

# Облікова картка ДіР



## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0216U002134

**Державний реєстраційний номер:** 0113U004123

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 27-01-2016

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 3

**Назва етапу:** Визначення оптимальних параметрів осадження покриттів на зразки цирконієвої оболонки.  
Розробка принципів схем з реалізації процесів нанесення покриттів на довгомірні труби

**Початок етапу:** 03.2015

**Закінчення етапу:** 12.2015

**Вид звітнього документа:** Остаточний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 14312223

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** (057) 335-68-25

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національна академія наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 00019270

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380442396594

## VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

**Підстава для проведення ДіР:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**Напрямок фінансування:** 2.3 - виконання робіт за державними цільовими програмами

### Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 6541030

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| <b>Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):</b> 110 |
|------------------------------------------------------|

## VII. Відомості про ДіР

### Назва роботи українською:

Підвищення ресурсу роботи виробів із Zr-сплавів, в т.ч. оболонок ТВЕЛ шляхом газодифузійної та іонно-плазмової обробки поверхні

### Назва роботи англійською:

The increase service life of Zr-alloys products, including the coat of fuel elements by gas-diffusion and ion-plasma surface treatment

### Реферат українською:

Будівництво АЕС із реакторами підвищеної потужності, перехід до більш тривалих кампаній ТВЕЛ з більш високим вигоранням палива, а також до режимів роботи реакторів з маневруванням потужності суттєво збільшують навантаження на цирконієві сплави, які є основним конструкційним матеріалом активної зони атомних реакторів на теплових нейтронах. Для збільшення ресурсу роботи та перешкодження руйнуванню оболонок ТВЕЛ, які зазнають вплив високих напруг, температур та корозії пропонується попередня їх обробка шляхом окислення та нанесення покриттів. В роботі відпрацьовані процеси окислення сплаву Zr1Nb при температурах 300-550 °C в широкому діапазоні тиску кисню. Запропонована більш якісна схема попереднього окислення, яка суттєво відрізняється від наведених у патентах РФ № 2382120, РФ № 2199607, РФ № 2298049. Встановлено, що товщина та якість сформованого оксиду залежить від часу окислення більше ніж від тиску кисню в реакційній камері. Дослідження механічних властивостей довели, що проведення попереднього окислення фрагментів виробів з цирконієвих сплавів в оптимальних умовах призводить до збільшення меж пластичності, міцності та подовження. Такий режим окислення ефективно захищає цирконієві сплави від подальшої корозії в повітрі до температур  $T \leq 500$  °C. Захист цирконієвих виробів від окислення при температурах вище за 500°C може забезпечити тільки нанесення вакуумно-дугових покриттів. На фрагментах твельних трубок із сплаву Zr1Nb були сформовані покриття Cr, CrAlx, ZrN, ZrON, ZrOx, CrN, (Ti<sub>0.48</sub>Zr<sub>0.18</sub>Al<sub>0.17</sub>Nb<sub>0.09</sub>Y<sub>0.08</sub>)N та досліджені їх механічні властивості. Встановлено, що нанесення покриттів призводить до поліпшення механічних властивостей підкладки. Проведено випробування зразків цирконієвого сплаву з покриттями при окисленні на повітрі при температурах 500 та 600 °C протягом 100 годин та 800 °C протягом 25 годин та у водяній парі при температурі 900°C. Зразки без покриття після випробувань окислюються та руйнуються з осипанням оксиду, тоді як покриття захищають зразки від деградації за цих температур протягом всього часу випробувань. Найбільш ефективними з усіх досліджених конденсатів для захисту цирконієвих виробів є покриття хромом та його нітридами. Застосування відпрацьованих технологій дозволить збільшити ресурс цирконієвих сплавів в більш жорстких умовах експлуатації.

### Реферат англійською:

Building the atomic power station with reactors of raised power, transition to more long campaigns of fuel elements with higher burning out, and also to operating modes of reactors with power maneuvering essentially increase a loading on zirconium alloys which are the basic constructional material of a fissile region of thermal neutron nuclear reactors. For augment of a resource of operation and prevention of fracture of fuel elements casings which are subject to high stresses, corrosion and temperatures, it is offered to subject to preoxidizing and deposition of coatings. In this work processes of an oxidizing of Zr1Nb alloy are developed at temperatures 300-550°C in a wide range of oxygen pressures with prepumping-out to pressure  $6,6 \cdot 10^{-3}$  Pa. The better plan of a preliminary oxidizing which essentially differs from the plans given in patents of the Russian Federation № 2382120, № 2199607, № 2298049 is offered. It is shown, that the thickness and quality of the formed oxide depends on time of an oxidizing more, rather than from pressure of oxygen. Experiments have shown, that preliminary oxidizing fragments of products from zirconium alloys in optimum conditions leads to increasing limit of fluidity,

