

Технічна Галузь

Даний винахід відноситься до трубчастого порожнистого стрижня, з якого формують решітку. Решітка призначена для пучка стрижнів ядерного палива для ядерного реактора, зокрема реактора з киплячою водою або реактора з водою під тиском.

Рівень Техніки

Відомі паливні пучки для реакторів з киплячою водою і реакторів з водою під тиском. Вони містять паралельно розташовані паливні стрижні, встановлені і утримувані решітками по всій їх довжині. У процесі експлуатації теплоносії надходить у паливний пучок через його нижній конструктивний елемент з проходженням вгору і виходить з нього через верхній конструктивний елемент.

Паливні стрижні довгі, тонкі та гнучкі. Під дією динаміки теплоносія ці стрижні будуть піддаватися вібрації і вступати в абразивний контакт один з одним. Отже, для утримування паливних стрижнів у їх проектному положенні поруч один з іншим, усередині паливного пучка використовуються так звані роздільні решітки (тут і далі називаються трубчастими решітками).

Порожнисті стрижні з елементами для утримування паливного стрижня в даний час використовуються у різних конструкціях для утримування ядерного палива, мають некруглий поперечний переріз і формуються зі стрічок зі штампованою пружиною та заглибленнями або із труб із сформованими елементами для утримування паливного стрижня і відомі як "оболонки". Один приклад цієї так званої "оболонки" розкритий в документі US-5371768.

Оболонки у своїх роздільних елементах утворюють окремі циліндри, що мають, як правило, спарені стопори на одній своїй стороні, а на іншій своїй стороні - пружини для зміщення паливного стрижня. Внутрішній діаметр оболонок перевищує зовнішній діаметр паливних стрижнів, тому паливний стрижень при зміщенні пружиною центрується відносно оболонок. Коли оболонки утримуються разом у матриці, виходить незмінна і задовільна відстань між паливними стрижнями.

Іншим спорідненим документом є EP-0769784, який розкриває роздільний елемент для пучка стрижнів ядерного палива для легководного ядерного реактора, зокрема реактора з киплячою водою або реактора з водою під тиском, і пучок стрижнів ядерного палива, що містить роздільні елементи. Паливний пучок є пучком продовгуватих елементів, які утримуються та фіксуються низкою роздільних елементів, розташованих на відстані один від одного вздовж пучка. Роздільні елементи містять низку лунок для взаємної фіксації продовгуватих елементів. Теплоносії пристосований для протікання знизу і зверху крізь зазвичай вертикально розташований паливний пучок і під час ядерної реакції - для охолодження продовгуватих елементів, розташованих у збірці.

Ще одним документом є US-2011/0080988, що розкриває конструкції паливних пучків з використанням змішаних типів роздільних елементів.

US5263071 описує роздільний елемент у вигляді трубчастого рукава, що має нерухомі опори та пружинні засоби. Є чотири опори, дві з яких розташовані у верхній площині і дві в нижній площині, що разом із пластинчастою пружиною, розташованою посередині між парами опор, утворюють п'ять точок контакту з паливним стрижнем. Рукава можуть бути розташовані з утворенням решітки для формування роздільного елемента.

US5331679 описані трубчасті оболонки, що використовуються в якості роздільних елементів для палива. Конструкція складається з двох пар виступів у верхній та нижній частинах оболонки. Між виступами знаходиться петлева пружина, поміщена у вирізі, так що паливні стрижні матимуть контакт у п'яти точках. Оболонки можуть бути приварені одна до одної точковим зварюванням для формування роздільного елемента. Точки зварювання розташовані у верхній та нижній частинах оболонок.

US5069864 описує роздільний елемент, що складається з оболонок, що мають два верхні стопори і два нижні стопори, які проходять всередину оболонок, і пружину, вставлену в паз. Пружина є окремим компонентом і не сформована як одна деталь з стінкою оболонки. US3801452 описує роздільну решітку, яка складається з трубчастих оболонок. Окремі оболонки мають дві пари опорних елементів та пружину у формі лука для забезпечення контакту у п'яти точках з паливним стрижнем.

US3664924 показує альтернативну компоновку для досягнення контакту у п'яти точках, у якій роздільна решітка має чотири арки і один пружинний елемент, який контактує з кожним паливним стрижнем.

JP H01 212394 розкриває круглу оболонку для утримування водяного стовпа, яка складається з циліндричного елемента та U-подібного пазу для встановлення пластинчастої пружини для утримання паливного стрижня.

