також включена до цього відсіку. Ця дренажна лінія, якщо вона є, довільно від'єднується внутрішнім клапаном, коли реактор знаходиться під тиском, щоб обмежити або усунути його спроможність до втрати теплоносія при аварії (LOCA).

Проілюстровані верхні внутрішні компоненти 24, включаючи CRDM, не включають проілюстровану теплоізоляцію. Проте, передбачається ізолювати ці деталі, застосовуючи ізоляційну систему, спроможну протистояти температурі конструкції, яка становить принаймні 650 °F (343 °C). Внаслідок застосування ізоляційної системи зовнішня охолоджувальна вода не буде обов'язковою, проте її також можна довільно застосовувати. Наприклад, охолоджувальну воду можна подавати до електричних приладів, щоб зменшити проблеми, які виникають під час роботи при високих температурах у робочому середовищі. Ізоляційна система спрощує розташування електричного CRDM усередині силового корпусу, що зменшує загальну висоту корпусу 10 реактора, суттєво зменшує кількість проходок у корпус 10 реактора та дозволяє транспортувати укомплектований модуль реактора як суцільну установку. Інша перевага полягає у зменшенні загальної висоти конструкції ковпака (не зображено). Незважаючи на те, що наявність ізоляції вважають перевагою, інші передбачені розв'язання проблеми включають

застосування охолодження водою та/або вибір матеріалів, спроможних протистояти високим робочим температурам без ізоляції.

5 Проілюстрований варіант здійснення реактора - це конфігурація суцільного реактора, що охолоджується водою під тиском (PWR). Проте також очікується, що один або більше з описаних способів, пристроїв, тощо можна придатним чином застосовувати в інших типах корпусів ядерних реакторів, таких як реактори з киплячою водою (BWR), які можуть з перевагою включати внутрішні вузли CRDM, ефективні датчики положення регулювальних стрижнів тощо.

10 Було проілюстровано та описано переважні варіанти здійснення винаходу. Очевидно, що після прочитання та розуміння попереднього докладного опису у читача можуть виникнути модифікації та зміни. Ми наполягаємо, що винахід було створено як такий, що включає усі такі модифікації та зміни, доки вони відповідають обсягу формули винаходу, що додається, або еквівалентам вказаного.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

15

1. Механізм регулювального стрижня для використання у ядерному реакторі, який містить: регулювальний стрижень, який має конфігурацію для вставляння в активну зону реактора для поглинання нейтронів;

20 з'єднувальний стрижень, який має нижній кінець, з'єднаний з регулювальним стрижнем; привідний механізм, який включає пустотілий ходовий гвинт, зчеплений з гайкою, яка приводиться у рух за допомогою двигуна, і встановлений з можливістю лінійного пересування при обертанні гайки; та

25 фіксатор, змонтований на верхньому кінці пустотілого ходового гвинта, причому верхній кінець з'єднувального стрижня розташований з можливістю проходити через пустотілий ходовий гвинт і прикріплюватися фіксатором до верхнього кінця пустотілого ходового гвинта з можливістю рухатися разом з пустотілим ходовим гвинтом внаслідок обертання вищезгаданої гайки, при цьому відкриття фіксатора зумовлюється втратою або вимкненням електроенергії, щоб від'єднати верхній кінець з'єднувального стрижня від верхнього кінця пустотілого ходового гвинта.

30 2. Механізм регулювального стрижня за п. 1, який **відрізняється** тим, що регулювальний стрижень включає набір регулювальних стрижнів, з'єднаних з нижнім кінцем з'єднувального стрижня за допомогою вузла хрестовини.

35 3. Механізм регулювального стрижня за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить електромагніт, що магнітно керує фіксатором, де втрата або вимкнення електроенергії, що подається до електромагніта, примушує фіксатор відкритися, щоб відкріпити верхній кінець з'єднувального стрижня від верхнього кінця пустотілого ходового гвинта.

4. Механізм регулювального стрижня за п. 3, який **відрізняється** тим, що електромагніт простягається у просторі принаймні однаково з ходом лінійного пересування, за яким фіксатор можна лінійно пересувати за допомогою привідного механізму.

40 5. Механізм регулювального стрижня за п. 3, який **відрізняється** тим, що фіксатор містить постійні магніти, які встановлені з можливістю приєднуватися до електромагніта, коли до електромагніта подається електроенергія.

