

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне
значення результатів дисертації

Олександра Леонідовича Улибкіна

**«Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого
гафнію»**

на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 10 – «Природничі науки»

за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

1. Оцінка роботи здобувача в процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Аспірант Улибкін Олександр Леонідович виконав в повному обсязі індивідуальний план освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії (47 кредитів ECTS). Аспірант О.Л. Улибкін склав заліки та іспити з наступних дисциплін:

1. «Педагогічна майстерність сучасного викладача» (5 кредитів);
2. «Підготовка наукових публікацій та презентація результатів досліджень» (4 кредити);
3. «Інформаційні технології у прикладній фізиці» (3 кредити);
4. «Асистентська практика» (5 кредитів);
5. «Іноземна мова для аспірантів» (8 кредитів);
6. «Філософські засади та методологія наукових досліджень» (5 кредитів);
7. «Актуальні проблеми сучасної прикладної фізики та наноматеріалів» (5 кредитів);
8. «Сучасна ядерна фізика та фізика високих енергій (прикладні аспекти, теорія та експеримент)» (12 кредитів).

Усі заплановані види робіт були виконані вчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковими керівниками протягом всього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження дисертації

У реакторах ВВЕР-1000 для моніторингу активної зони широко використовуються детектори прямого заряду (ДПЗ) на основі родію. Поряд із перевагами, ці ДПЗ мають істотний недолік – затримку вихідного сигналу детектора через наявність періоду напіврозпаду у нуклідів, що утворюються внаслідок поглинання нейтрону. Для забезпечення безпеки експлуатації активної зони під час перехідних або аварійних режимів використовуються інші засоби, наприклад, зовнішні іонізаційні камери. Разом із тим, безінерційні ДПЗ могли б забезпечити додаткову безпеку, а можливо, й покращити економічні показники реактора шляхом зменшення зайвого консерватизму.

Одним із можливих безінерційних ДПЗ може стати детектор на основі металевого Hf, в якому визначальними для функціонування є (n, γ) - та (γ, e) -процеси.

Метою дисертаційної роботи є встановлення закономірностей протікання фізичних процесів у матеріалі емітера (металевий Hf) комптонівського нейтронного детектора, що перебуває під впливом реакторних факторів (температура, потоки нейтронів та γ -квантів); проведення розрахунків з метою оцінки ролі матеріалу емітера на тлі впливу реакторних факторів.

В роботі поставлено низку завдань:

- розробити критерії придатності матеріалу як емітера комптонівського детектора;
- провести оцінку Hf на роль емітера з позицій оцінок швидкості вигорання атомів, зміни здатності поглинати нейтрони, зміни наведеної активності;

- оцінити роль матеріалу емітера досліджуваної моделі прототипу детектора у процесі генерації електричного заряду на фоні впливу потоків реакторних фотонів та нейтронів;

- визначити, як у часі в процесі опромінення змінюється здатність емітера генерувати електричний заряд.

Об'єкт дослідження – прототип Комптонівського нейтронного детектора, призначеного для використання в активній зоні ВВЕР-1000.

Предмет дослідження – процеси за участю нейтронів, фотонів та електронів у моделі Комптонівського нейтронного детектора.

Методи дослідження – апробовані методи радіаційної та ядерної фізики, а також сучасні методи чисельного моделювання.

Формулювання наукового завдання, нове вирішення якого отримано в дисертації.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню задачі, що полягає у комплексній оцінці можливості застосування металевого Hf у якості матеріалу емітера внутрішньозонного комптонівського (безінерційного) нейтронного детектора, а також прогнозуванні його характеристик в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційну роботу виконано в рамках аспірантури ХНУ імені В.Н. Каразіна, а також у відповідності до плану науково-дослідних робіт «Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій» Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут», зокрема:

- Вивчення фізичних механізмів радіаційно-індукованої деградації функціональних властивостей матеріалів діючих та перспективних атомно-генеруючих комплексів нового покоління для забезпечення енергетичної безпеки України. 2016-2020. № держреєстрації 0116U005094.

