

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002424

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ІЯД НАН України від 23.09.2024 № 148-к



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Добішук Василь Миколайович

2. Vasyl M. Dobishuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9004-3255

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: ОП 47753 Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу

Дата захисту: 06-09-2024

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, 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):** ID 6351

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, 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 ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.15.39, 29.05.33, 45.53.99, 90.27.38

**Тема дисертації:**

1. Утворення чармонію в ультрапериферичних зіткненнях ядер  $^{208}\text{Pb}$  за умов експерименту LHCb та спосіб їх моніторингу
2. Charmonium production in ultraperipheral collisions of  $^{208}\text{Pb}$  nuclei under the LHCb experiment conditions and the method of their monitoring

**Реферат:**

1. Дисертаційне дослідження охоплює тематику робіт, яка тісно переплітається в діяльності кожного науковця, хто професійно займається експериментальною фізикою ядра, високих енергій чи елементарних частинок. Як член міжнародної колаборації LHCb (CERN) автор долучився до виконання фізичного аналізу, використовуючи дані експерименту LHCb, з метою дослідження утворення чармонію в ультрапериферичних PbPb зіткненнях при енергії  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5,02$  TeV, який започаткував новий напрям досліджень у фізиці важких іонів у межах LHCb. Період виконання дисертаційної роботи здебільшого припав на етап суттєвого оновлення усієї експериментальної бази та методик в LHCb. У цій частині робіт автором було розроблено дизайн, виготовлено та впроваджено на основі технології металево-фольгових сенсорів ІЯД НАН України

систему онлайн моніторингу світності та фону в експерименті LHCb, що носить назву RMS-R3. Із точки зору постановки експерименту важливим є забезпечення надійного та всебічного моніторингу пучків та фону, які генерує Великий адронний колайдер та які сукупно формують нове середовище поблизу точки взаємодії LHCb IP8. Розв'язання такої проблеми має надзвичайне та перспективне значення: у передових розробках і тестуванні детекторних систем та зчитувальної електроніки, у впровадженні комплексних методик експерименту, у відкритті нових горизонтів у дослідженнях, і, нарешті, у творенні фундаментальних відкриттів. Тема дисертації присвячена двом із перелічених комплексних завдань. По-перше, це – виконання експериментальних фундаментальних досліджень процесів та механізмів утворення адронів у зіткненнях важких ядер при ультрарелятивістській енергії. По-друге, це – створення умов для безпечної, стабільної та безперебійної роботи експериментальної установки LHCb, що має бути гарантована достовірністю даних, отриманих із систем моніторингу. Уперше виконано дослідження когерентної генерації  $J/\psi$  та  $\psi(2S)$  мезонів в ультрапериферичних PbPb зіткненнях при енергії в системі центра мас двох нуклонів 5,02 TeV в експерименті LHCb (CERN). Отримано важливу фізичну величину – поперечний переріз когерентного утворення  $J/\psi$  у межах форвардної рапідиті  $2 < y < 4,5$  становить  $4,45 \pm 0,24 \pm 0,61$  мб, де перша похибка є статистичною, а друга – систематичною. В експерименті LHCb розроблено метод аналізу фотонно-ядерних реакцій в ультрапериферичних зіткненнях важких іонів. Ця робота збагачує унікальний напрям досліджень утворення адронів у сильних електромагнітних полях та при ультрарелятивістській енергії, досяжних на даний час лише на Великому адронному колайдері. Із метою моніторингу умов та безпеки експерименту LHCb розроблено та впроваджено унікальну систему RMS-R3 із динамічним діапазоном від приблизно 1 Гц до 1 МГц для вимірювання частоти взаємодій пучків Великого адронного колайдера, що охоплює номінальну миттєву світність для протонно-протонних зіткнень  $2 \times 10^{33} \text{ см}^{-2} \text{с}^{-1}$  із 10-кратним запасом. Винайдено новий підхід та нові технічні рішення до конструювання надійної та суперчутливої системи, призначеної для онлайн моніторингу зіткнення пучків та фону, на основі технологій металевих сенсорів та високопрецизійних перетворювачів заряду. Досягнуто таких принципових фізико-технічних характеристик системи RMS-R3, як: фемтокулонна чутливість до зарядів у металевих сенсорах, відмінна лінійність відгуку в усьому динамічному діапазоні, висока часова стабільність відгуку, довготривале функціонування сенсорів під впливом надвисоких рівнів радіації (порядку 1 ГГр). Диференціальний переріз  $d\sigma^{\text{когер.}}/dy$  когерентного утворення векторних  $J/\psi$  мезонів у залежності від рапідиті у при  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5,02$  TeV надає можливість досліджувати на цінних експериментальних даних чутливу кінематичну область при мало досліджених значеннях змінної Бйоркена та переданого імпульсу. Результат є важливим для тестування феноменологічних моделей, що описують такі явища, як ядерне затінення, глюонне насичення та визначення початкового стану кварково-глюонної плазми. Створена радіаційно стійка система моніторингу умов та безпеки експерименту LHCb є перспективним прототипом новітніх систем, здатних функціонувати при надвисоких рівнях світності (радіаційного навантаження, множинності процесів) в експериментах на майбутніх колайдерах HL-LHC, FCC тощо. Моніторингова система RMS-R3 є унікальною спеціалізованою експериментальною розробкою ІЯД НАН України, що успішно застосовано в експерименті LHCb для серії досліджень Run 3 (2022-2025 рр.) на Великому адронному колайдері.

2. The dissertation research covers the topics of works that are closely intertwined in the activities of every scientist who is professionally engaged in Experimental Nuclear, High Energy or Particle Physics. As a member of the International LHCb Collaboration (CERN), the author contributed to the physics analysis using data from the LHCb experiment to study the production of charmonium in ultraperipheral PbPb collisions at energy of  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV, which initiated a new research area in heavy ion physics at the LHCb. The period of the dissertation work mostly fell on the stage of a significant upgrade of the entire experimental facilities and techniques at the LHCb. In this part of the research, the author has developed a design, manufactured and implemented an online luminosity and background monitoring system for the LHCb experiment commonly referred to as RMS-R3. From the experiment set-up's perspective, it is of key relevance to ensure reliable and comprehensive monitoring of the beams collisions and background generated by the Large Hadron Collider, which together form a new environment near the LHCb IP8 interaction point. The solution to this problem is of paramount importance and promise: in the

advanced development and testing of detector systems and readout electronics, in the implementation of complex experimental techniques, in opening new horizons in research, and, finally, in making fundamental discoveries. The subject of the dissertation addresses two of these complex tasks. First, it is to perform experimental fundamental studies of processes and mechanisms of hadron production in heavy nucleus collisions at ultrarelativistic energy. Secondly, it is to create conditions for safe, stable, and uninterrupted operation of the LHCb experimental facility, which should be guaranteed by the reliability of the data obtained from monitoring systems. The coherent production of  $J/\psi$  and  $\psi(2S)$  mesons in ultraperipheral PbPb collisions at the nucleon-nucleon center-of-mass energy of 5.02 TeV is studied for the first time using the LHCb hadron spectrometer (CERN). A significant physical quantity is obtained – the coherent  $J/\psi$  production cross-section within the forward rapidity range of  $2 < y < 4.5$  was measured to be  $4.45 \pm 0.24 \pm 0.61$  mb, where the first uncertainty is statistical and the second systematic. A method for analysing photon-nucleus reactions in ultraperipheral heavy ion collisions has been developed in the LHCb experiment. This work enriches the unique field of research on hadron production in strong electromagnetic fields and at ultrarelativistic energy, which are currently achievable only at the Large Hadron Collider. For the purpose of monitoring the conditions and safety of the LHCb experiment, a unique RMS-R3 system with its own dynamic range from about 1 Hz to 1 MHz for measuring the interaction rate of Large Hadron Collider beams that covers the nominal instantaneous luminosity for proton-proton collisions of  $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  with a 10-fold capacity was developed and implemented. A new approach and new technical solutions to the construction of a reliable and super-sensitive system, designed for online beam and background monitoring, based on the technologies of metal sensors and high-precision charge converters have been invented. The following crucial physical and technical characteristics of the RMS-R3 system have been achieved: femtocoulomb sensitivity to charges in metal sensors, excellent linearity of the response over the entire dynamic range, high temporal stability of the response, and long-term operation of sensors under the impact of ultrahigh radiation levels (up to about 1 GGy). The differential cross-section  $d\sigma^{\text{coher.}}/dy$  for coherent production of vector  $J/\psi$  mesons as a function of rapidity  $y$  at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV makes it possible to study, using valuable experimental data, the sensitive kinematic region at poorly explored values of the Bjorken variable  $x$  and transverse momentum. The result is essential for testing phenomenological models describing such phenomena as nuclear shadowing, gluon saturation, and determination of the initial state of the quark-gluon plasma. The built radiation hard system for monitoring the conditions and safety of the LHCb experiment is a promising prototype of the up-to-date systems capable of operating at ultra-high luminosity levels (radiation load, multiplicity of processes) in experiments at future HL-LHC, FCC colliders, etc. The RMS-R3 monitoring system is a unique specialized experimental device designed, built and implemented by Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, which has been successfully applied in the LHCb experiment for the Run 3 series of studies (2022-2025) at the Large Hadron Collider.

