

# Облікова картка ДіР



## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0226U004369

**Державний реєстраційний номер:** 0124U004242

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 14-08-2026

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 4

**Назва етапу:** Числові розрахунки стадій ВЧ створення плазми. Обробка експериментальних даних і результатів розрахунків.

**Початок етапу:** 01.2026

**Закінчення етапу:** 08.2026

**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" Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 14312223

**Місцезнаходження:** вул. Академічна, буд. 1, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61108, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380573353530, 380573356607

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Міністерство освіти і науки України

**Код за ЄДРПОУ:** 38621185

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Кабінет Міністрів України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380444813221

## 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:** 2.2 - прикладні дослідження і розробки

### Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 2201380

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| <b>Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):</b> 1060.300 |
|-----------------------------------------------------------|

## **VII. Відомості про ДіР**

### **Назва роботи українською:**

Ключові аспекти взаємодії плазми з поверхнями в освоєнні термоядерної енергії

### **Назва роботи англійською:**

Key aspects of the interaction of plasma with surfaces in the development of thermonuclear energy

### **Реферат українською:**

Досліджено комбінованим жевріючий мікрохвильовий розряд. Комбінований розряд було реалізовано шляхом введення додаткової мікрохвильової потужності в аргоніву плазму жевріючого розряду. При цьому спостерігалось зниження напруги розряду в порівняно з жевріючим розрядом. Аналіз поширення мікрохвиль у плазмі за умов цього експерименту показав, що поки густина плазми не досягає критичної величини, мікрохвилі багаторазово проходять крізь плазму та відбиваються від стінок вакуумної камери. Водночас відбувається поглинання та затухання мікрохвиль у плазмі. Проаналізовано сценарій створення плазми в діапазоні іоно-циклотронного резонансу. Можливо реалізувати два режими утворення плазми: перший, утворення холодної плазми, яку можна використовувати для чистки стінок, і другий, утворення та нагрівання плазми. Проведено досліджень плазми жевріючого розряду в гелієвій та водневій атмосферах за однакових умов. Були отримані вольт-амперні характеристики розрядів, які показали, що напруга розряду в гелієвій атмосфері нижча, ніж у водневій. В експериментах реалізовано серію ультракоротких імпульсів електронного циклотронного резонансу в атмосфері водню. Експерименти проводилися зі змінною кількістю імпульсів та тривалістю серії. Було зафіксовано що створюється холодна воднева плазма, придатна для кондиціонування стінок. Результати чисельного моделювання знаходяться в задовільній згоді з результатами експериментів. Обробка експериментальних даних проводились на основі отриманих результатів на установці TOMAS, стелараторі Ураган-2М, стелараторі LHD та W7-X. Порівняння очищування стінки розрядами, що створюються у великому, малому та за відсутності магнітного поля вказує на більшу ефективність розрядів в малому магнітному полі. Потоки нейтральних атомів на поверхні стінок аналізувалися в рамках електронно-циклотронних експериментів.

### **Реферат англійською:**

A combined glow-microwave discharge was investigated. The combined discharge was realized by injecting additional microwave power into an argon glow discharge plasma. A reduction in discharge voltage was observed compared to the glow discharge. An analysis of microwave propagation in the plasma under the conditions of this experiment showed that, until the plasma density reaches a critical value, the microwaves repeatedly pass through the plasma and reflect off the vacuum chamber walls. At the same time, microwave absorption and attenuation occur within the plasma. The scenario of plasma generation in the ion-cyclotron resonance range has been analyzed. Two modes of plasma formation can be implemented: the first involves the generation of cold plasma suitable for wall cleaning, and the second involves plasma generation and heating. Glow discharge plasma was investigated in helium and hydrogen atmospheres under identical conditions. Current-voltage characteristics of the discharges were obtained, showing that the discharge voltage is lower in a helium atmosphere than in a hydrogen atmosphere. A series of ultrashort electron cyclotron resonance pulses was implemented in a hydrogen atmosphere. The experiments were conducted with varying numbers of pulses and series durations. The generation of a cold hydrogen plasma suitable for wall conditioning was observed. The numerical simulation results are in satisfactory agreement with the experimental findings. The processing of experimental data was carried out based on results obtained from the TOMAS facility, the Uragan-2M stellarator, the LHD stellarator, and W7-X. A comparison of wall cleaning via discharges generated in strong and weak magnetic fields, as well as in the absence of a magnetic field, indicates that discharges in a weak magnetic field are more effective. Neutral atom fluxes at the wall surfaces were analyzed within the framework of electron cyclotron experiments.

**Індекс УДК:**533.9, 533.9.004.14;621.039.6, 621.039.6

**Коди тематичних рубрик:** 29.27

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Гаркуша Ігор Євгенійович

**Науковий ступінь:** д. ф.-м. н.

**Вчене звання:** професор, академік НАН України

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

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

**Назва НТП українською:** Дослідження комбінованого жевріючого мікрохвильового розряду.

**Назва НТП англійською:** Investigation of a combined smoldering microwave discharge.

**НТП, яку передбачалося створити:** Створено

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

**Отримані результати:** Методи, теорії, гіпотези

**Галузь застосування:** Реакторна техніка ( 73.10.0 )

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Комбінований розряд було реалізовано шляхом введення додаткової мікрохвильової потужності (0,4–1,5 кВт) на частоті 2,46 ГГц в аргоніву плазму жевріючого розряду. У жевріючому розряді температура електронів становила  $\approx 1\text{--}4$  еВ, а плаваючий потенціал зменшувався від центру малого радіуса до стінок камери. При введенні мікрохвильової потужності в плазму жевріючого розряду спостерігалось зниження напруги розряду в комбінованому жевріючому мікрохвильовому розряді порівняно з жевріючим розрядом. Зниження напруги  $\Delta U_d$  досягало  $\approx 220$  В при введеній мікрохвильовій потужності до 1,45 кВт. Залежність між зниженням напруги та потужністю введеної мікрохвилі є лінійною. Аналіз поширення мікрохвиль у плазмі за умов цього експерименту показав, що поки густина плазми не досягає критичної величини, мікрохвилі багаторазово проходять крізь плазму та відбиваються від стінок вакуумної камери. Водночас відбувається поглинання та затухання мікрохвиль у плазмі. Це призведе до додаткового нагрівання електронів та іонізації нейтрального газу та до збільшення густини плазми. У разі досягнення густини плазми, що перевищує критичну густину, в області мікрохвильового порту мікрохвилі відбиватимуться від плазми.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Вплив НТП на довкілля:** На довкілля не впливає.

**Впровадження НТП:** Впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** 01.2026

**Закінчення етапу:** 08.2026

**Споживачі продукції:** ITER Organization (Франція), Термоядерні реактори України і ЄС, Дослідницькі центри, в яких розв'язуються задачі керованого термоядерного синтезу.

**Перспективні ринки:** Швеція, Україна, США, Японія, країни ЄС.

**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:**

**Назва НТП українською:** Дослідження стадій ВЧ створення плазми.

**Назва НТП англійською:** Investigation of RF plasma generation stages.

**НТП, яку передбачалося створити:** Створено

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

**Отримані результати:** Методи, теорії, гіпотези

**Галузь застосування:** Реакторна техніка (73.10.01)

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Для дослідження стадій ВЧ створення плазми, проводились числові розрахунки показника заломлення та показника поглинання мікрохвиль у плазмі при умовах близьких до експериментальних на установці TOMAS. Аналізувалися експериментальні дані при створенні плазми в діапазоні іоно-циклотронного резонансу на стелараторі Ураган-2М та LHD. Досліджувався жевріючий розряд на стелараторі Ураган-2М. Серія ультракоротких імпульсів електронного циклотронного резонансу на W7-X аналізувалася та моделювалася.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Вплив НТП на довкілля:** На довкілля не впливає.

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** 01.2026

**Закінчення етапу:** 08.2026

**Споживачі продукції:** ITER Organization (Франція), Термоядерні реактори України і ЄС, Дослідницькі центри, в яких розв'язуються задачі керованого термоядерного синтезу.

**Перспективні ринки:** Швеція, Україна, США, Японія, країни ЄС.

**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:**

## **IX. Бібліографічний опис**

Y. V. Kovtun, V. E. Moiseenko, H. Kasahara, T. Seki, R. Seki, S. Kamio, K. Saito, S. Masuzaki, M. Yoshinuma, D. Hartmann, J. Ongena, Y. O. Kazakov, T. Wauters, A. Dinklage, M. Jakubowski, K. Cromb , I. E. Garkusha, Overview of ICRF plasma production and heating in gas mixtures in stellarators. EPJ Web of Conferences 346, 02007 (2026)

<https://doi.org/10.1051/epjconf/202634602007>

Moiseenko, V. E., Skhabytskyi, N., & Martseniuk, Y. (2026). First Experiments on 3D Plasma Calculations Using Positive Maxwellian Operator. In EPJ Web of Conferences (Vol. 346, p. 01014). EDP Sciences.

<https://doi.org/10.1051/epjconf/202634601014>

Martseniuk, Y. P., Kovtun, Y. V., Lozin, O. V., Korovin, V. B., Romanov, V. S., Maznichenko, S. M., ... & Moiseenko, V. E. Study of glow discharge plasma in a hydrogen and helium mixture on the Uragan-2M. European Physical Society 52nd EPS Conference on Plasma Physics, 29 June 2026 to 3 July 2026, EICC, Edinburgh.

<https://indico.ukaea.uk/event/449/contributions/1274/>

## **Х. Заключні відомості**

### **Керівник юридичної особи**

Азаренков Микола Олексійович

д. ф.-м. н., 01.04.08

### **Перелік осіб-виконавців**

Волкова Юлія Євгенівна

(д.філософ, 105)

Геращенко Станіслав Сергійович

Древаль Микола Борисович

(к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.08)

Ковтун Юрій Вікторович

(к. ф.-м. н., с.д., 01.04.08)

Кулик Юлія Сергіївна

(к. ф.-м. н., 01.04.08)

Мазніченко Сергій Михайлович

Марценюк Юрій Павлович

(д.філософ, 104)

Махлай Вадим Олександрович

(к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.08)

Павліченко Ростислав Олегович

(к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.08)

### **Відповідальний за підготовку**

ІНЦ ХФТІ ОКД

### **облікових документів**

### **Телефон**

097 686 3244

### **Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна