

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка



Толстанова Ганна Миколаївна
(ПІБ)

про проміжні результати реалізації проєкту
з виконання наукових досліджень (розробок)
за конкурсом **“Спільні українсько-швейцарські проєкти з виконання наукових
досліджень: Конкурс проєктів 2023”**

за перший етап

**“Пошук зв’язаного динейтрону в ядерній реакції $100\text{Mo}(p,n2)99\text{mTc}$ та збільшення
наробки технецію на медичних циклотронах”**

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Реєстраційний номер проєкту 0125U003852 .

Назва спільного проєкту **“Пошук зв’язаного динейтрону в ядерній реакції $100\text{Mo}(p,n2)99\text{mTc}$ та збільшення наробки технецію на медичних циклотронах”**
(«Search for a bound dineutron in the $100\text{Mo}(p,n2)99\text{mTc}$ nuclear reaction and enhancement of technetium production with medical cyclotrons»)

Тривалість виконання проєкту 36 місяців

Початок 01.05.2025

Закінчення 30.04.2028

Тривалість етапу 11,5 місяців

Початок 01.05.2025

Закінчення 15.04.2026

Науковий керівник проєкту від Швейцарії: Prof. Dr. Saverio Braccini, Group Leader Medical Applications of Particle Physics, Laboratory for High Energy Physics (LHEP), University of Bern

Науковий керівник проєкту від України: Каденко Ігор Миколайович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Вартість проєкту за Грантовою угодою 149 520,00 швейцарських франків (сто сорок дев'ять тисяч п'ятсот двадцять швейцарських франків)

1-й етап 53 760,00 швейцарських франків (56 448,00 євро)

2-й етап: 48 510,00 швейцарських франків

3-й етап: 47 250,00 швейцарських франків

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ СПІЛЬНОГО ПРОЄКТУ

Залучені виконавці проєкту з боку Швейцарії

Повне ім'я, роль в проєкті	Місце роботи або навчання	Стать	Посада, наукове звання	Основні завдання (стислий опис)
Prof. Dr. Saverio Braccini (проф. Саверіо Браччіні), Науковий керівник (головний дослідник проєкту)	Лабораторія фізики високих енергій Університет у м. Берн	чол.	Лідер групи медичних застосувань фізики частинок, професор	Управління проєктом; загальна координація; планування та участь в експериментах; проєктування мішеней та детекторів моніторингу наведених активностей; керівництво аспірантом; участь у конференціях та складанні наукових публікацій
Lars Eggimann (Ларс Еггіман)	Лабораторія фізики високих енергій Університет у м. Берн	чол.	Аспірант 1-го року навчання	Підготовка дисертації з динамічної фізики та гібридної мішені; проєктування та випробування мішені та детекторів моніторингу наведеної активності; вимірювання перерізів ядерних реакцій

Залучені виконавці проєкту з боку України

Повне ім'я, роль в проєкті	Підпис	Місце роботи або навчання	Стать	Посада, наукове звання	Основні завдання (стислий опис)
Каденко Ігор Миколайович, науковий керівник проєкту		Київський національний університет імені Тараса Шевченка	чол.	завідувач кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного факультету, професор	Управління проєктом; формулювання завдань; оцінка результатів моделювань; планування та участь у експериментах; проєктування збірок мішеней для експериментів; складання та заключне доопрацювання публікацій

Повне ім'я, роль в проєкті	Підпис	Місце роботи або навчання	Стать	Посада, наукове звання	Основні завдання (стислий опис)
Сахно Надія Вікторівна, старший дослідник проекту		Київський національний університет імені Тараса Шевченка	жін.	завідувач НДЛ «Комп'ютерні технології» Міжнародного Центру ядерної безпеки Київського національного університету імені Тараса Шевченка	Розробка математичних моделей; аналіз даних щодо ядерних реакцій (p,x) та (n,x); виготовлення багат шарового зразка $^{100}\text{Mo}/^{98}\text{Mo}$; складання проєктів презентацій та публікацій за отриманими результатами
Єрмоленко Руслан Вікторович, старший дослідник проекту		Київський національний університет імені Тараса Шевченка	чол.	доцент кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного факультету	Аналіз ядерних даних, зокрема, перерізів ядерних реакцій на протонах і нейтронах. Розробка конструкції нової збірки мішені з багат шаровим зразком; моделювання MCNP та оптимізація компонентів збірки та зразка (розміри, матеріали, теплообмін, енергетичний спектр протонів, потік нейтронів тощо); виготовлення збірки мішені; випробувальні випромінювання для перевірки технічних умов (системи водяного і геліоохолодження, струм пучка протонів на мішені каруселі, положення пучка на тримачі); виготовлення багат шарового зразка $^{100}\text{Mo}/^{98}\text{Mo}$; опромінення зразка заданими енергіями протонів; участь у підготовці презентацій та публікацій за отриманими результатами.

Повне ім'я, роль в проєкті	Підпис	Місце роботи або навчання	Стать	Посада, наукове звання	Основні завдання (стислий опис)
Фалько Андрій Олексійович, аспірант		Київський національний університет імені Тараса Шевченка	чол.	аспірант 2-го року денної форми навчання фізичного факульту	Ідентифікація радіонуклідів в апаратурних гамма-спектрах з метою визначення складу наведених радіоактивностей в апаратурних спектрах гамма-випромінювання. Допомога в розробці нової збірки мішені з багат шаровим зразком; моделювання MCNP та оптимізація компонентів збірки та зразка
Співак Софія Василівна, аспірант		Київський національний університет імені Тараса Шевченка	жін.	аспірант 1-го року денної форми навчання фізичного факульту	Обробка апаратурних гамма-спектрів для поглибленої ідентифікації радіонуклідів в апаратурних гамма-спектрах з метою визначення складу наведених активностей для подальшої оцінки можливості прямого спостереження розпаду динейтрона на основі бета-спектрометрії. Допомога в розробці нової збірки мішені з багат шаровим зразком; моделювання MCNP та оптимізація компонентів збірки та зразка.

3. ОПИС ПРОЄКТУ

Виходячи з наявних результатів досліджень динейтрон був ідентифікованим у наших експериментах у ядерній реакції ($n, n2$), однак ніколи не спостерігався в ядерній реакції ($p, n2$), індукованій протонами, що є метою запропонованого експерименту даної пропозиції, який ми проведемо вперше, використовуючи збагачений ^{100}Mo як ядро-мішень. Це дослідження стосується спостереження зв'язаного динейтрона при розпаді ^{99m}Tc і того факту, що відповідна ядерна реакція може призвести до додаткового напрацювання ^{99m}Tc , що має широке медичне застосування. Тому ми плануємо розробити новітню методологію для гібридного виробництва ^{99m}Tc шляхом опромінення зразків молибдену, розташованих у мішених вузлах на медичних циклотронах, одночасно протонами та нейтронами з реакції, індукованих протонами. Головне завдання проекту полягає у реалізації багат шарового зразка належної товщини та відповідної збірки мішені для забезпечення ефективного опромінення з максимальним виходом трейсера.

4. ДЕТАЛЬНИЙ ЗМІСТ ПРОЄКТУ

Даний проєкт присвячено пошуку умов та спостереження зв'язаного динейтрона – зарядово симетричного ядра, що складається виключно з двох нейтронів, яке було передбаченим як таке, що не може існувати в зв'язаному стані. В той же час в наших експериментах на пучках нейтронів нам вдалося ідентифікувати утворення такого унікального ядра непрямым чином через вимірювання наведеної активності важких ядер у вихідному каналі відповідної реакції, що не можуть бути утвореними відповідно до умов опромінення. Схожі ознаки формування динейтрона було віднайдено в роботах інших авторів, однак, - лише як констатація наведених фактів без відповідних пояснень. З урахуванням важкого усвідомлення даного явища науковою спільнотою надзвичайно важливим є отримання схожих результатів іншими колективами дослідників на інших ядерно-фізичних установках з іншими налітаючими частинками у вхідному каналі реакції. Саме тому в даному проєкті виконується пошук умов опромінення протонами шару мішені, що містить високозбагачений стабільний ізотоп молибдену-100 та ідентифікації у вихідному каналу реакції ізотопу технецію-99м як продукту реакції (протон, два нейтрони) при енергії пучка протонів, коли даний канал є енергетично закритим. Нами передбачено, що найбільш імовірним є формування зв'язаного динейтрона біля поверхні ядер з атомною масою від 100 до 200. Молибден-100 та технецій-99, як раз, надають можливість перевірити цей діапазон A на його нижній границі. Додатково, оскільки даний ізотоп технецію-99м є найпоширенішим для проведення діагностичних процедур в ядерній медицині, ми вивчаємо можливість його додаткового напрацювання як безпосередньо з реакції при формування зв'язаного динейтрона, так і шляхом оптимізації складу ізотопів та шарів композитної мішені, де можливим є напрацювання технецію-99м непрямым чином через молибден-99, що є продуктом реакцій на ізотопах молибдену з використанням нейтронів як вторинних частинок у вихідному каналі ядерних реакцій.

5. ПРОМІЖНІ РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ ЗА ЕТАП

Відповідно до Календарного плану виконувалися такі задачі:

Задача 1. Вивчення ядерних даних.

Задача 2. Оптимізація умов опромінення.

Задача 3. Конструювання детектора для моніторингу геометрії пучка

Задача 4. Монте-Карло моделювання всіх процесів та конструювання гібридної мішенної збірки.

За задачею 1.

Проаналізовано перерізи ядерних реакцій під дією нейтронів, а саме - реакцій пружного й непружного розсіювання на ядрах елементів, що можуть бути використаними у конструкційних вузлах комбінованої мішені для гібридного напрацювання ^{99m}Tc . Легкі та важкі елементи ^9Be , ^{12}C , ^{nat}W , ^{nat}Pb були розглянутими як відбивачі нейтронів. За результатами досліджень визначено, що з точки зору просторового розподілу легкі елементи ^9Be , ^{12}C є найбільш прийнятними для фронтального (в напрямку вильоту вторинних нейтронів) розміщення у гібридній мішені, в той час як важкі - забезпечують краще відбиття у перпендикулярному (під $80-100^\circ$) напрямку, і їх доцільно розглядати на бічних поверхнях мішені.

Проаналізовано переріз $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ реакції і визначено пріоритетні енергетичні області для нейтронного потоку. Для мінімізації втрат нейтронів у процесах сповільнення, групу резонансних та швидких нейтронів з енергіями до 1 MeV було визначено як найбільш оптимальний варіант для опромінення ^{98}Mo . Для цього компонент сповільнювача-відбивача гібридної мішені має забезпечити: а) перехід нейтронів з області вище 1 MeV до енергій нижчої за 1 MeV; б) підсилення потоку нейтронів в околі перших резонансів, що мають найбільші перерізи – 10-300 барн.

За задачею 2.

Виконано симуляції в коді PHITS проходження протонів крізь шар ^{100}Mo з напрацюванням ізотопу ^{99m}Tc . У зв'язку з відсутністю в базі даних JENDL-5 перерізів активації перших збуджених станів для ^{99}Tc , в код було імплементовано рекомендовані МАГАТЕ перерізи $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$ реакції. Нами було проведено тестові симуляції для верифікації виходу ^{99m}Tc з товстої мішені ^{100}Mo при енергії протонів 11 MeV. Отриманий із симуляції вихід ($56,5 \text{ МБк} \cdot \text{мкА}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) добре узгоджується з рекомендованим МАГАТЕ ($52,3 \text{ МБк} \cdot \text{мкА}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$). Нами було оцінено потенційне підсилення виходу ^{99m}Tc за рахунок генерації динейтрона в діапазоні енергій від 6,1 до 4,1 MeV для різних величин перерізів $^{100}\text{Mo}(p,^2n)^{99m}\text{Tc}$ реакції: 100 мкб, 500 мкб, 1 мб, 30 мб; та від 6,0 до 5,3 MeV з перерізом 100 мб. З використанням симуляцій в коді PHITS була визначеною оптимальна товщина шару ^{100}Mo , що забезпечує найбільший вихід вторинних нейтронів з мінімізацією їх самопоглинання та розсіювання у зразку – 240 мкм; енергія вихідних протонів – 4,5 MeV. Також було проаналізовано перерізи (p,xn) реакцій з енергіями порогу нижче 4,5 MeV для нейтронно-надлишкових ядер в широкому масовому діапазоні $A=3-120$, які можуть бути застосованими як вторинний шар мішені для підсилення нейтронного виходу. Найкращими кандидатами за критеріями енергетичних порогів та перерізів були визначеними нукліди ^3H , ^7Li , ^9Be , ^{45}Sc , ^{48}Ca та ^{76}Ge . Найбільший інтегральний переріз виходу нейтронів у товстій мішені нижче 4,5 MeV – у ізотопу ^7Li .

За задачею 3.

Було проведено симуляції у кодах MCNPX та PHITS для визначення енергетичного та просторового розподілів первинних протонів та вторинних нейтронів в околі розташування зразка $^{98,100}\text{Mo}$.

В обох кодах було отримано нейтрони в реакціях на ^{98}Mo спектру випаровування з максимумом в околі 2,5-3 MeV, при цьому спостерігається гарне узгодження спектрів у всьому енергетичному діапазоні. Для забезпечення задовільної статистичної похибки (<5%) в подальших симуляціях було опрацьовано методику заміни джерела протонів на нейтрони визначеного спектру випаровування, що забезпечило суттєве скорочення часу однієї симуляції.

Також проведено ряд опромінювань на циклотроні університету м. Берн та КЛ «Феофанія» з метою визначення площі поверхні мішені з Мо, що перекривається пучком протонів. Для обох циклотронів нами отримано результат, що гарантує покриття >90% поверхонь мішеней.

Опрацьовано методику вимірювання енергії протонів за активацією ^{nat}Ti фольг.

Наші експериментальні дані добре узгодилися з очікуваними наведеними активностями і дозволили визначити фактичну енергію пучка протонів, що екстрагується з циклотрона –

$$E = 11,06^{+0,14}_{-0,07} \text{ MeV}.$$

За задачею 4.

Було проведено симуляції у кодах MCNPX та PHITS для визначення енергетичного розподілу вторинних нейтронів в околі розташування зразка ^{98}Mo .

Для підсилення виходу частки вторинних нейтронів в області <1 MeV були проаналізованими ізотопи з енергетичними порогами (p,xn) на 0,5-1 MeV вище від ^7Li , де найбільш прийнятним у складі мішені визначено стабільний ізоотоп ^9Be . Проведено симуляції з різними комбінаціями товщини ^{100}Mo та нейтронно-генеруючих шарів з елементами ^7Li та ^9Be : максимальне збільшення частки нейтронів в області до 1 MeV було отриманим для комбінації $^{100}\text{Mo}(260 \text{ мкм})/^9\text{Be}(40 \text{ мкм})/^7\text{Li}(170 \text{ мкм})$ – з 28% до 58%. При цьому, максимальний добуток потоку нейтронів на відповідний переріз $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ реакції в околі розташування зразка ^{98}Mo досягається за таких умов: для двоелементного варіанту – $^{100}\text{Mo}(170 \text{ мкм})/^9\text{Be}(340 \text{ мкм})$; для трьохелементного варіанту – $^{100}\text{Mo}(210 \text{ мкм})/^9\text{Be}(190 \text{ мкм})/^7\text{Li}(140 \text{ мкм})$. Отримані результати забезпечують добуток потоку на переріз на 30-33% більше у порівнянні з комбінацією $^{100}\text{Mo}(170 \text{ мкм})/^7\text{Li}(1200 \text{ мкм})$ для випадку максимального виходу нейтронів у всій енергетичній області від 0 до 8 MeV.

В рамках виконання першого етапу роботи також було проведено чисельне моделювання процесів, що відбуваються при опроміненні зразка ізоотопу молібдену-100 протонами з метою вивчення можливості прямого спостереження розпаду динейтрона. На основі отриманих результатів було сформовано експериментальну геометрію детекторної системи. Систему було налаштовано таким чином, щоб реєструвалися тільки бета-частинки. Якщо розпад супроводжується вильотом гамма-кванта, то геометрія була налаштованою так, щоб придушувати такі події. Шляхом вибору густини речовини ми робимо так, щоб один детектор був максимально чутливим тільки до бета-частинок, а інші детектори - чутливими до всього. Моделювання проводилося для двох випадків:

- 1) без генерації динейтрона;
- 2) з генерацією динейтрона.

Для випадку з урахуванням динейтрона використовувався потік частинок $3,6 \times 10^9$, а переріз його утворення задавався рівним 0,5 мб. У результаті моделювання було отримано спектри, для яких аналізувалася площа під кривою. Моделювання виконувалося з використанням реальних експериментальних параметрів. Нами було отримано результати, що підтверджують можливість прямого спостереження статистично значущого результату для визначення динейтрону як продукту ядерної реакції.

Іншу частину роботи присвячено аналізу експериментального гамма-спектру. У спектрі було ідентифіковано характеристичний пік з енергією 140,5 кеВ, що відповідає розпаду $^{99\text{m}}\text{Tc}$. На основі часової залежності інтенсивності піка у логарифмічному масштабі було визначено період напіврозпаду $T_{1/2} = 6,087$ год, що дуже добре узгоджується з табличним значенням для $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Таким чином, вперше спостережено формування зв'язаного динейтрону на основі багатокритеріальної ідентифікації піку 140,5 кеВ в апаратурних гамма-спектрах опромінених мішеней на основі шару ^{100}Mo , що однозначно належить схемі розпаду ізоотопу $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

При цьому на кожній із робочих нарад за проєктом було представлено по 2 презентації від української сторони, а також українською командою підготовлено частину рукопису для подачі його в журнал *INSTRUMENTS* (Q2). Наразі виконується доопрацювання рукопису швейцарською командою. Тобто, всі заявлені у Календарному плані, задачі на перший рік є виконаними, а цілі та індикатори виконання робіт за етапом – досягнутими.

6. ВІДХИЛЕННЯ ВІД КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відхилення від календарного плану проведення досліджень відсутні.

А) Згідно листа Швейцарського PI Prof. Dr. Saverio Braccini, внесено зміни у склад виконавців від Київського університету:

Київський університет виконав заміну виконавця аспіранта 2-го року денної форми навчання фізичного факультету Фалька Андрія на аспірантку 1-го року денної форми навчання фізичного факультету Софію Співак з 15.10.2025 р.

Б) Згідно листа Швейцарського PI Prof. Dr. Saverio Braccini, внесено зміни у Календарний план Грантової угоди щодо закупівлі обладнання та матеріалів:

- 1) щодо обладнання: Київський університет проведе перерозподіл коштів між двома статтями, зазначеними в бюджеті проекту, за умови, що загальний бюджет на обладнання залишається незмінним; ця операція є нейтральною з точки зору витрат;
- 2) щодо витратних матеріалів: Київський університет виконає закупівлю лише один ізотоп, але за повну суму в рамках бюджету на витратні матеріали, але у більшому обсязі. Обґрунтування: згідно з поточним дослідженням параметрів нової мішені, було виявлено, що для реалізації проекту в частині розробки нової гібридної мішені для виробництва ^{99m}Tc необхідною є більша кількість ізотопу ^{98}Mo , ніж очікувалося. З цієї причини Київський університет придбає лише ізотоп ^{98}Mo на повну суму, вказану для витратних матеріалів (4000,00 CHF) замість ізотопів ^{100}Mo , ^{98}Mo (3000,00 CHF) та матеріалів для нової мішені (1000,00 CHF); ця операція є економічно нейтральною;
- 3) щодо закупівлі обладнання та витратних матеріалів: Київський університет буде здійснювати всі закупівлі не лише до кінця першого року виконання проекту, як зазначено в бюджеті Угоди, але й протягом другого року виконання проекту. Це пов'язано з тривалою підготовкою закупівельних документів, виконанням процедур закупівель (іноді тих, що включають тендерний процес), а також з тим фактом, що постачальникам може знадобитися більше двох місяців для доставки; ця операція є економічно нейтральною.

7. ЗАХОДИ В МЕЖАХ СПІВПРАЦІ

Назва та місце проведення заходу	Учасники	Мета	Терміни (наприклад, з 25.10.2024 до 11.12.2024)	Тривалість (дні)
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко, А.Фалько Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії, постановка завдань на період до наступної	25.06.2025	0,25 дн. (2 год.)

Назва та місце проведення заходу	Учасники	Мета	Терміни (наприклад, з 25.10.2024 до 11.12.2024)	Тривалість (дні)
		робочої наради		
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії, постановка завдань на період до наступної робочої наради	14.08.2025	0,25 дн. (2 год.)
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко, С.Співак Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії, постановка завдань на період до наступної робочої наради	18.09.2025	0,25 дн. (2 год.)
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко, С.Співак Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії,	10.12.2025	0,25 дн. (2 год.)

Назва та місце проведення заходу	Учасники	Мета	Терміни (наприклад, з 25.10.2024 до 11.12.2024)	Тривалість (дні)
		постановка завдань на період до наступної робочої наради		
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко, С.Співак Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії, постановка завдань на період до наступної робочої наради	05.02.2026	0,25 дн. (2 год.)
Робоча нарада, он-лайн	Проф. І.Каденко, Н.Сахно, Р.Єрмоленко, С.Співак Проф. С.Браччіні, Л. Еггіман	Доповіді поточних результатів від всіх виконавців проекту, обговорення поточного статусу виконання проекту, дискусії, постановка завдань на період до наступної робочої наради	12.03.2026	0,25 дн. (2 год.)

За визнанням обох співкерівників, проєкт виконується успішно завдяки гарно сформованому колективу виконавців, а також їх високій кваліфікації. Фактично одна команда доповнює іншу з точки зору досвіду в дослідженнях, набутих знань, доступу до медичних циклотронів з можливістю проведення опромінь зразків. У той же час українська сторона провела ретельний аналіз ядерних даних, повну ідентифікацію продуктів ядерних реакцій, отримала дуже гарні розрахункові результати, що є основою для створення багатошарової мішені для напрацювання молибдену-99. Безперечним успіхом першого року, та й проєкту в цілому, є те, що очікуване спостереження унікального ядра динейтрону як продукту реакції на молибдені-100 при опроміненні останнього протонами визначених енергій, є статистично та якісно підтвердженим. Наразі завершується підготовка рукопису для подання до журналу "Instruments".

На кінець першого етапу виконання проєкту проблеми відсутні.

8. КОМЕНТАРІ З ПИТАНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗВІТНОГО ЕТАПУ ПРОЄКТУ

Немає необхідності в коментарях щодо будь-яких аспектів.

9. ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ ЕТАПУ З БОКУ ГРАНТООТРИМУВАЧА

До звіту необхідно додати витяг з протоколу засідання вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради грантоотримувача щодо результатів проміжного етапу реалізації проєкту з висновком про відповідність робіт, виконаних за проєктом, технічному завданню та календарному плану

Науковий керівник проєкту



(підпис)

проф. Ігор КАДЕНКО
(ПІБ)