**Державний реєстраційний номер ДіР:** 0118U006182, 0220U000156, 0120U105298, 0221U100363, 0120U105298, 0222U000251

**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:** Не застосовується

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

**Публікації:**

- 1. R. Aaij, C. Abellan Beteta, ..., V. Dobishuk et al. (The LHCb collaboration). Study of coherent  $J/\psi$  production in lead-lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5$  TeV. J. High Energ. Phys. 2022(07) (2022) 117. DOI: 10.1007/JHEP07(2022)117. arXiv: 2107.03223. URL: <https://cds.cern.ch/record/2775281>.

- 2. S. B. Chernyshenko, V. M. Dobishuk et al. RMS-R3 – the system for monitoring the region of interactions and background at the LHCb experiment (CERN). Nucl. Phys. At. Energy 24(2) (2023) 148. DOI: 10.15407/jnpae2023.02.0148. URL: <http://jnpae.kinr.kiev.ua/24.2/html/24.2.148.html>.
- 3. R. Aaij, C. Abellan Beteta, ..., V. Dobishuk et al. (The LHCb collaboration). The LHCb Upgrade I. JINST 19(05) (2024) P05065. DOI: 10.1088/1748-0221/19/05/P05065. arXiv: 2305.10515. URL: <https://cds.cern.ch/record/2859353>.

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

**Соціально-економічна спрямованість:** створення та впровадження спеціальної системи моніторингу умов та безпеки експерименту lhcb (скор. системи моніторингу rms-r3 експерименту lhcb) на великому адронному колайдері європейської організації ядерних досліджень (cern, женева, швейцарія).

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0118U006182, 0219U000522, 0220U000156, 0116U002883, 0222U004075, 0222U004099, 0222U004098, 0121U110762, 0120U105298, 0121U112548, 0221U100363, 0222U000251, 0222U000252

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Пугач Валерій Михайлович
2. Valery M. Pugatch

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, член-кор. НАН України, 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5204-9821

**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602130143>;  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=eFoR2KEAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, 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. Синюков Юрій Михайлович
2. Yuriy M. Sinyukov

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., проф., 01.04.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2130-9173

**Додаткова інформація:** [https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191296120;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191296120)  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=9HoTjsUAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417124

**Місцезнаходження:** вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Корчин Олександр Юрійович
2. Alexander Y. Korchin

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., с.н.с., член-кор. НАН України, 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7947-170X

**Додаткова інформація:** [https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-4910-2016;](https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-4910-2016)  
[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004155232;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004155232)  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=RsHB7CQAAAAJ&hl>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 14312223

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

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кобичев Владислав Валерійович
2. Vladislav V. Kobychev

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., с.д., 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0030-7451

**Додаткова інформація:** [https://www.webofscience.com/wos/author/rid/B-3322-2008;](https://www.webofscience.com/wos/author/rid/B-3322-2008)  
[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36094219000;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36094219000)  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=0efYh9AAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Улещенко Володимир Васильович

2. Volodymyr V. Uleshchenko

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., с.д., 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0000-4177-9549

**Додаткова інформація:** [https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602999945;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602999945)  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=RkIZ2QMAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

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

Даневич Федір Анатолійович

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

Даневич Федір Анатолійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Добішук Василь Миколайович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна