

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003213

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 29-07-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Власенко Сергій Олександрович

2. Serhii O. Vlasenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1609-2248

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 35357 Фізика та астрономія (104 Фізика та астрономія)

Дата захисту: 02-09-2025

Спеціальність за освітою: Хімія

Місце роботи здобувача: Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534593

Місцезнаходження: вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 10008

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.35

**Тема дисертації:**

1. Взаємодія інтенсивних стрічкових електронних потоків з електромагнітними хвилями в надрозмірних електродинамічних структурах черенковських генераторів і підсилювачів субтерагерцового та терагерцового діапазонів
2. Interaction of intense sheet electron beams with electromagnetic waves in oversized electromagnetic systems of Cherenkov oscillators and amplifiers in sub-THz and THz frequency ranges

**Реферат:**

1. Мета роботи - встановлення оптимальних режимів роботи клинотронів субТГц і ТГц діапазонів з урахуванням теплових навантажень на елементи гребінки та визначення умов одномодового вихідного випромінювання, а також знайдення нових режимів генерації та підсилення коливань у черенковських приладах з підвищеним рівнем потужності для просування в більш високочастотний діапазон. Об'єкт досліджень – процеси електронно-хвильової взаємодії в надрозмірних електродинамічних системах черенковських приладів субТГц і ТГц діапазонів. Теоретичні та практичні результати. На основі отриманих у дисертаційній роботі результатів теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано та створено

нові конструкції генераторів і підсилювачів на ефекті Вавилова-Черенкова в субТГц і ТГц діапазонах. Розроблено генераторну систему на основі клинотрона безперервної дії підвищеної потужності в діапазоні частот 170 ГГц – 175 ГГц і проведено експериментальні дослідження з юстування квазіоптичної лінії передачі енергії модернізованої системи діагностики колективного томсонівського розсіяння на стеллараторі Wendelstein 7-X за допомогою термографічних вимірювань. Новизна наукових результатів. Вперше визначено вплив транспортування інтенсивного стрічкового електронного потоку в електродинамічних системах клинотронів субТГц і ТГц діапазонів на умови генерації, що дозволило отримати: а) широкосмугову генерацію з помірною вихідною потужністю, або б) генерацію з максимальною потужністю в одномодовому режимі та показано фізичні причини цього явища. Вперше визначено вплив теплових ефектів в електродинамічних системах клинотронів субТГц і ТГц діапазонів, у результаті осідання інтенсивного стрічкового електронного потоку, на спектральні характеристики випромінювання. Показано, що контроль за температурою охолоджувальної рідини дозволяє реалізувати стабільність потужності випромінювання на рівні 3% та стабільність робочої частоти на рівні  $5 \cdot 10^{-5}$ . Вперше теоретично та експериментально отримано геометрію електродинамічної системи ТГц клинотрона з підвищеною ефективністю хвилевідного виводу енергії в широкому діапазоні частот. Вперше продемонстровано підсилення електромагнітних хвиль у черенковському приладі, що працює на гібридних об'ємно-поверхневих хвилях. Результати моделювання вказують на посилення слабкого сигналу до 30 дБ і майже 5% електронного ККД для структури довжиною 41 мм W-діапазону. Експериментально отримано посилення до 12 дБ на частоті 97,95 ГГц в односекційному підсилювачі, що відповідає результатам моделювання, та продемонстровано робочу смугу частот до 2 ГГц для певної робочої напруги в діапазоні від 3,7 кВ до 3,9 кВ і струму пучка 60 мА. Запропоновано конфігурацію біперіодичної гребінки, яка підтримує збудження гібридних об'ємно-поверхневих мод. Показано, що така гребінка забезпечує не тільки підвищений опір зв'язку в ТГц діапазоні, а також широкий діапазон перестроювання частоти (15÷20%). Запропоновано схему ТГц генератора з покращеними характеристиками, в якій електронний потік резонансно збуджує випромінювання Сміта-Парселла двох порядків, при цьому дифракційний порядок, що поширюється тільки в діелектрику, використовується для зворотного зв'язку, а дифракційний порядок у вільному просторі служить вихідним випромінюванням. Методи досліджень. Параметри електронно-хвильової взаємодії визначалися в результаті спільного чисельного інтегрування рівняння збудження і рівнянь руху електронів методами кінцевих різниць і великих частинок. Аналіз руху нерелятивістського електронного потоку проводився методом Рунге-Кутти четвертого порядку. Експериментальні результати дослідження параметрів випромінювання було отримано за допомогою класичних методів вимірювання потужності, частоти та спектра (за допомогою калориметричних і болометричних методів; гетеродину, змішувача та спектроаналізатора субТГц діапазону). Ступінь упровадження. Результати роботи можуть бути використані при створенні ТГц систем візуалізації та юстування за допомогою термографічних вимірювань. Сфера використання. Розроблену в дисертаційній роботі генераторну систему на основі клинотрона безперервної дії підвищеної потужності в діапазоні частот 170 ГГц – 175 ГГц використано в процесах з юстування квазіоптичної лінії передачі енергії модернізованої системи діагностики колективного томсонівського розсіяння на стеллараторі Wendelstein 7-X за допомогою термографічних вимірювань.