6. Механізм регулювального стрижня за п. 3, який **відрізняється** тим, що фіксатор відкривається внаслідок механічного відхилення, а електроенергія, що подається до електромагніта, магнітно зачиняє фіксатор.

45 7. Механізм регулювального стрижня за п. 6, який **відрізняється** тим, що фіксатор відкривається внаслідок механічного відхилення за допомогою пружини.

8. Механізм регулювального стрижня за п. 3, який **відрізняється** тим, що електромагніт не пересувається лінійно з пустотілим ходовим гвинтом, коли привідний механізм спричиняє лінійне пересування пустотілого ходового гвинта.

50 9. Механізм регулювального стрижня за п. 8, який **відрізняється** тим, що містить корпус електромагніта, який вміщує електромагніт, при цьому фіксатор також розташований усередині корпусу електромагніта.

10. Спосіб регулювання регулювального стрижня, при якому здійснюють: лінійне пересування регулювального стрижня за допомогою пустотілого ходового гвинта та з'єднувального стрижня, який має нижній кінець, з'єднаний з регулювальним стрижнем, та верхній кінець, розташований з можливістю проходити через пустотілий ходовий гвинт і прикріплюватися фіксатором до верхнього кінця пустотілого ходового гвинта, та

60 у випадку аварійної зупинки, від'єднання регулювального стрижня від пустотілого ходового гвинта шляхом відкріплення верхнього кінця з'єднувального стрижня від верхнього кінця

пустотілого ходового гвинта, внаслідок чого регулювальний стрижень падає й швидко зупиняє реактор, а пустотілий ходовий гвинт не падає.

11. Спосіб регулювання регулювального стрижня за п. 10, який **відрізняється** тим, що відкріплення регулювального стрижня здійснюють шляхом вивільнення його фіксатором, який змонтований на верхньому кінці пустотілого ходового гвинта з можливістю прикріплювати верхній кінець з'єднувального стрижня до верхнього кінця пустотілого ходового гвинта.

12. Спосіб регулювання регулювального стрижня за п. 11, який **відрізняється** тим, що вивільнення фіксатором здійснюють шляхом відключення електромагніта, який магнітно закриває фіксатор, від електроенергії.

13. Ядерний реактор, який містить:

активну зону;

силовий корпус, який включає нижній відсік корпуса, який містить активну зону, верхній відсік корпуса, розташований над активною зоною та над нижнім відсіком корпуса, та середній фланець, розташований над активною зоною та між нижнім відсіком корпуса та верхнім відсіком корпуса; та

внутрішній привідний механізм регулювального стрижня (CRDM), який розташований у корпусі високого тиску і підтримується середнім фланцем.

14. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що містить суцільний парогенератор, розташований у силовому корпусі над середнім фланцем.

15. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що містить вузол кошика для внутрішніх компонентів, який підтримує CRDM та прикріплений до середнього фланця.

16. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що містить напрямні рамки регулювальних стрижнів, які підтримуються середнім фланцем.

17. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що містить привідний механізм регулювального стрижня з гідравлічним зупиненням, який підтримується середнім фланцем.

18. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що внутрішній CRDM, який включає двигуни внутрішнього CRDM, розташований усередині силового корпуса, а середній фланець забезпечує електричні та гідравлічні входи до внутрішнього CRDM.

19. Ядерний реактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що внутрішній CRDM містить:

з'єднувальний стрижень, з'єднаний з регулювальним стрижнем;

пустотілий ходовий гвинт;

привідний механізм, який зумовлює лінійне пересування пустотілого ходового гвинта; та

фіксатор, який має (i) запертий стан, при якому з'єднувальний стрижень прикріплений до пустотілого ходового гвинта, так що з'єднувальний стрижень рухається разом з пустотілим ходовим гвинтом, коли пустотілий ходовий гвинт лінійно пересувається за допомогою привідного механізму, та (ii) незапертий стан, при якому з'єднувальний стрижень відкріплений від пустотілого ходового гвинта.

20. Привідний механізм регулювального стрижня (CRDM) для використання у ядерному реакторі, який містить:

з'єднувальний стрижень, з'єднаний з принаймні одним регулювальним стрижнем;

пустотілий ходовий гвинт, причому з'єднувальний стрижень розташований з можливістю проходити через пустотілий ходовий гвинт;

привідний механізм, конфігурація якого зумовлює лінійне пересування пустотілого ходового гвинта;

вузол електромагнітної котушки; та

фіксуючий вузол, змонтований на верхньому кінці пустотілого ходового гвинта з можливістю прикріплювати верхній кінець з'єднувального стрижня до верхнього кінця пустотілого ходового гвинта у відповідь на подачу електроенергії до вузла електромагнітної котушки та вивільняти верхній кінець з'єднувального стрижня від приєднання до верхнього кінця пустотілого ходового гвинта у відповідь на відключення вузла електромагнітної котушки від електроенергії.