- Дослідження впливу структурного стану на оптимізацію мікроструктурної еволюції та підвищення радіаційної стійкості конструкційних матеріалів сучасної і майбутньої ядерної енергетики. 2021-2025. № держреєстрації 0121U108779.

4. Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна.

Наукова новизна дисертаційної роботи Улибкіна О.Л. полягає в наступних результатах:

- Розроблено новий підхід для оцінки придатності матеріалу для роботи в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000 у ролі емітера емісійного комптонівського детектора. Роботи подібного напрямку присвячені вивченню саме готових детекторів, а не окремих матеріалів. Зазвичай, це два типи робіт: методи розрахунку чутливості; поведінка детектора в реальних реакторних умовах з точки зору чутливості та інтенсивності сигналу. В дисертації ж пропонується зосередитись на реакції матеріалу емітера детектора на опромінення та зміні характеристик цього матеріалу у процесі опромінення. Зокрема, мова про вплив нуклідних змін та пов'язаних із ним наслідків (зміна здатності поглинати нейтрони; зміна наведеної активності; наявність ізомерів у ланцюгу перетворень).

- Уперше показано, що в умовах активної зони реактора ВВЕР-1000 ізомерні стани з ланцюжка перетворень Nf мають незначний вплив на динаміку нуклідних перетворень. Ізомер з найбільшим поперечним перерізом утворення призводить до зміщення кривої зміни концентрації в часі на величину, що не перевищує 1% атомної концентрації (у максимумі після 12 міс опромінення).

- Уперше оцінено роль матеріалу емітера гафнієвого комптонівського детектора в процесі генерації електричного заряду на тлі впливу реакторних нейтронів та фотонів активної зони реактора ВВЕР-1000.

- Уперше розраховано потоки та енергетичні спектри випромінювань, які визначають роботу гафнієвого комптонівського детектора в активній зоні реактора ВВЕР-1000 впродовж 5 років.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечено коректним застосуванням сучасних методів аналітичних та чисельних розрахунків, кореляцією із результатами робіт інших авторів, а також відносно низькими величинами похибок. Отримані результати та зроблені висновки не суперечать сучасним науковим теоріям та положенням та узгоджуються з результатами інших авторів.

Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у вирішення конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших вчених.

У процесі виконання наукових досліджень здобувач продемонстрував належний рівень теоретичної підготовки у галузі прикладної фізики та, зокрема, методів розрахунків різних фізичних величин. Дисертантом самостійно та за безпосередньої участі проведено всі розрахунки, необхідні для вирішення поставлених задач.

Визначення мети та завдань дослідження, обговорення та інтерпретація отриманих результатів здійснювались спільно з науковими керівниками та співавторами наукових публікацій.

Здобувач показав належний рівень обізнаності з результатами наукових досліджень інших учених за темою дисертації.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Завдання оцінки та прогнозування поведінки тих чи інших матеріалів в умовах активної зони реактора є важливою складовою ядерної науки та техніки. Врахування тенденцій щодо підвищення рівня безпеки та економічності призводить до перегляду ефективності та доцільності використання як

традиційних, так і нових матеріалів, що мають потенціал. У цьому світлі для металевого Hf виникають нові перспективи у ролі емітера внутрішньозонного безінерційного нейтронного детектора.

Проведене в дисертаційній роботі дослідження значно розширило відомості про зміну ядерно-фізичних властивостей Hf під опроміненням, а також продемонструвало, що для активної зони ВВЕР-1000 металевий Hf може бути використаний як матеріал комптонівського детектора. Крім того, підходи, які запропоновано у дисертації, можуть бути застосовані для дослідження поведінки будь-якого матеріалу, що опромінюються. Зокрема, мова про наступні підходи:

- Оцінка співвідношення концентрацій нуклідів та поперечних перерізів (n, γ)-реакції (величини перерізів треба коригувати відповідно до умов реактора).