US5361288 відноситься до роздільного елемента з виконаними як одна деталь з ним пружинами з циркуляцією для застосування в пучку ядерного палива для ядерних реакторів з киплячою водою.

Хоча багато відомих трубчастих порожнистих стрижнів та решіток відповідають високим стандартам якості, все ще є можливості для досягнення кращих властивостей щодо витримування бічного удару, ніж у існуючих конструкціях, при цьому забезпечуючи покращену жорсткість порожнистого стрижня та низький гідравлічний опір. Таким чином, задачею цього винаходу є створення вдосконаленого трубчастого порожнистого стрижня та решітки, які володіють кращими

властивостями щодо витримування бічного удару порівняно з існуючими конструкціями, покращеною жорсткістю решітки та низьким гідравлічним опором.

Короткий Опис Винаходу

Вищевказана задача вирішується за допомогою трубчастого порожнистого стрижня та решітки відповідно до незалежних пунктів формули винаходу. Переважні варіанти виконання винаходу викладені у залежних пунктах формули винаходу.

Запропоноване рішення забезпечує кращі властивості щодо витримування бічного удару порівняно з існуючими конструкціями, пропонуючи покращену жорсткість порожнистих стрижнів та низький гідравлічний опір.

Згідно з цим винаходом, трубчастий порожнистий стрижень має круглий поперечний переріз з однією "листовою" пружиною та двома парами горизонтальних опорних елементів, розташованих на кутовій відстані 120 градусів один від одного вище і нижче пружини, забезпечуючи п'ятиточкову контактну систему для утримування паливного стрижня. Трубчасті порожнисті стрижні у решітці приварені на своїй верхній та нижній частині для формування решітки із трикутним або квадратним проміжком між паливними стрижнями.

Дві суцільні верхні та нижні секції над верхніми опорними елементами та під нижніми опорними елементами забезпечують жорстку зону контакту між сусідніми трубчастими порожнистими стрижнями, що у поєднанні з усією геометрією паливного пучка мінімізує вплив на опорні елементи паливного стрижня одного трубчастого порожнистого стрижня через потенційну силу бічного удару. Це одна з переваг запропонованого трубчастого порожнистого стрижня, що покращує властивості решітки щодо витримування бічного удару в порівнянні з існуючими конструкціями.

Ще однією перевагою конструкції порожнистого стрижня є наявність пластинчастої пружини та горизонтальних заглиблень, які забезпечують стабільну систему утримування паливного стрижня з п'ятьма точками контакту та покращеними характеристиками жорсткості порожнистого стрижня. Крім того, решітка з трубчастих порожнистих стрижнів має мінімальне засмічення, що знижує гідравлічний опір решітки та покращує теплогідравлічні характеристики палива.

Таким чином, надані тут трубчастий порожнистий стрижень та решітка дозволяють досягти наступного:

- трубчастий порожнистий стрижень має геометрію, яка мінімізує вплив на опорні елементи паливного стрижня одного порожнистого стрижня через потенційний бічний удар. Таким чином, властивості решітки щодо витримування бічного удару та здатність утримувати бічну відстань між паливними стрижнями при бічному ударі покращуються у порівнянні з існуючими конструкціями.

- покращені характеристики жорсткості трубчастого порожнистого стрижня досягаються завдяки конструкції порожнистого стрижня, яка містить пластинчасту пружину та горизонтальні поглиблення для забезпечення системи утримування паливного стрижня з п'ятьма точками контакту.

- конструкція решітки має мінімізоване засмічення, що знижує її гідравлічний опір та покращує теплогідравлічні характеристики палива. Це частково пояснюється відкритою структурою опорних елементів.

Короткий Опис Креслень

Фігура 1 зображає вид збоку, який схематично показує трубчастий порожнистий стрижень відповідно до одного з варіантів виконання цього винаходу.

Фігура 2 зображає вид уздовж осі А, який схематично показує трубчастий порожнистий стрижень відповідно до одного з варіантів виконання цього винаходу.

Фігура 3 зображає два види у перспективі трубчастого порожнистого стрижня відповідно до одного з варіантів виконання цього винаходу.

Фігура 4 зображає вид зверху трубної решітки згідно з одним варіантом виконання винаходу з трикутним проміжком між стрижнями цього винаходу.

Фігура 5 зображає вид зверху квадратної трубної решітки у відповідності з іншим варіантом виконання винаходу.