21. Механізм за п. 20, який **відрізняється** тим, що фіксуючий вузол закріплений на пустотілому ходовому гвинті з можливістю лінійно пересувається разом з ним.

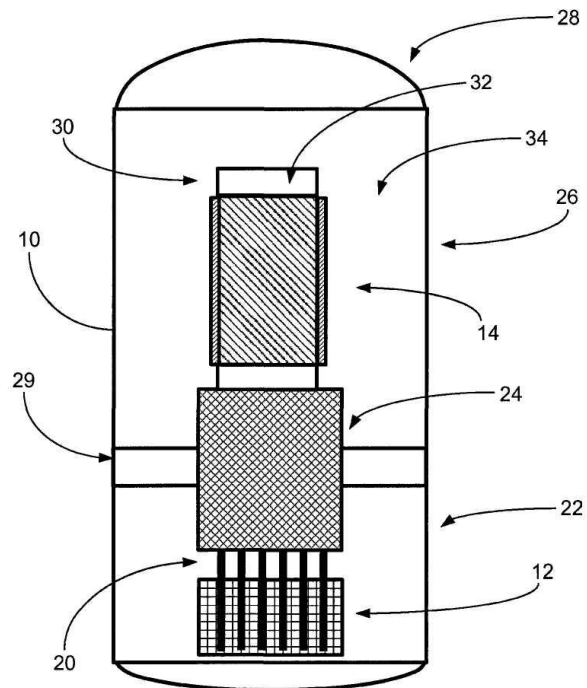
22. Механізм за п. 21, який **відрізняється** тим, що вузол електромагнітної котушки не рухається з пустотілим ходовим гвинтом.

23. Механізм за п. 22, який **відрізняється** тим, що вузол електромагнітної котушки простягається у просторі принаймні однаково з ходом лінійного пересування, згідно з яким привідний механізм має таку конфігурацію, щоб лінійно пересувати пустотілий ходовий гвинт.

24. Механізм за п. 20, який **відрізняється** тим, що фіксуючий вузол механічно відхиляється, щоб відкритися, та він містить магніти, які піддаються дії сили, яка залежить від постачання

електроенергії до вузла електромагнітної котушки та яка долає механічне відхилення, примушуючи фіксуючий вузол зачинятися.

25. Механізм за п. 20, який **відрізняється** тим, що фіксуючий вузол розташований усередині вузла електромагнітної котушки.