- Розрахунок складних ланцюгів нуклідних перетворень за допомогою розв'язку Бейтмана, де при визначенні швидкостей нуклідних перетворень використовуються скориговані відповідно до умов реактора поперечні перерізи.

- Розділення вкладів n- та γ -випромінювання, а також нуклідних перетворень матеріалу емітера в процес генерації електричного заряду у середовищі програми MCNPX.

Використання результатів роботи.

Результати і методи досліджень мають практичну цінність для розробки комптонівського гафнієвого детектора. Зокрема, при виготовленні прототипу буде використано підходи для оцінки заряду конструкційних елементів детектора (емітер, ізолятор, колектор) під опроміненням.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 16 наукових працях, з них 5 статті в фахових виданнях України, що індексується в наукометричній базі SCOPUS, 2 статті у періодичних наукових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS країн, що входять до

Організації економічного співробітництва та розвитку, 9 тез доповідей на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Наукові праці в наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science:

1. B.A. Shilyaev, **A.L. Ulybkin**, A.V. Rybka, K.V. Kovtun, V.E. Kutny, A.O. Pudov, K.V. Kutny. Compton detector of neutrons for the energy yield control in the active zone of WWER. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2017. Vol. 108, Iss. 2. P. 75–82.

Особистий внесок здобувача: аналіз літературних даних, компоновка ланцюжка перетворень, розрахунок нуклідних перетворень, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

2. B.A. Shilyaev, **A.L. Ulybkin**, K.V. Kovtun, A.V. Rybka, V.E. Kutny, A.O. Pudov. Hafnium in Nuclear Power Industry: The Evolution of Increasing of the Economic Indicators and the Operation Safety of Pressurized Water Nuclear Reactors. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2018. Vol. 113, Iss. 1. P. 43–50.

Особистий внесок здобувача: аналіз літературних даних, обговорення ідеології роботи, розрахунки змін здатності поглинання нейтронів, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

3. **A.L. Ulybkin**, A.V. Rybka, K.V. Kovtun, V.E. Kutny, V.N. Voyevodin, A.O. Pudov. Compton-emissive hafnium detector of neutrons for in-core monitoring. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2018. Vol. 19, Iss. 3. P. 237–243. DOI: [10.15407/jnpae2018.03.237/](https://doi.org/10.15407/jnpae2018.03.237/).

Особистий внесок здобувача: аналіз літературних даних, розробка основної ідеї роботи, розрахунки та аналіз результатів, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

4. R. Azhazha, E. Bogdan, V. Gann, K. Kovtun, V. Kutny, O. Pudov, A. Rybka, S. Soldatov, **A. Ulybkin**. The Compton neutron hafnium detector: Electric charge generation. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2022. Vol. 138, Iss. 2. P. 102–108. DOI: [10.46813/2022-138-102](https://doi.org/10.46813/2022-138-102).

Особистий внесок здобувача: аналіз літератури, визначення основних задач роботи, моделювання в програмі MCNPX, розрахунки, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

5. Vladimir Gann, Pylyp Kuznietsov, **Alexander Ulybkin**, The burn-up profile of the Compton neutron detector Hf-emitter in the WWER-1000 reactor. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2023. Vol. 148, Iss. 6. P. 116–121. DOI: [10.46813/2023-148-116/](https://doi.org/10.46813/2023-148-116/).

Особистий внесок здобувача: аналіз літератури, розрахунок нуклідних перетворень гафнію в умовах ВВЕР-1000 у програмі MCNPX, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science:

6. **A. Ulybkin**, A. Rybka, K. Kovtun, V. Kutny, V. Voyevodin, A. Pudov, R. Azhazha. Radiation-induced transformation of Hafnium composition. *Nuclear Engineering and Technology*. 2019. Vol. 51, Iss. 8. P. 1964–1969. DOI: [10.1016/j.net.2019.06.007/](https://doi.org/10.1016/j.net.2019.06.007/).