Фігура 6 зображає схематичну ілюстрацію пучка паливних стрижнів, оснащеного решітками відповідно до цього винаходу.

Детальний Опис Винаходу

Трубчастий порожнистий стрижень, а також решітка і паливний пучок тепер будуть докладно описані з посиланнями на додані фігури. На всіх фігурах однакові або подібні елементи мають однакові позиційні позначення. Крім того, елементи та фігури не обов'язково виконані в масштабі, акцент робиться на ілюстрації принципів винаходу.

Тепер з посиланнями на фігури 1 і 2 буде докладно описаний трубчастий порожнистий стрижень 2. Трубчастий порожнистий стрижень 2 виконаний для встановлення в решітках 4 (див. фіг. 4-5), які містять трубчасті порожнисті стрижні і призначені для утримання продовгуватих паливних стрижнів 6 у пучку паливних стрижнів 8 (див. фіг. 6) в ядерному реакторі. Трубчастий порожнистий стрижень 2 має форму циліндра, по суті круглий поперечний переріз і проходить вздовж поздовжньої осі А, має довжину L, і ця вісь А має по суті вертикальну орієнтацію при нормальному використанні.

Трубчастий порожнистий стрижень представляє собою корпус 10, який має верхній отвір 12 і нижній отвір 14 (див. фігуру 3), виконані для прийому паливного стрижня 6 (див. фігуру 4).

Корпус 10 має, уздовж поздовжньої осі А, нижню секцію 16, верхню секцію 18 і середню секцію 20, розташовану між верхньою і нижньою секціями. Нижня та верхня секції можуть бути розташовані симетрично відносно середньої секції, як показано на фігурі 3.

Середня секція 20 має дві пари опорних елементів 22, кожен з яких має спрямовані радіально всередину виступи, при цьому одна з цих пар розташована поблизу верхньої частини середньої секції 20, а інша пара розташована поблизу нижньої частини середньої секції 20.

Опорні елементи кожної пари 22 розташовані в одній площині, перпендикулярній до осі А, і знаходяться на кутовій відстані приблизно 120 градусів один від одного, і опорні елементи 22 однієї пари розташовані над опорними елементами 22 іншої пари.

Середня секція 20 також має пружний елемент 24, налаштований для створення пружної сили, спрямованої всередину в радіальному напрямку, для утримання паливного стрижня. Пружний елемент розташований між зазначеними площинами пар опорних елементів і практично на однаковій відстані від площин опорних елементів 22. Пружний елемент може мати форму пластинчастої пружини, прикріпленої до стінки корпусу і має дугоподібну форму, орієнтовану усередину. Коли паливний стрижень 6 вставляється в порожнистий стрижень (див. середній порожнистий стрижень на фіг. 4), пружний елемент 24 має таку структуру, щоб штовхати паливний стрижень всередину у радіальному напрямку до опорних елементів 22.

Верхня секція 18 і нижня секція 16 мають відповідно довжини $L1$ і $L2$ вздовж осі А, які більші за $0,1L$ і менше $0,3L$, тобто $0,1L < L1(L2) < 0,3L$. В одному варіанті виконання винаходу $L1$ та $L2$ однакові. Крім того, верхня і нижня секції є цільною частиною стінки корпусу, яка має однакову товщину і не має отворів, заглиблень або виступів.

Цільні верхня та нижня секції покращують властивості решітки щодо витримання бічного удару, яка складається із зварених між собою трубчастих порожнистих стрижнів. Зварювання виконується у верхній та нижній секціях, наприклад, лазером.

Згідно з одним варіантом виконання винаходу, кожна з верхньої 18 і нижньої секцій 16 має заздалегідь визначену кількість елементів 26 для зварювання, призначених для зварювання при кріпленні трубчастих порожнистих стрижнів один до іншого. Переважно, кожен елемент для зварювання є виступом, що виходить зі стінки корпусу вздовж осі А.

Переважно, трубчастий порожнистий стрижень 2 містить чотири або шість елементів для зварювання.

Якщо на кожній верхній 18 і нижній секції 16 передбачено по чотири елементи 26 для зварювання, то трубчасті порожнисті стрижні переважно розташовуються у решітках, як показано на фігурі 5, у вигляді квадратної решітки.

Якщо замість цього на кожній верхній 18 і нижній секції 16 передбачено по шість елементів 26 для зварювання, то трубчасті порожнисті стрижні переважно розташовуються у решітках, як показано на фігурі 4, у вигляді трикутного масиву.