strengths and stretch. Such mode of an oxidizing effectively protects zirconium alloys against corrosion in air at temperatures up to 500 °C. Introduction into the film of elements of 5th group does not lead to substantial growth of corrosion resistance of zirconium. Protection of the zirconium products against oxidizing at temperatures more than 500°C can be ensured by the vacuum-arc coatings. On fragments fuel element tubes from alloy Zr1Nb coatings Cr, CrAlx, ZrN, ZrON, ZrOx, CrN, (Ti0.48Zr0.18Al0.17Nb0.09Y0.08)N have been formed and explored. Trials of samples from zirconium alloy with coatings at oxidizing in air were carried out at temperatures 500°C and 600°C within 100 hours, and at 800°C within 25 hours. Samples without coatings as a result of trials are oxidized and collapse with fall of oxide whereas coatings protect samples from degradation in course of trials. From all tested condensates the most effective for protection of zirconium products are coatings from chrome and its nitrides. Application of the developed technologies will allow to increas resource of zirconium alloys in more rigid conditions of operation.

**Індекс УДК:** 621.357, 621.357.79:541.138

**Коди тематичних рубрик:** 61.13.27.11

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Змій Віктор Іванович

**Науковий ступінь:**

**Вчене звання:**

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

## **VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)**

**Назва НТП українською:** Методика одержання модифікованих покриттів на Zr матеріалах. Принципова схема устаткування "Булат-ТВЕЛ" для нанесення вакуумно-дуговим методом покриттів на довгомірні трубки з цирконієвих сплавів.

**Назва НТП англійською:** Methods for obtaining modified coating on the Zr materials. The concept installation draft "Bulat-TVEL" for coating deposition vacuum-arc method in the lengthy pipe of zirconium alloys.

**НТП, яку передбачалося створити:**

**Причини, через які НТП не було створено:**

**Отримані результати:**

**Галузь застосування:** Атомна енергетика

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Відпрацьовані процеси окислення сплаву Zr1Nb при температурах до 5500C. Запропонована більш якісна схема попереднього окислення. Дослідження механічних властивостей довели, що проведення попереднього окислення в оптимальних умовах призводить до збільшення меж плинності, міцності та подовження. Захист цирконієвих виробів від окислення при температурах вище за 500 °C може забезпечити нанесення вакуумно-дугових покриттів. Вакуумно-дугові покриття на основі хрому та його нітридів є найбільш ефективними для захисту від високотемпературної корозії у повітрі та водяній парі. Розроблена принципова схема устаткування "Булат-ТВЕЛ" для нанесення вакуумно-дуговим методом покриттів на довгомірні трубки з цирконієвих сплавів.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:**

**Вплив НТП на довкілля:**

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** Строки впровадження будуть визначено після завершення розробки

**Закінчення етапу:**

**Споживачі продукції:** АЕС України

**Перспективні ринки:** Страни СНД

**Характер співробітництва з інвестором**

**Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:**

**Права, що надаються інвестору після завершення роботи:**

**Наявність бізнес-плану:**

**Техніко-економічне обґрунтування:**

**Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:**

**Очікуваний термін окупності (років):**

**Додаткова інформація:**

## **ІХ. Бібліографічний опис**

1. P.I. Stoev, V.A. Belous, V.N. Voyevodin, A.S. Kuprin, S.A. Leonov, V.D. Ovcharenko, M.A. Tikhonovsky, V.M. Khoroshih. Mechanical properties and acoustic parameters tubes of zirconium alloy Zr1%Nb with a protective coatings // PAST. 2015. №5(99), p. 87 – 97. 2. Білоус В.А., Купрін О.С., Носов Г.М., Овчаренко В.Д., Василенко Р.Л., Стоїв П.І., Толмачева Г.М., Тіхоновський М.А. Іонно-плазмова модифікація поверхні твельних трубок з метою поліпшення їх механічних та корозійних властивостей. Збірник «Ресурс-2015», In Press. 3. П.И. Стоев, В.Н.Воеводин, В.А.Белоус, А.С. Куприн, С.А. Леонов, В.Д. Овчаренко, М.А. Тихоновский. Механические и акустические характеристики твельных трубок из сплава Zr-1Nb с защитными покрытиями при деформации растяжением. Тезисы доклада на III Международной конференции "Высокочистые Материалы: Получение, Применения, Свойства", 15 – 18 сентября 2015 г., г. Харьков, Украина

## **Х. Заключні відомості**

### **Керівник юридичної особи**

Неклюдов Іван Матвійович

### **Перелік осіб-виконавців**

Ільченко Олександр Васильович

Білоус Віталій Арсентійович

Василенко Руслан Леонідович

Змій Віктор Іванович

Картмазов Генадій Миколайович

Комар Анатолій Анатолійович

Купрін Олександр Сергійович

Лимар Володимир Васильович

Москалець Іван Максимович

Мельніков Сергій Іванович

Овчаренко Валерій Давидович

Рижова Татяна Петрівна

Рыбальченко Нінель Діонисовна

Толмачова Галина Миколаївна

Турчина Олександра Карпівна

Устенко Микола Георгійович

### **Відповідальний за підготовку**

### **облікових документів**

### **Телефон**

### **Реєстратор**

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**