Особистий внесок здобувача: аналіз літератури, розробка задач та ідеології статті, аналітичні розрахунки нуклідних перетворень гафнію в умовах ВВЕР-1000, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

7. **A. Ulybkin**, A. Rybka, K. Kovtun, V. Kutny, V. Voyevodin, A. Pudov, R. Azhazha, E. Bogdan, Compton (Prompt-Response) Neutron Detectors: Comparison of

Emitter Materials Through the Nuclear Transmutation Model. *Sensors International*. 2020. Vol. 1, 100020, ISSN 2666–3511. DOI: [10.1016/j.sintl.2020.100020/](https://doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100020/).

Особистий внесок здобувача: аналіз літератури, розрахунки, аналіз отриманих результатів, написання тексту статті та робота над зауваженнями рецензентів.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. **О.Л. Улибкін**, Б.А. Шиляєв, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, О.В. Рибка. Комптонівський детектор нейтронів миттєвої дії для контролю рівня енерговиділення в активній зоні реактора ВВЕР-1000. *12-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики»*, 16–18 листопада 2016 р.: тези доп. Харків, 2016. С. 16.

Особистий внесок здобувача: виконання поставлених керівником задач, проведення розрахунків, аналіз результатів, написання тез та формування презентації, доповідь на конференції.

2. **О.Л. Улибкін**, Б.А. Шиляєв, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, О.В. Рибка. Комптонівський детектор нейтронів з емітером із металічного гафнію для контролю енерговиділення в активній зоні реактора ВВЕР. *11-а Міжнародна конференція «Ядерна та радіаційна фізика»*, 12–15 вересня 2017 р.: тези доп. Алмати, Республіка Казахстан, 2017. С. 245.

Особистий внесок здобувача: виконання поставлених керівником задач, проведення розрахунків, обробка результатів, написання тез доповіді.

3. Б.А. Шиляєв, **О.Л. Улибкін**, К.В. Ковтун, О.В. Рибка, В.Є. Кутній, О.О. Пудов, А.А. Васил'єв. Чистий гафній – матеріал найважливіших елементів конструкцій ядерних реакторів. *4-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості»*, 12–15 вересня 2017 р.: тези доп. Харків. С. 12.

Особистий внесок здобувача: участь у формуванні цілей дослідження, проведення розрахунків, інтерпретація результатів, написання тез та оформлення презентації, доповідь на конференції.

4. **О.Л. Улибкін**, Б.А. Шиляєв, О.В. Рибка, І.Н. Шляхов, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, О.О. Пудов. Радіаційні характеристики комптонівського ДПЗ з емітером із гафнію при опроміненні нейтронами та гама-квантами. *13-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики»*, 18–20 жовтня 2017 р.: тези доп. Харків, 2017. С. 33–34.

Особистий внесок здобувача: визначення основних задач роботи, розрахунки, аналіз результатів, написання тез, оформлення презентації, доповідь на конференції.

5. **О.Л. Улибкін**, О.В. Рибка, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, В.М. Воєводін, О.О. Пудов, Р.В. Ажажа. Радіаційні зміни нуклідного складу гафнію. *14-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики»*, 14–16 листопада 2018 р.: тези доп. Харків., 2018. С. 12.

Особистий внесок здобувача: вибір головних завдань роботи, проведення необхідних розрахунків та літературних огляд, обробка результатів, написання тексту тез, доповідь на конференції.

6. **О.Л. Улибкін**, О.В. Рибка, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, В.М. Воєводін, О.О. Пудов, Р.В. Ажажа. Порівняння емітерів комптонівських детекторів нейтронів. *5-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості»*, 10–13 вересня 2019 р.: тези доп. Харків, 2019. С. 97.

Особистий внесок здобувача: визначення напрямку роботи, проведення розрахунків, інтерпретація результатів, написання тексту тези доповіді, формування презентації, доповідь.

7. **О.Л. Улибкін**, О.В. Рибка, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, В.М. Воєводін, О.О. Пудов, Р.В. Ажажа. Комптонівські детектори нейтронів: порівняння матеріалів емітерів по моделі ядерних перетворень. *15-а Міжнародна науково-*

технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики», 10–13 листопада 2019 р.: тези доп. Харків, 2019. С. 21.

Особистий внесок здобувача: формулювання типу та напрямків роботи, розрахунки, аналіз отриманих результатів, написання тези та оформлення презентації, доповідь.

8. В.В. Ганн, С.А. Солдатов, **О.Л. Улибкін**, Є.А. Богдан, Р.В. Ажажа, А.О. Пудов, В.М. Воеводін, О.В. Рибка, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній. Комптонівський нейтронний детектор з емітером із металічного гафнію. *6-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості», 13-15 вересня 2021 р.: тези доп. Харків, 2021. С. 38.*

Особистий внесок здобувача: визначення задач дослідження, проведення необхідних розрахунків, аналіз літератури, обробка результатів, написання тексту тези, оформлення презентації, доповідь на конференції.

9. Р.В. Ажажа, Є.О. Богдан, В.В. Ганн, К.В. Ковтун, В.Є. Кутній, О.О. Пудов, О.В. Рибка, С.А. Солдатов, **О.Л. Улибкін**. Роль матеріалу емітера для процесу утворення електричного заряду емісійного нейтронного детектора. *29-а щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України, 26–30 вересня 2022 р.: тези доп. Київ, 2022. С. 123-124.*

Особистий внесок здобувача: формулюванні завдань та напрямів роботи, проведення розрахунків, аналіз та інтерпретація результатів, усна доповідь на конференції.

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційну роботу було виконано самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Апробація матеріалів дисертації

Основні результати та положення дисертації були представлені та отримали позитивні відгуки на міжнародних конференціях та форумах, серед яких:

- 12-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики». (16–18 листопада 2016 р.).
- 11-а Міжнародна конференція «Ядерна та радіаційна фізика». (12–15 вересня 2017 р. Алмати, Республіка Казахстан).
- 4-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості». (12–15 вересня 2017 р. Харків).
- 13-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики». (18–20 жовтня 2017 р.).
- 14-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики». (14–16 листопада 2018 р.).
- 5-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості». (10–13 вересня 2019 р. Харків).
- 15-а Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики». (10–13 листопада 2019 р.).
- 6-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості». (13–15 вересня 2021 р. Харків).
- 3-й Міжнародний круглий стіл-конференція «Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику». 24 вересня 2021 р., Інституті газу НАН України (Київ, вул. Дегтярівська, 39).
- 29-а щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України (Київ, 26–30 вересня 2022 р.).

10. Оцінка структури, мови та стилю дисертації

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності в доступній для сприйняття формі. Дисертація написана науковою мовою, стиль роботи

відповідає стилю науково-дослідницьких публікацій експериментального спрямування, при викладанні матеріалу застосовано сучасну наукову термінологію. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації»).

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності з якої вона подається до захисту

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота О.Л. Улибкіна «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію» відповідає спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали». Здобувачем повністю виконано освітню та наукову складову третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

12. Результат обговорення та проведення дисертації. Рекомендація дисертації до захисту.

Здобувач представив основні результати своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера Навчально-наукового інституту «Фізико-технічний факультет» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (Витяг з протоколу № 6 розширеного засідання кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера від 18 квітня 2024 р.) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На даному засіданні були присутні 14 співробітників (11 з них із правом голосу) із різних наукових та навчальних установ України, з яких 7 докторів наук, 5 кандидатів наук, 1 доктор філософії. Дисертанту було задано понад 20 питань, на які він надав вичерпні

відповіді. Також виступили 7 науковців, які позитивно відізнались про дисертаційне дослідження О.Л. Улибкіна.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одноголосого (11 голосів) рекомендувати дисертаційну роботу аспіранта Олександра Леонідовича Улибкіна «Емісійний внутрішньозонний детектор нейтронів на основі металевого гафнію» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Завідувач кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера
ННІ «Фізико-технічний факультет»
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна,
доктор фізико-математичних наук,
професор, академік НАН України



Юрій СЛЮСАРЕНКО