Зверніть увагу, що на фігурах 4 і 5 показано лише незначну частину решіток.

Згідно з одним з варіантів виконання винаходу, опорні елементи 22 мають відкриту структуру в поздовжньому напрямку вздовж осі А, що дозволяє теплоносію легко проходити повз. Переважно, опорний елемент має форму лука в площині, перпендикулярній до осі А, і прикріплений на кожному зі своїх кінців до внутрішньої поверхні стінки корпусу.

Згідно з ще одним варіантом виконання винаходу, стінка трубчастого корпусу середньої секції має отвори в місцях розташування опорних елементів та пружного елемента (див., наприклад, фіг. 3).

Даний винахід також відноситься до решіток 4, які містять трубчасті порожнисті стрижні 2, як визначено вище. Трубчасті порожнисті стрижні переважно розташовані у вигляді трикутного масиву (див. фіг. 4) або у вигляді квадратної решітки (див. фіг. 5).

Крім того, даний винахід відноситься до паливного пучка 8, який містить щонайменше дві решітки 4, розташовані так, щоб міцно утримувати пучок паливних стрижнів 6. Ілюстративний паливний пучок 8 схематично показаний на фігурі 6 і містить чотири решітки.

Даний винахід не обмежується описаними вище переважними варіантами виконання. Можуть бути використані різні альтернативи, модифікації та еквіваленти. Тому наведені вище варіанти виконання винаходу не повинні розглядатися як такі, що обмежують правовий об'єм винаходу, який визначається доданою формулою винаходу.

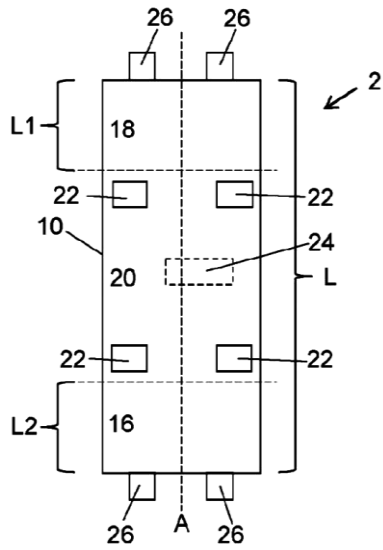


Fig. 1

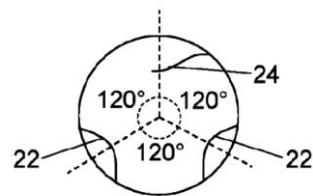


Fig. 2

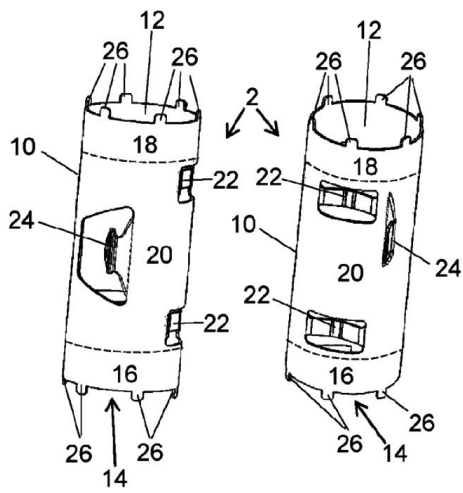


Fig. 3

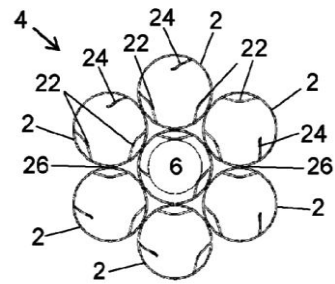


Fig. 4

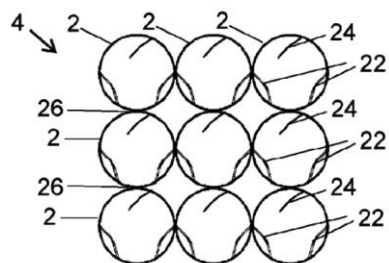


Fig. 5

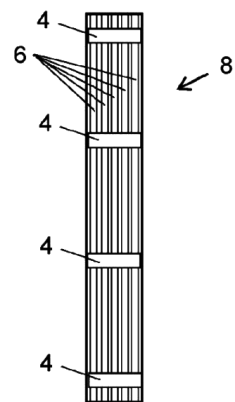


Fig. 6