2. The purpose of the work is to establish the optimal operating modes of sub-THz and THz cyclotrons, taking into account the thermal loads on the comb elements and determining the conditions of single-mode output radiation, as well as finding new modes of generation and amplification of oscillations in Cherenkov devices with an increased power level to move to a higher frequency range. The object of research is the processes of electron-wave interaction in superdimensional electrodynamic systems of Cherenkov devices of sub-THz and THz ranges. Theoretical and practical results. On the basis of the results of theoretical and experimental studies obtained in the thesis, new designs of generators and amplifiers based on the Vavilov-Cherenkov effect in the sub-THz and THz bands were proposed and created. A generator system based on a continuous-acting clinotron of increased power in the frequency range 170 GHz - 175 GHz was developed and experimental studies were conducted on the adjustment of the quasi-optical energy transmission line of the modernized system for diagnosing collective

Thomson scattering on the Wendelstein 7-X stellarator using thermographic measurements. Novelty of scientific results. For the first time, the effect of transport of intense ribbon electron flux in electrodynamic systems of sub-THz and THz klystrons on the generation conditions was determined, which allowed to obtain: a) broadband generation with moderate output power, or b) generation with maximum power in single-mode mode and the physical causes of this phenomenon were shown. The influence of thermal effects in the electrodynamic systems of sub-THz and THz cavity systems, resulting from the deposition of an intense ribbon electron flux, on the spectral characteristics of radiation is determined for the first time. It is shown that controlling the temperature of the coolant allows realizing the stability of the radiation power at the level of 3% and the stability of the operating frequency at the level of  $5 \cdot 10^{-5}$ . For the first time, the geometry of the electrodynamic system of the THz clynotron with increased efficiency of waveguide energy output in a wide frequency range was obtained theoretically and experimentally. For the first time, the amplification of electromagnetic waves in a Cherenkov device operating on hybrid volume-surface waves is demonstrated. The simulation results indicate a weak signal gain of up to 30 dB and almost 5% electronic efficiency for a 41 mm long W-band structure. The gain of up to 12 dB at 97.95 GHz in a single-section amplifier was experimentally obtained, which corresponds to the simulation results, and the operating frequency bandwidth of up to 2 GHz was demonstrated for a certain operating voltage in the range from 3.7 kV to 3.9 kV and a beam current of 60 mA. The configuration of a biperiodic comb that supports the excitation of hybrid bulk-surface modes is proposed. It is shown that such a comb provides not only an increased impedance in the THz range, but also a wide range of frequency tuning (15-20%). A scheme of a THz oscillator with improved characteristics is proposed, in which the electron flux resonantly excites Smith-Parcell radiation of two orders, with the diffraction order propagating only in the dielectric used for feedback, and the diffraction order in free space serving as the output radiation. Research methods. The parameters of the electron-wave interaction were determined as a result of the joint numerical integration of the excitation equation and the equations of motion of electrons by the finite difference and large particle methods. The motion of the non-relativistic electron flux was analyzed by the fourth-order Runge-Kutta method. Experimental results of the study of radiation parameters were obtained using classical methods of measuring power, frequency and spectrum (using calorimetric and bolometric methods; heterodyne, mixer and sub-THz spectrum analyzer). Degree of implementation. The results of the work can be used in the creation of THz visualization and adjustment systems using thermographic measurements. Scope of use. The generator system based on a continuous-acting high-power klynotron in the frequency range 170 GHz - 175 GHz developed in the thesis was used in the processes of tuning the quasi-optical energy transmission line of the modernized system for diagnosing collective Thomson scattering on the Wendelstein 7-X stellarator using thermographic measurements.