Фіг. 1

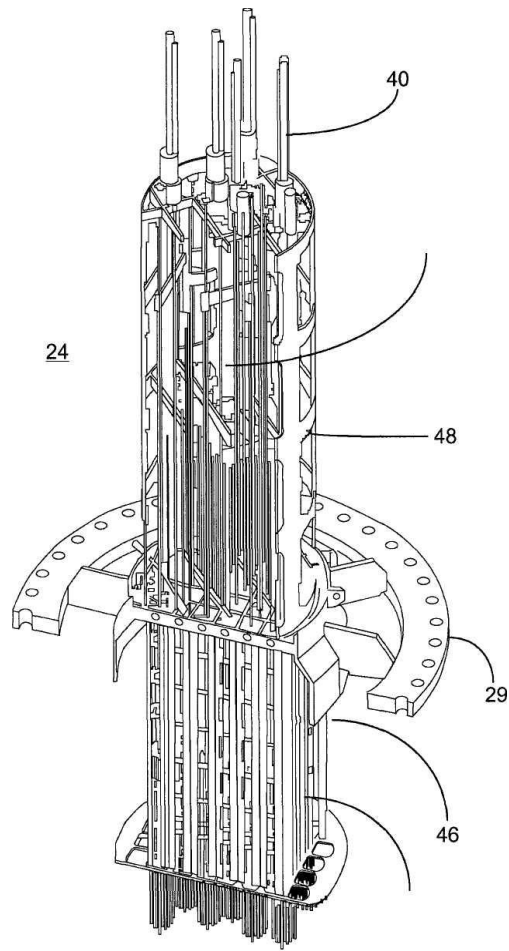


Fig. 2

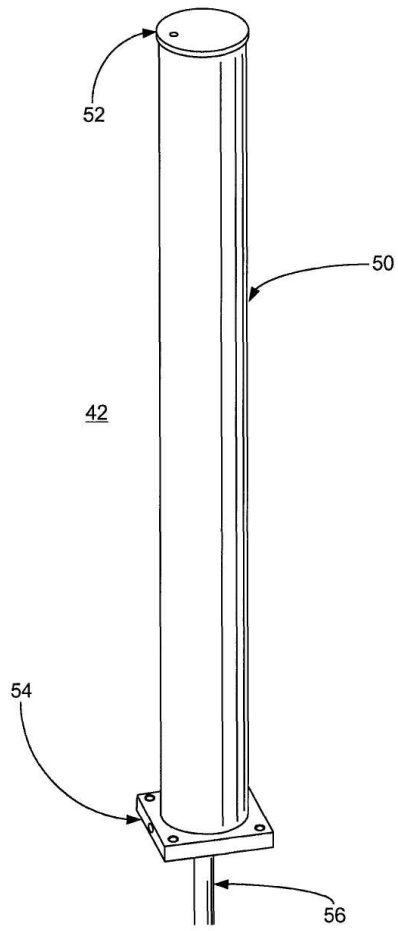


Fig. 3

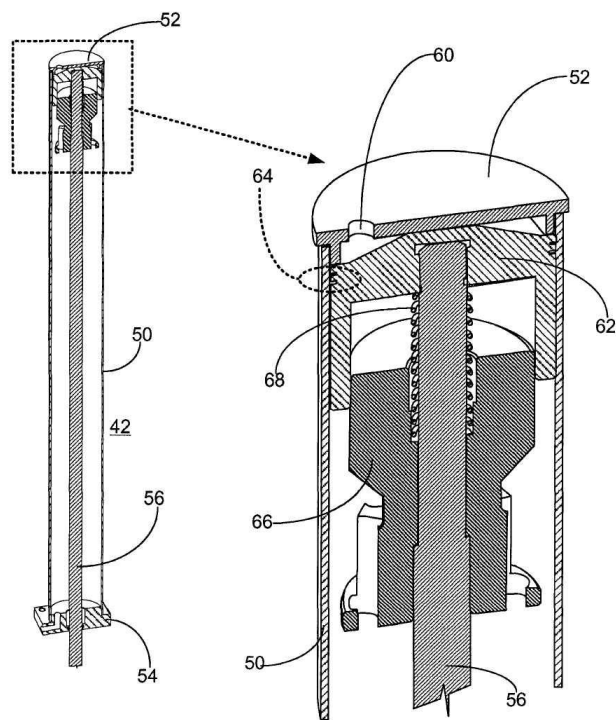
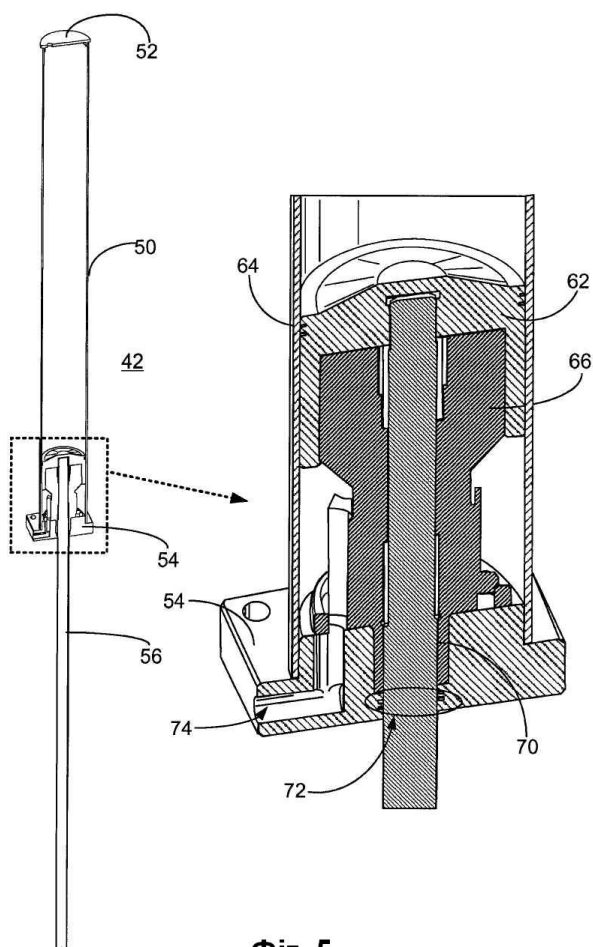
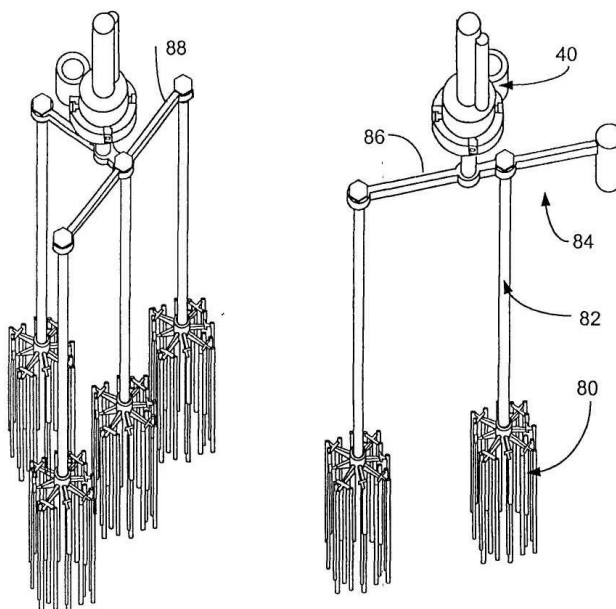


Fig. 4



Фиг. 5

Група стрижнів типу 2 Група стрижнів типу 1



Фиг. 6

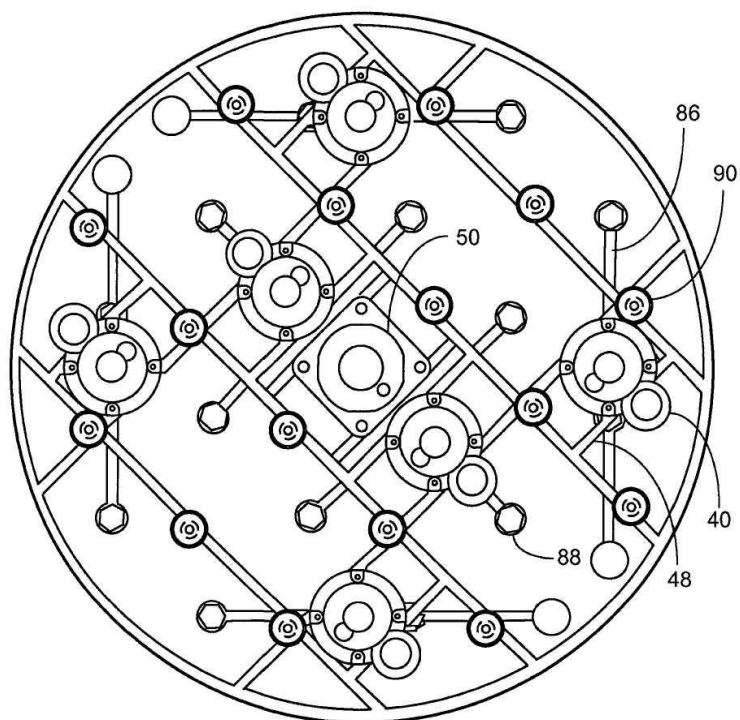


Fig. 7

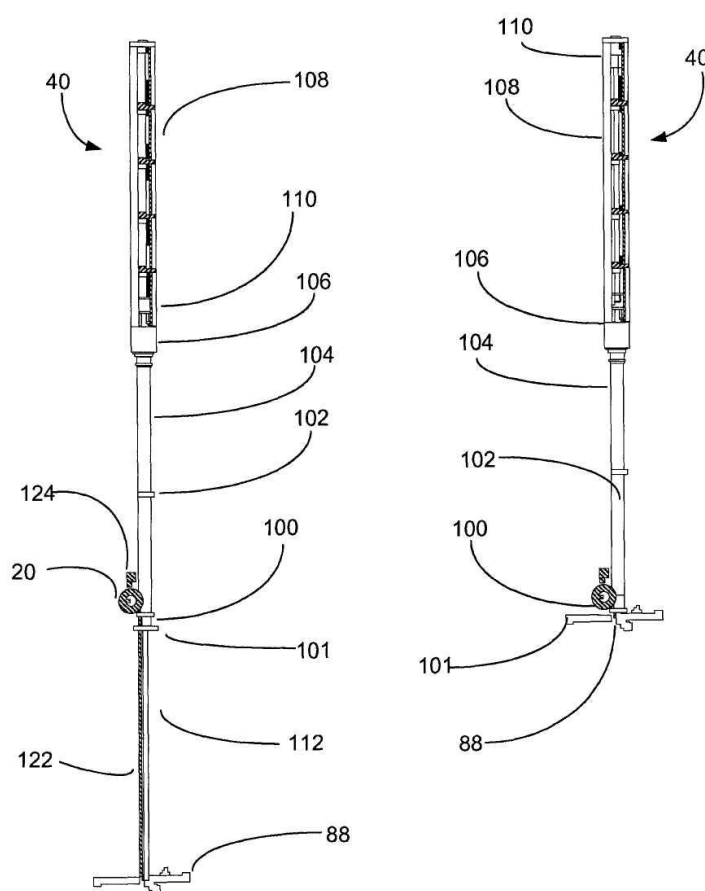


Fig. 8

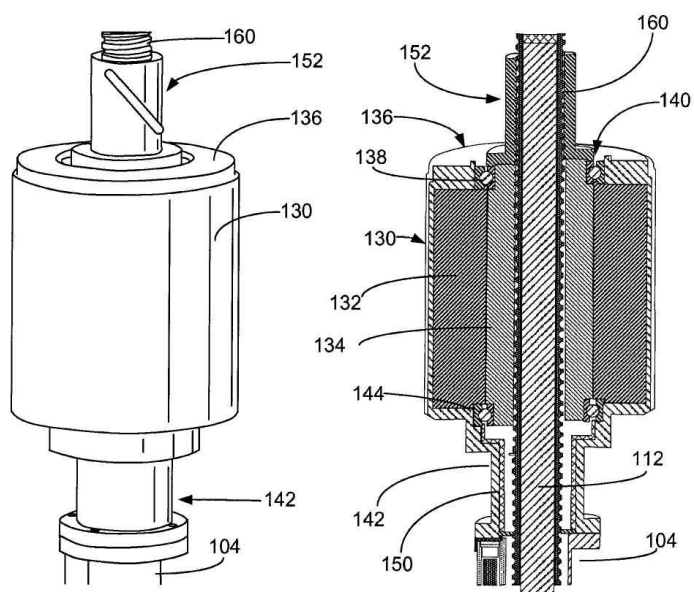


Fig. 9

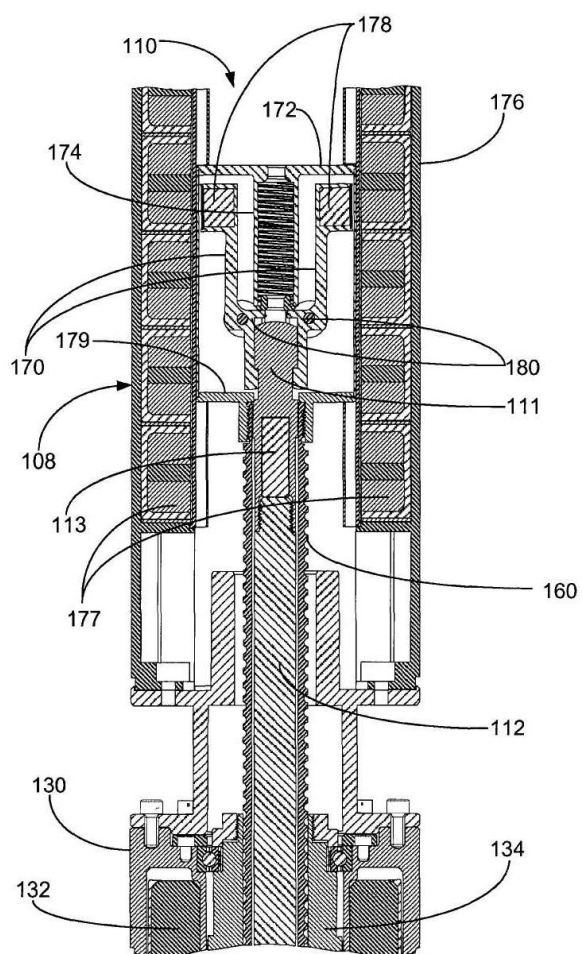


Fig. 10

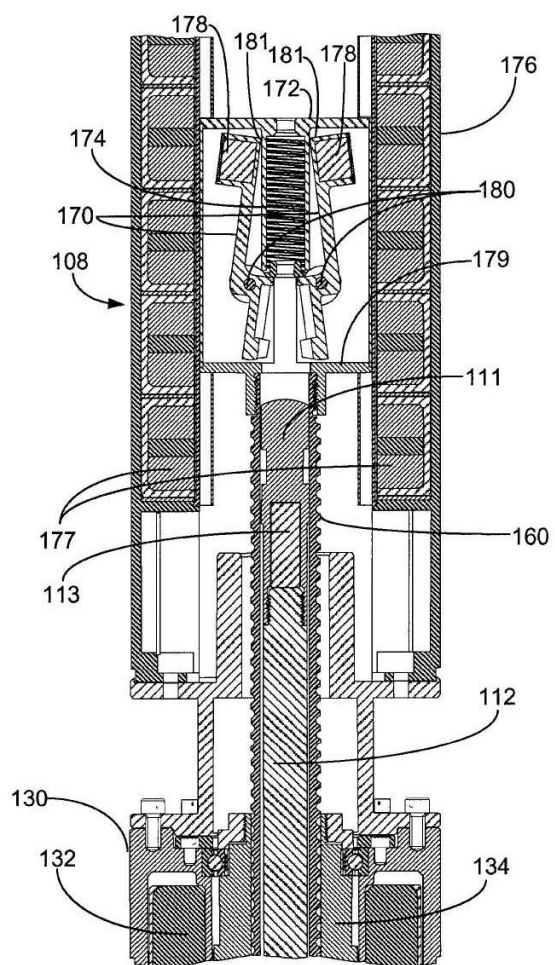


Fig. 11

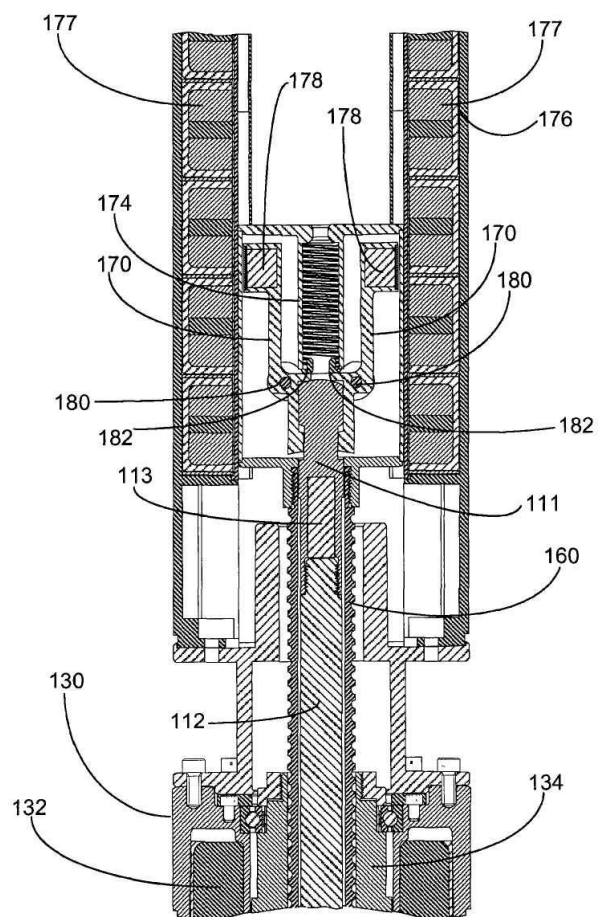


Fig. 12

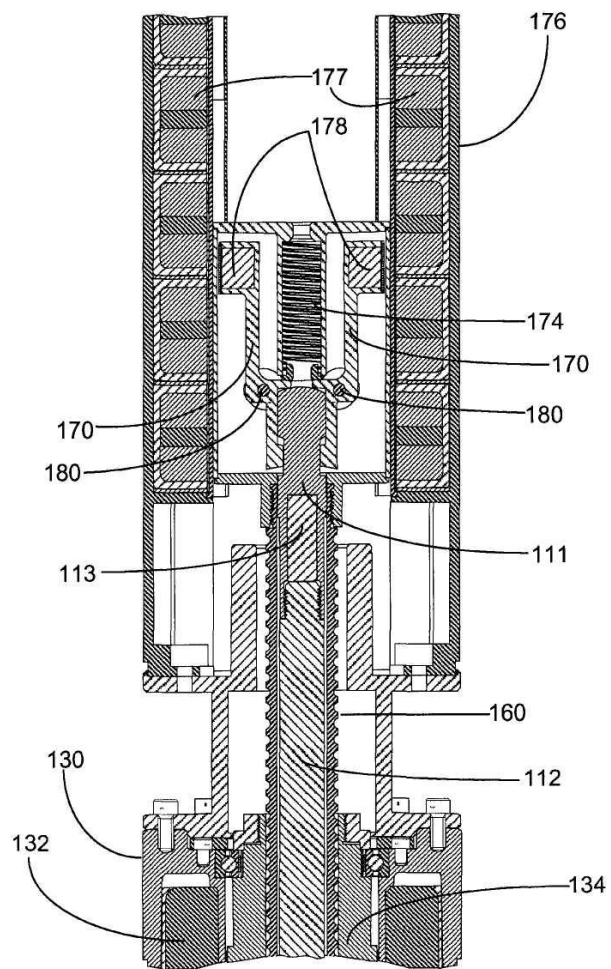


Fig. 13

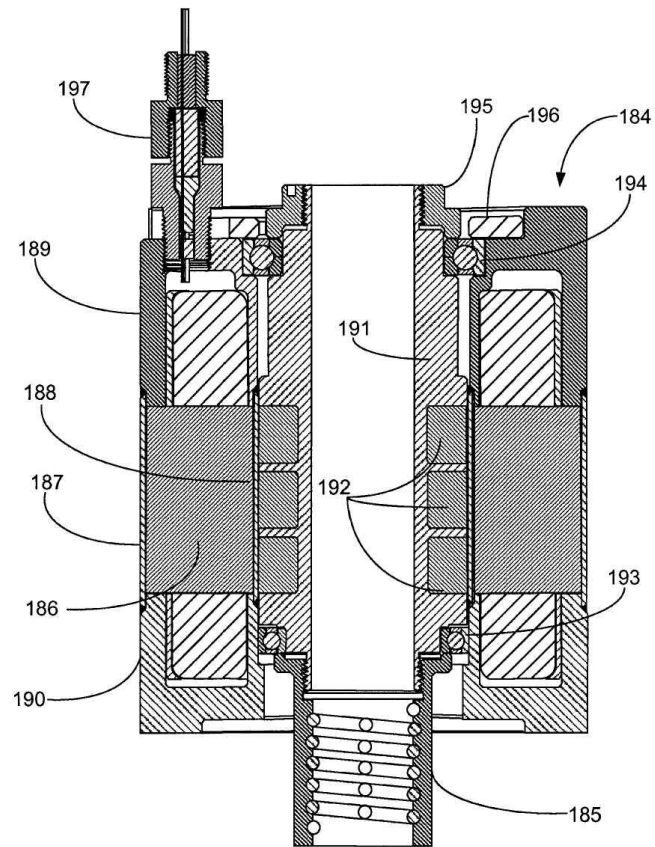


Fig. 14

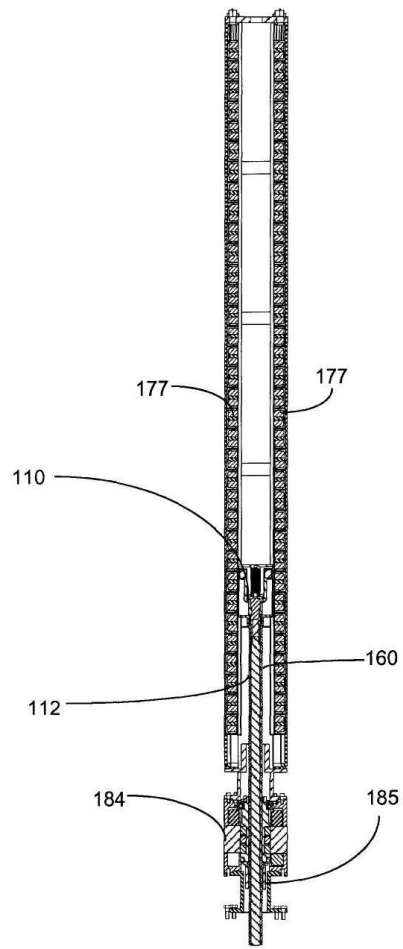


Fig. 15

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601