

**МЕТАЛО-ФОЛЬГОВІ ДЕТЕКТОРИ ІЯД: РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**  
**С.Б. Чернишенко, В.О. Кива, О.Ю. Охріменко, В.М. Пугач, Д.М. Рамазанов, І.І. Воронецький,**  
**О.О. Кшиванський, О.С. Ковальчук**

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

Одним із найглибших відкритих питань сучасної фізики є питання про походження баріонної асиметрії Всесвіту. Вивчення цього питання тісно пов'язана з порушенням CP-симетрії — явищем, систематичне дослідження якого у розпадах важких адронів (b- та c-кварків) є головною метою експерименту LHCb на Великому адронному колайдері (CERN, Женева). Однією із провідних організацій пошуку фізики поза Стандартною моделлю є колаборація LHCb, яка налічує понад 1300 науковців з 20 країн, в тому числі вчених з ІЯД НАН України. Паралельно, майбутній експеримент CBM (Compressed Baryonic Matter) на прискорювальному комплексі FAIR (GSI, Дармштадт) матиме на меті дослідження КХД-матерії при екстремальних густинах баріонів — умовах, що відтворюють внутрішню структуру нейтронних зірок і механіку колапсів наднових. Обидва експерименти ставлять перед детекторною технікою виняткові вимоги: безперервна робота в умовах інтенсивних радіаційних потоків, компактність при мінімальній кількості матеріалу детектора та мінімальне перекриття з іншими детекторними підсистемами експерименту, широкий динамічний діапазон вимірювань та висока надійність упродовж десятків тисяч годин набору даних. Саме для забезпечення безпечної роботи експериментів, а також для відслідковування умов проведення експерименту шляхом моніторингу пучка та фону використовуються метало-фольгові детектори (МФД), що є оригінальною розробкою вчених ІЯД НАН України.

Починаючи з 2021 року система радіаційного моніторингу RMS-R3, розроблена і побудована в ІЯД НАН України, безперервно функціонує в складі детектора LHCb [1]. Вісім МФД-сенсорів із мідної фольги симетрично розміщені навколо іонопроводу ВАК та забезпечують онлайн-моніторинг миттєвої світності і радіаційного фону — критичних параметрів для безпечної роботи всього детектора. За п'ять років роботи в Run 3 система продемонструвала стабільність на рівні  $<0,1\%$  і максимальну ефективність у всіх режимах роботи LHCb: протон-протонних зіткненнях при  $\sqrt{s} = 13,6$  TeV, зіткненнях важких іонів PbPb, а також у режимі фіксованої газової мішені SMOG2 з різними газами ( $H_2$ , He, Ne, Ar), а також зіткнення pO, OO та NeNe при низьких світностях.

Подальші перспективи розвитку метало-фольгових детекторів можна розглядати у мінімум трьох напрямках. Перший — розробка системи RMS-R4 для LHCb Run 4 (2031–2034), де після Модернізації II миттєва світність зросте ще у п'ять разів, до  $\sim 10^{34}$   $cm^{-2}s^{-1}$ . Модифікації існуючої системи та розробка нової електроніки для системи радіаційного моніторингу дозволить працювати новій системі RMS не тільки при світностях Run4, але і при світностях HL-LHC до  $\sim 10^{35}$   $cm^{-2}s^{-1}$ . Другий напрям — розробка компактної МФД-системи для радіаційного моніторингу в експерименті CBM. Жорсткі конструктивні обмеження CBM (товщина модуля  $<10$  мм, мінімальний матеріальний бюджет, висока радіаційна стійкість за рахунок важких іонних пучків) є саме тим середовищем, для якого МФД-технологія першочергово створювалася. Третій напрям — мобільна система радіаційного моніторингу MCRM-Д, що інтегрує МФД, мікропиксельні детектори Timerix3 та лічильники Гейгера-Мюллера у портативному форм-факторі для моніторингу радіаційного фону довкілля, радіотерапії та для використання на промисловому виробництві. Це приклад прямого трансферу технологій рівня CERN у суспільно значущі застосування.

Перетворюючи оригінальну українську детекторну технологію на невід'ємний елемент інфраструктури світової науки — від серця найбільшого прискорювача планети до майбутнього флагманського комплексу FAIR, ВФВЕ ІЯД НАН України продовжує розширювати можливості МФД у нових напрямках.

Посилання на використану літературу:

1. S.B. Chernyshenko et al., “RMS-R3 – the system for monitoring region of interaction and background at the LHCb experiment (CERN)”, Nuclear Physics and Atomic Energy, 24(2) (2023) 148-153

*Роботи виконувались за підтримки: гранту EURIZON ЄС (угода № 871072, проєкт №3014); гранту НАН України №03/405 (МСПМ-Д, 2025–2026); гранту НФДУ №2020.02/0257, гранту НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих вчених НАН України №17/01-2025(6) та №17/01-2026(6)*

## РЕЄСТРАЦІЙНА СТОРІНКА

### МЕТАЛО-ФОЛЬГОВІ ДЕТЕКТОРИ ІЯД: РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

С.Б. Чернишенко, В.О. Кива, О.Ю. Охріменко, В.М. Пугач, Д.М. Рамазанов, І.І. Воронєцький, О.О. Кшиванський, О.С. Ковальчук  
*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

### METAL-FOIL DETECTORS of INR NASU: RESULTS AND PROSPECTS

S. Chernyshenko, V. Pugatch, V. Kyva, O. Okhrimenko, D. Ramazanov, O. Kshyvanskyi, I. Voronetskyi  
*Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Назва дос-файлу з тезами	NE_Chernyshenko.docx
Формат доповіді (зайве видалити)	Усна пленарна
Секція конференції (зайве видалити)	Пленарна
Час, хвилин (доповідь + відповіді на запитання)	25+5 хв.
Підписи авторів:	В.М. Пугач Д. Рамазанов С.Б. Чернишенко В.О. Кива О. Ю. Охріменко О.С. Ковальчук О.О. Кшиванський І.І. Воронєцький
Підтримую: Зав. відділу	

#### Дані про доповідача

Прізвище, ім'я та по-батькові. Посада, науковий ступінь. Місце роботи	Сергій Борисович Чернишенко н.с. ВФВЕ ІЯД
E-mail	chsb2010@gmail.com
Контактний(і) телефон(и)	+380663350466
Побажання доповідача стосовно розташування доповіді у програмі (якщо є потреба) – оргкомітет намагатиметься задовольнити	