**Державний реєстраційний номер ДіР:** 0120U100980, 0121U100697, 0124U000770, 0125U000468

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- 1. S. S. Ponomarenko, A. A. Likhachev, S. A. Vlasenko, Yu. S. Kovshov, V. V. Stoyanova, S. A. Kishko, E. M. Khutoryan, A. N. Kuleshov, K. A. Lukin, Y. Tatematsu, M. Tani, "Traveling-Wave Amplification in a Circuit with Nonuniform Grating", IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 68, № 10, pp. 5232 – 5237, 2021 (Q2).

- 2. S. Ponomarenko, H. Braune, E. Khutoryan, S. Kishko, Y. Kovshov, A. Kuleshov, H. P. Laqua, D. Moseev, T. Stange, S. Vlasenko, "Operational Characteristics of the 175-GHz Continuous-Wave Clinotron", IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 70, № 11, pp. 5921 – 5925, 2023 (Q2).
- 3. S. Vlasenko, Yu. Kovshov, S. Ponomarenko, S. Kishko, A. Zabrodskiy, Yu. Arkusha, A. Kirilenko, S. Steshenko, E. Khutoryan, A. Kuleshov, "Radiation Output of the 330 GHz Continuous-Wave Clinotron Oscillator with Modified Cavity", IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 71, № 6, pp. 3940-3944, June 2024, doi: 10.1109/TED.2024.33947962024 (Q2).
- 4. Власенко, С. О., Тані, М., Лукін, К. О., Аркуша, Ю. В., Кириленко, А. О., Стешенко, С. О., Хуторян, Е. М., Кулешов, О. М., Забродський, О. Ф., Пономаренко, С. С., Кишко, С. О., Ковшов, Ю. С., Лихачов, О. О., Татематсу, Й., "Розробка компактних черенковських приладів зі стрічковими електронними пучками субТГц і ТГц діапазонів частот (огляд)," Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка, т. 67, вип. 3, с. 121-136, Бер. 2024. doi: 10.20535/S002134702403004X (Q4).
- 5. E. Khutoryan, A. Kuleshov, S. Ponomarenko, K. Lukin, P. Melezhik, S. Vlasenko, Y. Tatematsu, M. Tani, "Coupling of Spoof Surface Plasmon Polariton with Multiple-Order Smith-Purcell Radiation in THz Cherenkov Oscillator," IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 72, № 3, pp. 1383-1389, March 2025, doi: 10.1109/TED.2024.3524206 (Q2).
- 6. S. Vlasenko, S. Ponomarenko, Yu. Kovshov, V. Stoyanova, A. Likhachev, S. Kishko, E. Khutoryan, A. Kuleshov, "The Gain Analysis of the 345 GHz Traveling-Wave Amplifier with Nonuniform Grating," 2022 47th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Delft, Netherlands, 2022, pp. 1-2, doi: 10.1109/IRMMW-THz50927.2022.9895800
- 7. S. Vlasenko, A. Likhachev, Yu. Kovshov, S. Kishko, V. Stoyanova, S. Ponomarenko, G. Bezrodna, T. Kudinova, Yu. Klieshchova, A. Zabrodskiy, L. Galushka, V. Zavertanniy, A. Suvorov, L. Kirichenko, A. Khudaiberganov, Yu. Arkusha, E. Khutoryan, A. Kuleshov, "High Performance Dispenser Cathode for the THz Clinotron Tubes," 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Ukraine, 2022, pp. 234-237, doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037142
- 8. S. Ponomarenko, D. Moseev, T. Stange, T. Windisch, S. Vlasenko, E. Khutoryan, A. Kuleshov, H. P. Laqua, "Radiation Pattern Measurements of Corrugated Horn Antenna for 175 GHz CTS Diagnostics at Wendelstein 7-X," 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Ukraine, 2022, pp. 242-245, doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037162
- 9. E. Khutoryan, S. Vlasenko, A. Kuleshov, S. Ponomarenko, K. Lukin, Y. Tatematsu, M. Tani, "Hybrid Bulk-Surface Modes Excited in the THz Cherenkov Oscillator with the Double Grating," 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Ukraine, 2022, pp. 238-241, doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037038
- 10. S. Ponomarenko, A. Likhachev, S. Vlasenko, Yu. Kovshov, E. Khutoryan, V. Stoyanova, S. Kishko, A. Zabrodskiy, A. Kuleshov, "Regime of Traveling Wave Amplification in the Oversized Circuit with Nonuniform Grating," 2022 23rd International Vacuum Electronics Conference (IVEC), Monterey, CA, USA, 2022, pp. 500-501, doi: 10.1109/IVEC53421.2022.10292395
- 11. Ю. Ковшов, С. Власенко, С. Кишко, С. Пономаренко, Е. Хуторян, О. Кулешов, Й. Татематсу, М. Тані, "Моделювання електронно-хвильової взаємодії в трьох-секційному підсилювачі біжучої хвилі з неоднорідною гребінкою ТГц діапазону частот," Міжнародна конференція «Ужгородська школа з атомної фізики та квантової електроніки» до 100-річчя від дня народження професора Івана Прохоровича Запінського, Ужгород, 26-27 травня 2022, с. 89-93.
- 12. S. Vlasenko, S. Ponomarenko, E. Khutoryan, S. Kishko, A. Zabrodskiy, A. Kuleshov, "Sub-THz CW Clinotron Cavity Design," 2023 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC), Chengdu, China, 2023, pp. 1-2, doi: 10.1109/IVEC56627.2023.10156940
- 13. S. Vlasenko, Yu. Kovshov, A. Likhachev, Yu. Arkusha, E. Khutoryan, S. Steshenko, S. Kishko, S. Ponomarenko, A. Kuleshov, "Operational Characteristics of the 330 GHz Continuous-Wave Clinotron with Modified Cavity," 2024 Joint International Vacuum Electronics Conference and International Vacuum Electron Sources Conference (IVEC + IVESC), Monterey, CA, USA, 2024, pp. 1-2, doi:

10.1109/IVECIVESC60838.2024.10694969

- 14. A. Kuleshov, E. Khutoryan, S. Vlasenko, S. Kishko, S. Ponomarenko, M. Tani, Y. Tatematsu, "Recent Advances in THz Clinotrons," 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Perth, Australia, 2024, pp. 1п2, doi: 10.1109/IRMMW-THz60956.2024.10697558

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези

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

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0120U100980, 0121U100697, 0124U000770, 0125U000468

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кулешов Олексій Миколайович
2. Oleksiy M. Kuleshov

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7939-3641

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Хуторян Едуард Михайлович
2. Eduard M. Khutorian

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., с.д., 01.04.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кушнір Володимир Абрамович
2. Volodymyr A. Kushnir

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.20

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2907-1323

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Науково-дослідний комплекс "Прискорювач" ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 14316155

**Місцезнаходження:** вул. Академічна, 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Держадміністрація

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Одаренко Євген Миколайович
2. Yevhen M. Odarenko

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7656-0440

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет радіоелектроніки

**Код за ЄДРПОУ:** 02071197

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Аверков Юрій Олегович

2. Yurii O. Averkov

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1169-9393

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Єрмак Геннадій Павлович

2. Gennadiy P. Yermak

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Ямпольський Валерій Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Ямпольський Валерій Олександрович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Іванченко І.В.

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна